



KLS

Ciência do Solo: Física e Conservação do Solo e Água

Ciência do Solo: Física e Conservação do Solo e Água

Rodrigo de Menezes Trigueiro

© 2019 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Presidente

Rodrigo Galindo

Vice-Presidente Acadêmico de Graduação e de Educação Básica

Mário Ghio Júnior

Conselho Acadêmico

Ana Lucia Jankovic Barduchi

Danielly Nunes Andrade Noé

Grasiele Aparecida Lourenço

Isabel Cristina Chagas Barbin

Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

Revisão Técnica

Francisco Ferreira Martins Neto

Isabella Alice Gotti

Mauro Stopatto

Editorial

Elmir Carvalho da Silva (Coordenador)

Renata Jéssica Galdino (Coordenadora)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Trigueiro, Rodrigo de Menezes

T828c Ciência do solo : física e conservação do solo e água /

Rodrigo de Menezes Trigueiro. – Londrina : Editora e

Distribuidora Educacional S.A., 2019.

192 p.

ISBN 978-85-522-1366-6

1. Erosão do solo. 2. Compactação do solo.

3. Desertificação do solo. I. Trigueiro, Rodrigo de Menezes.

II. Título.

CDD 630

Thamiris Mantovani CRB-8/9491

2019

Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Avenida Paris, 675 – Parque Residencial João Piza

CEP: 86041-100 — Londrina — PR

e-mail: editora.educacional@kroton.com.br

Homepage: <http://www.kroton.com.br/>

Sumário

Unidade 1

Sustentabilidade e fundamentos da conservação do solo	7
---	---

Seção 1.1

Introdução à conservação do solo	9
--	---

Seção 1.2

A expansão agrícola brasileira e a qualidade do solo	22
--	----

Seção 1.3

Consequências ambientais e agronômicas do inadequado uso do solo	36
---	----

Unidade 2

Processos de degradação do solo	51
---------------------------------------	----

Seção 2.1

Degradação química do solo	53
----------------------------------	----

Seção 2.2

Degradação física do solo	65
---------------------------------	----

Seção 2.3

Levantamento da degradação química, física e biológica do solo	79
---	----

Unidade 3

Manejo, proteção e uso de solos tropicais	97
---	----

Seção 3.1

Práticas conservacionistas edáficas	99
---	----

Seção 3.2

Práticas conservacionistas mecânicas	114
--	-----

Seção 3.3

Práticas conservacionistas vegetativas	129
--	-----

Unidade 4

Recuperação e restauração de solos degradados	145
---	-----

Seção 4.1

Principais formas de recuperação de solos degradados	147
--	-----

Seção 4.2

Recuperação de pastagens degradadas	160
---	-----

Seção 4.3

Recuperação e restauração de áreas degradadas	173
---	-----

Palavras do autor

Caro estudante, como já deve saber, o solo é a matéria-prima de nosso trabalho. É por este motivo que a ciência do solo é tão importante para a formação do engenheiro agrônomo. Estudar suas propriedades nos permite conhecer os principais fatores que ocasionam a degradação do solo e como as atividades agrícolas contribuem com esse cenário. Neste sentido, a fim de podermos garantir a sustentabilidade dos sistemas rurais de produção, é fundamental conhecermos os tipos de degradação do solo e identificarmos suas principais características e consequências, além de conhecermos as técnicas que contribuem para a conservação dos solos, com o objetivo de reconhecermos e indicarmos as práticas mais adequadas para a sua conservação. Portanto, o engenheiro agrônomo exerce um papel relevante na prevenção da degradação do solo. Mas não é só isso: também é comum a ocorrência de ambientes degradados pelo mau uso do solo, e nestas situações o agrônomo poderá ser o profissional responsável pela recuperação destes ambientes. Assim, deverá conhecer as técnicas que contribuem para a recuperação de solos, sendo capaz de adotar medidas visando reverter uma degradação.

Cientes da importância destes saberes para a sua formação acadêmica, buscaremos desenvolver estas competências por meio do conteúdo deste livro, que foi distribuído em quatro unidades. Na Unidade 1 - *Sustentabilidade e fundamentos da conservação do solo*, faremos uma introdução sobre a importância da conservação do solo para a sustentabilidade da atividade agropecuária e como a expansão desta atividade afeta a qualidade do solo. A Unidade 2 - *Processos de degradação do solo*, apresenta informações importantes sobre a degradação das propriedades do solo e sobre o uso de técnicas para se reconhecer o tipo e o grau da degradação. Na Unidade 3 - *Manejo, proteção e uso de solos tropicais*, conheceremos a forma adequada de se fazer uso do solo sob as condições climáticas do Brasil e, por fim, na Unidade 4 - *Recuperação e restauração de solos degradados*, discutiremos sobre as técnicas que podem ser empregadas para se reverter o quadro de degradação já instalado em diferentes ambientes rurais.

Considerando que a situação de degradação da paisagem agrícola é uma situação comum nas diversas condições de solo e clima no Brasil e que o

engenheiro agrônomo tem grande responsabilidade na reversão deste quadro, temos certeza que este conteúdo despertará sua curiosidade e seu interesse.

Bons estudos!

Unidade 1

Sustentabilidade e fundamentos da conservação do solo

Convite ao estudo

Caro estudante,

Com esta unidade daremos início ao estudo de um dos conteúdos mais relevantes para a sua formação acadêmica: a conservação do solo e da água. Estes recursos naturais constituem a base da produção agropecuária e florestal, daí a importância de se conhecer e saber aplicar técnicas de manejo que promovam a manutenção da capacidade produtiva dos sistemas agrícolas. Neste sentido, o conteúdo desta unidade foi elaborado de maneira que você possa conhecer os principais fatores que ocasionam a degradação do solo e como as atividades agrícolas contribuem com esse cenário. Assim, contaremos um pouco da nossa história do uso do solo, como se deu a expansão das atividades agrícolas no território brasileiro e suas consequências ambientais. Ao final desta unidade você será capaz de identificar como as atividades humanas e o setor agrícola podem influenciar na degradação das propriedades do solo.

Para tornar nosso trabalho mais estimulante, considere a seguinte situação: como extensionista de uma instituição pública, você foi designado para atuar numa região que é campeã nacional em produção de grãos. Entretanto, a cada novo recorde de safra, esta região vivencia um agravamento de problemas ambientais e sociais que vêm sendo ignorados por grandes produtores pois, apesar disso, a produtividade da área ainda é satisfatória. Para buscar uma solução para este problema, foi criada uma equipe de profissionais de diferentes entidades, da qual agora você faz parte. Sua primeira ação foi realizar um levantamento de campo para analisar de perto o que estava acontecendo e identificar como as atividades humanas e o setor agrícola podem influenciar a degradação das propriedades do solo da região. Entre observações e entrevistas com produtores, você conseguiu levantar os seguintes problemas: uso agrícola de áreas de preservação permanente, erosão do solo em vários tamanhos e graus de complexidade, assoreamento de nascentes e rios, diminuição da qualidade e quantidade de água produzida pelas nascentes, diminuição da resistência das plantas aos períodos de seca e péssimas condições das estradas rurais. Diante destas constatações, surgiram alguns questionamentos: como este cenário de degradação está

se instalando numa região tão próspera? Será possível reverter este quadro apenas aplicando as técnicas de conservação do solo e da água?

Para ajudar a responder estes questionamentos, elaboramos o conteúdo desta unidade dividindo-a em três seções. Na primeira seção, faremos uma introdução sobre a conservação do solo e sua importância para a sustentabilidade da atividade agropecuária. Na segunda seção, abordaremos o avanço das fronteiras agrícolas e a qualidade do solo. A terceira seção será dedicada ao estudo das consequências agronômicas e ambientais da degradação das propriedades dos solos.

Você estará pronto para responder a estas perguntas depois de concluirmos o estudo desta unidade. Para isso, tenha em mente o cenário descrito.

Boa leitura!

Introdução à conservação do solo

Diálogo aberto

Como futuro agrônomo, você já deve ter notado que a paisagem rural brasileira é bastante diversa, e é possível observar diferentes atividades agrícolas sendo desenvolvidas ao mesmo tempo. Entre áreas de lavoura e pastagens vemos também pomares, hortas e fragmentos de mata nativa e, não raramente, podemos identificar áreas que foram abandonadas e que se encontram degradadas pela erosão. Em um primeiro momento, somos levados a pensar que o problema que causou aquela degradação é pontual, uma vez que as áreas do entorno ainda estão sendo utilizadas comercialmente. Na verdade, aquela parcela de solo degradado é um sintoma claro de que algo não vai bem e que, muito provavelmente, a região do entorno corre o risco de se tornar assim também. Sob esta ótica, ao analisarmos uma paisagem rural é preciso ter um olhar crítico, buscando identificar o mau uso do solo, seja pela adoção de práticas inadequadas ou pela escolha de atividades inapropriadas para uma determinada condição de ambiente.

Para exercitarmos sua capacidade de análise, vamos considerar que, como engenheiro agrônomo extensionista, você ficou responsável por realizar um diagnóstico do caso de degradação descrito anteriormente. Em suas visitas a campo, você pode observar diferentes situações e entrevistar produtores de realidades distintas. Apesar de predominar o monocultivo de grãos em grandes propriedades agrícolas, na região também são realizadas as pecuárias de corte e leiteira, produção de suínos e aves, fruticultura, cafeicultura e horticultura, sendo estas atividades desenvolvidas em pequenas, médias e grandes propriedades rurais. Buscando entender o que está acontecendo na atualidade, você levantou o histórico da ocupação do solo na região e, conforme relataram os produtores rurais, essa ocupação se deu, primeiramente, nas áreas mais planas, com a derrubada da floresta tropical, que inicialmente deu lugar à cafeicultura. Neste período, as lavouras eram conduzidas sem muita tecnologia, usando basicamente a força de trabalho humano. Posteriormente a este período, a região revelou sua vocação para a cultura de grãos que, paulatinamente, foi substituindo o café e o trabalho manual nas lavouras. Agora, o solo passara a ser explorado de forma muito mais intensa, pois todo o trabalho passou a ser realizado por máquinas, possibilitando a produção de duas safras por ano. Baseado nestas informações, rapidamente foi possível concluir que a degradação observada estava intimamente associada à mudança no padrão de exploração do solo da região, uma vez que os problemas relatados não eram observados

quando a região era apenas produtora de café. Como você pôde chegar a essa conclusão? Que diferenças na forma de explorar lhe auxiliaram nesse diagnóstico? É possível dizer que a modernização do sistema de produção agrícola potencializou a degradação do solo na região?

Para te ajudar a responder estes questionamentos, estudaremos como aconteceram a ocupação e o uso do solo no Brasil e a importância da conservação do solo para a manutenção dos sistemas agrícolas produtivos. Vamos começar?

Não pode faltar

Para iniciar nossa discussão sobre conservação do solo, precisamos resgatar alguns conhecimentos sobre o processo de formação dos solos, que conhecemos como gênese.

Como você já sabe, o solo é o material resultante do processo dinâmico de transformação da paisagem. De maneira simplista, podemos dizer que clima, relevo, organismos e material de origem são os fatores que, ao interagirem, dão origem ao que chamamos de solo. Sendo assim, sua composição e suas características estão intimamente associadas às condições do local onde são formados os solos.

Diante destas considerações, já podemos fazer alguns questionamentos: quando o solo fica pronto? Quando este processo termina?

Respondendo a estas perguntas, podemos dizer que um substrato, formado pela degradação de uma rocha, passa a ser considerado solo quando se torna capaz de sustentar a vida; quando dele os organismos vivos extraem pelo menos uma parte dos nutrientes necessários para completar seu ciclo de vida, passando assim a interagir com este substrato. Desta forma nasce um solo.

Mas este processo de amadurecimento nunca termina, sendo contínua a transformação. Os fatores que atuaram para a gênese dos solos permanecem trabalhando no material de origem juntamente com os organismos vivos que nela habitam. Tudo acontecendo de forma muito lenta, porém sucessiva. Até a chegada do homem.

O ser humano é o organismo com maior poder de transformação do meio onde habita. Em qualquer ambiente, o homem é capaz de promover mudanças profundas na paisagem, em um espaço muito curto de tempo. Este é o ponto em que queríamos chegar.

A atuação do clima e dos organismos sobre um determinado substrato é considerado algo normal e, apesar de ser contínua, esta transformação não constitui um problema ambiental, uma vez que acontece ao longo de milhares de anos, dando oportunidade para que o ambiente consiga se adaptar à medida que as mudanças vão acontecendo, e por este motivo essa mudança passa despercebida por nós.

Porém, quando se trata da ação humana, essas transformações acontecem em um ritmo muito acelerado, não permitindo que o ambiente se estabilize, ocasionando assim seu desequilíbrio e, conseqüentemente, sua degradação. Para se ter uma ideia da velocidade dessa transformação, uma única chuva intensa que incida sobre um solo desprotegido já pode iniciar o processo erosivo.

Para entendermos como isso acontece na prática, usaremos como exemplo a ocupação, pelo homem, de uma área de floresta, para a instalação de sua lavoura. Assim, considere uma área que ainda conserva a sua mata original, rica em biodiversidade, nascentes e ribeirões. Imagine que todo esse sistema é suportado por uma camada de solo, sobre a qual se deposita uma manta orgânica, composta de resíduos vegetais e animais em vários estágios de decomposição, habitada por milhares de organismos que transformam toda essa matéria orgânica novamente em nutrientes, sendo estes prontamente absorvidos pelas plantas. Parte desses nutrientes ficará imobilizada nestas plantas, constituindo seus tecidos em raízes, caules, folhas, flores e frutos e, na medida em que amadurecem, vão sendo devolvidos ao solo, fechando-se o ciclo. Não podemos nos esquecer do importante papel das espécies animais neste processo de ciclagem de nutrientes. Todo esse material orgânico, juntamente com tecidos fúngicos e raízes, formam uma manta que protege o solo e é responsável por lhe conferir grande parte de suas propriedades químicas, físicas e biológicas, tais como a agregação e estruturação de suas partículas, porosidade, capacidade de retenção de água, armazenamento e disponibilização de nutrientes, entre outras.

Com essa imagem em sua mente, considere agora um produtor rural que deseja expandir sua área de cultivo e, respeitando a área de Reserva Legal (conforme Lei 12.651/2012), realizará o desmatamento de uma determinada área de vegetação nativa, com as características da floresta descrita anteriormente.

Quando se deseja implantar uma área de cultivo, a primeira ação empreendida pelo homem é remover a cobertura vegetal original do solo juntamente com a manta de material orgânico que o recobre. Todo material resultante dessa operação é amontoado em leiras e queimado. Com isso, toneladas de nutrientes são transformadas em cinzas e fumaça. Na seqüência é feito

o preparo do solo, visando remover os restos de raízes e tocos de árvores que ainda persistem na área, além de revolver o solo e quebrar os torrões de terra, tornando o solo mais solto e nivelado. Este trabalho é feito por meio do emprego de subsoladores, arados e grades e outros equipamentos pesados.

Se considerarmos apenas as ações empreendidas até aqui na área em questão, podemos dizer que o ambiente sofreu uma degradação que seria impensada numa condição natural, estando agora o solo totalmente exposto às condições do clima. Lembre-se, o processo de transformação nunca cessa e, sendo assim, os fatores responsáveis pela gênese do solo continuarão atuando neste ambiente. Agora, cada nova chuva, cada novo preparo do solo e colheita promoverão efeitos desastrosos neste ambiente, tornando o solo cada vez mais pobre e instável. No decorrer de alguns anos este solo poderá perder em parte – ou totalmente – sua capacidade produtiva.

Infelizmente este é um cenário ainda muito comum no Brasil e em todo o mundo.



Saiba mais

Um relatório produzido pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) com a participação da EMBRAPA indica que aproximadamente um terço (33%) dos solos do mundo apresentam algum tipo de degradação. No Brasil, os principais problemas encontrados são erosão, perda de carbono orgânico e desequilíbrio de nutrientes. Leia o artigo na íntegra!

BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Relatório da FAO com participação da Embrapa revela que 33% dos solos do mundo estão degradados. Brasília, 7 dez. 2015.

Como pudemos verificar, o fato de destinar uma área ainda ocupada pela vegetação nativa para a instalação de uma atividade rural qualquer gera a degradação do solo e, consequentemente, a qualidade e a quantidade de água produzida também são afetadas. Esta situação poderá tornar-se um problema à medida em que o solo é utilizado sem o emprego de técnicas conservacionistas. Dizemos isto pois a história apresenta referências de lavouras milenares onde as áreas destinadas à agricultura encontram-se, de certa forma, estáveis e em equilíbrio com o ambiente. Esta situação somente é possível onde o desenvolvimento da atividade agrícola, a escolha da forma de cultivo, das práticas culturais e das espécies a serem cultivadas ocorreu respeitando-se as limitações locais quanto ao tipo de solo, relevo, clima e biodiversidade.

Você é capaz de se lembrar de alguns exemplos que ilustrem o que acabamos de dizer?

Se não conseguiu pensar em nenhum exemplo, ajudaremos.

Certamente você já ouviu dizer que a civilização egípcia prosperou graças às excelentes condições que o rio Nilo proporcionava para o desenvolvimento da agricultura. Assim, há milênios suas margens vêm sendo cultivadas por estes povos.

Podemos citar também um exemplo que acontece na região da Amazônia, onde algumas etnias indígenas desenvolveram uma forma peculiar de cultivar os solos da floresta, aproveitando o melhor que esta pode oferecer: a matéria orgânica. Dessa forma, praticam uma agricultura itinerante, buscando usar as áreas de cultivo, abertas na mata, apenas durante um certo período, e depois estas áreas são deixadas em pousio, ou seja, “descansando” até que o solo recupere sua capacidade produtiva.

Outros exemplos podem ser citados como o sistema de cultivo de arroz em patamares na China, onde as encostas dos morros são transformadas em grandes escadas e, nos patamares, é cultivado o arroz inundado. Também são famosos os parreirais cultivados em várias regiões da Europa que apresentam o solo pedregoso e relevo bastante acidentado.

Em todos exemplos citados você pôde observar que houve a transformação do meio com possíveis efeitos deletérios às propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos cultivados, entretanto, as técnicas empregadas estão em consonância com as características ambientais da região onde foram aplicadas. Nestes casos, podemos dizer que, passado o impacto da instalação da lavoura, o equilíbrio ambiental, necessário para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, paulatinamente foi se estabelecendo.

Mesmo que em um período curto de nossa história, podemos dizer que no Brasil houve situações semelhantes, em que a agricultura praticada estava em relativo equilíbrio com o ambiente e os impactos após a instalação das lavouras eram mínimos. Em seu artigo, Bertol (2016) conta um pouco dessa história, destacando que até meados da década de 1960 predominava no Brasil o sistema colonial de exploração do solo. Neste sistema, o preparo do solo, a semeadura, os tratos culturais e a colheita eram realizados manualmente, usando a força humana ou a tração animal, caracterizando-se uma agricultura de baixo impacto. A queimada dos resíduos culturais era o principal fator de degradação do solo, pois, além de eliminar a matéria orgânica, tornava-o desprotegido. A pecuária era extensiva, com baixa taxa de lotação (número de cabeças por unidade de área), portanto exercia pouca pressão sobre a pastagem, que permanecia densa desempenhando importante papel

na proteção do solo. Por sua vez, a exploração florestal ocorria de forma extrativista: apenas a madeira era retirada da floresta para atender, principalmente, a demanda energética e construção civil, e os resíduos florestais permaneciam sobre o solo.

Porém, com o passar do tempo e a evolução dos sistemas de cultivo, o uso do solo passou a ser muito mais intenso, não oferecendo oportunidade para que o ambiente pudesse se estabilizar.



Exemplificando

Podemos utilizar como exemplo desta mudança o que aconteceu com a lavoura cafeeira no Brasil. Neste episódio de nossa história, extensas áreas de florestas foram substituídas pelo café e, com isto, uma série de impactos ambientais aconteceram neste processo. Entretanto, por se tratar de uma cultura perene e pelo trabalho de condução da lavoura ser realizado manualmente, em algumas regiões os impactos ao solo foram menos importantes e as lavouras permaneceram produtivas por muitos anos. Com a modernização da agricultura e a especialização da cafeicultura, que se tornou restrita às regiões com verdadeira aptidão para este produto, muitas fazendas substituíram o café por culturas anuais. Em algumas regiões do Brasil, esta mudança foi desastrosa para o ambiente e o impacto na capacidade produtiva destes solos foi imediatamente percebido. Em outras regiões, os solos se mantiveram produtivos apesar da perda de grandes volumes de solo devido à erosão hídrica.

De maneira geral, a história da agropecuária brasileira tem muito mais erros que acertos e como resultado, muitas áreas antes agricultáveis encontram-se degradadas ou em pleno processo de degradação. Isto porque até meados da década de 1940 não havia no Brasil nenhuma preocupação com a conservação dos solos.

Nesta época, o despertar para o problema aconteceu com a instalação das lavouras de algodão no interior de São Paulo. Devido às características do solo e às técnicas empregadas para a implantação e condução dessa cultura, o impacto gerado pela erosão do solo foi tão significativo que o governo se sentiu obrigado a tomar alguma providência junto aos produtores. Foi então que a Secretaria de Agricultura do Estado criou o Serviço de Terraceamento (BORGONOV, 2014). Segundo relatos do mesmo autor, nascia assim a conservação do solo no Brasil. Os agrônomos envolvidos no projeto estabeleceram um estreito relacionamento com pesquisadores norte-americanos, pois nesta época o conhecimento sobre a conservação dos solos era bem evoluído nos Estados Unidos da América.



Assimile

O terraceamento é a prática conservacionista mais comum empregada na conservação dos solos agrícolas. Constitui na construção de leiras de terra, chamadas de terraços, que acompanham as curvas de nível do terreno e tem a função de barrar o escoamento superficial, retendo a água numa canaleta formada entre a base do terraço e a superfície do solo. O número de terraços numa encosta bem como a altura de cada um deles são determinados em função da declividade do terreno, tipo de solo e regime pluviométrico da região.

As primeiras iniciativas para a conservação do solo aconteceram por meio da implantação dos terraços que, como vimos, consistiam em barreiras de terra de seção triangular, construídas para deter o escoamento superficial, impedindo assim a formação de enxurradas e, conseqüentemente, reduzindo a erosão dos solos.

Apesar da grande aceitação dos produtores, o Estado não dispunha de estrutura para promover o terraceamento em larga escala. Os custos de implantação dos terraços eram, e continuam sendo, muito altos, constituindo uma dificuldade para a disseminação desta prática. Buscando superar esta barreira, foram criados implementos de madeira e aço para serem usados por tração animal. Estes implementos funcionavam, mas não eram aplicáveis a todas as condições de solo encontradas no Brasil.

Durante muito tempo, a construção de terraços foi a única técnica empregada pelos agricultores para a conservação do solo. Mesmo nas propriedades onde era empregado, ele se mostrava insuficiente para conter o processo de degradação promovido pelo pacote tecnológico utilizado na época. Este pacote de que estamos falando era formado pelo conjunto de técnicas utilizadas para o desenvolvimento da agricultura. Em sua maioria, estas tecnologias foram desenvolvidas em países com condições de clima e solo diferentes daquelas observadas no Brasil e, apesar de terem sofrido algumas adaptações, não eram adequadas para as regiões tropicais. Em geral, era feito o preparo convencional dos solos, com arados e grades e, por vezes, se fazia o uso de subsoladores. Após a colheita, normalmente se praticava a queimada dos resíduos culturais (palhada), mantendo-se do solo limpo até o próximo plantio.

Em meados da década de 1970, este sistema convencional de preparo do solo passou a ser substituído pela semeadura direta. Nesta técnica, após a colheita, nenhuma operação de preparo de solo é realizada, sendo a semeadura e adubação inicial realizadas por um único implemento sobre os resíduos culturais (palhada) da safra anterior. Este sistema trouxe uma grande vantagem para o solo, que permanecia protegido entre o período

compreendido entre uma colheita e o estabelecimento da cobertura vegetal proporcionada pela lavoura subsequente.

Aparentemente, a semeadura direta, associada ao terraceamento, havia resolvido o problema da erosão dos solos, pois as águas que escoavam das áreas cultivadas sobre este sistema pareciam limpas, ou seja, sem solo. Entretanto, a semeadura direta também apresentou algumas desvantagens, mais pelo modo como foi implementada do que pela técnica em si. Vamos entender melhor o que aconteceu.

A grande maioria das propriedades que adotaram estas práticas conservacionistas o fizeram sobre um solo degradado pelo preparo convencional e, sendo assim, já apresentavam algumas restrições, principalmente na sua capacidade de absorver e reter a água das chuvas.

Outro problema é que na semeadura direta, toda a aplicação de insumos (sementes, adubos e corretivos) é feita na camada mais superficial do solo.

Um terceiro problema observado foi a compactação do solo, ocasionada pelo trânsito do maquinário pesado sobre um solo que nunca é revolvido e que já apresentava sinais de degradação.

Você consegue imaginar o que acontece se associarmos estes três fatores? Se respondeu “mais degradação do solo e da água”, acertou!

Juntando-se o trânsito de máquinas pesadas em um solo pulverizado e desestruturado pelo preparo convencional e com baixo teor de matéria orgânica, ocasionaremos a compactação do solo, principalmente nas camadas subsuperficiais. Este impedimento físico à infiltração da água das chuvas gera o escoamento superficial e, conseqüentemente, o carreamento dos insumos aplicados na superfície do solo.

Neste cenário, a palhada formada pelos resíduos culturais exerceu seu papel, protegendo o solo contra a ação desagregadora das chuvas, porém não impediu o escoamento superficial, que carregava consigo corretivos, adubos, matéria orgânica e até defensivos agrícolas para dentro dos corpos hídricos, contaminando-os.

Este efeito da palhada fez com que produtores e profissionais acreditassem que o problema da erosão havia sido resolvido, e com isso iniciou-se um novo ciclo de degradação do solo. Acreditando que a palhada impedia a erosão do solo, pressionados pelo comércio de máquinas e implementos cada vez maiores e buscando a otimização do uso do solo, os produtores passaram a destruir os terraços de suas propriedades rurais, pois acreditavam que estas estruturas eram desnecessárias no sistema de semeadura direta e que elas passaram a atrapalhar o desempenho das operações de semeadura, pulverizações e colheita.

Buscando otimizar ainda mais o desempenho destas operações, os produtores passaram a realizar o trânsito do maquinário no sentido mais longo do terreno, mesmo que, para isso, a sementeira ocorresse morro abaixo.

Este equívoco na interpretação do comportamento das lavouras conduzidas sobre a sementeira direta tem custado muito caro para o ambiente, uma vez que houve um retrocesso dos pequenos avanços conquistados pela pesquisa e extensão rural na conservação dos solos e da água. Isto devido à falta de informação e, principalmente, da falta de consciência dos produtores rurais.



Refleta

Vimos que na história de nossa agricultura muitos erros foram cometidos. Houve alguns avanços no desenvolvimento de técnicas para a conservação do solo e da água, mas também, houve retrocessos bastante significativos. No seu ponto de vista, a atual situação da conservação de solo no Brasil é apenas uma consequência da falta de informação e consciência dos produtores rurais? Você acredita que a pesquisa e a extensão rural também podem ser responsabilizadas pela conformação deste cenário generalizado de degradação? E o poder público, o que poderia fazer para auxiliar na reversão deste quadro?

Diante do que foi posto, entendemos que a situação da conservação de solos no Brasil é crítica. A forma como a agricultura, a pecuária e a produção florestal vêm sendo praticadas comprometem seriamente a sustentabilidade dos sistemas produtivos, uma vez que, a cada colheita, as características desejáveis de um solo produtivo vêm sendo degradadas e sua capacidade de suporte, reduzida. E como se isto não bastasse, também está sendo prejudicada a capacidade do meio em produzir água de qualidade e em quantidade suficiente para atender a nossa demanda.

Como futuro engenheiro agrônomo você deve estar se perguntando: de que maneira podemos reverter esta situação?

Certamente você percebeu que se trata de uma questão complexa e que solucionar este problema depende de uma ação conjunta de vários setores da sociedade.

O ponto de partida para este trabalho está na aproximação da pesquisa com o que de fato acontece no campo. O estudo e a quantificação das perdas e o desenvolvimento de técnicas conservacionistas adequadas à realidade vivenciada pelos produtores são passos importantes que deverão ser vencidos para que possamos melhorar o desempenho das propriedades rurais no Brasil.

A extensão rural e a assistência técnica têm grande responsabilidade neste processo, pois caberá aos profissionais que prestam este tipo de serviço a difusão das técnicas mais adequadas para cada situação. E ao produtor rural cabe a responsabilidade de compreender que o sustento das futuras gerações deverá vir do mesmo solo que hoje está sendo por ele degradado e, sendo assim, deve zelar por este recurso como sendo o bem mais precioso dentro de sua propriedade agrícola.

Não podemos nos esquecer do importante papel do poder público neste contexto: por meio do estabelecimento de regras, incentivos e controle, ele deverá propiciar o ambiente favorável para o desenvolvimento desta nova perspectiva de uso dos solos.

Sem medo de errar

Ao longo do texto estudado, pudemos observar que a situação-problema apresentada no início desta seção descreve um episódio da nossa história do uso do solo. Vimos que na região onde você atua como extensionista ocorreu uma mudança significativa na forma como o solo vinha sendo utilizado para a produção agrícola. Assim, a cultura do café, que é perene e vinha sendo conduzida pela força de trabalho humano, deu lugar ao cultivo de espécies anuais, com intenso trabalho de movimentação do solo, realizado por máquinas. Neste cenário, observou-se a instalação e evolução de processos erosivos que não eram notados quando as terras eram ocupadas pela cafeicultura.

E então, preparado para explicar o que está acontecendo?

Considerando o que foi discutido, podemos dizer que na ocasião da instalação da cafeicultura, os solos da região sofreram impactos significativos em suas propriedades químicas, físicas e biológicas, entretanto, passado algum tempo, os processos de degradação do solo se estabilizaram. Isto ocorreu porque o café é uma cultura perene, cujos tratos culturais eram feitos de forma manual e visavam, principalmente, à parte aérea da planta, havendo pouco ou nenhum revolvimento do solo. Com a introdução das culturas anuais, o ambiente tornou-se novamente instável; porém, como o solo passou a ser trabalhado anualmente, não houve mais condições para que o equilíbrio fosse restabelecido e, assim, os processos erosivos tornavam-se mais intensos a cada novo preparo do solo.

Podemos dizer ainda que a modernização dos sistemas de produção potencializou a degradação dos solos na região, uma vez que o uso de implementos agrícolas, como arados e grades, promove a pulverização do solo, tornando-o mais suscetível à erosão e à compactação provocada principalmente pelo trânsito de máquinas.

Analisando esta situação-problema muito comum no Brasil, podemos perceber que as atividades humanas – sobretudo a agrícola – são capazes de promover profundas transformações no meio ambiente, geralmente causando a degradação do solo e comprometendo também a produção de água.

Avançando na prática

A degradação do solo por uso de áreas inadequadas à atividade agropecuária

Descrição da situação-problema

Na sua atuação como extensionista, um novo problema lhe foi apresentado. Consta que um senhor chamado Geraldo adquiriu umas terras na região onde você atua, e este produtor deseja cultivar grãos como o milho e a soja. Entretanto, algumas partes da propriedade recém-adquirida eram utilizadas como pastagens pelo antigo dono. Como estas pastagens encontravam-se bastante degradadas e foram implantadas em áreas de encosta, com relevo muito íngreme, o Sr. Geraldo decidiu substituí-las pelo cultivo de espécies florestais, optando pelo eucalipto. Porém, mesmo em se tratando de uma espécie vegetal rústica, os eucaliptos plantados não se desenvolveram conforme esperado, resultando numa floresta heterogênea quanto ao desenvolvimento das plantas, e falhada, devido à morte de muitos indivíduos. Com o objetivo de aproveitar o máximo possível suas terras, o Sr. Geraldo pediu o seu auxílio para ajudá-lo a entender o que havia acontecido e, assim, buscar uma alternativa para o uso do solo na referida área. Baseado nos conceitos trabalhados até aqui, você se sente capaz de orientar o Sr. Geraldo?

Resolução da situação-problema

A solução desta situação deve ser iniciada por meio do levantamento do histórico de uso do solo na propriedade. Primeiramente, é preciso conhecer os detalhes do plantio do eucalipto, pois só assim você poderá saber se o resultado observado no campo ocorreu devido a erros no plantio ou na condução da floresta. Eliminada esta hipótese, você poderá seguir com sua investigação.

Até onde você sabe, a área destinada ao plantio de eucalipto tinha como cobertura vegetal uma pastagem degradada, e resta saber qual o estágio de degradação desta pastagem. Qual o manejo adotado na condução da pastagem? O que havia antes da pastagem?

Para que você identifique quais fatores de degradação estão atuando para tornar a área improdutiva foi preciso investigar e, de acordo com seus levantamentos, você descobriu que existem dois cenários prováveis relativos ao uso daquele solo. Em um primeiro cenário, podemos dizer que a pastagem foi formada logo após a remoção da cobertura vegetal original e que o processo de exaustão do solo ocorreu devido ao manejo inadequado dessa pastagem (escolha de espécies forrageiras inadequadas, alta taxa de lotação e inaptidão do solo, entre outras práticas equivocadas). O segundo cenário provável é característico da ocupação e uso do solo no Brasil, em que, após ser exaurido por lavouras, o solo é destinado à formação de pastagens que, normalmente, são pouco produtivas e rapidamente se degradam.

Em ambas situações, podemos dizer que as práticas adotadas corroboraram para a degradação daquele solo. Porém, o fator que mais possa ter influenciado para a configuração atual se deva ao fato de a área não apresentar aptidão para uso agrícola, devido às suas características de relevo.

No Brasil, foi muito comum destinar as áreas declivosas ao cultivo de espécies perenes, como o café. Entretanto, em pouco tempo estas áreas deixavam de ser produtivas, e as lavouras eram substituídas por pastagens. Considerando que estas áreas já se encontravam degradadas e que a implantação dessa pastagem acontecia sem o emprego de técnicas adequadas, agravava-se o grau de degradação destes ambientes. Em muitos desses casos, devido à exaustão dos solos, a pecuária também deixou de ser lucrativa, sendo substituída pelo plantio de espécies florestais, como o eucalipto. Ao longo do tempo, esta prática se mostrou uma péssima opção.

Atualmente, com maior consciência sobre as limitações dos terrenos, as áreas que não são adequadas aos cultivos de lavouras e tampouco de pastagens podem ser utilizadas para compor a reserva legal das propriedades, um uso nobre que atende a legislação e proporciona a conservação de áreas sensíveis dentro das propriedades rurais.

Considerando o caso do Sr. Geraldo, esta seria a melhor opção para se corrigir os erros do passado e devolver a esta área degradada uma função ecológica e social.

1. Como vimos, na história brasileira do uso do solo ocorreram muito mais erros que acertos. Os resultados das escolhas equivocadas e inadequadas às nossas condições de clima e solo refletiram em um cenário de degradação dos solos, observado em todos as regiões do país.

Nas alternativas a seguir, identifique aquela que apresenta uma prática típica da agricultura colonial praticada até meados da década de 1960.

- a) Semeadura direta.
- b) Plantio adensado.
- c) Queima de resíduos da colheita.
- d) Terraceamento.
- e) Uso de máquinas e implementos agrícolas de grande porte.

2. Até nos dias atuais é comum que o uso do solo seja feito sem a adoção de práticas de conservação do solo e da água. Deste fato decorre o empobrecimento de nossos solos, o assoreamento dos rios e a redução da qualidade da água produzida nestes ambientes.

Nas alternativas a seguir, identifique aquela que descreve o principal fator de degradação responsável pelo cenário descrito anteriormente.

- a) Erosão hídrica.
- b) Efeito estufa.
- c) Erosão eólica.
- d) Aquecimento global.
- e) El Niño.

3. Em visita a uma propriedade agrícola, você pode observar que em uma área cultivada com soja havia centenas de pequenos sulcos que se alargavam e se aprofundavam à medida que se caminhava no sentido do ponto mais alto para o mais baixo do terreno e, neste local, você verificou um acúmulo de terra solta, sementes e resíduos da cultura anterior.

Considerando o conhecimento obtido nesta seção, o que pode estar provocando esta situação?

- a) Erosão eólica devido à falta de quebra-ventos.
- b) Compactação do solo devido à constrição de terraços.
- c) Empobrecimento do solo devido às queimadas.
- d) Salinização do solo devido ao uso inadequado de adubos.
- e) Erosão hídrica devido à falta de estrutura para interromper o fluxo da enxurrada.

A expansão agrícola brasileira e a qualidade do solo

Diálogo aberto

Certamente você já leu ou ouviu notícias sobre o desmatamento e as queimadas na Amazônia. Estas matérias costumam ressaltar os impactos ambientais destes processos, pontuando a questão do aquecimento global e a qualidade do ar, entre outros assuntos nesta temática. O que as matérias não deixam claro é a razão dessa devastação, que se repete ano após ano.

Você saberia explicar?

É fato que o desmatamento tem como causa mais urgente a extração de madeira. As queimadas, por sua vez, normalmente decorrem do processo de limpeza das áreas desmatadas, bem como são empregadas na renovação das pastagens degradadas que foram introduzidas nestes ambientes. Na verdade, estas notícias continuam contando com o mesmo enredo, a história da expansão das fronteiras agrícolas no Brasil.

Desde o tempo do descobrimento, a sequência de ações para a instalação de uma atividade agrícola permanece a mesma: derrubada da floresta, extração da madeira, queimada dos resíduos vegetais e, finalmente, a exploração comercial do solo.

Como você comprovará por meio do estudo desta seção, o avanço das atividades agrícolas sobre os ambientes naturais remanescentes não é o pior dos nossos problemas, pois constitui uma reposta previsível à demanda crescente por alimentos. Nossa questão diz respeito à forma com que a expansão e o desenvolvimento da atividade agrícola vêm acontecendo, uma vez que as escolhas das áreas e das atividades a serem implantadas desconsideram as características ambientais e os critérios técnicos que deveriam ser empregados na determinação da melhor forma de uso dos solos.

Assim, nesta seção vamos falar sobre a exploração do solo pela agropecuária e entender como o crescimento populacional, a demanda por alimentos e a qualidade dos solos influenciam a expansão de nossas fronteiras agrícolas. E, para que você se sinta inserido neste debate, lançaremos um novo desafio.

Lembre-se de que agora você faz parte de uma equipe de profissionais que está responsável por apresentar uma solução para os problemas de degradação do solo e da água, observados em uma região agrícola produtora de grãos. Sabendo que a construção de uma boa solução deve partir

de um diagnóstico bem feito do problema, você e a equipe da qual faz parte realizaram uma série de visitas a campo, onde puderam observar que, além das áreas agricultáveis, também estavam sendo exploradas áreas sem vocação para a atividade desenvolvida. Por exemplo: áreas que deveriam ser destinadas à cultivos florestais estavam sendo utilizadas para o cultivo de lavouras e áreas que legalmente deveriam ser destinadas à preservação permanente estavam sendo ocupadas por pastagens. De forma geral, a região analisada apresenta vocação para a produção agrícola, pois apresenta solo fértil e relevo suave. Estas características conferiram alto valor à terra na região e, por este motivo, mesmo as áreas mais sensíveis estão sendo exploradas. A demanda por terras é tão grande que alguns produtores chegam a aterrar suas nascentes para que possam cultivar o solo sobre elas. Este mau comportamento dos produtores é desenvolvido para aumentar a produção de suas terras; entretanto, por esta expansão acontecer em áreas ambientalmente sensíveis e inadequadas à exploração agrícola, trazem pouco retorno econômico e ganhos inexpressivos se considerados aos impactos gerados.

Diante desta situação, qual estratégia deve ser adotada para se convencer os produtores a recuarem suas áreas de cultivo? Como aumentar a produção sem aumentar a área explorada? Qual o efeito esperado desta mudança de comportamento?

As respostas para estas indagações vamos construir juntos, estudando como se dá a expansão das fronteiras agrícolas no Brasil e sua relação com a qualidade dos solos.

Bom trabalho!

Não pode faltar

Você já deve ter percebido que todo ano a mídia apresenta notícias que anunciam o alcance de novos recordes de safra, principalmente de produtos gerados pela agricultura extensiva, tais como soja e milho. Concomitante ao alcance de novas marcas de produção, também assistimos as notícias sobre o aumento do desmatamento no Brasil, sobretudo na área abrangida pela Amazônia legal, formada pelos estados brasileiros do Acre, Amapá, Pará, Amazonas, Rondônia e Roraima, e também parte do Mato Grosso, Tocantins e Maranhão, constituindo assim a nova fronteira agrícola do nosso país, conforme veremos mais adiante.

No estudo da primeira seção, você verificou que a substituição de uma floresta por uma lavoura gera impactos significativos para os ecossistemas, com efeitos desastrosos nas propriedades do solo. Estas transformações, além de degradarem o meio ambiente, contrariam as expectativas

de preservação ambiental estabelecidas em acordos internacionais para a redução das emissões de gases do efeito estufa e conservação da biodiversidade, entre outros.



Saiba mais

É importante entender que as transformações promovidas na paisagem, a própria atividade agrícola e as grandes queimadas vêm contribuindo significativamente para a geração de gases do efeito estufa. Visando controlar estas emissões, o Brasil participa de acordos internacionais, como é o caso do Acordo de Paris. Dentre muitas orientações, estes acordos afetam a regulação legal sobre a ocupação e o uso do solo brasileiro.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Acordo de Paris**. Brasília, [s.d.].

Mesmo diante de tantos aspectos negativos, a agricultura e a pecuária continuam avançando sobre as áreas de floresta. No seu ponto de vista, o que move a expansão de nossas fronteiras agrícolas? Será o baixo preço da terra? A promessa de solos mais produtivos? A pressão do mercado de commodities? Ou apenas o crescimento populacional e aumento da demanda de alimentos?

Ao longo do estudo desta seção, você verá que uma série de fatores influenciam e determinam o local e a forma que a expansão agrícola acontece. Para entendermos o momento atual da ocupação e do uso do solo no Brasil, é importante resgataremos um pouco da nossa história.



Refleta

Você deve ter percebido que nesta seção falaremos sobre a forma como aconteceu – e ainda acontece – a expansão da atividade agrícola em solos brasileiros. Levando em consideração este tema, você deve estar se perguntando: qual a relação deste assunto com a conservação do solo e da água? Você se sente capaz de responder a esta pergunta?

Do período colonial até os dias atuais, os fatores que influenciaram a expansão de nossas fronteiras agrícolas ainda são os mesmos: demanda por produtos agropecuários, distância das áreas de produção ao centro consumidor, fertilidade natural dos solos e topografia. Entretanto, a evolução da pesquisa e das tecnologias aplicadas ao agronegócio promoveram mudanças no grau de importância de cada um desses fatores.

Para ilustrar o que acabamos de comentar, utilizaremos como exemplo o estudo realizado por Silva et al (2013), em que os autores buscaram

caracterizar como os fatores distância do mercado consumidor, fertilidade do solo e topografia influenciaram a ocupação do cerrado brasileiro. Eles verificaram que, por um longo período, o avanço da agricultura e da pecuária era limitado pela distância entre a produção e o mercado consumidor. Assim, as atividades agrícolas eram desenvolvidas nas redondezas dos aglomerados urbanos, destinando-se as áreas naturalmente mais úmidas e férteis para a agricultura; já a pecuária se estabelecia nos planaltos, onde era comum a ocorrência de pastagens naturais, portanto, estas atividades não concorriam por espaço. A construção de estradas e a criação de meios de transporte de cargas, aliadas à modernização da agricultura, permitiram que as barreiras impostas pela distância e fertilidade dos solos fossem vencidas, passando a topografia ser o fator limitante de maior relevância, uma vez que, para ser mecanizável, a agricultura precisa ser desenvolvida em terrenos mais planos.

De forma geral, a ocupação agrícola do solo no Brasil aconteceu seguindo-se esta lógica e sob o efeito dos fatores descritos anteriormente. A princípio, as lavouras se instalaram na zona litorânea, local onde aportavam os navios portugueses e, portanto, onde se estabeleceram os primeiros povoadamentos. Originalmente, esta faixa de terra que se estendia de norte ao sul do país era coberta pela Mata Atlântica, que foi sendo gradualmente devastada para a instalação de cidades e fazendas. Não à toa, este bioma brasileiro ainda é o que mais sofre com a pressão exercida pela atividade humana. O avanço da fronteira agrícola para o interior do país aconteceu como consequência da exploração de metais, pedras e plantas nativas. Assim, à medida que as atividades de exploração mineral e o extrativismo se tornavam menos lucrativos, as atividades agrícolas ganhavam força, tanto para suprir as necessidades internas de uma população que não parava de crescer, quanto para atender as demandas do mercado externo por commodities como açúcar, algodão e o café.

O avanço da atividade agrícola foi gradativamente conquistando o interior do país e assim progredindo, até que uma barreira, imposta pela qualidade do solo, estabelecesse uma nova fronteira agrícola: o cerrado. Este é o segundo maior bioma sul-americano, ocupando uma área de aproximadamente 22% do território brasileiro (BRASIL, 2018). Apesar da grande extensão de área, a baixa fertilidade natural do solo, seu pH ácido e altos teores de alumínio (Al) trocável (LOPES, 1983) impediram a ocupação deste imenso espaço de terras no interior do país.

Como resultado do avanço das pesquisas em fertilidade dos solos, por volta das décadas de 1960 e 1970 as condições dos solos do cerrado deixaram de ser um impedimento à expansão de nossas fronteiras agrícolas, dando-se início à sua exploração comercial.

Concomitante à ocupação do cerrado, as áreas abrangidas pela Amazônia Legal também sofreram grandes transformações no uso e na ocupação do solo. A exploração mineral e a construção de rodovias abriram caminho para a expansão agrícola na floresta amazônica. Primeiramente, o desmatamento dessas áreas era realizado para a formação de grandes extensões de pastagens; posteriormente, pelo mesmo motivo que impulsionou a ocupação do cerrado, a tecnologia tornou viável a exploração de terras para o cultivo de grãos, principalmente nos estados de Mato Grosso, Tocantins, Maranhão e Piauí.

No contexto da conservação do solo, as tecnologias que permitem a expansão da agropecuária sobre nossas últimas fronteiras agrícolas, principalmente sobre o cerrado e a Amazônia, não estão sendo suficientes para superar a suscetibilidade dos solos à degradação. A consequência disso você já deve saber: grandes extensões de terras encontram-se hoje degradadas ou em pleno processo de degradação, seja pela agricultura ou pela pecuária.

Naturalmente, a ocupação do solo para o uso agrícola acontece seguindo-se os padrões discutidos anteriormente, quanto à fertilidade, topografia e distância. Porém, a pressão exercida pelo mercado leva os produtores a tomarem decisões equivocadas sobre ampliar suas áreas de cultivo, ocupando áreas inaptas dentro da propriedade rural ou adquirido novas propriedades em áreas extremamente sensíveis à exploração comercial dos solos. Neste contexto, somente os resultados no curto prazo são considerados na tomada de decisão e, na maioria dos casos, os solos são explorados e levados à degradação de suas propriedades.

A pressão exercida pelo mercado sobre os produtores rurais é uma consequência do aumento crescente da demanda por alimentos. Esta demanda, por sua vez, resulta do crescimento da população mundial que, segundo a Organização das Nações Unidas (2017), já atingiu a marca de 7,6 bilhões de habitantes e continua crescendo a uma taxa média de 83 milhões de pessoas por ano.

O Brasil é um dos países que tem apresentado uma diminuição de sua taxa de fertilidade; entretanto vivemos em um mundo globalizado e, sendo assim, ainda que o tamanho da população brasileira se estabilize ou até mesmo venha a diminuir, continuaremos sendo importantes fornecedores de alimentos para o mundo, ou seja: esta pressão continuará existindo e tende a se tornar cada vez mais intensa.

Fatalmente, estamos caminhando para um momento de nossa história em que não haverá mais para onde expandir as áreas de produção agropecuária. Mas isto será mesmo necessário? Paradoxalmente, enquanto a mata nativa vai dando lugar às atividades agrícolas, milhares de hectares de terras

agricultáveis estão sendo abandonadas pois tornaram-se improdutivas devido ao mau uso do solo e sua consequente degradação.

Diante do atual cenário de ocupação do solo e das perspectivas de futuro, duas lições devem ser aprendidas: a primeira diz respeito à ocupação de novas áreas para o desenvolvimento das atividades agrícolas, e a segunda lição nos ensina que, em caráter de urgência, temos de rever a forma como as terras já exploradas estão sendo utilizadas.

A expansão agrícola sobre novas áreas

Como vimos, a expansão de nossas fronteiras agrícolas sobre áreas naturais é uma realidade que responde diretamente ao crescente aumento da demanda mundial por alimentos e outros produtos agrícolas. Para que isto não continue sendo um grave problema ambiental, esta expansão deve ser feita observando-se os critérios técnicos quanto à capacidade que os ambientes dispõem para suportar o desenvolvimento das atividades agrícolas. Isto significa dizer que antes de instalar uma determinada atividade agrícola é preciso conhecer as limitações ambientais do local. Uma vez identificadas as áreas mais adaptadas ao desenvolvimento de cada tipo de atividade, é preciso o acompanhamento de um profissional para que se possa definir qual a melhor estratégia de trabalho, ou seja, a escolha das práticas mais apropriadas de preparo e correção da fertilidade do solo e também de manejo da cultura.

Neste sentido, qualquer novo projeto de implantação de uma lavoura deve seguir os princípios conservacionistas que garantam a sustentabilidade da propriedade rural.

Aliado aos princípios agronômicos comentados anteriormente, todo o trabalho deverá ser conduzido em acordo com a legislação vigente observando-se os critérios para a delimitação de áreas sensíveis que, portanto, deverão ser destinadas à preservação permanente, como é o caso das matas ciliares, áreas de nascentes, topos de morros e encosta íngremes. Não obstante, também é importante estarmos atentos à ocorrência de locais com características peculiares de interesse ambiental, podendo estes serem preservados pela criação de uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN).



Assimile

Você sabe o que é uma RPPN? As Reservas Particulares do Patrimônio Natural constituem uma categoria de Unidade de Conservação prevista na Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000, lei que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Nesta categoria, as áreas particulares que apresentem características ambientais especiais tais como beleza cênica, habitats de espécies endêmicas e áreas de interesse histórico e

cultural, entre outras, poderão ser transformadas em reservas da biodiversidade, garantindo assim a sua perpetuidade como unidade de conservação.

É importante lembrar que os ambientes naturais, transformados em unidade de conservação ou não, têm grande potencial turístico e podem constituir uma fonte de renda extra para os produtores rurais. Assim, paisagens bucólicas, cachoeiras e até mesmo a simplicidade da vida no campo têm sido muito procuradas pelos moradores das grandes cidades.



Exemplificando

O turismo rural tem se consolidado como uma alternativa para a complementação da renda do homem no campo, propiciando mais uma opção para a diversificação das atividades rurais, sobretudo nas pequenas propriedades agrícolas.

Reestruturação de áreas agrícolas já consolidadas

Se aprendermos a primeira lição e começarmos a utilizar o conhecimento agrônomo e a observação de leis para o estabelecimento de novas áreas de cultivo, já será uma grande conquista para a conservação do solo e água nos ambientes rurais.

Mas nosso trabalho não termina por aqui; resta aprendermos a segunda lição sobre o uso dos solos para a atividade agrícola: o que fazer com as áreas agrícolas já consolidadas que, na maioria dos casos, apresentam algum grau de degradação decorrente do mau uso do solo?

Dizemos que o trabalho de correção e adequação do uso do solo em áreas já consolidadas é mais penoso pois, nestes casos, são envolvidas questões culturais, hábitos e tradições, que são mais difíceis de se mudar. Certamente você vivenciará situações em que o convencimento do produtor rural se mostrará uma tarefa quase impossível de se realizar. Mas não desanime, pois muitas vezes você será o detentor do conhecimento que poderá salvar uma propriedade rural.

Assim como vimos anteriormente, a avaliação da capacidade de uso das terras também se faz necessária quando desejamos reorganizar as atividades agrícolas dentro de uma propriedade rural já estabelecida. É preciso conhecer o ecossistema com o qual estamos trabalhando, identificando suas limitações e potencialidades e, a partir destas informações, verificar quais ações podem ser empreendidas a fim de promover as correções e adequações necessárias para tornar viável a exploração comercial dos solos, sempre considerando o emprego das práticas conservacionistas. Neste sentido, é

muito importante o acompanhamento técnico no levantamento das informações referentes à propriedade rural e na recomendação das atividades e manejos mais apropriados a cada situação.

Você conseguiu perceber que nas duas lições aprendidas a forma de proceder é fundamentada no mesmo princípio?

Tanto na expansão agrícola sobre novas áreas, quanto na reestruturação de áreas agrícolas já consolidadas, é imprescindível conhecer o ecossistema no qual pretendemos desenvolver uma atividade rural, seja a agricultura, a pecuária, silvicultura ou preservação ambiental.

Fundamentados nesta percepção do ambiente, pesquisadores de diferentes países criaram – e vêm aperfeiçoando – uma ferramenta para auxiliar produtores rurais e profissionais do campo a decidir onde, o que e como produzir. O resultado deste valioso trabalho gerou o conceito de aptidão agrícola do uso das terras, que é um instrumento básico de planejamento da propriedade rural (RAMALHO FILHO; PEREIRA, 1999).

Por meio da aplicação deste conhecimento, busca-se entender o meio ambiente como um todo, identificando-se suas limitações e potencialidades quanto à disponibilidade de recursos naturais e sua qualidade. Balizados por estas informações, é possível prever quais são as opções mais adequadas de uso do solo e, ainda, qual o nível de manejo recomendado para promover as correções necessárias e redução das limitações observadas.

Agora que você já está um pouco mais familiarizado com o conceito de aptidão agrícola dos solos, vamos ver como podemos aplicá-lo na prática. É importante destacar que a evolução do conhecimento sobre o tema gerou várias linhas de trabalho e, portanto, diferentes métodos para a avaliação da aptidão agrícola de terras foram desenvolvidos. Em um trabalho realizado pela Embrapa para se avaliar a aptidão agrícola das terras do Brasil, os autores Ramalho Filho e Pereira (1999) apresentam uma análise crítica dos principais métodos de avaliação de terras empregados no país. De forma geral, o trabalho de avaliação da aptidão de terras começa pela determinação do método a ser utilizado, uma vez que cada método se baseia em determinadas informações ambientais para proceder a classificação das terras quanto a sua aptidão.

Uma vez determinado o método, faz-se necessário realizar a caracterização do ambiente. Neste sentido, poderão ser levantadas informações sobre as condições do solo (fertilidade, acidez, suscetibilidade à erosão, impedimento à mecanização, declividade, profundidade, rochosidade, etc.), sendo necessárias também informações sobre o regime hídrico local e fatores climáticos.

Somente após o diagnóstico da área é possível realizar a avaliação da aptidão das terras segundo os parâmetros predeterminados pelo método escolhido.

Normalmente, as classes de aptidão agrícola são caracterizadas segundo:

Níveis de manejo: são definidos segundo as práticas agrícolas disponíveis e separados em diferentes níveis conforme o contexto específico, técnico, social e econômico.

Grupos de aptidão agrícola: buscam definir o tipo de utilização mais intensivo suportado pelo ambiente em estudo, sendo dividido em lavouras, pastagens plantadas, silvicultura e/ou pastagem natural e preservação da flora e da fauna.

Classes de aptidão: buscam caracterizar a aptidão das terras para um tipo de uso, sob determinado nível de manejo e refletir o grau de intensidade com que as terras são afetadas pelas limitações identificadas (RAMALHO FILHO; PEREIRA, 1999).



Exemplificando

Um bom exemplo para ilustrar a aplicação da avaliação da aptidão agrícola de terras foi o que realizou a Prefeitura Municipal de Santa Margarida do Sul – RS. A Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente deste município promoveu um levantamento da aptidão de uso agrícola das terras em uma área representativa de um assentamento rural da região. Este trabalho teve como objetivo gerar informações que subsidiassem os produtores rurais assentados em suas escolhas, de forma que pudessem fazer o melhor uso do solo, sem extrapolar sua capacidade de suporte quanto às atividades e ao manejo escolhidos. Como resultado, foi possível identificar cinco potencialidades de uso dos solos estudados. Diante destas informações, os produtores poderão optar pelas atividades que melhor se adequam às situações observadas em suas propriedades, bem como definir o nível de manejo apropriado à cada classe de uso identificada.

SILVA, Franquiéle Bonilha. **Aptidão de uso de solo em uma propriedade rural de Santa Margarida do Sul, RS.** 2011. 35 f. Relatório de Estágio Curricular Obrigatório como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Florestal, Universidade Federal do Pampa, São Gabriel, 2011.

Na próxima seção, você conhecerá as consequências do mau uso do solo nas atividades agrícolas e, assim, poderemos reforçar a importância da classificação da aptidão de uso das terras como ferramenta de planejamento da propriedade rural.

De acordo com o conteúdo estudado até aqui, tenho certeza que você já se sente mais confortável para resolver a situação-problema proposta no início desta seção. Então vamos relemburar.

Você e sua equipe buscavam soluções para controlar o processo de degradação do solo que estava acontecendo em uma região produtora de grãos. Nos levantamentos realizados a campo, foi possível observar que o aquecimento no mercado de produtos como soja e milho motivou os produtores a expandir suas lavouras, mesmo em áreas sem aptidão para a produção de grãos. Consequentemente, o quadro de degradação se intensificou e os resultados de produção alcançados não foram tão satisfatórios.

Diante deste cenário, a primeira questão a ser resolvida diz respeito à mudança de comportamento dos produtores da região quanto ao uso do solo. Qual estratégia você empregaria para promover esta transformação?

Conforme vimos, em casos como este a ferramenta mais adequada para a proposição de mudanças é o conhecimento da capacidade de uso do solo. Isto significa saber quais atividades e tipos de manejo são suportados pelos diferentes ambientes observados a campo, quais obstáculos poderão ser transpostos por meio da aplicação de técnicas viáveis às condições sociais, econômicas e ambientais da região, e ainda quais potencialidades poderão ser mais bem aproveitadas, adequando-se o nível de manejo empregado ou até mesmo a atividade desenvolvida.

Você deve se lembrar de que todo este trabalho pode ser realizado por meio da avaliação da aptidão agrícola das terras, em que a identificação das diferentes classes é realizada com base nas características locais de solo e clima, principalmente. Com base neste trabalho, você poderá identificar as áreas que estão sendo exploradas além de sua capacidade de suporte, áreas subexploradas e aqueles ambientes que deveriam ser destinados à preservação da biodiversidade.

Portanto, um diagnóstico de campo bem elaborado proporcionará informações valiosas para que você e sua equipe possam avaliar a aptidão agrícola das áreas em estudo e, assim, poderão construir um plano para a reestruturação dessas propriedades rurais. Este é o primeiro passo para a transformação.

De acordo com a proposta construída, torna-se mais fácil para o produtor perceber que está desperdiçando recursos e energia com áreas que não trazem o retorno econômico desejado e, em contrapartida, pode estar deixando de aproveitar as potencialidades de outras áreas. Este é o ponto que queríamos chegar, pois quando conseguimos mostrar para um produtor que a mudança

proposta poderá melhorar o desempenho de sua propriedade, aumentamos as chances de ganharmos a sua confiança.

Assim, além de identificarmos as áreas mais adequadas para o desenvolvimento de cada tipo de atividade agrícola, poderemos incrementar a produção melhorando-se também o manejo adotado, buscando práticas conservacionistas que melhorem a produtividade por otimizar a disponibilidade de água e nutrientes para as lavouras e, desta maneira, podemos aumentar a produção sem a necessidade de expandirmos as áreas de cultivo.

Se conseguirmos convencer os produtores a realizarem o planejamento de suas propriedades de acordo com a aptidão agrícola das terras, estaremos promovendo a mudança de comportamento que contribuirá muito para a conservação dos solos e sustentabilidade da região, uma vez que, neste processo, além de definirmos o melhor uso do solo para o local, é indicado também qual o tipo de manejo mais adequado para cada situação.

Avançando na prática

Alternativas para o uso do solo

Descrição da situação-problema

Ao longo desta seção você pôde verificar que, de acordo com as características ambientais de uma determinada área, várias possibilidades de uso do solo podem ser empreendidas. Pensando nisso, avalie a nova situação-problema a seguir.

Em seus levantamentos a campo, realizados para construir uma solução para a primeira situação-problema desta seção, você e sua equipe conheceram o Sr. João, um produtor rural muito hospitaleiro, cuja principal atividade é o cultivo de grãos. Na conversa que tiveram com ele para conhecer melhor o histórico de uso do solo na região, o Sr. João se mostrou bastante ansioso para ampliar suas áreas de lavoura, pois precisava aumentar sua renda. Entretanto, avaliando a sua propriedade, você e sua equipe verificaram que não havia mais áreas com aptidão ao cultivo de lavouras em seu sítio. A única área que ainda não havia sido explorada era composta por um remanescente florestal, com tamanho superior à reserva legal exigida por lei, porém com solo bastante raso e rochoso e, por este motivo, desaconselhável ao uso agrícola. Durante a entrevista, o Sr. João revelou que no interior da mata havia um riacho muito bonito e que em seu leito formavam-se cachoeiras e piscinas naturais muito procuradas pelos vizinhos, que utilizavam o local para recreação. A propriedade ficava próxima à uma rodovia que dava acesso ao núcleo urbano do município, também pouco distante dali.

Diante do cenário observado, como você e sua equipe poderiam ajudar o Sr. João a melhorar sua renda, uma vez que a expansão da lavoura sobre novas áreas dentro do sítio é desaconselhável?

Resolução da situação-problema

O primeiro passo para podermos auxiliar o Sr. João consiste em avaliar o manejo que vem adotando em sua propriedade rural. Para isso, devemos verificar se as atividades desenvolvidas condizem com a aptidão agrícola das terras utilizadas. Também é importante levantarmos as informações sobre o manejo do solo (preparo do solo, correção da acidez, adubações, etc.), manejo das espécies cultivadas e as práticas conservacionistas empregadas. Na maioria das vezes, é possível conseguir alguns ajustes que possam proporcionar aumentos da produção sem a necessidade de se ampliar as áreas de lavoura.

Outro ponto a ser considerado diz respeito às alternativas de uso da propriedade rural, e para isso devemos estar atentos às suas potencialidades.

No caso da propriedade do Sr. João, não há mais como ampliar suas áreas de lavoura, portanto para que consiga aumentar sua renda, existem duas possibilidades: mudança de atividade agrícola para uma opção mais rentável ou busca por alternativas de uso para a área ainda não explorada.

Na situação em questão, o produtor não tem intenção de mudar a atividade agrícola principal de seu sítio; sendo assim, resta apenas a segunda opção: pensar em um uso rentável do remanescente florestal.

Uma alternativa ainda pouco explorada no Brasil é o turismo rural. Neste sentido, para que esta possibilidade de uso possa se transformar em um negócio próspero devemos observar alguns pontos: a facilidade de acesso, distância de centros urbanos, potencialidade turística da propriedade rural e região (belezas cênicas, hospitalidade, características peculiares da propriedade, entre outras).

Considerando as características da propriedade do Sr. João e também de seu perfil, podemos considerar a possibilidade de uso do remanescente florestal como um atrativo turístico, que por sua vez pode se transformar em uma alternativa para ampliação da renda desse produtor rural. Ao considerar esta possibilidade, é importante destacar a necessidade de se consultar o órgão ambiental competente para se verificar a necessidade de licenças ambientais para o uso legal da área em questão.

1. De acordo com o conteúdo estudado, podemos verificar que o uso do solo para o desenvolvimento da atividade agrícola no Brasil iniciou no litoral e seguiu avançando para o interior do país. Este processo continuou durante anos, até que na região central do país a fertilidade do solo estabeleceu uma barreira, impedindo a progressão desse processo de ocupação do território.

O texto desta questão descreve as características dos solos de um dos maiores biomas do país. Nas alternativas a seguir, identifique o bioma caracterizado.

- a) Caatinga.
- b) Amazônia.
- c) Cerrado.
- d) Pampa.
- e) Pantanal.

2. Desde o descobrimento a ocupação do território tem acontecido, primordialmente, pelo avanço da exploração agrícola do solo. Em nossa história, alguns produtos como a cana-de-açúcar, o algodão e o café motivaram a transformação do país, tornando-o uma potência na produção de alimentos. De forma geral, a expansão de nossas fronteiras agrícolas aconteceu sob a influência de alguns fatores. Sobre este tema, analise os itens a seguir:

Distância do mercado consumidor.

Demanda por produtos agropecuários.

A fertilidade natural dos solos.

A topografia.

São fatores que influenciaram a expansão de nossas fronteiras agrícolas os itens:

- a) Apenas I e III.
- b) Apenas II e IV.
- c) Apenas I, II e III.
- d) Apenas II, III e IV.
- e) I, II, III e IV.

3. De forma geral, a maior parte dos problemas associados à degradação dos solos no Brasil são uma consequência da não observação da sua capacidade de uso que, por sua vez, tem levado produtores rurais a escolhas equivocadas quanto à atividade agrícola definida e também quanto ao tipo de manejo empregado.

Nas alternativas que seguem, identifique aquela que apresenta a forma mais adequada de se conhecer a capacidade de suporte do solo e, assim, subsidiar o produtor na tomada de decisão sobre o melhor uso e manejo do solo em sua propriedade rural.

- a) Análise econômica da região produtora.

- b) Avaliação da aptidão agrícola das terras.
- c) Sensoriamento remoto.
- d) Avaliação de impacto ambiental.
- e) Mapeamento climático.

Consequências ambientais e agronômicas do inadequado uso do solo

Diálogo aberto

Provavelmente você já teve a oportunidade de ver uma área que foi explorada até a sua exaustão e, mesmo que por meio de fotografia ou vídeo, você pôde reconhecer que se tratava de uma área degradada. Isto porque, independente da atividade que tenha provocado a degradação da área observada, visualmente é possível verificarmos algumas características comuns nestas situações como: cor do solo, cobertura vegetal (quando existente) e topografia. Numa avaliação mais detalhada, constataremos que as diferenças são muito mais profundas e, na maioria das vezes, determinantes para o abandono desta área tida como improdutiva.

Em nosso trabalho, nem sempre essas constatações sobre o grau de degradação de uma área serão facilmente detectadas o que dificulta a atuação do agrônomo junto aos produtores rurais, no sentido de se propor uma metodologia mais adequada ao uso do solo.

Dessa forma, para que você possa ir se acostumando com este tipo de caso, propomos uma nova situação. Assim, resgatando as informações iniciais desta unidade, verificamos que você é um engenheiro agrônomo extensionista e está atuando juntamente com uma equipe de profissionais para propor uma solução ao problema de degradação do solo e da água que está se intensificando numa determinada região, que tem como principal atividade agrícola a produção de grãos. Considerando o diagnóstico construído até aqui, à base de observações a campo e da entrevista com moradores e produtores da região, sua equipe de trabalho pôde concluir que a instalação do processo de degradação se deveu principalmente à mudança de atividade agrícola e também à forma como a exploração do solo passou a ocorrer. Comprovaram ainda que a ocupação de áreas inaptas aos cultivos anuais e o desrespeito ao Código Florestal (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012) agravaram a situação como um todo. Diante deste fato, constatou-se uma série de impactos ambientais que, se não forem mitigados, poderão comprometer seriamente a atividade econômica da região e afetar a qualidade de vida de sua população. Dentre estes impactos, destacam-se a perda da capacidade produtiva do solo, a redução da quantidade e da qualidade da água produzida e a perda da função ecológica de algumas áreas que apresentavam avançado grau de degradação. Para facilitar seu trabalho, sugerimos que elabore um relatório de análise do histórico da região, com reflexões e indicações técnicas para os produtores da área.

Sabemos que uma mudança de comportamento se inicia pela informação e, sendo assim, você e sua equipe organizaram uma reunião com os produtores da região, visando apresentar o problema observado, expor as consequências do mau uso do solo e estimular os produtores à adoção das práticas de conservação do solo e da água em suas propriedades agrícolas.

Como você comprovaria que a situação observada é uma consequência do mau comportamento destes agricultores? Que argumentos você utilizaria para convencê-los a mudar sua atitude em relação à sustentabilidade da região?

Este é o seu desafio agora, mas não se preocupe: com o estudo do conteúdo desta seção, conheceremos os principais fatores que ocasionam a degradação do solo e como as atividades agrícolas contribuem com esse cenário. Faremos isso por meio do estudo das consequências do uso inadequado do solo, entendendo seu efeito na perda de função ecológica do solo, na perda de capacidade de produzir alimentos e até no ciclo hidrológico no solo. Assim, você será capaz de se preparar para esta reunião e promoverá uma revolução na agricultura da região.

Ao final desta seção, reforçaremos sua capacidade de identificar como as atividades humanas e o setor agrícola podem influenciar a degradação das propriedades do solo.

Bons estudos!

Não pode faltar

Prezado estudante,

Desde o início de nosso estudo, temos comentado sobre como o desenvolvimento das atividades agrícolas vem afetando a qualidade do ambiente rural brasileiro. Dos primeiros cultivos até os dias atuais, muito se evoluiu no aprimoramento das ciências agrárias, do melhoramento genético, desenvolvimento de máquinas e equipamentos e na criação de uma infinidade de produtos agrícolas. Produzimos mais e com melhor qualidade, passamos a ocupar um lugar de destaque no mercado internacional de commodities como soja, milho e carne, entre outros produtos alimentícios. Entretanto, mesmo com toda essa evolução, pouco se avançou no tratamento dado ao solo que, apesar de ser a base deste desenvolvimento, continua sendo degradado pelo homem, sobretudo pela atividade agrícola.

Como vimos anteriormente, com a modernização dos sistemas de produção, poucas são as restrições que limitam a expansão das áreas de cultivo. Aliado a isto, a grande disponibilidade de terras tem afetando a

maneira como é feito o uso do solo no Brasil. Para ilustrar esta fala, podemos usar como exemplo o que aconteceu em algumas regiões dos estados de São Paulo e Rio Grande do Sul: houve degradação por conta do mau uso do solo e, por este motivo, muitos produtores migraram para os estados do Paraná e Mato Grosso, expandindo assim nossas fronteiras agrícolas, mas deixando para trás grandes extensões de solo degradado.

Muitas são as consequências do mau uso desse recurso tão precioso. A degradação do solo pode afetar a soberania de uma nação, uma vez que diminuirá sua autossuficiência na produção de alimentos, aumentando assim a sua dependência externa.

Apesar de muito grave, a perda da capacidade de produção não é a única consequência indesejada do mau uso do solo. Este recurso natural integra e exerce forte influência nos ecossistemas onde está presente. Portanto, qualquer alteração que se promova às propriedades do solo, desencadeará alguma reação do ambiente onde está inserido.

Neste sentido, as reações mais imediatas decorrentes da implantação de uma atividade agrícola são observadas na biologia do solo. Se consideramos a mudança de um ambiente florestal para uma área de cultivo ou de pastagem, podemos dizer que haverá uma transformação brutal nas condições ambientais, sendo imediatamente observadas variações na temperatura, umidade e disponibilidade de alimentos à fauna de solo. A nova condição ambiental é totalmente hostil à biodiversidade ali existente, grande parte dos organismos desaparece e a área afetada passa a ser o lar de um número bem menor de espécies, sobretudo aquelas mais adaptadas aos ambientes degradados, normalmente seres pouco exigentes. O uso continuado do solo para o desenvolvimento de atividades agrícolas sem a adoção de práticas conservacionistas, tende a agravar esta situação, tornando o ambiente cada vez mais desequilibrado e favorável à instalação de pragas agrícolas.

Com o avanço do processo de degradação provocado pela ação do homem, a área afetada torna-se cada vez mais inóspita e com características extremamente diferentes do ambiente circunvizinho. Quando esta área deixa de ser interessante para o desenvolvimento de qualquer atividade econômica, é abandonada. Porém, nos locais onde o grau de degradação é muito avançado, a área perde sua resiliência e não consegue se inserir no contexto local por meios naturais, perdendo também a sua função ecológica.



Assimile

Você conhece o termo resiliência?

Na física, a resiliência é a capacidade que um corpo apresenta de retornar à forma original depois de ter sofrido uma deformação. Neste

sentido, o termo resiliência é comumente empregado para medir a capacidade que um ambiente tem de retomar a sua condição de equilíbrio ambiental e de se tornar parte contínua do ambiente onde está inserido, retomando assim sua função ecológica. Por exemplo: a parte de uma floresta que tenha sido desmatada para a implantação de um cultivo e logo após a primeira colheita tenha sido abandonada terá alta resiliência, pois o processo de degradação durou pouco tempo e a área está inserida no contexto de sua vegetação original, o que facilita muito a recuperação de suas funções ecológicas. Da mesma forma, quanto mais intenso o processo de degradação e maiores forem as transformações no ambiente afetado, menor será sua resiliência, ou seja, mais difícil será recuperar sua forma e função originais.

Quando falamos de função ecológica, estamos nos referindo à importância de determinados aspectos ambientais para o equilíbrio ecossistêmico. Neste sentido, os solos têm importantes funções ecológicas pois, como vimos, são parte integrante e fundamental para os ecossistemas onde estão presentes. Além de conferir resiliência ao ambiente, um solo equilibrado tem outras funções importantes na regulação dos ciclos de elementos químicos e da água, pois em ambos os casos é responsável por armazenar, transformar e disponibilizar estes elementos em acordo com o equilíbrio ambiental estabelecido.

Um exemplo disso é a importância do solo no ciclo do carbono, pois este é capaz de armazenar até duas vezes mais carbono que a atmosfera. Para se ter uma ideia do quanto isso representa, a quantidade de carbono armazenada na camada superior de solo em até um metro de profundidade dos solos minerais da Bacia Amazônica, representa, aproximadamente, 3% do estoque global estimado de carbono no solo. Se considerarmos ainda o carbono dos resíduos orgânicos depositados sobre o solo e o carbono estocado a profundidades maiores do que um metro, esta quantidade de carbono estimada pode ser quatro vezes maior (TRUMBORE; CAMARGO, 2009).

Refletindo sobre estas informações, é fácil imaginar que a alteração da condição natural de um solo para seu uso no desenvolvimento de atividades agrícolas modificará a dinâmica dos processos de transformação e armazenamento do carbono no solo. Vamos entender como isso acontece.

Basicamente, o carbono é estocado no solo na forma de compostos orgânicos, portanto esteve ou ainda está intimamente associado à biodiversidade presente no ecossistema do qual faz parte. Em nossas condições de clima tropical, em que as médias anuais de temperatura e pluviosidade são mais altas que em climas temperados, a velocidade de degradação da matéria orgânica é maior, pois estas condições ambientais favorecem o

desenvolvimento dos organismos que participam da decomposição destes resíduos orgânicos. Para que você tenha uma ideia da velocidade deste processo, considere um plantio de milho. Após sua colheita, apenas os grãos são retirados da área de cultivo e o restante da planta é picado e devolvido ao solo na forma de palhada. Se for incorporada ao solo logo após a colheita, praticamente toda essa matéria orgânica será decomposta no período de seis meses. Por este motivo, o manejo da palhada em solos tropicais tem sido profundamente estudado pela pesquisa agropecuária, considerando que a presença de matéria orgânica no solo é fundamental para a manutenção de suas propriedades físicas, químicas e biológicas, além do seu papel regulador do carbono presente na atmosfera.

Muitos estudos comprovam que a matéria orgânica é responsável pela estabilidade do solo, no que diz respeito à manutenção de suas propriedades. No aspecto físico, a matéria orgânica confere estabilidade aos agregados do solo, funcionando como um agente cimentante entre as partículas. Isto quer dizer que em solos agrícolas, normalmente muito revolvidos, a matéria orgânica garantirá a manutenção de sua estrutura e, conseqüentemente, sua porosidade.

A porosidade do solo é a propriedade que lhe confere sua capacidade de absorver água. Sabemos que o solo exerce um papel fundamental no ciclo da água, funcionando como depurador e reservatório, pois a água que se precipita na forma de chuva se infiltra pelos poros do solo, caminhando por meio destes em profundidade até atingir o lençol freático. Neste caminho a água é purificada e será parcialmente absorvida por microporos existentes no interior das partículas do solo. Esta água que fica retida no solo garantirá a manutenção de sua umidade, proporcionando um reservatório de água para as plantas e para os outros organismos do solo, mesmo em épocas de estiagem. A água que abastece o lençol freático será lentamente devolvida ao ambiente por meio de seu afloramento na superfície do solo, na forma de nascentes.

Por meio deste breve relato, conseguimos compreender a importância que a matéria orgânica tem para a manutenção das condições de equilíbrio dos ciclos do carbono e da água, portanto a ausência de práticas conservacionistas que busquem manter elevados os teores de matéria orgânica no solo fatalmente o levarão à degradação de suas propriedades.

Os solos desprovidos da cobertura formada por resíduos vegetais ficam expostos à energia das gotas de chuva, que quando caem no solo promovem a desagregação de suas partículas. As partículas do solo pulverizadas apresentam tamanho bem menor do que o original, sendo capazes de percolar juntamente com a água que se infiltra no solo, promovendo o entupimento de seus poros.

Os solos agrícolas com baixo teor de matéria orgânica apresentam uma estrutura muito mais frágil, sendo mais suscetíveis à pulverização promovida tanto pelo impacto da gota de chuva como pelos revolvimentos decorrentes das operações de preparo do solo. A diminuição no tamanho das partículas do solo tem efeito imediato na redução da sua porosidade, uma vez que os poros responsáveis pela absorção da água e sua infiltração em profundidade são constituídos pelos espaços formados entre estas partículas. Logo, a falta de matéria orgânica associada ao preparo intensivo do solo formam a condição perfeita para a sua compactação.

Regiões com ocorrência de solos compactados apresentam problemas graves de erosão, pois toda a água que não é absorvida escoará superficialmente e deixará de abastecer os depósitos subterrâneos e a umidade do solo, comprometendo o regime hídrico local.

Milhões de toneladas de sedimentos são removidos anualmente das terras agricultáveis pelas águas das chuvas que escorrem superficialmente na forma de enxurrada. Todo este sedimento é depositado ao longo do leito dos rios e outros corpos hídricos, promovendo seu assoreamento. À medida que se acumulam, causam profundas transformações nas características ambientais desses corpos de água, alterando os padrões de qualidade da água, profundidade, largura, fluxo, vazão, temperatura e evaporação, entre outros.

O assoreamento dos rios tem causado grandes transtornos sociais, econômicos e culturais às comunidades que fazem uso desse recurso hídrico. Os rios que se tornam mais rasos deixam de ser navegáveis, causando prejuízos ao deslocamento de pessoas e mercadorias. As mudanças ambientais promovidas pelo assoreamento dos rios também afetam profundamente a vida de seus organismos, uma vez que suas características são modificadas, o que torna o ambiente inadequado para as espécies adaptadas a sua condição original.

A alteração da qualidade e da quantidade de água, resultante da presença dos sedimentos, dificultam a sua captação para os diferentes usos humanos, tais como abastecimento das cidades e irrigação.

Além do assoreamento dos rios, outro efeito preocupante da erosão dos solos é o assoreamento de reservatórios de água. Formados pelo represamento dos rios, os reservatórios de água são construídos para atender a uma série de necessidades do homem, tais como a produção de energia elétrica, criação de peixes, armazenamento de água para abastecimento de cidades e propriedades rurais, entre outras aplicações. Em todas as situações, a construção desses reservatórios gera impactos ambientais significativos, custa muito caro e, portanto, é desejo de todos que fazem uso desses reservatórios que sua vida útil seja bastante longa.

Mas o que poderia reduzir a vida útil de um reservatório de água?

Se você respondeu a erosão dos solos, acertou mais uma vez! Os sedimentos transportados pelas enxurradas poderão afetar diretamente os reservatórios quando escoam até suas margens ou quando são levados pela água dos rios que contribuem para sua formação. À medida que estes sedimentos vão sendo depositados no fundo dos reservatórios eles diminuem sua profundidade, até que passam a aflorar na superfície da água. Nesta situação o reservatório fica inutilizado, uma vez que os custos para a recuperação de suas funções, normalmente por meio da dragagem, são extremamente elevados e não garantem o resultado no longo prazo, caso o problema da produção de sedimentos não seja resolvido.

Este problema é tão grave que muitas ações vêm sendo desenvolvidas para se impedir que isto aconteça, principalmente nos casos em que a água dos reservatórios é utilizada para o abastecimento de cidades ou para a geração de energia elétrica.



Exemplificando

Um ótimo exemplo para ilustrar o esforço no sentido de se prolongar a vida útil de um reservatório de água é o trabalho que vem sendo desenvolvido pela Itaipu Binacional. Esta organização é responsável pela maior usina-hidroelétrica da América Latina, que dispõe de um reservatório com 1.350 km² de área inundada e é o sétimo maior do Brasil. Preocupados com a questão ambiental de toda a área afetada por este empreendimento, desenvolvem uma série de ações socioambientais, dentre as quais destacamos o Programa Cultivando Água Boa e sua Gestão por Bacias. Este programa busca, por meio da sensibilização, mobilização e informação, estimular mudanças na forma como a comunidade se organiza, produz, consome e cuida da água, proporcionando assim um futuro mais sustentável. Neste programa, as características naturais são consideradas no planejamento das ações de recuperação ambiental, do uso da terra e para a conservação e o manejo dos solos.

ITAIPU BINACIONAL. **Cultivando água boa.** [S.l.; s.d.].

Como vimos ao longo desta seção, o mau uso do solo promove a degradação de suas propriedades e também do ambiente no qual está inserido. A combinação dos fatores redução nos teores de matéria orgânica, compactação do solo, perda da capacidade de absorver água e erosão afetam profundamente a qualidade do solo agrícola, o que pode ser traduzido em sua perda de capacidade produtiva.

Assim, um solo degradado oferece um ambiente pouco favorável para o desenvolvimento de raízes, pois a camada compactada impede o seu crescimento em profundidade, reduzindo a área disponível para a absorção de água e nutrientes. Além disso, o solo nesta condição absorve menos água, portanto as lavouras cultivadas em solos compactados são muito menos resistentes ao déficit hídrico.

Seguindo este raciocínio, se a água não consegue se infiltrar no solo, os adubos permanecerão na sua camada mais superficial, próximo do local de aplicação. Considerando que os solos compactados são mais suscetíveis à erosão promovida pelo escoamento superficial, podemos concluir que grande parte dos adubos aplicados na ocasião do plantio e dos resíduos orgânicos remanescentes das últimas colheitas serão carregados pela enxurrada juntamente com o solo, causando a degradação dos corpos hídricos vizinhos.

Sendo assim, nestes casos, mesmo que se faça a adubação química e orgânica e mesmo sob irrigação, solos degradados não oferecem o suporte adequado para a produção economicamente viável de uma lavoura.

Portanto, a perda de capacidade produtiva de um solo resulta da combinação de uma série de fatores que, juntos, dificultam o desenvolvimento das plantas, impedindo que atinjam seu potencial produtivo. Para melhorar sua compreensão, podemos utilizar como exemplo a lavoura do milho. O melhoramento genético de algumas linhagens de milho conferiu a esta espécie o potencial para produzir em torno de 12 toneladas por hectare plantado. Entretanto, este potencial somente atingirá seu máximo quando todas as condições para o pleno desenvolvimento da planta forem alcançadas. Assim, à medida que o mau uso do solo impõe dificuldades para o pleno desenvolvimento das plantas, menores serão os índices de produtividade alcançados. Portanto, fica claro que, ao promovermos a manutenção da saúde do solo, estaremos investindo na produtividade das lavouras.



Refleta

De acordo com o conteúdo apresentado até aqui, você pôde comprovar que são muito graves os efeitos colaterais produzidos pela degradação dos solos aos diferentes setores de nossa economia, afetando diretamente nosso modo de vida e constituindo-se, assim, um problema ambiental de alta relevância para o país. Ao mesmo tempo que observamos muitas iniciativas políticas e sociais sendo desenvolvidas para o tratamento de várias questões, vemos poucos esforços sendo empreendidos pela nação no sentido de se buscar soluções para esta questão tão grave. Em sua experiência de vida, você já teve a oportunidade de conhecer alguma iniciativa que tenha sido promovida pela sociedade civil ou por alguma organização para o tratamento desta questão? No

seu ponto de vista, quem é o responsável pela situação atual e quem poderia promover a mudança?

Diante de tudo que foi posto, podemos dizer que a conservação do solo é uma medida de proteção ao patrimônio de um produtor rural. Assim como uma máquina que precisa receber a manutenção rotineira, lubrificação, combustível, etc., para garantir a sustentabilidade do solo é preciso investir na implantação de práticas adequadas de manejo e conservação. Somente assim é possível garantir a manutenção de sua capacidade produtiva, além de manter saudável o ambiente onde a propriedade está inserida.

Sem medo de errar

Caro estudante, por meio do conteúdo estudado você pôde perceber que a degradação do solo agrícola gera efeitos indesejáveis não só dentro da propriedade rural mas em todo o ambiente no qual está inserida. Vimos ainda que o mau uso do solo, além de comprometer a sua capacidade produtiva, afetará também suas funções ecológicas e seu importante papel na ciclagem de nutrientes e água.

Sendo assim, agora que você já está mais familiarizado com as consequências diretas e indiretas do uso do solo, chegou a hora de resolvermos a situação-problema proposta no início desta seção.

Conforme foi apresentado, em seu trabalho de levantamento de campo você e sua equipe de profissionais identificaram uma série de situações de degradação do solo e do ambiente onde estão atuando, situações essas decorrentes da forma equivocada como os produtores da região fazem o uso do solo para o desenvolvimento de suas atividades rurais. Essas informações devem constar no relatório de análise do histórico da região, conforme foi sugerido anteriormente.

Coube a vocês a difícil tarefa de expor os problemas identificados aos agricultores e convencê-los de que a solução passa pela mudança de comportamento da forma como eles vêm desempenhado suas atividades.

O primeiro passo para se promover a mudança de comportamento de uma pessoa ou de uma comunidade, como é o caso, se dá por meio do conhecimento. Isso não quer dizer que devemos subestimar a sabedoria popular, que é muito rica no meio rural, mas sim trazer informações novas que possam agregar e aprimorar os saberes desta comunidade. Normalmente, produtores rurais têm conhecimento profundo do ambiente onde vivem e tiram seu sustento, trazendo informações valiosas do histórico da região. Baseados nestas informações é que podemos fazer compreender que a

forma como o solo vem sendo utilizado é a responsável pelas transformações ambientais vivenciadas pela comunidade. Neste sentido, os produtores poderão ser estimulados a compartilhar suas experiências pessoais sobre as mudanças por eles observadas. Nestes casos, é comum o relato de mudanças no padrão do clima da região (principalmente da temperatura média e da distribuição de chuvas), de nascentes que secaram, rios assoreados e poluídos onde a pesca e a recreação não são mais possíveis, dificuldade de se encontrar água de qualidade, entre outras situações que refletem a perda da qualidade de vida destas pessoas.

Uma vez sensibilizados e tendo seu conhecimento valorizado, os produtores estarão aptos a receber sua proposta de mudança como uma sugestão voltada ao restabelecimento de uma condição apreciada pela comunidade.

Assim podemos seguir com a apresentação do relatório de análise do histórico da região, com as reflexões e indicações técnicas para os produtores da área, elaborado com base nos resultados dos levantamentos realizados por sua equipe e, de acordo com o conteúdo trabalhado nesta seção, promover a relação entre causa e efeito. Para isto, poderão ser utilizadas situações hipotéticas nas quais o manejo da atividade agrícola seja o mesmo observado por você a campo e as consequências ambientais sejam similares àquelas relatadas pelos agricultores, permitindo assim que se identifiquem com os casos apresentados. Esta é uma forma de fazer com que a comunidade perceba como as atividades humanas e o setor agrícola podem influenciar a degradação das propriedades do solo e comprovem que a situação observada a campo é uma consequência do mau comportamento destes agricultores.

Conscientizados da importância da preservação ambiental para a melhoria de sua qualidade de vida e cientes de que a continuidade e prosperidade de sua atividade agrícola depende de uma mudança no seu comportamento, é preciso destacar que estes produtores vivem em uma comunidade e que as escolhas de um produtor afetarão, direta ou indiretamente, seus vizinhos e até a comunidade em geral. Neste sentido, não basta um ou dois produtores adequarem o sistema de manejo adotado em suas propriedades: a mudança deve ser mais abrangente e, quanto maior número de produtores a participar desta mudança, mais forte será a comunidade.

Poluição de açudes

Descrição da situação-problema

A água é imprescindível para o desenvolvimento de qualquer atividade agrícola; não à toa, o setor rural é o que apresenta maior índice de consumo deste recurso natural. Por esta razão, a presença de água em uma propriedade agrícola é um fator de valorização do preço da terra. Pensando nisso, muitos produtores buscam estabelecer sua fonte de água por meio da perfuração de poços, barramento de rios e construção de açudes, tudo para garantir o acesso fácil e, às vezes, ilimitado a este bem natural.

Porém, a falta de informação sobre como o mau uso do solo pode afetar a qualidade e a quantidade de água produzida numa bacia hidrográfica tem causado muitos problemas no setor rural. Grande parte desses problemas são decorrentes da perda de capacidade de absorção de água pelo solo e, conseqüentemente, da erosão promovida pela água que escorre na superfície do solo em direção ao corpo hídrico mais próximo.

É nesse contexto que você conheceu a propriedade do Sr. André, produtor rural que optou por diversificar as atividades desenvolvidas em seu sítio, e assim buscou dividir a sua propriedade em três áreas, designando as partes mais altas e com maior declividade para a criação de gado de corte; na zona intermediária entre as pastagens e as margens do rio instalou sua lavoura de grãos, onde fazia o cultivo de soja no verão e milho no inverno, e nas partes mais baixas, respeitando-se a faixa destinada à composição da mata ciliar, instalou seus tanques para a criação de tilápias. Com o passar dos anos, o produtor começou a ter dificuldades com a criação de tilápias, pois percebeu que os tanques de água barrenta começaram a se tornar mais rasos, impedindo que este produtor usasse a mesma taxa de lotação empregada em anos anteriores. Numa determinada safra, houve uma infestação de pragas mais intensa do que de costume e o Sr. André teve de recorrer ao aumento do número de aplicações de inseticidas em sua lavoura. Foi no mesmo ano em que observou uma alta taxa de mortalidade de peixes. Desesperado, o produtor solicitou seu apoio para identificar o que poderia estar acontecendo em sua propriedade. Como você explicaria os fatos e orientaria o produtor?

Assim, após ouvir o relato da situação vivenciada pelo produtor, você decidiu visitar sua propriedade para tentar identificar o que poderia estar acontecendo. A visita iniciou pela parte mais alta do sítio, seguindo em direção aos tanques instalados próximo ao rio que corta a propriedade. Durante o trajeto, você observou fortes indícios de erosão nas pastagens

que direcionavam o fluxo de água para a área de lavoura. Sob a soja, era possível perceber que os sulcos erosivos aumentavam de largura e profundidade à medida que se aproximavam da área destinada à piscicultura. Em sua caminhada pela propriedade pôde notar ainda que, ao longo das áreas de pastagem e de lavoura, não havia nenhuma estrutura que pudesse interromper o fluxo da enxurrada. Os tanques eram escavados no solo e não dispunham de nenhuma proteção ao seu redor que pudesse impedir o fluxo da enxurrada para seu interior.

Com base em suas observações de campo e nas informações prestadas pelo produtor, você pôde identificar o problema.

Resolução da situação-problema

Como era de se esperar, as áreas de pastagem e as destinadas ao cultivo de grãos não tinham nenhuma estrutura que pudesse interromper o fluxo da enxurrada da pastagem para a lavoura e desta para os tanques de peixes. Isto era fácil de se comprovar, pois os tanques estavam assoreados ou, como o próprio produtor havia relatado, ficavam mais rasos a cada ano. Diante desta constatação, é possível dizer que a água da enxurrada não estava levando apenas sedimentos para o interior dos tanques; carregavam consigo adubos e resíduos químicos, proveniente dos defensivos utilizados nas lavouras. Provavelmente, a intensificação das aplicações de inseticidas tenha elevado o residual destes produtos no solo a níveis tóxicos, aumentando assim a probabilidade de contaminação dos tanques pela água da enxurrada. Alguns inseticidas são altamente tóxicos a organismos aquáticos, podendo causar a mortalidade de peixes em rios, lagos e açudes.

Neste caso, o produtor deverá se atentar para o manejo adotado, pois a forma como vem conduzindo suas lavouras tem causado impacto à capacidade do solo em absorver a água das chuvas, o que pode ser comprovado pela instalação de processos erosivos. Como vimos, uma forma de reduzirmos o efeito deletério das chuvas é melhorar a quantidade de matéria orgânica no solo, uma vez que esta substância também melhora a estrutura dos solos, além de oferecer uma camada de proteção contra a energia das gotas de chuva.

1. O mau uso do solo no Brasil tem causado uma série de problemas ambientais que afetam não só a vida das comunidades rurais mas também a vida da população que mora nas cidades.

O assoreamento dos corpos hídricos são exemplos de problemas decorrentes do mau uso do solo e são uma consequência direta:

- a) Da erosão hídrica.
- b) Do preparo do solo.
- c) Da expansão agrícola.
- d) Do uso de agrotóxicos.
- e) Da construção de barragens.

2. Em nossos estudos vimos que solos bem estruturados tendem a ser mais porosos e, portanto, têm maior capacidade de absorver a água da chuva que se infiltra em profundidade para abastecer os reservatórios subterrâneos de água.

Nas alternativas a seguir, identifique aquela que apresenta uma consequência da redução da porosidade dos solos.

- a) Redução do escoamento superficial.
- b) Aumento da capacidade de absorção de água.
- c) Redução da erosão hídrica.
- d) Aumento do abastecimento do lençol freático.
- e) Redução no número de nascentes (ou olhos d'água).

3. Dos constituintes do solo a matéria orgânica tem papel fundamental, pois influencia a qualidade de diferentes propriedades do solo. Solos mal manejados costumam apresentar baixos teores de matéria orgânica e, conseqüentemente, são mais suscetíveis à degradação.

Sobre a matéria orgânica do solo, analise as afirmativas a seguir e verifique se são verdadeiras ou falsas.

A matéria orgânica está associada à estrutura do solo, pois funciona como agente cimentante entre partículas de solo, constituindo assim seus agregados.

A matéria orgânica do solo, na forma de cobertura morta, funciona como uma camada protetora contra a ação desagregadora das gotas de chuva.

A umidade do solo não é influenciada pelo teor de matéria orgânica do solo.

Assinale a alternativa correta onde I, II e III são respectivamente:

- a) V, V, V.
- b) V, V, F.
- c) V, F, V.
- d) F, V, F.
- e) F, F, F.

Referências

- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **O Bioma Cerrado**. Brasília, [s.d.]. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>. Acesso em: 2 set. 2018.
- BERTOL, I. **Conservação do solo no Brasil**: histórico, situação atual e o que esperar para o futuro. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 2016. Disponível em: <http://www.sbcs.org.br/wp-content/uploads/2016/04/Conserva%C3%A7%C3%A3o-do-solo-no-Brasil-.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2018.
- BORGONOV, M. **A Gênese da conservação do solo no Brasil**. Fundação Agrisus – Agricultura Sustentável, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: http://www.agrisus.org.br/arquivos/artigo_mario_Borgonovi_julho_2014.pdf. Acesso em: 20 ago. 2018.
- ITAIPU BINACIONAL. **Cultivando água boa**. [S.l.; s.d.]. Disponível em: <https://www.itaipu.gov.br/meioambiente/cultivando-agua-ba>. Acesso em 25 set. 2018.
- LOPES, A. S. **Solos sob “Cerrado”**: características, propriedades e manejo. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato: Instituto Internacional da Potassa, 1983. 162 p.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU BR. **Apesar da baixa fertilidade, mundo terá 9,8 bilhões de pessoas em 2050**. [S.l.], 22 jun. 2017. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/apesar-de-baixa-fertilidade-mundo-tera-98-bilhoes-de-pessoas-em-2050/>. Acesso em: 24 set. 2018.
- RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, L. C. **Aptidão agrícola das terras do Brasil**: potencial de terras e análise dos principais métodos de avaliação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 36 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/336394/aptidaoe-agricola-das-terras-do-brasil-potencial-de-terras-e-analise-dos-principais-metodos-de-avaliacao>. Acesso em: 2 set. 2018.
- SILVA, E. B da et al. A expansão da fronteira agrícola e a mudança de uso e cobertura da terra. **Ateliê Geográfico**, Goiânia-GO, v. 7, n. 2, p.116-138, 2013. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/atelie/article/view/15660/15102>. Acesso em: 29 ago. 2018.
- TRUMBORE, S.; CAMARGO, P. B. de. **Dinâmica do Carbono do Solo**. Amazonia and Global Change Geophysical Monograph Series 186, American Geophysical Union, 2009. Disponível em: https://daac.ornl.gov/LBA/lbaconferencia/amazonia_global_change/27_Dinamica_do_Carbono.pdf. Acesso em: 30 out. 2018.

Unidade 2

Processos de degradação do solo

Convite ao estudo

Caro estudante, após o estudo da primeira unidade deste livro você pôde concluir que não há como fazer a exploração agrícola de um solo sem causar algum dano em sua composição, estrutura ou biologia. E você está certo em pensar assim.

Desde que promovemos a remoção da cobertura vegetal original de um solo até a realização da primeira colheita agrícola, imprimimos neste corpo transformações profundas e, muitas vezes, irreversíveis em seus atributos químicos, físicos e biológicos. Entretanto, isso não significa dizer que tornamos este solo improdutivo, mas que promovemos a transformação de um solo florestal em um solo agrícola. A partir deste ponto é que as ações empreendidas poderão transformar este solo agrícola em um solo improdutivo (salinizado, desértico, etc.). Neste sentido, é imprescindível conhecer não só os atributos do solo com o qual se deseja trabalhar mas também os parâmetros desejáveis de um solo produtivo. Dessa forma, é possível efetuar as devidas recomendações para aplicação de correções necessárias a cada situação.

Entretanto, raramente temos a oportunidade de orientar um produtor desde o primeiro cultivo de uma determinada área. Durante sua atuação profissional, você perceberá que são muito mais comuns as situações em que o nosso trabalho é requisitado para recuperar o potencial produtivo de um solo. Nesta situação, é fundamental ser capaz de conhecer os tipos de degradação do solo e identificar suas principais características e consequências. E para desenvolver esta competência, estudaremos alguns indicadores e parâmetros que lhe permitirão analisar as características do solo degradado de uma determinada área e identificar o tipo e o grau de degradação, informações fundamentais para se determinar as técnicas mais adequadas a fim de interromper o processo de degradação do solo e promover sua recuperação.

Diante dessas considerações podemos estabelecer seu próximo desafio. Imagine que uma grande empresa agrícola, com várias unidades produtoras espalhadas pelo país, vem enfrentando problemas com a degradação do solo de suas fazendas. Preocupada com esta situação, a diretoria da empresa criou uma gerência responsável pela gestão dos solos das unidades produtoras. Você foi contratado para este cargo e, como engenheiro agrônomo, deverá

orientar seus técnicos a realizarem o manejo correto dos solos (mecanização, correção, adubação, etc.). Lembre-se de que para proceder ao manejo dos solos você deverá estabelecer critérios, os quais serão fomentados de acordo com os parâmetros edáficos preestabelecidos para cada cultura. Você terá de considerar que a cada nova safra uma série de efeitos colaterais são gerados, afetando negativamente a qualidade dos solos. Por onde começar? Quais atributos servirão de parâmetro para se conhecer a capacidade produtiva dos solos? Como orientar os técnicos de cada unidade produtora a realizarem o levantamento de dados necessários?

Está achando muito difícil? Não se preocupe! No conteúdo desta unidade estudaremos como acontecem os processos de degradação dos atributos químicos e físicos dos solos, e como efetuar o levantamento necessário para se conhecer o estado de saúde de um solo.

Bons estudos!

Degradação química do solo

Diálogo aberto

Durante sua vida profissional como engenheiro agrônomo, você vai notar que um dos fatores mais importantes para o desenvolvimento saudável de uma lavoura consiste no fornecimento equilibrado de nutrientes para que as plantas consigam completar seu ciclo de vida. Nesse sentido, a adubação, quando bem empregada, é a técnica que prevê a reposição de nutrientes aos solos, na forma e na quantidade adequadas para que as plantas cultivadas atinjam seu potencial máximo de produção. Isso significa aplicar os adubos em quantidade ideal, evitando déficit ou excessos de nutrientes durante o desenvolvimento das culturas. Considerando o que foi posto, você pode imaginar que qualquer adubação deva ser feita de acordo com as recomendações específicas para cada situação, quando informações como o histórico de uso da área, o tipo de solo, o clima e o tipo de cultura serão decisivas para se determinar as doses de adubos, o período e forma de aplicação. Diante disso, já podemos partir para uma nova situação-problema.

Como vimos, agora você é o responsável pelo setor de solos de uma grande empresa agrícola e, como tal, foi requisitado para resolver um problema observado pelo técnico de campo em uma das unidades produtoras desta organização. Como bom agrônomo, antes de ir a campo você entrevistou o técnico, buscando informações a respeito do histórico da área. Perguntou sobre o tipo de manejo adotado (preparo do solo, correção e adubação do solo), sobre as características do solo e o tipo de produtos cultivados naquela unidade, e também sobre o regime de chuvas na região. Durante a entrevista, foi dito a você que se tratava de um solo arenoso, com baixo teor de matéria orgânica, em que era feito o cultivo de espécies anuais por meio do plantio direto e que a dosagem de adubos químicos vinha sendo repetida anualmente, conforme recomendação feita há dez anos. Sobre o regime de chuvas, o técnico destacou que costumam ser intensas e concentradas no verão. Ele também relatou que, apesar de se manterem constantes o manejo e os tratos culturais, ano após ano a produtividade vinha diminuindo, mesmo quando utilizadas sementes de alta performance. O que pode estar acontecendo nesta fazenda? O que podemos inferir por meio dos dados fornecidos? Como estes fatos podem estar influenciando a produtividade?

Para sanarmos essas dúvidas precisamos conhecer os atributos químicos do solo, como acontece sua degradação e quais indicadores podem nos auxiliar no diagnóstico de distúrbios químicos do solo.

Vamos trabalhar?

Olá, aluno!

Retomando o conteúdo estudado na primeira unidade, os solos, para serem chamados assim, devem ser constituídos de minerais, matéria orgânica, água e ar e, de forma geral, sua diferenciação em classes é determinada pelas características da porção mineral e pelas quantidades de cada um de seus constituintes.

Essa combinação entre os elementos constituintes do solo é fundamental na determinação de suas características químicas, físicas e biológicas. Do ponto de vista químico, a composição da fase mineral é que conferirá sua capacidade de fornecer e armazenar os nutrientes para as plantas e demais organismos do solo. Vamos entender melhor como isso acontece.

Lembrando do processo de formação dos solos, vimos que este recurso natural resulta da atuação dos elementos do clima sobre o material de origem (rochas formadas por diferentes processos geológicos). O arenito, por exemplo, que é uma rocha sedimentar, dá origem a solos com baixos teores de argila, portanto mais arenosos, que frequentemente são mais pobres em nutrientes do que os solos argilosos.

Conforme vimos anteriormente, a degradação da fase mineral é um processo muito lento, sendo assim, a liberação de nutrientes é limitada pelo tempo. Neste sentido, podemos dizer que as plantas absorvem os nutrientes disponíveis no solo em uma velocidade maior do que capacidade deste de repor esses nutrientes.

Considerando essas informações, você pode estar se perguntando se este processo leva o solo à exaustão. A resposta para essa indagação é sim, se o solo não dispor de mecanismos capazes de regular a disponibilidade de nutrientes.

Em uma condição natural, os nutrientes absorvidos pelas plantas e outros organismos são devolvidos ao solo na forma de matéria orgânica, que é depositada sobre o solo e, à medida que são mineralizados, vão devolvendo lentamente ao solo os nutrientes outrora absorvidos. Portanto, uma boa parte do que é retirado do solo pelas plantas é cíclico, proveniente da decomposição da matéria orgânica, que em condições de equilíbrio dinâmico mantém constantes os teores de nutrientes nos solos.



Refleta

Vimos que em ambientes naturais a disponibilidade de nutrientes no solo está em equilíbrio dinâmico com a sua utilização pelos seres vivos. Porém,

em solos agrícolas esse equilíbrio é quebrado, pois o aporte de nutrientes decorrente da decomposição da matéria orgânica é incapaz de devolver ao solo a quantidade de nutrientes que é exportada com as colheitas. Nestes casos, como isso poderia refletir nas culturas? E no solo?

Outro fator que influencia fortemente a capacidade do solo em regular a disponibilidade de nutrientes é a presença de argilas. Por apresentar grande superfície específica, carregada negativamente, as argilas constituem um grande reservatório de íons carregados positivamente, os cátions. Como a maioria dos nutrientes absorvidos pelas plantas são cátions, as argilas têm papel importante no equilíbrio da disponibilidade de nutrientes do solo. Logo, solos mais argilosos têm condições de reter mais nutrientes do que solos com baixos teores de argila.

Essa capacidade de reter e disponibilizar os elementos carregados positivamente é conhecida como Capacidade de Troca Catiônica, ou CTC do solo.

De certa forma, a matéria orgânica do solo, quando degradada, também dá origem a partículas muito pequenas (coloidais), com propriedades semelhantes às argilas, sendo, portanto, capazes de incrementar a CTC de um solo.

É importante destacar que, além de nutrientes, elementos tóxicos também poderão ser retidos pela CTC do solo, como é o caso do hidrogênio (H^+) e do Alumínio (Al^{3+}).

Por falar em hidrogênio, vamos relembrar de outro importante atributo químico do solo: o potencial hidrogeniônico, ou pH do solo. Este atributo diz respeito à quantidade de íons H^+ presentes no solo. Quanto maior a concentração de íons hidrogênio, mais ácido é o solo e menor será o valor de pH, já que:

$$pH = -\log[H^+]$$

Por se tratar de um cátion, o íon H^+ também poderá ser absorvido pela CTC do solo, competindo com nutrientes por espaço neste “reservatório”. Portanto, a concentração de hidrogênio exerce forte influência na fertilidade do solo, por afetar sua capacidade em reter nutrientes.

Agora que você já conhece os mecanismos de retenção e disponibilização de nutrientes no solo, vamos estudar as formas como estes nutrientes podem ser perdidos.

A maneira mais comum de se promover o empobrecimento do solo é por meio da redução do seu teor de matéria orgânica. Como vimos, este

componente do solo exerce papel fundamental na restituição dos elementos que foram absorvidos pelas plantas e outros organismos, e também é responsável por incrementar a CTC do solo. Quando diminuimos a quantidade de matéria orgânica do solo, reduzimos também sua capacidade de reter nutrientes e seus estoques de liberação lenta.

Como já estudamos, a primeira grande perda de matéria orgânica acontece quando o solo florestal é transformado em solo agrícola. Após este grande impacto, a perda de matéria orgânica acontece de forma gradativa, à medida que os cultivos subsequentes são realizados.

Além da degradação da matéria orgânica no solo, grandes quantidades de material orgânico deixam as áreas de lavoura com as colheitas. No caso de culturas anuais, a colheita retira da área de produção o material mais rico em nutrientes, restando apenas a palhada, que em ambientes tropicais é rapidamente decomposta. Nestas condições, se não houver um aporte de material orgânico, pouco a pouco o teor de matéria orgânica no solo vai sendo reduzido, e com ele parte da fertilidade também é perdida.

Já vimos também que a água pode provocar grandes problemas de perda de solo e matéria orgânica, sobretudo em solos mal manejados, nos quais a ausência de práticas conservacionistas leva à formação de enxurradas e, conseqüentemente, de processos erosivos. Nesse processo de escoamento superficial, a água carrega consigo partículas de solo que têm nutrientes aderidos. Assim, a erosão tem sido uma das grandes responsáveis pela perda da fertilidade natural dos solos, uma vez que remove sua camada mais superficial, que contém a maior parte dos nutrientes e da matéria orgânica. A água da enxurrada lava o solo em todos os sentidos, pois consegue remover também os grânulos de adubo, bem como os sais já dissolvidos na solução do solo.



Assimile

A solução do solo consiste na água presente nos poros do solo (particularmente em seus microporos), onde encontram-se dissolvidos os nutrientes prontamente absorvíveis pelas plantas. De forma geral, a maior parte dos nutrientes entram nas plantas por meio da absorção da solução do solo. A fase aquosa do solo é responsável por manter em equilíbrio a quantidade de nutrientes aderidos às partículas carregadas do solo (complexo de troca) e as dissolvidas na solução. Desta forma, os adubos adicionados ao solo, quando diluídos por esta solução, poderão enriquecer o “reservatório” constituído pelas argilas e pela matéria orgânica do solo.

A água que incide sobre um solo agrícola também pode causar perda de nutrientes pelo seu transporte em profundidade, no perfil do solo. Este processo, conhecido como lixiviação de nutrientes, é responsável pela perda dos nutrientes que se encontram dissolvidos na solução do solo. A água que se infiltra no perfil também poderá provocar a remoção de nutrientes solúveis, que estejam fracamente ligados ao complexo de troca. Os nutrientes lixiviados saem do alcance das raízes, podendo se fixar à CTC em camadas mais profundas ou ser diluídos em reservatórios de águas subterrâneas e, neste caso, podem gerar problemas de contaminação do lençol freático. É importante salientar que essas situações não acontecem apenas pela incidência de água de chuva, mas também podem ser ocasionadas pelo efeito de irrigações superdimensionadas.

De forma geral, os solos arenosos estão mais sujeitos às perdas de nutrientes promovidas pelo excesso de água que incide sobre ele, pois dispõem de um percentual de microporos muito inferior ao observado em solos argilosos. Sendo assim, são facilmente lavados pela água da chuva ou de irrigação. Nestes solos, o manejo da matéria orgânica é fundamental para se manter elevada a capacidade de retenção de nutrientes, devido ao seu comportamento semelhante ao da argila, bem como a retenção da umidade, pois desempenha papel fundamental na agregação de partículas e na estabilidade dos agregados, o que, conseqüentemente, melhora a sua microporosidade.

Além das perdas ocasionadas pelas colheitas, erosão e lixiviação, nutrientes podem ser perdidos também por volatilização, que consiste na perda de nutrientes do solo para a atmosfera. Isto ocorre porque algumas formas químicas são pouco estáveis e, quando em contato com o ar, se volatilizam. De acordo com Costa et al. (2004), a intensidade das perdas por este processo é influenciada pela combinação de fatores como as práticas de manejo do solo, as condições climáticas e as características do solo.



Exemplificando

O nitrogênio é o elemento mais afetado pela volatilização de seus compostos. Neste processo, o amônio (NH_4^+) presente em adubos químicos e orgânicos tem seu íon de hidrogênio (H^+) adicional removido por outro íon de carga oposta, como é o caso das hidroxilas (OH^-), dando origem à uma molécula de amônia (NH_3), que é mais instável e pode se volatilizar para a atmosfera. O pH elevado do solo estimula essa transformação, pois é rico em OH^- livres. Este processo é comumente observado em adubações feitas com ureia, em cobertura e sem incorporação ao solo, o que aumenta muito a possibilidade de perdas por volatilização (MOTA, 2013).

Considerando o exemplo utilizado, você pôde verificar que alguns adubos nitrogenados, como a ureia, são chamados de adubos de reação ácida, pois em seu processo de transformação química liberam íons H^+ no solo. Conforme já estudamos, o aumento da concentração de íons hidrogênio afeta o pH do solo, tornando-o mais ácido. Esta é apenas uma das formas de acidificar o solo.

Alguns solos podem ser ácidos por natureza, devido às características de seu material de origem ou por consequência do processo de intemperização, que gera maiores teores de hidrogênio e alumínio (EMBRAPA, [s.d.]). Porém, a atividade agrícola pode intensificar o processo de acidificação por meio de suas práticas, seja pela exportação ou lixiviação de nutrientes, pela aceleração da decomposição da matéria orgânica e, como vimos, até pela correção da fertilidade, como é o caso do uso de adubos de reação ácida (EMBRAPA, [s.d.]; CIOTTA et al., 2002). Além da adubação química, outros fatores podem afetar o pH do solo, tornando-o mais ácido, conforme veremos a seguir.

Um dos produtos resultantes do metabolismo dos organismos do solo é o CO_2 . Este gás reage com a água formando HCO_3^- e liberando H^+ no solo. Outra reação química que promove a acidificação do solo é desencadeada pela presença do Al^{3+} . Solos com altas concentrações desse elemento tendem a ser mais ácidos, pois o alumínio reage com a água do solo, formando hidróxido de alumínio e liberando íons de hidrogênio, processo conhecido como a hidrólise do alumínio (LOPES; SILVA; GUILHERME, 1991). Os mesmos autores ressaltam ainda que a decomposição da matéria orgânica constitui um processo natural de acidificação do solo, pois ao ser degradada pelos organismos do solo libera amônia (NH_3) que, na presença de oxigênio, é transformada em nitrato (NO_3^-), liberando íons H^+ no solo.

Apesar de estar mais restrito às regiões áridas e semiáridas, a salinização também é um problema de degradação química do solo. Sua ocorrência está associada ao uso inadequado das técnicas de manejo de fertilidade e irrigação. Apesar de ser intensificada pela ação do homem, a salinização tem origem no processo de formação dos solos, quando as condições do clima, o relevo e o material de origem atuam de maneira singular para formação de solos contendo camadas com altas concentrações de sais (PEDROTTI et al., 2015). Essa condição gera uma falsa impressão de que os solos não apresentam restrições ao uso agrícola sendo, portanto, cultivados.

Por ocorrerem em regiões com restrições hídricas e baixa pluviosidade, normalmente os cultivos nestes solos são irrigados. Como vimos anteriormente, o excesso de irrigação promove a infiltração da água em profundidade, que atinge as camadas salinas. Quando isso acontece, os sais são diluídos na água de irrigação que se infiltrou formando uma solução, com uma concentração de sais muito mais alta do que normalmente observamos

na solução do solo. Conforme a umidade do solo vai sendo evaporada de suas camadas mais superficiais, a solução salina é “bombeada” para a superfície, levando consigo os sais diluídos. Ao atingir a superfície do solo, a água desta solução salina se evapora e restam os sais, que agora se concentram na superfície do solo. Em alguns casos é possível observar a formação de uma crosta de cristais salinos sobre o solo, utilizada com indicadores de solos salinizados.

Em outra condição de solos, a salinização pode ocorrer devido ao uso de águas salobras na irrigação. Assim, à medida que a água aplicada pela irrigação é absorvida pelas plantas e evaporada, aumenta-se a concentração de sais no solo. Dessa maneira, um solo que naturalmente não apresentava a formação de camadas com alta concentração de sais passa a se tornar salino pelo aporte desses elementos, feito pela água de irrigação.

A salinização também pode ser provocada pelo uso excessivo de adubos químicos. Esta situação é mais comumente observada em solos cultivados com espécies altamente exigentes do ponto de vista nutricional. O cultivo de hortaliças em solo protegido constitui um ambiente favorável à salinização, pois são usadas altas doses de adubos químicos e o ambiente é protegido da chuva, portanto, o fornecimento de água é restrito à irrigação localizada. Nessa situação, a restrição de água favorece o acúmulo de sais na camada mais superficial do solo, uma vez que não há excesso de água para transportar parte desses sais para fora deste sistema.

Tanto no caso da acidificação do solo quanto na sua salinização ocorrem desequilíbrios químicos entre os elementos presentes na solução do solo, e também entre os elementos aderidos ao complexo de troca (cargas presentes nas argilas e matéria orgânica). Nestas situações, os espaços destinados aos nutrientes são ocupados por elementos capazes de causar toxidez nas plantas, ou seja, se absorvidos em grandes quantidades promoverão distúrbios químicos no metabolismo vegetal, prejudicando – ou até interrompendo – seu ciclo de vida. No caso de solos salinos, a concentração de sais pode ser alta o bastante para promover a desidratação das raízes, levando as plantas à morte.

Diante do que foi posto, você deve estar se perguntando: como fazer para identificar as situações descritas anteriormente?

A degradação química do solo pode gerar alguns efeitos que são observáveis a campo, sendo assim, constituem indicadores de aspectos químicos do solo. Porém, existem aspectos que somente poderão ser identificados por meio de análises laboratoriais, conforme veremos na Seção 3 desta Unidade

Assim, para uma análise rápida da ocorrência de distúrbios químicos no solo, podemos lançar mão da observação desses indicadores a campo. Nesse sentido, a ocorrência de alguns tipos de plantas podem ser um indicador das características químicas do solo, pois são adaptadas às condições consideradas adversas para o desenvolvimento de lavouras comerciais. Como exemplo, podemos citar a samambaia, muito comum em pastagens degradadas: sua presença indica a ocorrência de solos ácidos, com altos teores de alumínio. Neste caso, à medida que o solo vai se tornando mais ácido, cria uma condição desfavorável para o desenvolvimento das gramíneas forrageiras; em contrapartida, proporciona ambiente favorável ao crescimento da samambaia, que passa a dominar a paisagem.



Pesquise mais

Muitas outras plantas podem ser utilizadas como indicadores da qualidade química do solo. Para conhecer um pouco mais sobre o assunto visite o site do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **34. Plantas indicadoras – Parte 1.pdf.**

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **35. Plantas indicadoras – Parte 2.pdf.**

Considerando o que foi posto até aqui, parece ser muito mais fácil cometermos erros do que acertar quando o assunto é manejo do solo. Isto somente será verdade se durante nossa atuação profissional ignorarmos o conhecimento adquirido. Todas as situações de degradação descritas até aqui, decorrem da ignorância e da negligência por parte daqueles que fazem uso do solo. Por isso não se preocupe, pois tenho certeza que você fará a diferença nestes casos.

Sem medo de errar

Agora que você conhece um pouco mais sobre os problemas que podem gerar a degradação dos atributos químicos do solo, poderemos partir para a resolução da situação-problema proposta nesta seção. Assim, como primeiro desafio em seu novo emprego, você precisa identificar por qual motivo uma das unidades produtoras da empresa em que trabalha vem apresentando declínio de produtividade mesmo quando é mantido o padrão de adubação e outros tratamentos culturais.

Você começou bem o seu trabalho, fazendo um levantamento do histórico de uso da área e conhecendo suas características principais. Em relação a essas

características, três informações serão bastante úteis para a compreensão do problema: o solo arenoso, o baixo teor de matéria orgânica e a distribuição de chuvas, que neste caso é intensa e concentrada no verão. Estes três fatores juntos geram uma condição peculiar, que torna esse tipo de solo muito sensível à perda de nutrientes, principalmente pelo processo de lixiviação.

Solos arenosos são muito porosos, portanto têm grande capacidade de absorver água, que se infiltra e desloca facilmente através de seu perfil. Esses solos são pobres em argila e, no caso estudado, apresentam ainda baixo teor de matéria orgânica. Sendo assim, têm baixa capacidade de reter água e nutrientes. Dessa forma, quando sujeitos à pluviosidade intensa ou irrigações superdimensionadas, a adubação feita é lavada pela água, que transporta os nutrientes para as camadas mais profundas desses solos, tornando-os indisponíveis para as culturas.

Diante dessas observações, podemos inferir que o solo desta unidade produtora apresenta baixa capacidade de reter os nutrientes aplicados por meio da adubação, tornando-se mais pobre a cada colheita e chuva intensa.

Em qualquer tipo de solo, a recomendação de adubação deve ser realizada com base no resultado da análise química deste solo, que deve ser feita pelo menos a cada dois anos, pois como vimos, muitos fatores naturais ou antrópicos alteram gradativamente as características químicas do solo, como pH e fertilidade.

No caso do solo alvo de nosso estudo, as adubações vinham sendo realizadas com base em uma recomendação no mínimo oito anos defasada, mostrando-se insuficiente para atender as necessidades da cultura e fazer com que o solo atingisse seu potencial máximo de produtividade.

Um ponto importante para se melhorar a condição deste solo é realizar o manejo da matéria orgânica, uma vez que não é possível incrementarmos o seu teor de argila. Com isso, é possível aprimorar a estrutura do solo, estimulando a formação de agregados, o que, por sua vez, proporcionará um aumento da sua microporosidade. Portanto, elevando-se o teor de matéria orgânica, podemos promover um aumento da CTC do solo, de sua capacidade de reter a água e, conseqüentemente, dos nutrientes na solução do solo.

Como considerações finais, é importante destacar que mesmo em situações nas quais se realiza o manejo do solo seguindo-se recomendações técnicas, podemos causar a sua degradação, quando esse manejo não é feito de forma adequada. Neste caso, o mau uso da informação técnica afetou a fertilidade do solo, comprometendo sua capacidade produtiva. Observamos ainda que a análise das características do solo degradado da área em questão nos permitiu identificar o tipo e o grau de degradação que

a atividade agrícola havia imprimido àquele solo. Com isso, finalizamos com sucesso mais esse desafio.

Avançando na prática

Salinização do solo em ambientes protegidos

Descrição da situação-problema

Em um determinado município do semiárido brasileiro, foi construído um canal que trazia parte da vazão de um grande rio que cortava a região. Esta obra permitiu que muitos produtores rurais passassem a utilizar a água para promover a irrigação de pequenas áreas agrícolas, com o objetivo de produzir alimentos para a subsistência da comunidade rural do município.

Após o preparo do solo e a instalação dos sistemas de irrigação deu-se o plantio. As primeiras colheitas foram fartas, atendendo a expectativa e a demanda da população. Porém, com o passar do tempo, a produtividade começou a cair na maioria das propriedades que foram beneficiadas pelo canal. Nessa ocasião você fazia estágio curricular em uma empresa de assistência técnica da região, que foi chamada para avaliar o que poderia ter acontecido.

Ao chegar no local, os agrônomos extensionistas conversaram com os produtores e logo perceberam que não se utilizava critério algum para realizar a irrigação, e a maioria dos produtores aplicavam mais água do que o necessário. Em visita às lavouras, você notou que o solo tinha grandes manchas esbranquiçadas e que as plantas não apresentavam aspecto saudável. Ao ver este cenário, sua curiosidade foi aguçada. O que estava acontecendo naquelas propriedades?

Resolução da situação-problema

Após a conversa com os produtores e visita à área de produção, os agrônomos se reuniram para debater sobre o diagnóstico realizado no campo. Ao escutar as observações feitas pelos extensionistas, você se lembrou da aula sobre salinização do solo, recordando que era muito comum a ocorrência de solos com uma camada de alta concentração de sais. Baseado nessas informações, você questionou os agrônomos se o problema era de salinização do solo, ao que estes responderam que sim, e passaram a explicar o que havia ocorrido.

Considerando que a região do semiárido está sujeita à ocorrência de solos com altas concentração de sais em suas camadas mais profundas, não foi difícil perceber que o manejo equivocado da irrigação colocou água em excesso no solo, fazendo com que a umidade atingisse a camada de sais, promovendo sua solubilização. Com o processo de umedecimento e secagem do solo, os sais dissolvidos na umidade ascenderam ao perfil do solo, passando a se concentrarem na sua superfície, tornando-a esbranquiçada. O aumento da quantidade de sais na região mais superficial do solo afetou o desenvolvimento das plantas, o que reduziu sua produtividade, como consequência do efeito tóxico destes elementos.

Faça valer a pena

1. Em alguns casos, o diagnóstico realizado no campo pode ser a única forma de se constatar a degradação dos atributos químicos do solo. Nessas situações, o uso de indicadores ambientais pode auxiliar bastante o trabalho do agrônomo na identificação de solos degradados.

Nas alternativas a seguir identifique aquela que apresenta um indicador de solos ácidos, ricos em Al^{3+} .

- a) A ocorrência de samambaias.
- b) A formação de cristais salinos sobre o solo.
- c) A ocorrência de gramíneas forrageiras.
- d) A infestação por gafanhotos.
- e) A formação de sulcos erosivos.

2. A perda de nutrientes do solo constitui um dos principais problemas de degradação química do solo, pois além de promover a redução de sua fertilidade, pode desencadear impactos como a contaminação do lençol freático. Sobre este tema, analise os itens a seguir:

- I) Erosão hídrica do solo.
- II) Lixiviação.
- III) Redução no teor de matéria orgânica do solo.
- IV) Volatilização.

São fenômenos que promovem a perda de nutrientes do solo os apresentados nos itens:

- a) Apenas I e III.
- b) Apenas II e IV.
- c) Apenas I, II e III.
- d) Apenas II, III e IV.
- e) I, II, III e IV.

3. Em nossos estudos, pudemos verificar que a matéria orgânica constitui um componente muito importante do solo, pois influencia vários de seus atributos. A redução do teor de matéria orgânica no solo é, portanto, um fator de degradação da sua qualidade. Sobre o tema, analise as afirmativas a seguir e verifique se são verdadeiras ou falsas.

- I) Solos ricos em matéria orgânica têm maior capacidade de reter a umidade.
- II) A presença de matéria orgânica no solo não interfere em sua capacidade de troca catiônica (CTC).
- III) A formação e estabilidade dos agregados é potencializada pela presença de matéria orgânica no solo.

Assinale a alternativa correta, em que I, II e III são respectivamente:

- a) V - V - V.
- b) V - V - F.
- c) V - F - V.
- d) F - V - F.
- e) F - F - F.

Degradação física do solo

Diálogo aberto

Caro estudante, quando falamos em degradação do solo é bem provável que a primeira imagem que lhe ocorra seja a de um solo erodido, com grandes sulcos e quase nenhuma cobertura vegetal. Isso porque esse cenário é bem comum em nosso país e um dos mais importantes fenômenos de degradação de solos e do ambiente como um todo. De acordo com o que vimos até aqui, pudemos verificar que a degradação do solo é um assunto mais complexo e que a perda de sedimentos pela erosão é consequência de uma série de eventos que são desencadeados pela transformação de uma área natural em agrícola. Sendo assim, nesta seção buscaremos nos aprofundar um pouco mais no processo de degradação das propriedades físicas do solo e, para começar nosso trabalho, vamos analisar a próxima situação-problema.

Lembre-se de que agora você trabalha em uma grande empresa agrícola, na qual atua como responsável pela gestão dos solos de suas unidades produtoras e, sendo assim, deverá atualizar seus técnicos quanto às práticas mais adequadas ao manejo do solo para cada situação. Continuando seu trabalho no setor de solos, você foi designado para verificar os problemas observados em uma fazenda localizada em uma região onde o verão é muito chuvoso, sendo comum as chuvas atrapalharem as operações mecanizadas. Em visita ao local, você repetiu o procedimento rotineiro de entrevistar o técnico de campo para o levantamento de informações sobre o manejo da área em questão. A princípio, nada de estranho, como a ocorrência de pragas ou doenças, foi revelado durante a conversa com o técnico, mas o problema apontado era bastante curioso. Segundo seu relato, o cultivo vinha sendo realizado seguindo-se os mesmos procedimentos já há seis anos, entretanto, nos últimos dois anos de cultivo as lavouras se tornaram menos resistentes à ocorrência de períodos de estiagem, comuns no verão daquele local, mas por se tratar de um solo argiloso com alta capacidade de retenção de água, as plantas atravessavam os períodos secos sem apresentar nenhum sintoma de deficiência hídrica, diferente do que vinha sendo observado. Após consultar as informações climáticas da região, você constatou que o volume de chuvas e sua distribuição ao longo do verão havia sido bastante regular, não justificando a mudança de comportamento da lavoura. Foi aí que você realizou uma visita às áreas de produção e, na ocasião de sua visita, havia uma lavoura de soja já em final de ciclo, porém com claros

sinais de baixa produtividade e aparência murcha. Ao arrancar uma planta do solo, percebeu que ela saiu facilmente e que suas raízes estavam bastante contorcidas, não apresentavam indicativo de ataque de pragas ou de nematoides. Outro detalhe lhe chamou a atenção: o solo tinha sua superfície lavada por uma erosão laminar que se transformava em sulcos mais profundos nas áreas de maior declive. O que poderia estar acontecendo naquela situação? Seria possível chegar a uma conclusão apenas pelas observações realizadas a campo?

Você acredita que é possível chegar a uma conclusão sobre qual é o problema como o solo desta unidade produtora, sem a necessidade de se realizar uma análise laboratorial?

Temos a certeza de que a partir do estudo desta unidade você será capaz de apontar o responsável pela situação descrita pelo técnico de campo. Então vamos juntos buscar a solução para este problema.

Bom estudo!

Não pode faltar

Prezado estudante, você já deve ter notado que no conteúdo estudado até aqui já vínhamos falando sobre a degradação das propriedades físicas do solo, e isto porque o processo de transformação do solo gerado pela atividade agrícola é dinâmico, afetando simultaneamente diferentes propriedades do solo.

Nesta seção, nos aprofundaremos um pouco mais no estudo das propriedades físicas do solo, que são diretamente afetadas pelo processo de degradação, buscando entender como estas transformações acontecem de fato e também alguns indicadores que possam nos auxiliar no diagnóstico de campo.

Para isso, iniciaremos apresentando as características físicas fundamentais que influenciam a compactação e degradação do solo: textura, estrutura e porosidade do solo.

Iniciaremos pela definição da textura do solo, é uma característica morfológica que o diferencia quanto à proporcionalidade dos componentes granulométricos de sua fase mineral. Afeta significativamente a dinâmica da água no solo, bem como suas propriedades químicas, portanto, sua avaliação é muito importante para a determinação do manejo e uso adequados do solo (EMBRAPA, 2018). A Tabela 2.1 apresenta as classes de tamanho utilizadas para a classificação das partículas do solo.

Tabela 2.1 | Classes de tamanho utilizadas para análise da granulometria do solo

Classes de tamanho	Tamanho de partículas (mm)
Argila	< 0,002
Silte	0,002 – 0,05
Areia fina	0,05 – 0,2
Areia grossa	0,2 – 2,0
Cascalho	2,0 – 20,0
Calhau	20,0 – 200,0
Matacão	>200,0

Fonte: adaptada de Oliveira (1979, [s.p.]).

De forma genérica, a textura do solo pode ser identificada no campo, porém um diagnóstico mais preciso requer uma análise laboratorial.

É importante destacar que a textura do solo está relacionada ao tamanho de suas partículas minerais, sendo assim, devemos nos lembrar de que estas partículas podem se encontrar unidas formando a estrutura do solo. Esta é uma propriedade do solo que busca caracterizar a forma como os componentes granulométricos se unem para formar os agregados do solo. Como já discutimos anteriormente, um dos principais agentes que promove estas ligações é a matéria orgânica, e alguns elementos químicos como os óxidos de ferro e alumínio, carbonatos e sílica também exercem esta função (EMBRAPA, 2018). Segundo o mesmo autor, a estrutura exerce grande influência no desenvolvimento radicular das plantas, no armazenamento e na disponibilidade de água e nutrientes, bem como na resistência à erosão. A estrutura do solo pode ser caracterizada quanto a três aspectos:

- Tipo: laminar, prismática, colunar, blocos angulares, blocos subangulares, granular.
- Tamanho: muito pequena, pequena, média, grande, muito grande.
- Grau de desenvolvimento: solta, fraca, moderada, forte.

Pensando na forma como as partículas de solo se arranjam para formar os agregados e como estes se distribuem no solo, fica fácil imaginar que, nas duas situações, haverá espaços que não serão preenchidos nem por partículas minerais nem pelos agregados. Estes espaços são conhecidos com a porosidade do solo. Diante do que foi posto, podemos dizer que esta propriedade do solo apresenta correlação com a textura e a estrutura do solo. Considerando a diversidade de tamanhos, formas e arranjos possíveis da fase sólida do solo, a

dimensão dos poros também pode variar bastante. De forma geral, a porosidade do solo pode ser dividida em macroporosidade e microporosidade.

Os macroporos são constituídos pelos espaços de maior tamanho, estabelecidos entre as partículas e agregados do solo. Devido ao seu tamanho, têm baixa capacidade de reter a água, e normalmente encontram-se ocupados por ar.

Os microporos, por sua vez, são espaços muito pequenos, formados no interior dos agregados. Devido ao seu tamanho reduzido, quando hidratados, apresentam alta capacidade de retenção de água, e normalmente estão preenchidos pela solução do solo.

Conforme já vínhamos discutindo em nossos estudos, estas propriedades físicas do solo são fundamentais quando o assunto é conservação pois, por meio do seu conhecimento, podemos não só indicar o melhor uso e técnicas de manejo adequadas para o bom desenvolvimento das atividades agrícolas, como também dimensionar a estratégia mais eficiente para a recuperação de solos degradados.

De maneira geral, a degradação física do solo decorre da alteração das suas condições originais de estrutura e porosidade, que decorrem das alterações ambientais promovidas pelo homem, tais como o desmatamento e o manejo inadequado do solo, entre outras ações já discutidas anteriormente. Neste contexto, vamos resgatar alguns conceitos para compreender o início do processo e como acontece a sua evolução.

Sabemos que a matéria orgânica desempenha um importante papel na manutenção da qualidade do solo, em um nível desejável para o desenvolvimento de atividades agrícolas. Entretanto, paradoxalmente, são estas as atividades responsáveis por acelerar o processo de degradação da matéria orgânica do solo, reduzindo seu teor a taxas que comprometem a sua estabilidade. Assim, ao promovermos a redução da matéria orgânica, diminuímos a estabilidade de seus agregados, que se tornam mais suscetíveis à desagregação promovida, principalmente, pela mecanização agrícola.

Os solos com textura mais argilosa tendem a manter a estabilidade de seus agregados, mesmo em condições de baixo teor de matéria orgânica. Isto se deve ao fato de as argilas apresentarem em sua superfície cargas elétricas que favorecem uma forte ligação entre as partículas de solo.

Esta condição, apesar de favorável para manter a estrutura estável, pode acelerar a formação de camadas compactadas no solo. Isto acontece porque os agregados formados essencialmente pela influência das argilas, quando sofrem a pressão imposta pelo peso de máquinas e implementos se deformam

e, devido ao rearranjo das argilas, formam uma estrutura muito coesa que, mesmo após cessada a pressão, não retomam sua condição original. Em argilosos esta condição é severamente agravada quando o preparo do solo ou mesmo o trânsito de máquinas acontece com o solo muito úmido, pois a água favorece o rearranjo das argilas. Ao secar, os torrões de solo formados tornam-se muito resistentes, podendo impedir a germinação ou o desenvolvimento das plântulas.



Exemplificando

Um bom exemplo para ilustrar a situação descrita anteriormente é a produção de objetos de barro, como tijolos. A fabricação dessas peças utiliza como matéria-prima um material basicamente composto de argila, que deve ser homogeneizado sob pressão e alta umidade. Este processo visa eliminar o ar existente, distribuir de forma equilibrada a umidade e promover o rearranjo das argilas. Uma vez homogeneizado, o material é prensado em formas e levado para secar naturalmente. Após está secagem prévia, as peças são cozidas em forno, de forma a se eliminar toda a umidade residual da peça. O resultado é um material muito coeso, denso e compacto que apresenta alta resistência à quebra. Analogicamente, o preparo de solo e o trânsito de máquinas sobre um solo argiloso, quando em um solo trabalhado acima da faixa de umidade adequada, assemelha-se à argila que é homogeneizada para a produção de tijolos. Os torrões, formados pelo revolvimento promovido por arados e grades, ao se secarem, transformam-se em verdadeiros tijolos, cozidos pelo calor do sol tropical.

Efeito mais prejudicial pode ser observado nas camadas subsuperficiais, localizadas abaixo do limite de corte dos arados. Nesta região do solo dois processos podem se combinar para a formação de uma camada de compactação. O primeiro deles decorre da passagem dos arados que, ao cortarem o solo molhado, promovem a formação de uma superfície “espelhada”. Quando seca, esta superfície transforma-se em uma fina camada de impedimento físico que funcionará como uma barreira à infiltração de água e ao crescimento de raízes.

Outro processo que pode promover a formação de uma camada compactada de solo decorre do processo de desagregação das partículas finas que compõe os agregados, como o silte e a argila. Quando soltas, estas partículas são facilmente transportadas pela água que incide sobre o solo, seja da chuva ou de irrigação, podendo ser levada para fora do sistema pela formação de enxurradas ou ser carreadas em profundidade através da porosidade do solo. À medida que se infiltram, promovem o entupimento dos poros, formando

uma faixa de sedimentação que pode ser compactada pela pressão exercida pelo peso das máquinas. Neste sentido, é importante destacarmos que quanto melhor for a distribuição do peso das máquinas menor será a pressão sobre o solo, e aspectos como a largura e calibragem da máquina devem ser considerados, pois quando bem dimensionados reduzem a energia de compactação exercida pelo maquinário.

Em ambos as situações, a compactação da camada subsuperficial do solo tende a evoluir, caso os processos que desencadearam sua formação não cessem.

Observe que em condições em que se tem solos ricos em matéria orgânica, estes tendem a ser mais resistentes aos processos descritos, uma vez que, diferentemente das argilas, a cimentação das partículas do solo promovida pela matéria orgânica dá origem a agregados menos suscetíveis à deformação ou à desagregação causadas pelo revolvimento do solo e pelo trânsito de máquinas. Isto acontece porque este agente cimentante funciona como uma esponja, sendo capaz de se deformar sob pressão e retomar sua forma original quando a pressão cessa.



Pesquise mais

Muitos estudos têm comprovado o efeito benéfico da matéria orgânica nas propriedades biológicas, químicas e físicas do solo. O artigo *Matéria orgânica do solo*, disponibilizado pela Embrapa, traz um apanhado de informações sobre o assunto.

CUNHA, T. J.; MENDES, A. M. S.; GIONGO, V. *Matéria Orgânica do Solo*. In: NUNES, R. R.; REZENDE, M. O. O. (Org.). **Recurso solo**: propriedades e usos. São Carlos: Cubo, 2015.

Agora que entendemos um pouco melhor como acontece a compactação do solo, vamos aprofundar nosso conhecimento sobre outro processo de degradação física do solo, que pode ser desencadeado ou intensificado pela sua compactação: a erosão.

A erosão dos solos tem se mostrado como o principal responsável pela perda da qualidade dos solos agrícolas, limitando o seu potencial produtivo e causando ainda uma série de impactos ambientais na qualidade da água dos corpos hídricos que recebem o escoamento superficial desses locais.

Na realidade, a erosão é um processo natural de transformação da paisagem, ocasionado pela ação dos agentes do intemperismo sobre as rochas e o material mineral gerado de sua decomposição. Em nossos estudos, vimos que as atividades humanas promovem a aceleração e intensificação desses processos, pois alteram profundamente a paisagem e o equilíbrio

naturalmente estabelecido. Vimos também que a instalação ou intensificação de processos erosivos se dá pela remoção da proteção exercida pela vegetação original e pela cobertura de matéria orgânica do solo.

Quando falamos de erosão do solo, devemos considerar que neste processo atuarão forças que causarão a desestabilização dos agregados do solo e que promoverão o transporte dos materiais resultantes do processo de degradação.

A desagregação das partículas do solo é ocasionada quando a força que incide sobre os agregados é maior do que a força que os mantém coesos. Em solos agrícolas, a energia contida nas gotas de chuva, no preparo do solo, no trânsito de animais e de máquinas sobre o terreno é capaz de promover a destruição de seus agregados. Como vimos, solos úmidos e com baixo teor de matéria orgânica tendem a ser mais suscetíveis à desagregação de suas partículas.

As partículas de solo, resultantes do processo de desagregação, encontram-se soltas sobre a superfície do solo, podendo ser transportadas pelo vento e/ou água.

A erosão eólica (provocada pelo vento) é responsável pela movimentação do solo, promovendo o transporte do material mais fino, podendo provocar perdas de produtividade, uma vez que o material carregado pode se depositar na superfície das folhas, diminuindo a absorção de luz e, consequentemente, a fotossíntese.

A erosão hídrica pode ser caracterizada como um processo de escoamento superficial em que podemos observar a desagregação, transporte e deposição de partículas de solo, nutrientes e matéria orgânica (DECHEN et al., 2015). Estes autores destacam ainda que a ocorrência e a intensidade de uma erosão são função da erosividade da chuva, erodibilidade do solo e da presença e qualidade da cobertura do solo, entre outros fatores.

Do ponto de vista agrícola e comparando-se com a erosão hídrica, a erosão eólica não tem gerado grandes perdas, uma vez que nossas condições de clima não são muito favoráveis à ocorrência deste fenômeno. Já a erosão hídrica, provocada pela força das águas, tem grande importância para os solos sob o clima tropical, uma vez que nestes ambientes é comum a ocorrência de altos índices pluviométricos. É a forma mais comum de degradação dos solos agrícolas no Brasil, constituindo um fator de grande preocupação.



Assimile

Erosividade: fator ou capacidade medida da intensidade dos diferentes agentes geológicos (chuva, em especial, gelo, vento, rios, mares) em promover a erosão de um determinado tipo de solo ou terreno geológico.

Erodibilidade: fator ou capacidade medida de diferentes tipos de solo ou terrenos geológicos de serem erodidos por um determinado agente geológico com definida intensidade de ação. A erodibilidade pode ser definida de forma mais específica como:

“ Razão de erosão dos solos, dada por uma quantidade K, quantificada como a perda de um lote unitário de solo não cultivado de 22m de extensão, posicionado numa encosta plana de 9% de declividade, variando entre valores de ~ 0 a 0,6 (SIGEP, [s.d.]).

Neste contexto, devemos recordar que a erosão somente acontecerá quando as condições forem desfavoráveis à infiltração da água no solo, condição essa que poderá ocorrer, principalmente em:

- Solos saturados: independentemente da condição de porosidade do solo, em situações em que a ocorrência de chuvas se dá por um período prolongado (ou precipitação intensa em curto espaço de tempo), pode haver a saturação de água no solo devido à capacidade limitada de infiltração de toda a água que precipita.
- Solos densos ou compactados: solos que apresentam porosidade reduzida por serem naturalmente mais densos ou por terem sido compactados.
- Solos com camada subsuperficial compactada: esta camada, conhecida como pé-de-arado ou pé-de-grade, formada pelo uso de arados e grades em condição de solo úmido, constitui um impedimento físico à infiltração de água.

Em todas as situações descritas, o excesso de água que não se infiltra no solo escoará superficialmente, e transportará consigo material leve e solto que estiver sobre a sua superfície. Este tipo de erosão, conhecida como laminar, ocorre de forma mais ou menos homogênea por toda a superfície em que atua, sem que haja a formação de caminhos preferenciais de água.

Alguns fatores corroboram para tornar a erosão do solo mais intensa e, portanto, mais destrutiva. O primeiro diz respeito ao volume de água que escoar superficialmente. Quanto maior a quantidade de água maior também será a energia da enxurrada.

Outros fatores estão associados às características do terreno percorrido pela enxurrada: declividade, extensão da rampa e rugosidade do terreno. Terrenos muito íngremes, com grande extensão de rampa e baixa rugosidade apresentam as condições extremas que potencializam o poder destrutivo das enxurradas pois, em todos os casos, favorecem a aceleração do escoamento superficial. Nestas situações é que, além de transportar o material solto, a enxurrada passa a ter energia suficiente para escavar o terreno, dando origem à formação de sulcos erosivos. Solos pouco estruturados, com baixos teores de argila e matéria orgânica, constituem um ambiente ideal para o aprofundamento e alargamento dos sulcos erosivos que podem evoluir até caracterizarem voçorocas.

Áreas tomadas por voçorocas normalmente perdem sua capacidade produtiva e sua função ecológica. Nestas condições, acabam sendo abandonadas, pois sua recuperação é economicamente inviável.



Refleta

Ao definir erosão hídrica, destacamos que se trata de um processo de escoamento superficial, capaz de promover a desagregação, transporte e deposição de partículas de solo, nutrientes e matéria orgânica. É fato que este processo causa grandes impactos ambientais, principalmente por constituir uma fonte de contaminação da água ao transportar fertilizantes e outros insumos para dentro dos corpos hídricos. Mas, além destes impactos, a erosão pode gerar também grandes prejuízos econômicos, tanto aos produtores rurais quanto aos usuários dos corpos hídricos afetados pela erosão. Você seria capaz de listar quais são os prejuízos que estamos considerando? Quais medidas podem auxiliar na resolução desse problema?

Como vimos, a degradação física do solo poderá exercer forte influência sobre a capacidade produtiva de sistemas agrícolas. De forma geral, a deterioração da estrutura e da porosidade dos solos afetarão a dinâmica da água no solo. Uma vez que limitamos a capacidade do solo em absorver e reter a água, iremos interferir também no comportamento da matéria orgânica e dos nutrientes do solo, pois todos são fortemente influenciados pela sua umidade.

Diante deste cenário, podemos dizer que os principais indicadores da degradação física do solo estão associados com a questão hídrica no sistema solo-planta. Assim, a ocorrência de áreas com baixa resistência a curtos períodos de seca ou que apresentam murcha de plantas sem razão aparente podem estar sofrendo as consequências de solos compactados, em que o

desenvolvimento de raízes é limitado e a capacidade de infiltração e armazenamento de água são comprometidos.

Este sintoma pode ser confundido com o ataque de pragas ou com a ocorrência de doenças de solo. Para evitar conclusões equivocadas, é recomendável a análise do sistema radicular das plantas. Assim, no caso de impedimento físico, as raízes terão aparência saudável, porém apresentarão aspecto retorcido e crescimento limitado à região subsuperficial do solo, proveniente do espaço inadequado para desenvolvimento (o solo limita a penetração). O surgimento de áreas permanentemente encharcadas também pode indicar a ocorrência de solos impermeáveis devido à compactação.

Diante de tudo que foi discutido até aqui, podemos concluir que os processos de transformação promovidos nos solos agrícolas afetam suas propriedades químicas e físicas. Evitar a degradação dessas características é uma questão de se reconhecer as fragilidades e limitações de cada solo antes de se determinar seu uso e as respectivas técnicas de manejo.

Agora que você já conhece os processos erosivos do solo, esperamos que eles possam contribuir na sua futura profissão.

Sem medo de errar

Prezado estudante, estamos certos de que o conteúdo estudado nesta seção proporcionou a você o conhecimento suficiente para resolver a situação proposta, em você foi situado como engenheiro agrônomo de uma empresa rural responsável pela manutenção da qualidade dos solos de suas unidades produtoras. Em visita a uma dessas unidades, foi constatado um problema que, pelas suas observações de campo e interpretação das informações levantadas, decorria da compactação do solo. Ao chegar a este diagnóstico, o técnico que lhe acompanhava na ocasião ficou surpreso e indagou como você havia chegado a esta conclusão.

De acordo com o conteúdo estudado, pudemos verificar que a formação de uma camada de solo compactada pode ser ocasionada pelo preparo do solo realizado em condições inadequadas de umidade. Conforme descrição das condições climáticas e relato do responsável técnico, foi dito que era comum as operações mecanizadas acontecerem em meio à ocorrência de chuvas, o que fatalmente nos leva a crer que o preparo do solo possa ter sido realizado com o solo muito úmido, característica que favorece compactação da camada subsuperficial do solo. Esta é uma situação a solos mais argilosos, como é o nosso caso aqui.

Outro ponto relevante em seu diagnóstico diz respeito à mudança de comportamento da lavoura, que passou a apresentar menor resistência ao

déficit hídrico, ocasionado por curtos períodos de estiagem. Provavelmente, isto se deva à evolução na formação da camada compactada pois o processo de compactação tende a se intensificar caso a situação que o gera não seja cessada. Assim, a repetição do processo, ano após ano, foi agravando a formação do impedimento físico, na camada subsuperficial do solo, até que este passou a interferir significativamente no desempenho da lavoura.

Ainda, as condições das raízes permitem inferir a compactação do solo local, uma vez que se mostravam curtas, retorcidas com desenvolvimento limitado à camada mais superficial do solo. Nestas condições, se não observadas a ocorrência de pragas ou doenças, bem como se for constatada que o manejo da fertilidade do solo tenha sido realizado de forma adequada, nos resta concluir que a situação observada pode ser decorrente da compactação do solo, provocada pelo seu manejo inadequado.

Esta conclusão pode ser comprovada pela abertura de uma trincheira no solo onde, por meio da análise do perfil do solo, é possível evidenciar a ocorrência de impedimento físico, bem como as características do desenvolvimento radicular da cultura.

Mais uma vez, pudemos comprovar que a análise das características do solo degradado de uma determinada área nos permite identificar o tipo e o grau de degradação. Estas são informações preciosas para que possamos reconhecer e, assim, eliminar o agente da degradação, por meio das técnicas de manejo adotadas.

Avançando na prática

Perdas por erosão hídrica

Descrição da situação-problema

Sabendo que você acabou de se formar engenheiro agrônomo, um amigo lhe contratou para uma consulta, pois estava tendo problemas em suas lavouras e pensou que você o pudesse ajudar.

Ao aceitar a proposta, você foi convidado a visitar a propriedade, constituída de uma área retangular, toda localizada em uma face declivosa, e tinha como limites no ponto mais alto a estrada e no ponto mais baixo, um ribeirão. As laterais constituíam os lados maiores do retângulo e faziam divisa com outras propriedades rurais. Da parte mais alta, onde ficava a sede, até a borda da mata ciliar, a área era destinada ao cultivo de grãos, sendo realizado rotação com soja no verão e milho na safrinha.

Em visita à lavoura de seu amigo, você pôde notar que o aspecto das plantas ia melhorando à medida que se descia em direção ao ribeirão. Na parte mais alta, as plantas eram mirradas e amareladas. Na porção mais central a lavoura era mais viçosa, apresentando aspecto mais saudável. Porém era possível observar a ocorrência de falhas, ou seja, manchas sem plantas, e no solo notava-se a formação de processos erosivos, mais pronunciados na região onde eram observadas as falhas. Na região inferior da propriedade você observou plantas acamadas (deitadas no solo), como se algo as tivesse empurrado na direção do ribeirão. O mais curioso, é que você observou plantas de milho e soja se desenvolvendo na bordadura da mata ciliar. Durante a visita à propriedade, seu amigo lhe detalhou o histórico da área, dizendo que fazia a correção do solo e a adubação de acordo com a recomendação da análise de solo, porém sua produtividade média estava abaixo do esperado para a região. O que poderia estar acontecendo?

Resolução da situação-problema

Durante sua visita à propriedade, além das observações relatadas anteriormente você também esteve muito atento aos aspectos do solo. Primeiramente observou que, ao longo do declive, não havia nenhuma estrutura que pudesse conter a enxurrada. Notou também que eram claros os sinais de erosão laminar na parte alta, os sulcos na parte mediana do terreno e o depósito de sedimentos na bordadura da mata ciliar. Sendo assim, ficou claro que erosão que se iniciava no alto da propriedade já era forte o bastante para lavar a adubação química, bem como a matéria orgânica da parte mais alta, o que podia ser comprovado pelo aspecto desnutrido das plantas. Na parte mediana do terreno, onde se formavam os caminhos preferenciais ou sulcos erosivos, a perda era mais profunda, chegando a arrancar as plântulas, o que gerava as falhas observadas. Como a erosão era mais localizada nesta região da propriedade, ainda era possível se observar plantas bem nutridas, até porque parte da adubação que vinha do alto poderia sedimentar neste local. Por fim, suas constatações foram comprovadas pela observação da parte mais baixa do terreno, onde claramente se observava a deposição de sedimentos, sementes e muito provavelmente adubos, que eram carregados das partes mais altas até aquele ponto. Diante disso, você sugeriu a seu amigo que seria necessário elaborar um projeto de conservação do solo para sua propriedade, e assim seus investimentos com insumos não seriam mais levados pela água das chuvas. Pontuou ainda que se estivesse de acordo, você mesmo poderia elaborar este projeto.

1. Constitui os espaços vazios entre os agregados do solo, bem como aqueles estabelecidos entre as partículas de solo unidas para formar estes agregados; portanto, é muito influenciada pela textura e estrutura do solo.

A qual propriedade física do solo refere-se a definição apresentada no texto base desta questão?

- a) Textura.
- b) Fertilidade.
- c) Porosidade.
- d) Acidez.
- e) Estrutura.

2. A estrutura do solo é caracterizada pela presença e qualidade dos agregados do solo. Os agregados do solo, por sua vez, são constituídos pelo agrupamento de partículas do solo (minerais e orgânicas), que são unidas por agentes cimentantes.

Nas alternativas a seguir, identifique aquela que apresenta somente agentes cimentantes, formadores de agregados do solo.

- a) Argila e matéria orgânica.
- b) Silte e areia.
- c) Areia e argila.
- d) Matéria orgânica e silte.
- e) Argila e silte.

3. Em nossos estudos pudemos verificar que a erosão hídrica dos solos agrícolas é potencializada por algumas situações que podem ou não decorrer do manejo inadequado do solo. Sobre este tema, analise as afirmativas a seguir.

- I) Independentemente da condição de porosidade do solo, em situações nas quais a ocorrência de chuvas se dá por um período prolongado, pode haver a saturação do solo e, assim, a impossibilidade de mais água se infiltrar no solo.
- II) Solos que apresentam porosidade reduzida por serem naturalmente mais densos, ou por terem sido compactados.
- III) Solos com camada subsuperficial compactada, conhecida como pé-de-arado ou pé-de-grade, formada pelo uso de arados e grades em condição de solo úmido, constituem um impedimento físico à infiltração de água.
- IV) Independentemente da condição de porosidade do solo, a ocorrência de chuvas muito intensas em curto espaço de tempo pode exceder a capacidade de infiltração de água do solo.

São situações que podem contribuir para a formação de enxurradas:

- a) Apenas I e III.
- b) Apenas II e IV.
- c) Apenas I, II e III.
- d) Apenas II, III e IV.
- e) I, II, III e IV .

Levantamento da degradação química, física e biológica do solo

Diálogo aberto

Caro estudante, nas seções anteriores você pôde vivenciar dois casos diferentes de degradação dos atributos do solo. Em ambas as situações houve a necessidade de se realizar um levantamento de informações que lhe auxiliaram tanto no diagnóstico do problema como na respectiva proposição de soluções. Isto reflete uma realidade de nossa profissão, em que qualquer decisão deve ser tomada com base em um diagnóstico das condições de campo, que deverá ser o mais preciso possível. Vimos que alguns indicadores podem ser bastante úteis quando não dispomos de infraestrutura e tecnologia para nos auxiliar no levantamento dessas informações. Entretanto, na maioria dos casos as recomendações técnicas adequadas deverão considerar os resultados de análises laboratoriais dos parâmetros químicos, físicos e biológicos do solo, o que lhe permitirá o conhecimento mais preciso dos problemas, proporcionando a você maior segurança na proposição de soluções.

Para exercitarmos esta prática vamos recordar o seu desafio nesta unidade: lembre-se de que você foi contratado para ser o gestor da qualidade do solo de uma grande empresa, a fim de buscar soluções aos problemas identificados nas unidades produtoras. Sendo assim, considerando os problemas observados nestas unidades, você identificou a necessidade de se realizar um levantamento do solo (amostragem), de modo a conhecer aspectos relacionados a sua fertilidade e física. Este conhecimento poderá auxiliar os técnicos de campo a tomar decisões, e a você a acompanhar os efeitos do manejo adotado nas propriedades química e física dos solos.

Neste sentido, quais informações serão necessárias para que você tenha um diagnóstico da situação de cada unidade, e, juntamente com os técnicos de campo, possa propor o manejo adequado do solo nestas propriedades rurais?

Saiba como desenvolver este trabalho por meio do estudo do conteúdo apresentado nesta seção, em que discutiremos o processo de amostragem do solo e as análises laboratoriais.

Aproveite mais este conteúdo.

Caro estudante, ao longo de nossos estudos temos evidenciado que o solo se constitui de um material heterogêneo e que suas características variam de acordo com os fatores que influenciaram a sua formação (material de origem, relevo, clima, dentre outros.). Vimos também que o uso agrícola pode promover profundas transformações locais em suas propriedades, tornando-o distinto daquele que o circunda. Considerando esta complexidade de informações, percebemos que o estudo do solo não é uma tarefa simples, porém é de extrema importância para a determinação de seu melhor uso e manejo.

Do ponto de vista agrícola, quando falamos em estudar o solo, nos referimos ao levantamento de suas características químicas, físicas e biológicas que poderão influenciar todo o processo da lavoura, desde o plantio e manejo até a quantidade e qualidade dos produtos colhidos. Assim, a determinação das informações que serão levantadas depende da finalidade de uso, das condições atuais observadas a campo e também do histórico da área.

Outro ponto importante no estudo do solo é a amostragem. É por meio de uma amostra de solo que se realizam as análises das suas condições, bem como se deduz quais as melhores práticas para o local, visando à conservação de suas características.

Como normalmente estamos falando sobre o estudo de uma grande quantidade de solo (área), é imprescindível que a amostragem seja feita com muito cuidado, de forma que a amostra de solo a ser encaminhada para análise em laboratório seja representativa das características da área que pretendemos estudar.



Assimile

De maneira generalizada, podemos entender a importância da representatividade de uma amostra de solo com o exemplo a seguir:

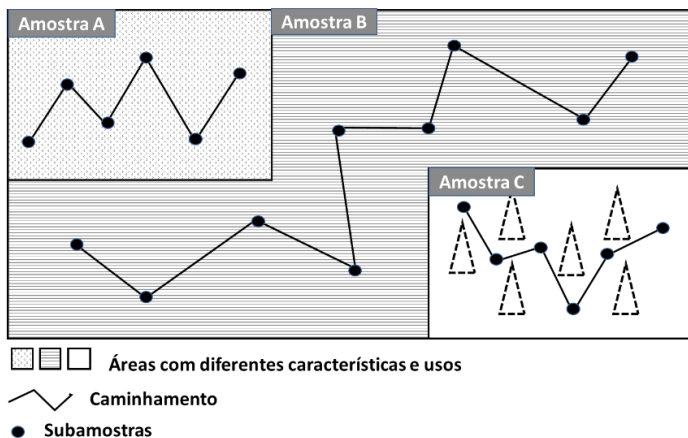
- Se considerarmos o solo da camada arável teremos, em um hectare, aproximadamente 2 mil quilogramas de solo.
- A amostra que preparamos e encaminhamos para análise de parâmetros químicos deve ter 0,5 quilogramas de solo.
- A amostra analisada no laboratório tem 0,2 quilogramas.

Portanto, 20 gramas deverão representar, aproximadamente, 2 mil toneladas de solo (BISSANI et al., 2004).

Em termos gerais, para que se possa garantir a representatividade de uma amostra de solo, é preciso separar as áreas que apresentam características

distintas de relevo, de cobertura vegetal, de uso e de manejo, entre outras que possam diferenciá-las (Figura 2.1).

Figura 2.1 | Esquema de separação da área a ser amostrada em talhões de característica homogênea



Fonte: elaborada pelo autor.

Deve-se coletar, ainda, subamostras em número suficiente para abranger de forma homogênea toda a área a ser amostrada e realizar a homogeneização (mistura das amostras), de maneira a se obter uma única amostra do local. Por fim, lembre-se de acondicionar a amostra de forma adequada para cada tipo de análise.



Pesquise mais

Diferentes metodologias podem ser empregadas para se proceder a amostragem do solo. O artigo indicado a seguir trata da proposta da Embrapa para se proceder a amostragem e os cuidados na coleta de solo para fins de fertilidade.

ARRUDA, M. R.; MOREIRA, A.; PEREIRA, J. C. R. **Amostragem e Cuidados na Coleta de Solo para Fins de Fertilidade**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2014.

Algumas particularidades devem ser observadas quanto à finalidade da amostra. Assim, algumas situações requererão a amostragem diferenciada por camadas de solo, podendo ser necessária a coleta de amostras nas camadas de 0 a 20 e 21 a 40 centímetros de profundidade de solo, por exemplo.

Para análise de alguns parâmetros físicos, serão necessárias amostras especiais, coletadas e acondicionadas com equipamentos específicos. O mesmo

acontece quando desejamos realizar a análise biológica do solo, sendo necessário garantir as condições adequadas para que os organismos sobrevivam até a chegada da amostra ao laboratório.

Mais adiante, quando falarmos especificamente do levantamento de alguns parâmetros, poderemos nos aprofundar neste tema.

Em qualquer situação, as amostras de solo, devidamente acondicionadas, deverão ser identificadas e encaminhadas para laboratórios de análise de solo, que proporcionarão resultados confiáveis da realidade observada em campo.

Como vimos anteriormente, algumas características químicas do solo podem nos ajudar a identificar sinais de degradação. Porém, a verificação precisa dessa condição somente é possível pela realização de análises laboratoriais.



Saiba mais

É importante buscarmos laboratórios que tenham sua confiabilidade atestada por algum órgão regulador.

No Brasil, este trabalho vem sendo desenvolvido pelo Programa de Controle de Qualidade de Laboratórios (PAQLF) da Embrapa Solos e pelo Programa Interlaboratorial de Controle de Qualidade de Análise de Solo de Minas Gerais (PROFERT-MG), que envolve laboratórios de todo país. Estas instituições utilizam métodos desenvolvidos a partir dos resultados de anos de estudos em solos brasileiros (ROCHA et al., [s.d.]).

EMBRAPA SOLOS. Programa de análise de qualidade de laboratórios – PAQLF.

PROFERT - Programa Interlaboratorial de Controle de Qualidade de Análise de Solo de Minas Gerais. Regimento Interno.

Normalmente a análise química é recomendada para se identificar a quantidade e a disponibilidade de nutrientes no solo, principalmente na camada de 0 a 40 cm de profundidade onde, preferencialmente, acontece o crescimento de raízes. O resultado nos permite conhecer os níveis dos macronutrientes: Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S), bem como dos micronutrientes: Ferro (Fe), Boro (B), Cloro (Cl), Cobre (Cu), Zinco (Zn), Manganês (Mn) e Molibdênio (Mo). É importante relembrarmos de que a divisão entre macro e micronutrientes não diz respeito à importância desses elementos para o desenvolvimento das plantas, mas sim à quantidade requerida para que estas possam completar seu ciclo.

Além da quantidade de nutrientes, o uso agrícola do solo pode promover ou potencializar a sua acidificação. Como vimos, a acidez do solo é provocada pelos íons H^+ e Al^{3+} , cuja presença afeta a disponibilidade de nutrientes,

podendo até inibir o crescimento de raízes. Em laboratório, a acidez do solo é determinada pela acidez ativa e pela acidez potencial:

- A **acidez ativa** do solo é definida pela concentração de íons H^+ em solução e sua determinação é realizada por meio da análise do pH do solo.
- A **acidez potencial** diz respeito ao efeito acidificante do alumínio trocável (Al^{3+}) e da matéria orgânica. Na solução do solo, o Al^{3+} reage com a água gerando íons H^+ . A acidez potencial gerada pela matéria orgânica é constituída por íons H^+ de radicais orgânicos não dissociados. Na prática, a acidez potencial é expressa pela soma dos teores de $H^+ + Al^{3+}$ (BISSANI et al., 2004).

A determinação do pH e do alumínio trocável faz parte da rotina de análise química do solo, portanto, também deve ser realizada em laboratório. Os resultados da análise química do solo subsidiam a orientação técnica quanto à necessidade de adubação e também da aplicação de corretivos de acidez.

Em nossos estudos, vimos que os efeitos mais evidentes de degradação do solo são decorrentes da deterioração de suas propriedades físicas. Diferentemente da análise química pela qual com uma única amostra é possível levantar uma série de informações em laboratório, a análise física é realizada por meio de diferentes tipos de amostras, bem como de técnicas realizadas tanto em laboratório quanto a campo. As características físicas do solo consistem na análise da textura, estrutura, consistência, porosidade, densidade e compactação do solo. Vamos conhecê-las?

A textura do solo pode ser observada em campo, na descrição morfológica, mas seu valor definitivo é dado pela análise granulométrica, realizada em laboratório (EMBRAPA, 2018). A análise granulométrica nos permite conhecer as frações do solo, separadas de acordo com o tamanho das partículas que compõe seus agregados (areia, silte e argila). A amostragem para esta análise é feita seguindo-se os mesmos critérios utilizados para a amostragem destinada a análise química do solo. A determinação da textura do solo é realizada por meio da dispersão total dos agregados do solo em meio aquoso, feita com o auxílio de um dispersante químico e agitador elétrico. Após a dispersão, obtém-se uma suspensão aquosa, da qual é tomada uma amostra de volume conhecido para determinação da argila; para isto a amostra é seca em estufa e pesada. As frações areia fina e grossa são separadas pelo peneiramento da amostra, secas em estufa e pesadas. O percentual de silte na amostra de solo analisada é obtido pela diferença entre o total de argila e areias em relação à amostra original que corresponde a 100% (EMBRAPA, 1997). Por exemplo, se na determinação obteve-se Fração Areia = 35% e Fração Argila = 50% logo,

$$\text{Silte} = 100 - (\text{Areia} + \text{Argila})$$

$$\text{Silte} = 100 - (35 + 50)$$

Portanto, no exemplo, a amostra apresenta 15% de silte.

A estrutura do solo é conferida pela forma com que as partículas de solo se organizam e se ligam para formar os agregados do solo, que são suas unidades estruturais. Sua caracterização é realizada em amostras indeformadas, ou seja, que tenham preservadas as suas condições físicas observadas em campo. Vários procedimentos foram criados para a coleta de amostras indeformadas, como é o caso da coleta de solo em cilindros, blocos e torrões.

A determinação da estrutura do solo pode auxiliar na identificação de solos degradados. Neste sentido, muitos pesquisadores têm trabalhado para desenvolver métodos práticos e eficientes para se realizar esta determinação a campo, sendo um deles o Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo (DRES). Desenvolvido pela Universidade Estadual de Londrina e pela Embrapa, o DRES é um método de avaliação visual da estrutura do solo que leva em conta a qualidade da agregação a partir de amostras dos primeiros 25 cm. São observados o tamanho e a forma dos agregados e torrões; presença ou não de compactação ou outra modalidade de degradação do solo; forma e orientação das fissurações; rugosidade das faces de ruptura; resistência à ruptura; distribuição e aspecto do sistema radicular e evidências de atividade biológica.

A partir desses critérios, atribui-se uma pontuação de 1 a 6, na qual “6” é indicativo de melhor condição estrutural e “1” representa o solo totalmente degradado. (EMBRAPA, 2017).



Exemplificando

Observe nas Figuras 2.2 e 2.3 a diferença entre as feições dos agregados de solos degradados e de solos conservados/recuperados, respectivamente.

Figura 2.2 | Feições de degradação



Fonte: Embrapa (2017).

Note que temos amostras caracterizadas pela presença de raízes tortas, achatadas e crescendo preferencialmente nas fissuras; predomínio de agregados maiores que 7 cm e/ou agregados com faces lisas e ângulos retos de ruptura, coesos, com pouca porosidade, exibindo espelhamentos e zonas de umectação, com forma quadrada ou laminar; presença de solo desagregado (pulverizado); presença de canais com areia solta no sentido vertical do perfil do solo; e ausência ou poucos indícios de atividade biológica.

Figura 2.3 | Feições de conservação/recuperação



Fonte: Embrapa (2017).

Nesse caso, observe a presença de raízes crescendo sem restrição, explorando o interior dos agregados; predomínio de agregados com tamanho entre 1 e 4 cm, com baixa coesão, arredondados, faces de ruptura rugosas e linhas de ruptura sem orientação definida; presença de agregados grumosos e indícios de alta atividade biológica.

A adesão e coesão das partículas do solo é determinada por meio da análise da consistência do solo. Esta determinação pode ser feita no campo, sendo influenciada pela textura, teor de matéria orgânica e composição

mineralógica do solo. Conhecer a consistência do solo auxilia o produtor a determinar a hora certa de realizar as operações mecanizadas no campo.

De acordo como a Embrapa (2018), a consistência deve ser analisada em três condições de umidade: seca, úmida e molhada.



Assimile

Como já vimos anteriormente, as operações de preparo de solo devem ser realizadas sob condições ideais de umidade, de forma a se evitar a formação de camadas compactadas. Neste sentido, a análise da consistência pode ser de grande utilidade na definição do momento mais adequado para se iniciar os trabalhos no campo. De forma geral, recomenda-se que para as operações de aração e gradagem, o solo deverá apresentar uma consistência friável, ou seja, quando um torrão de solo úmido se desfaz sob leve pressão entre os dedos indicador e polegar (LORENZO, 2010).

A porosidade do solo é dada pela contabilização de seus espaços vazios, macro e microporos, formados pela atividade biológica e por processos físicos como os de umedecimento e secagem. A determinação da porosidade auxilia na identificação de solo compactados ou que apresentem algum outro tipo de impedimento à infiltração da água e penetração de raízes.

A análise da porosidade do solo requer o uso de amostras indeformadas. Estas amostras são saturadas, buscando-se garantir que todos os poros sejam preenchidos com água. As amostras saturadas são colocadas sob tensão para a retirada da umidade retida nos macroporos (poros com diâmetro > 0,05mm). Após a remoção da água retida nos macroporos, as amostras devem ser pesadas antes e depois da secagem, realizada em estufa. A diferença entre estes valores corresponde à umidade retida nos microporos. A porosidade total é obtida pela soma da macro e da microporosidade (EMBRAPA, 1997).

De acordo com Embrapa (2018), a porosidade do solo também pode ser visualizada em seu perfil, devendo ser descrita conforme a quantidade e tamanho dos poros:

- Quantidade: poucos, comuns ou muitos.
- Tamanho: pequenos, médios, grandes ou muito grandes.

A análise da densidade do solo nos permite conhecer a quantidade de massa de solo seco em um volume conhecido. Nesta determinação, inclui-se o volume de sólidos e de poros de uma amostra, portanto, é influenciada por sua estrutura e porosidade. Sendo assim, a avaliação da densidade do solo

pode ser utilizada como indicador da compactação do solo. Sua determinação é feita por meio da coleta de uma amostra indeformada, de volume conhecido. Assim, é possível conhecer qual a massa de solo contida em um determinado volume de amostra.

Decorrente do uso inadequado do solo, a compactação deve ser analisada no campo. Sua identificação pode ser feita visualmente por meio do estudo do perfil do solo, em que é possível se observar a formação de uma camada adensada, com ausência de poros ou pouco porosidade, o que impede o desenvolvimento das raízes em profundidade.

A avaliação da compactação do solo pode ser feita também com o uso de equipamentos, conhecidos como penetrômetros (Figura 2.4).

Estes aparelhos são constituídos por uma haste metálica ligada a um sensor que é capaz de medir a força empregada por uma pessoa para se promover a penetração da haste no solo. Por meio da leitura registrada no aparelho, mede-se a resistência do solo à penetração.

Sabemos que em um ambiente natural, o solo constitui o habitat de milhões de organismos e de uma infinidade de espécies. Sua presença torna possível a dinâmica da matéria orgânica no solo, pois promovem sua decomposição, transformando-a em diversos compostos químicos, que serão utilizados como nutrientes por plantas e outros organismos. Além do importante papel na ciclagem e armazenamento de nutrientes, alguns organismos simbiotes são responsáveis por incorporar ao solo uma quantidade significativa de nitrogênio atmosférico (cerca de 100 a 160 kg de $N \cdot ha^{-1}$).

Seguramente podemos afirmar que a diversidade biológica e a quantidade de organismos que habitam um determinado solo constituem ótimos indicadores da sua saúde. Sendo assim, a análise biológica tem sido empregada como parâmetro para se estudar a sua qualidade.

Figura 2.4 | Penetrômetro manual em ação



Fonte: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Penetrometer.jpg>. Acesso em: 4 dez. 2018.

A análise biológica é realizada por meio da identificação e quantificação dos compostos químicos resultantes do metabolismo dos organismos do solo. Por meio desta informação é possível se avaliar a atividade biológica de um solo.

A amostragem do solo para fins de análise biológica segue o mesmo princípio da amostragem para análise química; entretanto, após homogeneizadas no local da coleta, as amostras devem ser acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em recipientes térmicos resfriados com gelo, para que sejam encaminhadas ao laboratório. Estas amostras devem ser mantidas sob refrigeração (7 a 10°C) até o momento das análises biológicas (PAVANELLI; ARAÚJO, 2010).

Por meio do conteúdo estudado nesta seção, você pôde perceber que o processo de análise das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo constituem ferramentas muito importantes na conservação da qualidade dos solos agrícolas, uma vez que proporciona ao produtor rural conhecimento das condições atuais do solo de sua propriedade, permitindo o planejamento das ações necessárias para se manter ou melhorar a qualidade do solo. Percebemos também que o levantamento dessas informações não é uma tarefa simples, demandando conhecimento técnico e boa vontade por parte dos produtores rurais, para agir de forma responsável e correta.



Refleta

Apesar de sua importância, a análise das propriedades do solo ainda é uma prática pouco utilizada como ferramenta de planejamento da atividade agrícola em nosso país. Talvez por este motivo a degradação do solo ainda seja um problema tão comum no Brasil.

No seu ponto de vista, qual a responsabilidade do engenheiro agrônomo neste cenário? Como podemos atuar para melhorar a consciência dos produtores?

Nesta seção vimos algumas informações que auxiliarão você na busca por soluções para muitos dos problemas observados a campo. Entretanto cabe ressaltar que este assunto não se esgota aqui. Sendo assim, você poderá aprofundar seu conhecimento por meio do estudo da bibliografia indicada pelo professor e utilizada como referência neste livro. Bom estudo!

Caro estudante, agora que você ampliou ainda mais seu conhecimento sobre os parâmetros do solo que podem ser utilizados como indicadores de sua qualidade, estamos prontos para a resolução da situação proposta no início desta seção.

Lembre-se de que em seu novo emprego você recebeu a responsabilidade de cuidar da qualidade do solo das unidades produtoras desta empresa e, diante dos problemas relacionados ao manejo do solo observados a campo, você julgou importante realizar um levantamento das características do solo de cada uma das propriedades pertencentes a esta empresa.

Para o desenvolvimento deste trabalho devemos considerar quais informações serão necessárias para que você tenha um diagnóstico da situação de cada unidade e, juntamente com os técnicos de campo, possam propor o manejo adequado do solo nestas propriedades.

Na sua situação o levantamento de informação sobre os solos de cada unidade se divide em dois momentos: no primeiro, você deverá propor a realização de um levantamento pormenorizado das propriedades do solo, de forma a estabelecer um diagnóstico da situação atual de cada unidade produtora. Neste sentido, deverá propor uma análise química completa, bem como deverá levantar também as características físicas: textura, estrutura, porosidade e densidade do solo.

Em todas as análises a serem realizadas é preciso providenciar a amostragem do solo, que deve ser feita seguindo-se os critérios preconizados anteriormente, de maneira que esta amostra seja representativa e traduza as condições observadas no campo. Sendo assim, recomenda-se a capacitação dos funcionários que promoverão a coleta e o preparo das amostras. Também é importante lembrar de que, por se tratar de um trabalho de caracterização, a coleta de amostras deve ser feita em duas profundidades, de 0 a 20 cm e de 21 a 40 cm.

Todas as análises indicadas nesta fase deverão ser realizadas em laboratórios credenciados, com exceção da estrutura do solo, que poderá ser feita no campo por meio do DRES.

Em um segundo momento, o resultado do diagnóstico feito inicialmente subsidiará você na recomendação do manejo adequado para se corrigir os desvios observados em cada situação. É importante destacar que ao se considerar as diferenças entre as unidades produtoras, não será possível criar um roteiro padrão de análise de solo que atenda a todas as unidades pois, fazendo isto, você corre o risco de negligenciar alguma informação que seja

importante apenas para uma determinada situação, ou pode aumentar os gastos do setor sob sua responsabilidade com análises desnecessárias.

Neste sentido, é importante que o resultado das análises de solo proporcione informações suficientes para que você e sua equipe de campo possa avaliar a eficiência do manejo proposto para cada área.

Em condições normais algumas análises raramente são repetidas, como é o caso da textura do solo, que a princípio não deve mudar com o tempo. Outras deverão ser repetidas com maior frequência, como é o caso da consistência, que permitirá observar a condição mais adequada para o preparo de solo e também para o trânsito de máquinas.

Assim, considerando estas colocações, caberá a você decidir quais informações e qual a frequência das análises serão adequadas para que você possa acompanhar a evolução de seu trabalho nesta empresa.

Avançando na prática

Análise de solo no campo

Descrição da situação-problema

Buscando atender a uma demanda de um produtor de gado de corte, você realizou uma visita técnica em uma propriedade localizada no sudeste do Pará. A região onde estava a fazenda apresentava um clima típico da região com verão muito chuvoso e inverno muito seco e quente. Após sua chegada à propriedade rural, o fazendeiro lhe encaminhou para uma área onde a pastagem vinha definhando ano após anos. Em entrevista com o produtor foi dito a você que na fazenda inteira o solo apresentava boa drenagem e que raramente se observava a formação de erosões, porém naquele local era possível notar o acúmulo de água na época das chuvas. Disse que esta situação começou a acontecer após a instalação da pastagem e lhe perguntou o que poderia estar acontecendo.

Foi então que você passou a questioná-lo sobre o histórico de uso da área, descobrindo que fazia três anos que a pastagem fora implantada e que, antes disso, a área em questão era cultivada com milho. Disse também que desistiu do milho pois devido à intensidade das chuvas, sempre encontrava dificuldade em realizar as operações mecanizadas (preparo do solo, aplicação de defensivos e colheita).

Desconfiado do que estava acontecendo, você perguntou ao produtor se ele conhecia a textura e a porosidade do solo. Perguntou ainda se era feita a verificação da consistência do solo antes de se programarem as operações

mecanizadas. Para todas estas perguntas a resposta foi negativa. Foi então que você sugeriu que a melhor forma de se saber o que estava acontecendo seria por meio de uma análise física do solo. Assim, você orientou o produtor a fazer a coleta das amostras para a determinação da textura e porosidade do solo, fazendo-se amostragens diferentes para as áreas que apresentavam boa drenagem e na área com problema.

Após receber o resultado da análise de solo, o produtor o chamou novamente para você conhecer os resultados e propor a solução.

Quais foram os procedimentos para coleta? Quais foram os indicadores observados?

Resolução da situação-problema

Considerando a necessidade de se conhecer os parâmetros porosidade e textura do solo, dois tipos de amostragem foram empregados. Para a análise da textura do solo, as amostras foram realizadas seguindo-se o mesmo princípio da amostragem para fins de análise da fertilidade, em que é permitida a coleta de amostras deformadas (amostras formadas pela composição de subamostras). No caso da porosidade, as amostras devem ser não deformadas, ou seja, são retiradas de modo a se preservar a mesma estrutura observada a campo. Neste caso não são coletadas subamostras, e cada coleta constituirá uma amostra que será encaminhada para a análise no laboratório.

O resultado dessa análise mostrou que se tratava de um solo com textura argilosa e com grande diferença de porosidade entre as áreas amostradas, sendo que na área com problema de drenagem a porosidade era muito baixa. Com o resultado dessas análises você pôde confirmar sua suspeita, pois o fato de uma determinada área passar a apresentar problemas de drenagem serviu como indicador de que o solo deste local deveria ter sofrido compactação, pois se tratava de um solo argiloso, sujeito ao adensamento promovido pelo trânsito de máquinas, sendo esta condição potencializada quando as operações são realizadas com o solo muito úmido, conforme fora relatado pelo produtor. Esta observação pôde ser confirmada quando se comparou a porosidade de uma área que havia sido cultivada com milho e uma área que sempre fora destinada à formação de pastagem.

1. O levantamento das características químicas do solo nos permite conhecer a quantidade e a disponibilidade dos nutrientes no solo, bem como os teores de elementos tóxicos, como é o caso do Hidrogênio e do Alumínio. A elevação da concentração destes elementos promove a acidez do solo, o que afeta a disponibilidade de nutrientes, podendo até inibir o crescimento de raízes.

No solo, a acidez gerada pela alta concentração de íons Al^{3+} e pela matéria orgânica é conhecida como

- a) Acidez potencial.
- b) pH.
- c) Acidez ativa.
- d) Al trocável.
- e) Acidez trocável.

2. Sabemos que os solos dos ambientes naturais são extremamente ricos em diversidade de organismos, o que lhes confere um sistema muito eficiente na ciclagem e no armazenamento dos nutrientes provenientes da mineralização da matéria orgânica. Esta característica nos serve de referência de solos saudáveis, podendo ser empregada como indicador da qualidade do solo.

A análise biológica do solo pode ser realizada com o objetivo de se conhecer a qualidade de um solo. Esta análise tem como princípio básico o levantamento da(o):

- a) número de indivíduos por centímetro quadrado.
- b) atividade biológica pela análise dos produtos de seu metabolismo.
- c) tipo de organismos.
- d) quantificação de espécies.
- a) separação de organismos segundo sua classe de evolução

3. Sabemos que o solo é o habitat de uma infinidade de organismos, sendo esta até uma condição para que o solo seja assim definido. Sobre a biologia do solo, analise as afirmativas a seguir e verifique se são verdadeiras ou falsas.

- I) Os organismos do solo promovem a decomposição da matéria orgânica, sendo, assim, responsáveis pela ciclagem dos nutrientes.
- II) Alguns organismos do solo podem estabelecer uma relação simbiótica com espécies vegetais de interesse econômico.
- III) A amostragem de solo para análise biológica deve seguir critérios especiais, como o armazenamento das amostras em ambiente refrigerado.

Assinale a alternativa correta em que I, II e III são respectivamente:

- a) V - V - V.
- b) V - V - F.

- c) V - F - V.
- d) F - V - F.
- e) F - F - F.

- BISSANI, C. S. et al. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Genesis, 2004. 328 p.
- CAMPOS, A. D. et al. Resistência à penetração como indicadora de alterações estruturais no solo decorrentes de implementos para manejo do solo. **XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**. Natal, 2015. Disponível em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/138563/1/Resistencia-penetracao.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2018.
- CIOTTA, M. N. et al. Acidificação de um latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 26, n. 4, p. 1055-1064, 2002.
- COSTA, A. C. et al. Perdas de nitrogênio por volatilização da amônia em três solos argilosos tratados com ureia. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 4, p.467-473, 2004. Disponível em: <https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/viewFile/1809/1264>. Acesso em: 24 out. 2018.
- DECHEN, S. C. F. et al. Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 74, n. 2, p.224-233, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/brag/v74n2/0006-8705-brag-74-2-224.pdf>. Acesso em: 9 out. 2018.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação do Solos (SiBCS)**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs>. Acesso em: 5 out. 2018.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Propriedades do solo**. Sistema Brasileiro de Classificação do Solos (SiBCS). Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs/propriedades-do-solo>. Acesso em: 5 out. 2018.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Origem da Acidez**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Brasília, [s.d.]. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONTAG01_34_271020069132.html. Acesso em: 30 set. 2018.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Pesquisadores lançam diagnóstico rápido da estrutura do solo**. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/24645717/pesquisadores-lancam-diagnostico-rapido-da-estrutura-do-solo>. Acesso em: 19 out. 2018.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Amostragem e cuidados na coleta de solo para fins de fertilidade**. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/117075/1/Doc-115.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2018.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Programa de análise de qualidade de laboratórios PAQLF**. Disponível em :<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/117075/1/Doc-115.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2018.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **DRES | diagnóstico rápido da estrutura do solo**. Jun. 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/160885/1/Folder-DRES-OL.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2018.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de Métodos de Análise de solo**. Cento Nacional de Pesquisa de Solos. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

ERODIBILIDADE. In: **Glossário Geológico**. Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos, SIGEP, [s.d.]. Disponível em: <http://sigep.cprm.gov.br/glossario/index.html>. Acesso em: 12 out. 2018.

LOPES, A. S.; SILVA, M. de C.; GUILHERME, L. R. G. **Boletim técnico n. 1 | Acidez do solo e calagem**. São Paulo: ANDA, 1991. 22 p. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Calagem_boletim_tecnicoID-80pHHoncbJ.pdf. Acesso em: 6 dez. 2018.

LORENZO, M. **Pedologia, Morfologia**: Consistência do solo. 18 out. 2010. Disponível em: <https://marianaplorenzo.com/2010/10/18/pedologia-morfologia-consistencia-do-solo/>. Acesso em: 19 out. 2018.

MOTA, E. P. **Fertilizantes nitrogenados de liberação gradual**: longevidade e volatilização em ambiente controlado. 2013. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2013.

OLIVEIRA, L. B. (Coord.). **Manual de métodos de análise de solo**. V. 1. Rio de Janeiro: Embrapa-ANLCS, 1979.

PAVANELLI, L. E.; ARAUJO, F. F. Parâmetros químicos e biológicos indicadores de qualidade de solo sob cultivo de braquiárias e soja no oeste paulista. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.1, p. 118-124, jan./fev. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rceres/v57n1/a19v57n1.pdf>. Acesso em: 19 out. 2018.

PEDROTTI, A. et al. Causas e consequências do processo de salinização dos solos **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria**, v. 19, n. 2, p. 1308-1324, 2015.

PROGRAMA INTERLABORATORIAL DE CONTROLE DE QUALIDADE DE ANÁLISE DE SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (PROFERT). **Regimento Interno**. Disponível em: <http://www.profertmg.com.br/secao.htm?idSecao=48>. Acesso em: 20 nov. 2018.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Propriedade físicas do solo**. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2006. 18p. Disponível em: https://www.agro.ufg.br/up/68/o/An_lise_da_zona_n_o_saturada_do_solo_texto.pdf. Acesso em: 19 out. 2018

ROCHA, P. M. et al. **Controle de qualidade das análises de solos no laboratório da EMBRAPA milho e sorgo**. [S.d.]. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/29880/1/Controle-qualidade.pdf>. Acesso em 18 out. 2018.

Unidade 3

Manejo, proteção e uso de solos tropicais

Convite ao estudo

Caro estudante, desde o início de nossos estudos temos procurado evidenciar como a exploração agrícola do solo pode promover sua degradação (bem como do ambiente a sua volta) quando esta atividade é realizada sem o emprego das técnicas adequadas ao tipo de solo e às características ambientais da região onde está inserido. Enfatizamos ainda que nestas situações, se não forem aplicadas técnicas de uso e manejo visando à conservação, podemos levar o solo à exaustão, tornando-o improdutivo, e também promovendo a deterioração do ambiente.

Até aqui, estivemos preocupados em conhecer os problemas causados pelo mau uso do solo, além de identificar o motivo e o grau da degradação ocasionado. Nesta unidade, passaremos a conhecer as técnicas que contribuem para a conservação dos solos para que você seja capaz de reconhecer e indicar as práticas mais adequadas para a sua conservação. Neste caminho, considerando o conhecimento adquirido até aqui, nosso desafio agora será o de analisar as características do solo de uma determinada área e propor um plano de manejo para sua conservação, baseando-se nas técnicas que discutiremos adiante.

Assim, é importante destacarmos que a melhor maneira de se tratar a degradação do solo é prevenindo-a por meio do emprego de práticas conservacionistas, que visam garantir a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, proporcionando a manutenção de padrões de qualidade do solo em níveis aceitáveis, tanto do ponto de vista agrônomo quanto ambiental.

Neste contexto, considere sua atuação como engenheiro agrônomo extensionista na região norte do estado do Paraná, onde a agricultura sempre foi estimada como uma atividade promissora, porém, com a instalação de um assentamento agrário, os pequenos produtores vêm apresentando dificuldades em realizar o manejo do solo em suas propriedades rurais, o que tem ocasionado declínio da produtividade e degradação do solo. Sendo assim, você, como agrônomo extensionista, buscou inteirar-se da situação dos produtores assistidos pela entidade onde atuará. Em suas visitas a campo, pôde constatar que eram raras as situações em que os produtores empregavam técnicas adequadas de produção; mais difícil ainda era encontrar

uma propriedade rural que fazia uso de práticas conservacionistas. De modo geral, a agricultura no assentamento era praticada sem o emprego de técnicas conservacionistas. Com isso, os sinais de degradação ambiental eram bastante evidentes. Diante desta situação, coube a você elaborar e executar um plano de manejo dos solos para a modernização da agricultura no assentamento, visando melhorar os índices de produção e a qualidade do solo e da água, bastante afetados pelo tipo de agricultura que vinha sendo desenvolvido ali. Você já sabe como dar início a este trabalho? Quais informações você precisa levantar e quais proposições deverá fazer para se elevar a qualidade da agricultura praticada naquele lugar?

Para te auxiliar no desenvolvimento deste trabalho vamos estudar nesta unidade as principais práticas empregadas na conservação do solo. Estas técnicas conservacionistas estão agrupadas de acordo com a forma de intervenção e resultados alcançados, assim você verá que existem práticas conservacionistas edáficas, mecânicas e vegetativas.

Vamos dar início a este estudo?

Práticas conservacionistas edáficas

Diálogo aberto

Caro estudante, uma das demandas mais comuns no trabalho do engenheiro agrônomo extensionista está relacionada ao manejo da fertilidade do solo. Isto acontece pois grande parte dos solos brasileiros apresenta alguma limitação de fertilidade, seja em função da sua acidez, pelos baixos teores de nutrientes, ou até mesmo pela presença de elementos tóxicos. Neste sentido, as técnicas de calagem, gessagem e as diferentes formas de adubação tornaram-se a base da atividade agrícola em nosso país. Entretanto, nem sempre estas técnicas são empregadas da maneira adequada para solucionar as limitações enfrentadas no campo, podendo ainda gerar a degradação do solo e do ambiente ao seu redor.

É neste contexto que desenvolveremos o conteúdo desta seção. Assim, considerando sua atuação como engenheiro agrônomo extensionista na região norte do Paraná, você foi indicado para atender a uma comunidade de assentados que vem apresentando dificuldades para alcançar níveis adequados de produtividade em suas lavouras.

Uma das propriedades que vinha enfrentando problemas era a do Sr. João. Este produtor cultivava hortaliças já há quatro anos, em metade de seus seis hectares, porém a produtividade de sua lavoura estava caindo ano após ano. Foi então que este horticultor resolveu procurar a ajuda dos extensionistas. Assim, atendendo à demanda do Sr. João, você foi até sua propriedade para observar o que estava acontecendo e buscar informações sobre o histórico da área. Em conversa com o produtor, você soube que a única adubação foi feita na ocasião da implantação da horta, quando foram aplicados cerca de 500 kg ha^{-1} de esterco bovino, doados por seus vizinhos produtores de leite. Avaliando a lavoura, você pôde constatar que, de forma geral, as plantas eram mirradas, os frutos eram pequenos e, na maioria, apresentavam algum defeito que os desqualificava no mercado. Perguntado sobre as características do solo, o produtor lhe revelou que recentemente havia recebido o resultado da análise de solo, providenciada por um colega seu de trabalho. Ao analisar o laudo do laboratório você pôde constatar que o solo analisado apresentava características muito semelhantes e comuns aos solos tropicais brasileiros. Tratava-se de um solo argiloso, com pH abaixo do índice adequado para o desenvolvimento da maioria das lavouras. Além disso, apresentavam alto teor de Al (alumínio), quantidades muito pequenas de P (fósforo) e K

(potássio) e quase nada de matéria orgânica. A saturação por bases do solo analisado era de 45%, com capacidade de troca catiônica $CTC=8,0\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$.

Com base nestes resultados, você já pode dizer que identificou, pelo menos em parte, a razão pela qual o Sr. João não estava obtendo bons resultados em sua produção, uma vez que se tratava de um solo pouco fértil, utilizado para o cultivo de hortaliças – plantas muito exigentes quanto à qualidade do solo –, necessitando de elevados teores de nutrientes e de matéria orgânica. O proprietário relata que havia adquirido recentemente calcário com poder relativo de neutralização de 70%, porém ainda não havia aplicado, pois aguardava orientação profissional.

Diante desta constatação, como você procederá para se promover a conservação destes solos por meio do manejo da sua fertilidade?

Visando à construção de uma solução mais eficiente para tratar o problema identificado, estude o conteúdo a seguir, no qual abordaremos as práticas edáficas de conservação do solo.

Não pode faltar

Vivemos em um país onde as condições tropicais proporcionam um ambiente muito favorável ao desenvolvimento da atividade agrícola pois, de forma geral, temos luminosidade, temperatura e umidade adequados à produção de várias espécies vegetais e animais de interesse comercial. Entretanto, as mesmas condições que nos colocam em uma posição de destaque na produção mundial de alimentos também são responsáveis por acelerar os processos de degradação do solo, já comentados neste livro.

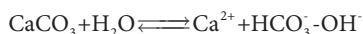
A atuação desses fatores na gênese de nossos solos proporcionou a formação de grandes extensões com baixa fertilidade natural, normalmente ácidos, muito argilosos, cujos minerais encontram-se muito degradados pelo processo de intemperismo. Por estes motivos são muito sensíveis ao manejo inadequado de sua fertilidade, exigindo-se assim especial atenção, não só na ocasião da implantação de uma área de lavoura, mas também na manutenção de sua capacidade produtiva.

Solos tropicais e subtropicais normalmente apresentam uma condição de acidez limitante ao desenvolvimento da maioria das culturas comerciais. Esta condição é decorrente dos altos índices de pluviosidade, que promove a lixiviação dos cátions Na^+ , K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} a uma taxa superior a de reposição promovida pelo intemperismo dos minerais do solo. Considerando o aporte de H^+ proveniente da água da chuva, que é ligeiramente ácida (pH 5,5 a 6,5) e, também, da degradação da matéria orgânica, os espaços deixados

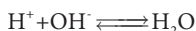
pela lixiviação dos cátions básicos passa a ser ocupado pelo hidrogênio presente no complexo de troca (BISSANI *et al.*, 2004). Os mesmos autores destacam que em solos com baixo pH, os íons H^+ atuam sobre a sua fase mineral promovendo a liberação do Al^{3+} presente na estrutura química de algumas argilas por meio do intemperismo das mesmas. Como vimos, este íon, juntamente com os íons de hidrogênio, é responsável pela acidez potencial do solo, pois quando livre em sua solução, reage com a água liberando H^+ .

Assim, o uso agrícola dos solos tropicais requer a elevação do pH a uma faixa em que tornam-se disponíveis a maioria dos nutrientes e mantêm-se controlados os níveis de elementos tóxicos, como o alumínio e o manganês.

A correção da acidez do solo é realizada por meio da aplicação de calcário, prática conhecida como calagem. O calcário é uma rocha constituída por uma mistura de $CaCO_3$ e $MgCO_3$ em diferentes proporções. Com a calagem, várias reações físicas acontecem envolvendo a neutralização dos íons H^+ . O processo se inicia pela hidrólise dos carbonatos, exemplificada com o $CaCO_3$ (BISSANI *et al.*, 2004):

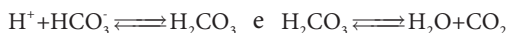


As hidroxilas geradas nesta reação reagem com o hidrogênio do solo:



Segundo Bissani *et al.* (2004), a neutralização do H^+ promove também a neutralização do Al^{3+} , que passa a formas insolúveis ($Al(OH)_3$), não tóxicas às plantas.

O íon bicarbonato (HCO_3^-) também reage com o H^+ na solução:



Refleta

Os íons H^+ e Al^{3+} na solução estão em equilíbrio dinâmico com os retidos no complexo de troca. Se a calagem neutraliza os íons que estão livres na solução do solo, como neutralizar aqueles que estão retidos nas cargas negativas das partículas de solo?

Assim, a calagem é utilizada não só para regular o pH do solo, mas também para diminuir a atividade do Al trocável e, ainda, promover o suprimento de Ca^{2+} e Mg^{2+} ao solo. A determinação da quantidade de calcário necessária para se promover estes efeitos no solo pode ser obtida por meio do cálculo da necessidade de calagem (NC), utilizando-se o método da saturação por bases

(V%), o qual tem como princípio que cada cultura apresenta melhor desenvolvimento em determinado teor de bases no complexo de troca (BISSANI *et al.*, 2004). A saturação por bases é calculada por meio da soma de bases (SB) e da capacidade de troca catiônica (CTC).

$SB(\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}) = \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} \text{ e } CTC = (\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}) = SB + (\text{H} + \text{Al})$

$V(\%) = \frac{SB}{CTC} \times 100$

assim,

$NC = \frac{CTC(V_2 - V_1)}{PRNT}$

onde:

CTC = capacidade de troca catiônica.

V₁ = saturação por bases do solo analisado.

V₂ = saturação por bases desejada (conforme a cultura, Tabela 3.1).

PRNT= poder relativo de neutralização total do calcário.

Quadro 3.1 | Valores de saturação por bases (V) adequados para calagem de algumas culturas

Cultura	V(%)	Culturas	V(%)
Arroz irrigado	50	Mandioca	50
Milho	70	Cana-de-açúcar	60
Aveia branca	70	Cacau e café	60
Trigo	70	Algodão	70
Soja	60	Banana	60
Ervilha e feijão	70	Hortaliças	80

Fonte: adaptado de *Raij et al.* (1997).

Para exemplificar o cálculo, considere a seguinte situação: CTC=7,3cmol_cdm⁻³; V₁=23%; V₂=60% (cultura da soja) e PRNT = 70%

$NC = \frac{7,3(60-23)}{70}$

NC = 3,85 toneladas de calcário por hectare

A aplicação do calcário deve ser realizada de forma homogênea em área total. Para se aumentar a reatividade do calcário, recomenda-se a sua incorporação ao solo, que pode ser feita por meio de uma gradagem. A calagem deve ser realizada pelo menos seis meses antes do cultivo de leguminosos e três meses antes do cultivo de gramíneas, de modo que o calcário possa reagir com o solo, promovendo os efeitos desejados.

Outra prática que promove a adição de cálcio e, indiretamente, reduz a atividade do Al trocável é a gessagem do solo. O gesso agrícola é um resíduo da fabricação do superfosfato simples, um fertilizante químico produzido pelo ataque ácido de rochas fosfatadas. Dessa reação deriva o sulfato de cálcio di-hidratado, comumente denominada de gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (ROSSETTO; SANTIAGO, [s.d.]).

Por meio da gessagem, adicionamos cálcio e enxofre ao solo e, por ser mais solúvel do que o calcário, conseguimos promover o condicionamento do solo na sua camada subsuperficial. Ao se dissiparem no solo, cálcio e sulfato reagem com cátions e ânions, formando complexos químicos, inclusive com o Al trocável, tornando-o menos disponível às plantas. Assim, a gessagem promove o condicionamento do solo em profundidade, tornando a camada subsuperficial mais fértil, favorecendo o desenvolvimento de raízes nessa região do solo (ROSSETTO; SANTIAGO, [s.d.]). De acordo com os mesmos autores, a determinação da quantidade de gesso a ser aplicada pode ser calculada em função dos teores de cálcio e Al trocável no solo. Assim, segundo Bissani *et al.* (2004), a aplicação de gesso pode ser recomendada quando o teor de Ca^{2+} trocável for $\leq 0,5 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$, o de Al^{3+} trocável for $\leq 0,5 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ e a saturação por Al^{3+} 40%. Nestes casos, as quantidades a serem aplicadas variam em função da textura do solo, sendo recomendado 2, 4 e 6 toneladas por hectare para os solos arenosos, francos e argilosos, respectivamente.

Como vimos, em decorrência dos processos de intemperismo e lixiviação, os solos formados sob clima tropical tendem a ser pouco férteis e, nestes casos, a matéria orgânica constitui sua principal fonte de nutrientes. Por esta razão, quando promovemos a remoção da cobertura vegetal original de um solo, retiramos também a sua principal fonte de nutrientes. Diante deste fato, o uso do solo para fins agrícolas requer especial atenção quanto ao fornecimento de nutrientes às culturas, em quantidades suficientes para que atinjam seu potencial máximo de produção.

Assim, além das práticas de calagem e gessagem, o manejo da fertilidade do solo é feito também por meio da adubação química e orgânica do solo.

A adubação química é realizada seguindo-se uma recomendação técnica baseada na disponibilidade de nutrientes no solo, suas características químicas e físicas, na demanda das culturas e em aspectos do clima. Parte destas informações é fornecida por meio da análise química e física do solo, conforme já estudamos.

É importante destacarmos que a recomendação de adubação, baseada na análise química do solo, indica as quantidades de nutrientes a serem aplicadas, considerando-se para este cálculo a forma química básica de cada elemento (por exemplo: Nitrogênio = N, Fósforo P_2O_5 , Potássio = K_2O , etc.).

Sendo assim, para o cálculo da quantidade de adubo é preciso definir qual fonte de nutriente será utilizada, como a ureia (N), o cloreto de potássio (K) e o superfosfato simples (P e S). Além destas fontes de nutrientes, chamadas de adubos simples, é muito comum a utilização de formulações comerciais contendo diferentes fontes de nutrientes, como é o caso do NPK 4-14-8, que fornece simultaneamente 4% de nitrogênio, 14% de fósforo e 8% de potássio. Seguindo a mesma lógica, é possível encontrar no mercado outras formulações de NPK, como 10-10-10 e 20-5-20, entre outras. Também é muito comum associar às formulações NPK fontes de micronutrientes como o zinco e o cobre.

No Quadro 3.2 apresentamos o teor de nutrientes dos principais adubos químicos utilizados na agricultura:

Quadro 3.2 | Principais adubos simples utilizados na formulação de adubos comerciais

Adubos	Teores de nutrientes			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Outros
Ureia	44%			
Nitrato de amônio	15%			
Sulfato de amônio	20%			22 – 24% de S
Nitrato de amônio e cálcio	20%			2-8% de Ca 1 – 5% de Mg
Nitrato de cálcio	14%			18 – 18% Ca
Superfosfato simples		18%		10 – 12 % de S
Superfosfato triplo		41%		12 – 14 % de Ca
Monoamônio fosfato (MAP)	9%	48%		
Diamônio fosfato (DAP)	16%	45%		
Cloreto de potássio			58%	
Sulfato de potássio			48%	15 – 17% de S
Nitrato de potássio	13%		44%	

Fonte: adaptado de Bissani *et al.* (2004).

De acordo com as características das culturas, das fontes de nutrientes utilizadas e do clima, a adubação química recomendada poderá ser aplicada em parcelas. Esta prática permite reduzir as perdas de nutrientes pelos processos de lixiviação e de volatilização, conforme estudamos anteriormente. Assim, na ocasião da semeadura ou do plantio é feita a aplicação da quantidade total de fósforo recomendada, que é pouco solúvel, e de parte do nitrogênio e do potássio, sendo o restante destes nutrientes parcelados em até duas aplicações após o plantio, conforme necessidade de cada cultura.

É importante destacar que na adubação de cobertura os adubos são depositados sobre o solo, portanto, estão sujeitos às perdas pelos processos de erosão e volatilização. Sendo assim, recomenda-se o uso de fontes de nitrogênio mais estáveis ou sua aplicação em condições adequadas de umidade do solo, evitando-se assim as perdas por volatilização. Outrossim, veremos mais adiante as práticas conservacionistas que deverão ser empregadas para se reduzir o escoamento superficial nas áreas de lavoura e, conseqüentemente, as perdas de adubos pela erosão do solo.



Refleta

Você consegue perceber que a adubação é um elemento chave para o desenvolvimento adequado das espécies utilizadas na agricultura?

Em várias oportunidades temos destacado a importância da matéria orgânica para a estabilidade do solo e a conservação de suas propriedades químicas, físicas e biológicas. Comentamos, ainda, que a exploração agrícola do solo em condições de clima tropical e subtropical exerce forte pressão sobre a matéria orgânica no solo, acelerando seu processo de decomposição.

Nessas condições, o manejo da matéria orgânica torna-se imprescindível para a manutenção da capacidade produtiva dos solos. Sendo assim, da mesma forma que procedemos a adubação química, podemos fazer também com a matéria orgânica, incrementando seus teores no solo por meio do manejo dos resíduos culturais, bem como pela adição de material orgânico ao solo.

A adubação orgânica do solo constitui a prática mais antiga de incrementar sua fertilidade, sendo realizada por muitas civilizações que praticavam a agricultura. Assim, diversos produtos orgânicos vêm sendo empregados como fonte de matéria orgânica e nutrientes.

Os esterco de animais constituem a principal fonte de adubo orgânico na agricultura, dada a facilidade de obtenção e quantidade gerada. Porém, outras fontes podem ser utilizadas como alguns resíduos industriais (torta de mamona, bagaço da cana, cinzas, entre outros) e os produtos do tratamento de resíduos orgânicos gerados pelas populações urbanas (lodo de esgoto doméstico e compostos de resíduos orgânicos).

De forma geral, os resíduos orgânicos utilizados, para serem empregados como adubos, devem passar por um processo de estabilização, conhecido como compostagem.



Assimile

A compostagem é um processo controlado de decomposição microbiana de oxidação e oxigenação de uma massa heterogênea de matéria orgânica no estado sólido e úmido, passando pelas seguintes fases: uma inicial e rápida de fitotoxicidade (de composto cru ou imaturo), seguida da fase de semicura ou bioestabilização, para atingir finalmente a terceira fase de cura, maturação ou tecnicamente a humificação, acompanhada da mineralização de determinados componentes da matéria orgânica, quando se pode dar por encerrada a compostagem (KIEHL, 2002, p.1).

Quando não estabilizados, os resíduos orgânicos sofrerão o processo de decomposição no solo e podem causar danos às plantas, considerando que neste processo ocorre elevação de temperatura, liberação de substâncias tóxicas e até imobilização de alguns nutrientes presentes no solo, tornando o ambiente inadequado para o desenvolvimento de raízes.

Como era de se esperar, os adubos orgânicos apresentam uma grande variação em sua composição química, que decorrem das condições onde são produzidos e armazenados. Assim, a recomendação para a adubação orgânica do solo é feita considerando-se a quantidade de nutrientes presentes nas fontes empregadas, os teores de nutrientes e matéria orgânica do solo (análise química do solo) e a necessidade das culturas.

Considerando os esterços a fonte mais comum de matéria orgânica no meio rural, apresentamos no Quadro 3.3 o teor de nutrientes de alguns materiais.

Quadro 3.3 | Concentrações médias de C e de macronutrientes e teor de matéria seca de alguns materiais orgânicos

Material orgânico	Carbono orgânico	N			Ca	Mg	Matéria Seca
	-----% (m/m na matéria seca)-----						
Cama de frango (3-4 lotes)*	30	3,2	3,5	2,5	4,0	0,8	75
Cama de peru	23	5,0	4,0	4,0	3,7	0,8	75
Cama de poedeiras	30	1,6	4,9	19	14	0,9	72
Esterco sólido de suínos	20	2,1	2,8	2,4	2,8	0,8	25
Esterco sólido de bovinos	30	1,5	1,4	1,5	0,8	0,5	20

*indicações do número de lotes de frangos que permaneceram sobre a mesma cama.

Fonte: adaptado de Bissani *et al.* (2004).

O cálculo da quantidade efetiva dos nutrientes N, P_2O_5 e K_2O aplicados pela adubação orgânica pode ser calculado por meio da seguinte fórmula (BISSANI *et al.*, 2004):

$$X = A \times \frac{B}{100} \times \frac{C}{100} \times D$$

Onde X é a quantidade do nutriente aplicado (kg/ha); A é a quantidade do produto a aplicar (kg/ha); B é o teor de matéria seca do produto (%); C é a concentração do nutriente na matéria seca (%) e D é o índice de eficiência de liberação dos nutrientes, conforme indicado no Quadro 3.4.

Quadro 3.4 | Índice de eficiência de liberação dos nutrientes no solo (valores médios para cada fonte)

Material orgânico	Nutriente	Índice de eficiência		
		1º cultivo	2º cultivo	3º cultivo
Cama de frango	N	0,5	0,2	0,1
	P	0,8	0,2	-
	K	1,0	-	-
Esterco de suíno sólido	N	0,6	0,2	0,1
	P	0,8	0,2	-
	K	1,0	-	-
Esterco bovino sólido	N	0,3	0,2	0,1
	P	0,8	0,2	-
	K	1,0	-	-

Fonte: adaptado de Bissani *et al.* (2004).



Exemplificando

Quer entender melhor como proceder o cálculo da adubação orgânica? Então veja este exemplo:

Em uma determinada propriedade rural, cuja análise de solo proporcionou a seguinte recomendação de adubação para o cultivo de milho 120 kg ha^{-1} de N, 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 60 kg ha^{-1} de K_2O , o produtor que dispõe de cama de frango (3-4 lotes), deseja utilizar este material para economizar com a aquisição de adubos. Considerando os valores dos Quadros 3.3 e 3.4, podemos utilizar a fórmula para conhecer a quantidade de material orgânico necessária para suprir as necessidades de fósforo:

$$60 \text{ kg de } P_2O_5 \text{ ha}^{-1} = A \times \frac{75}{100} \times \frac{3,5}{100} \times 0,8$$

$$A = 2.857 \text{ kg ha}^{-1}$$

Resta saber se esta quantidade de adubo orgânico suprirá a necessidades de nitrogênio e potássio:

1) Cálculo do N:

$$\text{Kg de N} = 2857 \times 0,75 \times 0,032 \times 0,5 = 34,2 \text{ kg ha}^{-1}$$

Neste caso haverá a necessidade de se complementar a adubação nitrogenada, pois:

$$120 - 34,3 = 85,7 \text{ kg ha}^{-1}$$

o que poderá ser feito com a aplicação de 194,8 kg de ureia (44% de N) por ha em cobertura.

2) Cálculo do K_2O :

$$\text{Kg de } K_2O = 2.857 \times 0,75 \times 0,025 \times 1,0 = 53,6 \text{ kg ha}^{-1}$$

Neste caso também haverá a necessidade de se complementar a adubação potássica, pois:

$$60 - 53,6 = 6,4 \text{ kg ha}^{-1}$$

O que poderá ser feito com a aplicação de 11 kg de KCl (58% de K_2O).

Fonte: Bissani *et al.* (2004).

É importante destacar que o fornecimento de nutrientes por meio da adubação orgânica não consegue atender completamente às necessidades das lavouras, portanto deve ser complementada com o uso de adubos minerais.

Além do fornecimento dos nutrientes, a adubação feita por meio da adição de material orgânico ao solo pode proporcionar ainda a recuperação de nutrientes, melhoria e estabilidade às propriedades físicas do solo e sua proteção. Estas funções podem ser conseguidas por meio da adubação verde.



Assimile

A adubação verde é uma prática agrícola que consiste no cultivo de espécies vegetais em rotação ou em consórcio com culturas de interesse econômico. Essas espécies, de ciclo anual ou perene, cobrem o terreno por determinado período ou durante todo o ano. Depois de roçadas, podem ser incorporadas ou mantidas em cobertura sobre a superfície do solo (BRASIL, 2007). BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Adubos Verdes | Informações Técnicas**. Brasília: MAPA, 2007.

Por meio desta prática, as espécies cultivadas, ao se desenvolverem, absorvem os nutrientes residuais no solo e, em alguns casos, de regiões do solo fora do alcance das raízes das espécies comerciais, promovendo assim a recuperação desses nutrientes que poderiam ser perdidos pela lixiviação. Ao se proceder o corte destas plantas, forma-se uma camada de cobertura morta sobre o solo que, ao se decompor, devolve os nutrientes absorvidos, imitando os processos naturais de ciclagem de nutrientes. Além disso, a cobertura morta protege o solo contra a ação da chuva, reduz a amplitude térmica e retém a umidade, proporcionando condições favoráveis à vida no solo.

Em áreas destinadas aos cultivos anuais e de hortaliças a adubação verde é, normalmente, conduzida em rotação de cultura, sendo cultivada no intervalo entre as safras. Em culturas perenes, a adubação verde pode ser realizada de forma consorciada, sendo as espécies de adubos verdes, normalmente, cultivadas nas entrelinhas da cultura comercial.

São muitas as espécies que podem ser cultivadas como adubos verdes, e em especial destacamos as leguminosas, que apresentam relação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico. Estas plantas, além de não dependerem do nitrogênio disponível no solo, promovem grande incremento deste nutriente quando incorporadas ao solo ou, até mesmo, formando a cobertura morta. Além das leguminosas, gramíneas e crucíferas também são muito empregadas na adubação verde.

A adubação verde tem-se mostrado uma das técnicas mais eficientes na reconstrução da fertilidade e da física de solos em áreas degradadas, inclusive em taludes de corte e aterro, onde o substrato é quase inerte dada a sua rusticidade, potencial de produção de massa verde e formação de cobertura do solo. Nestes ambientes a semeadura pode ser realizada manualmente, sendo as sementes depositadas em pequenas covas (5 cm de diâmetro por 5 cm de profundidade) abertas na superfície do substrato.

Considerando as informações adquiridas nesta seção, você já dispõe das ferramentas necessárias para realizar os processos de preparo do solo e adubação. Então vamos avançar!

Sem medo de errar

Caro estudante, no desafio proposto, sua função como agrônomo extensionista era atender à demanda do Sr. João, que solicitou sua ajuda para avaliar o que estava acontecendo em sua propriedade, onde sua produção de hortaliças vinha definhando ano após ano. Sobre o histórico da área, o produtor havia lhe informado que, em quatro anos de cultivo, fizera uma única adubação com esterco bovino, que era facilmente obtido com seus

vizinhos. Também lhe foi apresentada o resultado de uma recente análise de solo, que mostrou as graves deficiências de fósforo, potássio e matéria orgânica daquele solo argiloso e ácido.

Diante destas informações você pôde construir seu diagnóstico, revelando ao horticultor que o manejo da fertilidade do solo era urgente em sua propriedade e, considerando as informações colhidas, você passou a fazer suas recomendações.

Primeiramente, indicou a necessidade de se proceder a correção da acidez do solo por meio da calagem, uma vez que as hortaliças são muito exigentes quanto à fertilidade do solo e sensíveis à acidez. Assim, calculou por meio do cálculo da necessidade de calagem, observou-se a necessidade de se aplicar 4 toneladas de calcário por hectare, conforme demonstramos a seguir:

Considerando os resultados da análise de solo:

$$CTC=8,0\text{cmol}_c\text{dm}^{-3} \text{ e } V_1 = 45\%$$

Considerando $V_2 = 80\%$ (conforme indica a recomendação para hortaliças)

E o PRNT do calcário = 70%.

Aplicando-se os valores na formula da NC:

$$NC = \frac{CTC(V_2 - V_1)}{PRNT} \text{ assim, } NC = \frac{8,0(80-45)}{70}$$

NC = 4,00 toneladas de calcário por hectare

Foi importante destacar ao Sr. João que o calcário deveria ser aplicado e incorporado em área total, de modo a acelerar a reação com o solo, destacando-se que os melhores efeitos seriam observados a partir de seis meses da calagem.

Além da correção do solo você recomendou que fosse realizada a adubação orgânica utilizando o esterco bovino, que era abundante na região, destacando que os adubos orgânicos devem ser usados somente após sua estabilização. O cálculo da quantidade de esterco a ser aplicada foi feito para se fornecer metade da quantidade de fósforo necessária, e, consequentemente, parte do potássio e do nitrogênio.

Considerando o aporte de nutrientes feito por meio da adubação orgânico, você calculou a quantidade de nutrientes que ainda precisavam ser adicionados

ao solo, considerando as necessidades de cada hortaliça a ser cultivada pelo Sr. João. Assim, calculou-se a quantidade de adubos químicos, considerando-se, para isto, a concentração de nutrientes em cada fonte a ser utilizada.

Um ponto importante em sua recomendação diz respeito à prática da adubação verde, pois em se tratando de uma área de cultivo de hortaliças, onde grandes quantidades de adubos são requeridas, o uso de adubos verdes torna-se uma alternativa muito eficaz para se recuperar parte dos nutrientes que são lixiviados no perfil do solo, além de se manter elevados os teores de matéria orgânica, o que é muito desejável no cultivo de hortaliças. Neste caso, o cultivo de adubos verdes deve ser feito em rotação com as hortaliças.

Com estas práticas, o Sr. João garantirá a manutenção da capacidade produtiva de sua propriedade, protegendo seu solo contra a exaustão.

Avançando na prática

Revegetação em taludes de corte e aterro

Descrição da situação-problema

Você foi contratado por uma empresa responsável pela abertura de rodovias para auxiliar no processo de estabilização do talude. Durante a construção de uma rodovia, é comum que se proceda a movimentação de solo por meio das operações de corte e aterro, realizadas nas elevações e depressões do terreno ao longo do traçado da rodovia, de modo a se estabelecer a declividade adequada ao trânsito seguro de veículos. Neste processo, as camadas mais profundas de solo são expostas nas marginais das rodovias pelos cortes e, em outra situação, os aterros das depressões formam verdadeiras encostas de solo descoberto.

Diante desta situação, você deverá solucionar o problema da encosta onde não estava ocorrendo a fixação da cobertura vegetal, pois em ambos os casos apresentados, a implantação de uma cobertura vegetal se faz necessária, de forma a se garantir a estabilidade dessas estruturas, bem como sua proteção contra a formação de processos erosivos. Entretanto, em ambas as situações, observa-se a utilização de um substrato inerte, praticamente desprovido de nutrientes e matéria orgânica, o que dificulta muito o estabelecimento de uma cobertura vegetal que desempenhe a função desejada de proteção das estruturas. Dessa forma, qual a melhor forma de revegetar o local? O que ocasionou as falhas nas tentativas anteriores?

Resolução da situação-problema

Ao chegar no local, verificou o substrato e as declividades dos terrenos a serem revegetados, você pôde concluir que a melhor forma de lidar com o problema seria por meio da prática de adubação verde, uma vez que, por se tratar de terreno muito declivoso, a aplicação de adubos orgânicos ou químicos seria de pouca ou nenhuma eficiência, pois facilmente seriam carregados pela água das chuvas que incidirem sobre estas superfícies inclinadas. Portanto, a melhor forma de proceder a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do referido substrato seria por meio da semeadura de espécies de adubos verde, normalmente muito rústicas, de rápido crescimento e capazes de gerar uma quantidade de massa verde satisfatória à cobertura do solo e ao aporte de matéria orgânica. Neste caso, a semeadura pode ser realizada em pequenas covas abertas em toda a superfície a ser revegetada.

Ao explicar as razões de sua recomendação, buscou-se destacar que, em situações como as observadas ao longo da rodovia, o emprego da adubação verde proporciona a formação de uma cobertura vegetal que protegerá o solo, promoverá o desenvolvimento da sua estrutura do solo pelo crescimento das raízes e pela deposição de matéria orgânica sobre a superfície do substrato. Além disso, cria um ambiente favorável ao estabelecimento da biologia do solo e regeneração de espécies vegetais locais.

Faça valer a pena

1. Solos formados sob condições de clima tropical e subtropical tendem a apresentar altas concentrações de íons hidrogênio e alumínio, o que lhes confere um caráter ácido. A acidez do solo afeta a disponibilidade de nutrientes e, conseqüentemente, o desenvolvimento das plantas.

Em solos agrícolas a acidez pode ser corrigida por meio da prática conhecida como:

- a) Calagem.
- b) Fosfatagem.
- c) Adubação química.
- d) Adubação orgânica.
- e) Adubação verde.

2. Em nossos estudos vimos que a matéria orgânica desempenha importante papel na manutenção das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Neste sentido, a adubação orgânica constitui prática fundamental para a estabilidade dos solos agrícolas e para o fornecimento de nutrientes. Sobre este tema, analise os itens a seguir:

- I. Esterco bovino.

- II. Esterco de aves.
- III. Esterco de suínos.
- IV. Composto de resíduos orgânicos.
- V. Lodo de esgoto.

Podem ser utilizados como adubos orgânicos os materiais apresentados nos itens:

- a) Apenas II e IV.
- b) Apenas I, III e V.
- c) Apenas I, II, III e IV.
- d) Apenas II, III, IV e V.
- e) I, II, III, IV e V.

3. Solos muito intemperizados tendem a ser pouco férteis, dado o intenso processo de desgaste dos minerais e lixiviação de elementos químicos liberados neste processo. Estas condições são comumente observadas nas regiões dos trópicos, onde temperatura e umidade atuam de forma bastante significativa no processo de transformação das rochas. Sendo assim, solos formados nestas condições, quando destinados ao uso agrícola, devem ter a fertilidade corrigida para que as necessidades nutricionais das plantas possam ser atendidas.

Sobre a adubação química do solo é correto afirmar que:

- a) Podemos definir a adubação química como a adição de qualquer material capaz de fornecer ao solo elementos químicos considerados nutrientes para as plantas.
- b) Na adubação orgânica, considera-se apenas o uso de materiais produzidos a partir de restos vegetais e animais, fornecidos no meio rural.
- c) No cálculo da quantidade de adubos orgânicos a ser aplicado em determinada cultura, devemos considerar os valores de saturação por bases inicial e final além do PRNT do adubo.
- d) A ureia é um adubo químico que pode ser substituído pelo superfosfato triplo no fornecimento de potássio.
- e) As adubações química e orgânica devem ser realizadas com critério de modo a se aplicar ao solo apenas as quantidades de nutrientes requeridas pelas culturas, podendo-se para isto utilizar adubos químicos e orgânicos de forma complementar.

Práticas conservacionistas mecânicas

Diálogo aberto

Olá, prezado estudante!

Conforme temos comentado, a exploração agrícola do solo em regiões tropicais expõe grandes extensões de terras à ação implacável do clima, lugares onde a ocorrência de altos índices pluviométricos tem provocado a degradação do solo e do ambiente ao seu redor. No desafio proposto, você está tendo a oportunidade de avaliar as consequências da ação do clima em uma região agrícola onde presta assistência como engenheiro agrônomo extensionista.

Você já verificou que o manejo inadequado da fertilidade do solo pode trazer sérias consequências para a sustentabilidade de uma atividade agrícola, ainda mais se esta for exigente quanto à fertilidade do solo. Agora seu trabalho foi requisitado para auxiliar um casal de produtores que recebeu uma das propriedades mais íngremes do assentamento; em média, as áreas destinadas aos cultivos apresentavam entre 15 e 20% de declividade. Em sua visita a esta propriedade, você constatou que nenhuma prática conservacionista era adotada e, por este motivo, a água das chuvas vinha causando sérios problemas, desencadeando a formação de processos erosivos em praticamente todo o sítio, transportando sedimentos, nutrientes e matéria orgânica para dentro do corpo hídrico, que era usado por diversas famílias para a captação de água.

A produção do sítio era bem diversificada, sendo cultivados café, feijão, milho e hortaliças, porém a erosão do solo, além de afetar a qualidade da água, reduzia sua fertilidade, levando o casal de assentados a produzir cada vez menos.

Considerando este cenário, como você poderia ajudar este casal de produtores? Quais práticas conservacionistas seriam mais adequadas para esta propriedade?

Essas e outras perguntas poderão ser respondidas durante o estudo desta seção, na qual abordaremos as práticas mecânicas de conservação solo.

Bons estudos!

Ao longo do conteúdo trabalhado, temos evidenciado que a exploração agrícola do solo requer responsabilidade por parte do produtor rural, uma vez que, ao se modificar sua condição natural, ocorrem alterações significativas em suas características, que podem, em situações extremas, torná-lo improdutivo. Mas esta não é a única consequência do mau uso do solo: temos buscado destacar também que o meio ambiente como um todo tem sido degradado com a irresponsabilidade de alguns produtores rurais. Só para recordarmos: a degradação do solo pode interferir até mesmo no ciclo hidrológico de uma região.

Por estes motivos, a adoção de práticas conservacionistas, além de proteger os solos e proporcionar maior estabilidade de suas propriedades, visam ainda à manutenção das suas funções ecológicas, como é o caso das práticas que serão discutidas nesta seção.

Independentemente das características do solo, da declividade e do tipo de cultivo, a água da chuva sempre será um grande motivo de preocupação no que diz respeito à conservação do solo. Ao mesmo tempo que é muito desejada para o pleno desenvolvimento das lavouras, pode constituir um grande problema quando o assunto é erosão.

Toda a água que incide sobre uma área será atraída pela gravidade ao ponto mais baixo do terreno e, sendo assim, poderá infiltrar no solo ou escoar superficialmente sobre ele. Nos dois casos, a água da chuva causa transformações nas propriedades do solo, principalmente pelo transporte de sedimentos e nutrientes.

Isto posto, podemos dizer que as práticas conservacionistas mecânicas têm o objetivo de proporcionar ao ambiente agrícola uma condição que minimize a ocorrência de grandes perdas, limitando-as a uma dimensão próxima àquelas observadas em condições naturais. Neste sentido, o primeiro conceito que devemos compreender é o de curva de nível.



Assimile

As curvas de nível são a representação mais comum do relevo de uma determinada área. São linhas imaginárias que conectam pontos de mesma altura em relação a um plano horizontal (MCCORMAC; SARASUA; DAVIS, 2019). Pois por meio desta representação é possível identificar linhas e pontos importantes do terreno que definem sua forma e indicam a caída das águas (TENÓRIO; SEIXAS, 2008).

Do ponto de vista agronômico, as curvas de nível são utilizadas como referência para que as operações de movimentação de solo aconteçam em nível. Isto significa dizer que as máquinas e implementos devem sempre transitar perpendicularmente ao sentido da declividade do terreno.

Normalmente as curvas de nível são demarcadas no campo por meio de piquetes fincados nos pontos de mesma altitude, definindo-se assim, a direção e o alinhamento para a realização das operações. A determinação dos pontos pode ser realizada de várias formas, com o uso de diferentes equipamentos, tais como aparelhos de GPS (*Global Positioning System*), estação total, teodolito, nível de mira e até mangueira de nível.

Quando trabalhamos o solo em nível, geramos uma rugosidade em sua superfície (Figura 3.1), que funcionará como pequenas barreiras ao escoamento superficial, reduzindo o potencial de formação de processos erosivos.

Figura 3.1 | Aspecto da rugosidade do solo criada pelo sistema de cultivo em nível



Fonte: UNESP (2019, p. 10).

As operações mecanizadas de preparo do solo (subsolagem, aração e gradagem), cultivo mecanizado e semeadura, “cortam” o solo, promovendo a formação de sulcos em sua superfície. Além de impor pequenas barreiras ao escoamento superficial, estas operações melhoram a infiltração da água no solo, aumentando assim a resistência das plantas à ocorrência de períodos secos.



Refleta

Ainda é muito comum que os produtores rurais realizem o preparo do solo no sistema conhecido como “morro abaixo” (Figura 3.2).

Figura 3.2 | Exemplo de preparo de solo no sistema “morro abaixo”



Fonte: adaptada de Lima et al. (2017, p. 16).

Neste sistema, os produtores fazem as operações mecanizadas no sentido da declividade do terreno, portanto os sulcos abertos pelos implementos são estabelecidos paralelamente ao sentido do declive. O que podemos esperar que aconteça com o solo nas propriedades agrícolas que adotam esta prática?

Como você pode imaginar, nem sempre a rugosidade gerada pelas operações mecanizadas será suficiente para conter toda a água que precipita, pois em nossas condições de clima é comum a ocorrência de longos períodos de chuva, que saturam o solo, acarretando que o excesso de água acabe escoando superficialmente. Em regiões tropicais também é esperada a ocorrência de precipitações intensas em curto espaço de tempo, em que a quantidade de água descarregada sobre o solo excede sua capacidade de infiltração, gerando o escoamento hortoniano (superficial). Em ambos os casos, a contenção da água deve ser feita por estruturas mais robustas, capazes de proporcionar a interrupção do caminhamento da água em superfície e, sobretudo, reter o maior volume de água possível. Estas estruturas são chamadas de terraços.

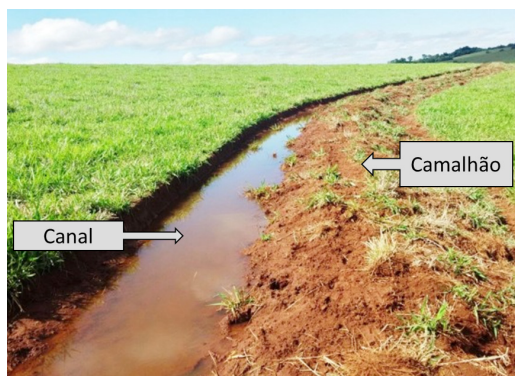


Pesquise mais

O terraceamento consiste na construção de uma estrutura transversal ao sentido do maior declive do terreno. Apresenta estrutura composta de um dique e um canal e tem a finalidade de reter e infiltrar, nos terraços em nível, ou escoar lentamente para áreas adjacentes, nos terraços em desnível ou com gradiente, as águas das chuvas (UNESP, 2018). Segundo o mesmo autor, a função do terraço é a de reduzir o comprimento da rampa, que consiste na área contínua por onde há escoamento das águas das chuvas, e, com isso, diminuir a velocidade de escoamento da água superficial.

Quanto a sua função, os terraços podem ser classificados como terraço em nível, terraço em desnível e o terraço misto. Os terraços em nível, também conhecidos como terraços de retenção e infiltração, são indicados para solos com boa permeabilidade, e a água interceptada pelo terraço permanece retida em seu canal, permitindo que seja absorvida, o que é muito desejável, pois eleva a umidade do solo, contribuindo para o abastecimento de reservatórios de água subterrânea. Em situações extremas, entretanto, com precipitações acima da média, os terraços em nível podem ter sua capacidade de armazenamento superada e, ao transbordar, a água poderá comprometer a estrutura do terraço. Outra desvantagem desse terraço é a necessidade de limpeza frequente dos sedimentos acumulados em seu canal. A Figura 3.3 ilustra este tipo de terraço.

Figura 3.3 | Aspecto de um terraço em nível, evidenciando as estruturas canal e camalhão e o acúmulo de água



Fonte: adaptada de EMATER (2017).

Em solos com permeabilidade reduzida, como é o caso de solos rasos, recomenda-se a construção de terraços em desnível, ou seja, com um determinado gradiente (diferença de nível), que proporcionará que a água interceptada pelo terraço seja lentamente conduzida para fora do sistema, garantindo que não haja transbordamento. Esta é uma vantagem do terraço em desnível pois, por não acumular água, pode suportar grandes quantidades de chuva sem risco de se romper. Uma terceira opção a ser considerada é a construção de terraços mistos. Nestes, o desnível é construído de tal forma que a água interceptada pelo terraço somente passa a escoar para fora do sistema quando o nível do acumulado atinge determinada cota. Este tipo de terraços proporciona maior tempo para a infiltração da água no solo que o terraço em desnível e protege a estrutura contra o transbordamento, no caso de precipitações muito intensas. É importante destacar que nos terraços

em desnível e mistos, a saída de água deve ser feita em canais devidamente preparados para esse fim; normalmente eles são vegetados e resistentes à formação de processos erosivos. O Quadro 3.1 apresenta as principais características destes terraços.

Quadro 3.1 | Tipos de terraços, suas características e funções

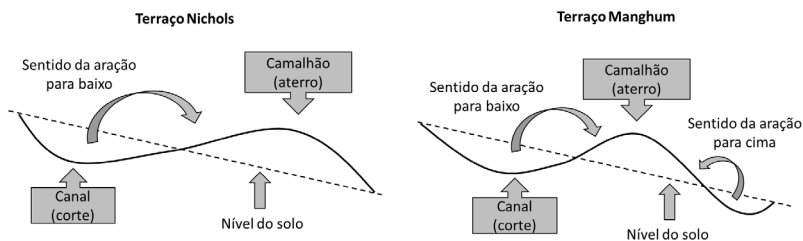
Tipos de terraços	Construção	Função	Indicação
Em nível (de retenção, absorção ou Infiltração).	Sobre as curvas de nível demarcadas e com bordas bloqueadas.	Interceptação da enxurrada, retenção e infiltração da água.	Solos com boa permeabilidade como latossolos, nitossolos, neossolos quartzarênicos e areias quartzosas.
Terraço em desnível (com gradiente, de escoamento, com declive ou de drenagem).	Com pequeno gradiente ou desnível, com uma ou duas extremidades abertas.	Acumula o excedente de água, permitindo seu escoamento para fora da área protegida.	Solos com permeabilidade moderada ou lenta como cambissolos, argissolos e neossolos litólicos.
Terraço Misto.	Com um canal de pequeno declive e com volume de acumulação do escoamento superficial.	Uma vez que o volume de acumulação seja preenchido começa a funcionar como terraço em gradiente.	Solos com permeabilidade moderada ou lenta como cambissolos, argissolos e neossolos litólicos.

Fonte: adaptado de Machado e Wadt ([s.d., s.p.]).

Quanto à construção, os terraços podem ser do tipo Nichols, em que o solo deve ser cortado com arado e movimentado sempre no mesmo sentido, de cima para baixo, de modo que o material que formará o camalhão, que é a barreira construída acima do nível do solo, é retirado da faixa imediatamente superior, dando origem assim ao canal em sua base, conforme podemos observar na Figura 3.4. Este tipo de terraço é recomendado para terrenos com declive até 15%.

Em terrenos com declive menor a 15% recomenda-se a construção de terraços do tipo Manghum, em que a faixa de solo movimentada para a formação do terraço é bem maior se comparada ao tipo descrito anteriormente, acontecendo tanto na parte superior como na inferior ao camalhão (MACHADO; WADT, [s.d.]). A Figura 3.4 apresenta as características dos tipos de terraços descritos.

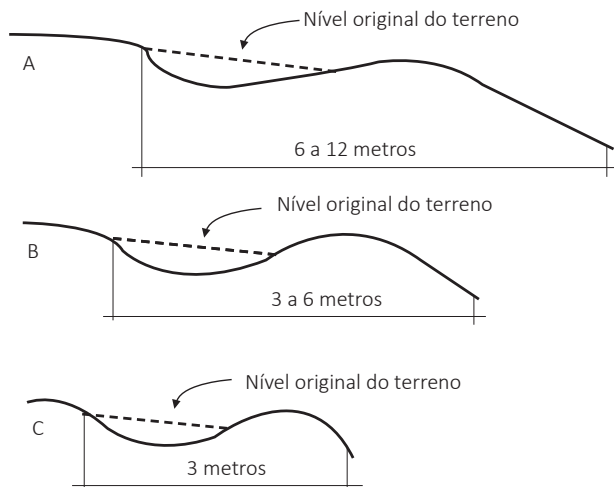
Figura 3.4 | Esquema da seção transversal de terraços tipo Nichols e Manghum



Fonte: elaborada pelo autor.

De acordo com Machado e Wadt ([s.d.]) os terraços tipo Manghum podem ser de base estreita, média ou larga, dependendo da dimensão da estrutura construída, bem como do volume de terras movimentado, como pode ser observado na Figura 3.5.

Figura 3.5 | Esquema da seção transversal de terraços de base larga (A), média (B) e estreita (C)



Fonte: elaborada pelo autor.

Agora que você tem uma boa noção de como são construídos os terraços é importante destacarmos alguns critérios utilizados para se determinar o espaçamento entre estas estruturas e o tamanho de sua seção transversal. Esta determinação é muito relevante, uma vez que a construção de terraços despense recursos financeiros e também podem dificultar o trânsito de máquinas no terreno. Por outro lado, o subdimensionamento da quantidade e do tamanho dos terraços pode expor o terreno a riscos consideráveis de perdas, uma vez que o colapso de terraços mal dimensionados pode ocasionar estragos ainda maiores do que sua ausência.

Assim, para o dimensionamento da quantidade de terraços devemos considerar a declividade da área, sendo o tamanho de sua seção estabelecida em acordo com a velocidade de infiltração de água no solo, histórico de pluviosidade com destaque para eventos de intensidade máxima provável e volume de água a ser captado, incluindo aquela proveniente das estradas rurais. (MACHADO; WADT, [s.d.]).



Exemplificando

Existem vários métodos para o cálculo do espaçamento entre terraços. Machado e Wadt ([s.d.]) indicam a metodologia proposta por Lombardi Neto, com adaptações para o sistema de plantio direto, em que são considerados iguais as variáveis relativas à classe de solo e tipo de cultivo. Nesta metodologia o espaçamento vertical entre os terraços é determinado de acordo com o manejo do solo e dos restos culturais, na seguinte proporção:

$$E = ev \times n$$

onde:

E = espaçamento vertical entre os terraços.

ev = espaçamento vertical entre os terraços em sistemas de preparo do solo com grade aradora, grade pesada ou enxada rotativa, e com incorporação ou queima dos restos culturais.

n = fator de distanciamento dos terraços de acordo com o preparo do solo e o manejo dos restos culturais, conforme Tabela 3.5.

Tabela 3.5 | Valores para o fator n de acordo com o manejo do solo

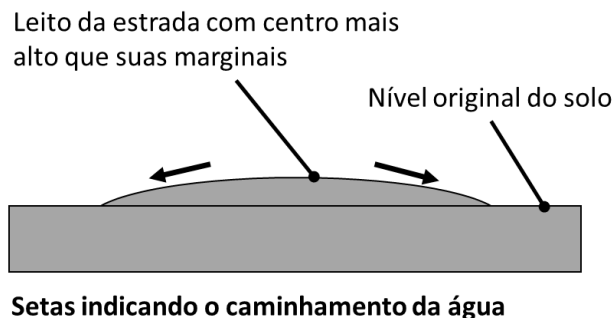
Preparo Primário	Preparo secundário	Restos culturais	n
Arado de disco ou aiveca; subsolador	Grade niveladora	Incorporados ou queimados	1,50
Grade leve	Grade niveladora	Parcialmente incorporados	2,00
Arado escarificador	Grade niveladora	Parcialmente incorporados	3,00
-	Plantio direto	Superfície do terreno	4,00

Fonte: adaptada de Machado e Wadt ([s.d., s.p.]).

Um fator importante que costuma contribuir com a degradação do solo e de recursos hídricos é a presença de vias rurais (estradas e carreadores), que normalmente são construídos em discordância com as técnicas de conservação do solo, transformando-se em verdadeiros canais de escoamento da enxurrada que é produzida nas áreas de cultivo. O acúmulo de água nas estradas promove a destruição de seu leito, podendo provocar ainda a formação de voçorocas em propriedades rurais ou o assoreamento e poluição dos recursos hídricos que recebem todo volume de água e sedimentos captado por estas vias.

Para se evitar esta situação, a construção de estradas e carreadores deve ser realizada seguindo-se as técnicas preconizadas para o escoamento da água que incide sobre estas vias, de maneira gradativa e ao longo de toda sua extensão. Assim, as vias rurais devem ser construídas acima do nível das áreas de lavoura, tendo o centro de seu leito carroçável mais alto do que suas bordas, conforme ilustra a Figura 3.6.

Figura 3.6 | Perfil transversal de uma via rural evidenciando a altura do leito em relação às áreas adjacentes

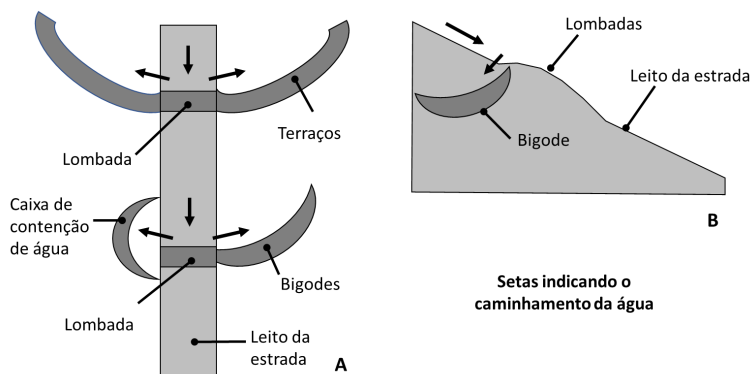


Fonte: adaptada de Machado e Wadt ([s.d., s.p.]).

As vias construídas em declive deverão contar com lombadas, dispositivos que simulam o efeito dos terraços, reduzindo a velocidade da água e direcionando-a para as saídas previamente estabelecidas. As saídas de água construídas nas estradas devem coincidir com o início dos terraços, assim a água é retida e absorvida nestas estruturas. Por este motivo, no cálculo do tamanho do terraço pontuamos que deverá ser considerada a água proveniente das estradas e carreadores. Quando não houverem terraços, deverão ser construídos os “bigodes”, dispositivos que permitem a captação da água das estradas para o interior das propriedades rurais, de forma que a maior parte fique contida e o excesso escoar de forma suave para dentro do terreno. Quando a construção do bigode não for possível, deve ser considerada a construção de caixas de contenção de água, que constituem pequenas bacias

situadas junto à saída de água proporcionada pelas lombadas. Estas estruturas podem ser observadas na Figura 3.7.

Figura 3.7 | Planta baixa de uma via rural evidenciando as estruturas que disciplinam a saída de água e as que promovem a sua captação e retenção (A). Corte longitudinal da via rural (B)



Fonte: elaborada pelo autor.

Além dessas medidas, desenvolvidas para conter a ação da água das chuvas nas áreas de lavouras, uma técnica bastante antiga de cultivo que pode ser vista ainda nos dias atuais é o cultivo em patamares ou bancadas. O estabelecimento desta forma de cultivo é indicado para áreas com declividades entre 26 a 35%, consistindo na secção do terreno perpendicularmente ao sentido do declive (AMBIENTE BRASIL, [s.d.]). Os mesmos autores apontam que, assim como os terraços, os patamares promovem a diminuição da velocidade e do volume do escoamento superficial, e destacam como principais vantagens o controle de erosão e o aumento da eficiência das operações de preparo do solo, semeadura e capina.

Figura 3.8 | Exemplo de patamares utilizados na cafeicultura no município de Caconde (SP)

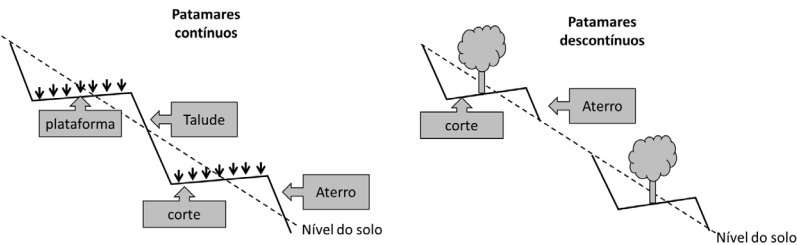


Fonte: Disponível em: http://www.redepeabirus.com.br/redes/form/post?post_pub_id=67306. Acesso em: 6 dez. 2018.

Basicamente, os patamares são constituídos por uma plataforma agrícola-tável e por um talude. A superfície agricultável deverá ser construída com leve inclinação em direção à base do talude, de modo que a água que incida sobre o terreno seja retida neste local. Os taludes, por sua vez, devem ser devidamente estabilizados por meio da formação de uma cobertura vegetal rasteira. A construção desse tipo de estrutura demanda grande movimentação de terra, sendo um sistema caro e, por este motivo, limitado a culturas que possam trazer retorno econômico que justifique esse investimento.

Os patamares podem ser de dois tipos: os contínuos, semelhantes aos terraços, ou descontínuos, constituindo banquetas individuais (UNESP, 2018), conforme podemos observar na Figura 3.9.

Figura 3.9 | Esquema representando a seção transversal de patamares contínuos e descontínuos (banquetas)



Fonte: Disponível em: http://www.redepeabirus.com.br/redes/form/post?post_pub_id=67306. Acesso em: 6 dez. 2018.

Na Tabela 3.6 apresentamos os critérios utilizados para se dimensionar o espaçamento entre patamares.

Tabela 3.6 | Espaçamento recomendado para locação de patamares

Declividade do terreno	Distância entre patamares (m)	
	Textura argilosa	Textura média
(%)		
Entre 26 e 27	11	10
Entre 28 e 29	10	9
Entre 30 e 31	9	8
Entre 32 e 33	8	7
Entre 34 e 35	7	6

Fonte: adaptada de Ambiente Brasil (2018, [s.p.]).

Considerando que um dos maiores problemas de degradação no ambiente rural é a erosão do solo, temos a certeza de que as informações estudadas nesta seção serão de grande valia para sua atuação profissional!

No desafio proposto nesta unidade teremos a responsabilidade de auxiliar um casal de produtores assentados a desenvolver práticas conservacionistas em sua propriedade agrícola que permitam a preservação do solo e proporcionem a manutenção da produtividade em níveis satisfatórios, pois, como vimos, estes agricultores receberam um lote dos mais acidentados do assentamento, onde as áreas destinadas à agricultura apresentam de 15 a 20% de declividade.

Neste sentido, coube a você apontar qual a melhor forma de se promover a proteção do solo contra a ação da água das chuvas e a consequente formação de processos erosivos, que já se fazem presente na propriedade.

Como você pôde acompanhar, ao longo do estudo desta seção buscamos apresentar as informações necessárias à implementação de práticas que promovam o disciplinamento da água das chuvas, permitindo a sua retenção e proporcionando ambiente favorável a sua infiltração no solo.

Voltando para o problema verificado: você buscou recomendar que nas áreas destinadas às lavouras anuais (feijão e milho) todas as operações, manuais ou mecanizadas, fossem realizadas em nível, ou seja, seguindo-se as curvas de nível estabelecidas perpendicularmente ao sentido da declividade do terreno. Assim, o preparo do solo, realizado em nível, promoverá o alinhamento necessário para o procedimento da semeadura e cultivo do solo. Com isto produziremos a rugosidade suficiente para se controlar o escoamento superficial quando da ocorrência de precipitações de baixo volume, aumentando-se também a capacidade do solo em reter e absorver a água das chuvas. O primeiro passo para estabelecer esta linha de trabalho foi realizar a demarcação destas curvas no terreno, com o auxílio de uma mangueira de nível.

Considerando nossas condições de clima tropical, você ponderou sobre a necessidade de estabelecer também estruturas capazes de suportar a ocorrência de longos períodos de chuva ou de precipitações volumosas que despejam grandes quantidades de água em curtos períodos. Na ocorrência destes eventos climáticos é comum haver a formação do escoamento superficial, devido à saturação do solo ou da velocidade de infiltração ser insuficiente. Assim, considerando a declividade da área, você recomendou que fossem implantados os terraços tipo Nichols em toda a propriedade, mesmo na área cultivada com o café. Para o estabelecimento do espaçamento vertical entre terraços, você considerou o manejo do solo e dos restos culturais utilizados nesta propriedade.

As práticas recomendadas são fundamentais para a proteção do solo contra a formação de processos erosivos, sendo imprescindível em qualquer sistema de manejo onde se deseja a conservação do solo. Nenhuma outra prática conservacionista apresenta eficiência maior do que o terraceamento, para contenção das enxurradas que possam se formar em área agrícolas.

Avançando na prática

Conservação do solo e das estradas rurais

Descrição da situação-problema

Atuando como engenheiro agrônomo autônomo, seus conhecimentos foram requisitados por uma cooperativa recém-firmada pelos agricultores do município, a fim de promover a conservação das estradas rurais de um determinado município da região norte do Estado do Paraná. Consta que a área agrícola desta região é dominada por lavouras anuais de grãos, como a soja e o milho, cultivados em sistema de plantio direto.

Em visita à região você ficou surpreso com o péssimo estado de conservação das estradas rurais, uma vez que se tratava de uma região que empregava uma prática conservacionista em seus cultivos. Nos declives, as estradas apresentavam sulcos erosivos nas laterais e no centro do leito carroçável. Nas regiões de baixadas era possível observar o acúmulo de sedimentos, trazidos das lavouras pela enxurrada. Inconformado com a situação, você passou a analisar a paisagem, tentando identificar o que estava causando tamanho estrago, pois lhe foi dito que as estradas eram reformadas, no mínimo, a cada dois anos. Foi então que você percebeu que o plantio direto era a única prática conservacionista adotada. As áreas destinadas à lavoura, independentemente da sua declividade, não apresentavam nenhuma estrutura que pudesse conter o escoamento superficial, o que podia ser evidenciado pela observação de processos erosivos presentes na maioria das propriedades. Sobre tudo as condições do clima e do relevo local contribuíam para a conformação do cenário observado, uma vez que se tratava de uma região com pluviosidade média anual de 1800 mm, sendo que as chuvas se concentravam nos meses de dezembro a fevereiro, quando a média mensal poderia passar os 300 mm. Além disso, 80% da área agricultável apresentava declividade entre 5 e 12%.

Assim, preocupada com o sucesso e a durabilidade dos serviços a serem realizados, a cooperativa o contratou para realizar um diagnóstico da situação observada a campo e elaborar um laudo com as medidas para o controle do processo de degradação instalado.

Resolução da situação-problema

Em seu diagnóstico, você pôde constatar que tanto as propriedades quanto as estradas rurais estavam promovendo a degradação ambiental da região, pois as propriedades sem conservação do solo despejavam grandes volumes de água e sedimentos nas estradas rurais, que por sua vez, funcionavam como canais escoadouros, direcionando toda a enxurrada para outras propriedades ou para recursos hídricos receptores. Destacando ainda que as práticas conservacionistas adotadas pelos produtores da região eram insuficientes para conter a água das chuvas, responsável pelo estrago identificado.

No laudo elaborado por você, foi descrito que a proposta de solução para o problema observado era simples, porém trabalhosa; apontava que antes de se promover a conservação das estradas era preciso conscientizar os produtores rurais da região a incrementar a conservação de solo em suas propriedades por meio da implementação do terraceamento. Somente por meio dos terraços é possível conter o escoamento superficial, impedindo a formação de processos erosivos e melhorando a retenção de água nas áreas de lavoura.

Após este trabalho concluído, seria viável proceder a recuperação das estradas rurais por meio da elevação e abaulamento do leito carroçável e, ainda, pela construção de lombadas que direcionam o fluxo de água para as saídas previamente projetadas, coincidindo com os terraços construídos nas áreas adjacentes. Para as situações as quais isto não fosse possível, você indicou a construção de estruturas que promovam a contenção da água, como os bigodes e caixas de retenção de água.

Faça valer a pena

1. O estabelecimento desta forma de cultivo é indicado para áreas com declividades entre 26 a 35%, consistindo na secção do terreno perpendicularmente ao sentido do declive (AMBIENTE BRASIL, [s.d.]).

De acordo com o texto, identifique a prática de conservação do solo descrita.

- a) Patamares ou bancadas.
- b) Cultivo morro abaixo.
- c) Irrigação.
- d) Adubação química.
- e) Cultivo em nível.

2. O terraceamento é uma das práticas de conservação do solo mais difundidas, pois é recomendada para terrenos com declividade de baixa a acentuada, garantindo a

proteção do solo contra o escoamento superficial, retendo a água das chuvas e proporcionando ambiente favorável a sua infiltração no solo.

Quanto à forma como são construídos, os terraços podem ser de dois tipos.

- a) Bancadas e patamares.
- b) Nichols e Manghum.
- c) Base alta e base baixa.
- d) Leiras e murunduns.
- e) Em nível e em desnível.

3. No âmbito das práticas mecânicas de conservação do solo, há que se considerar também a adequação das estradas e carreadores, pois estes, quando mal manejados, podem causar problemas significativos em propriedades lindeiras às estradas, bem como em corpos hídricos. Sobre o tema, analise as afirmativas a seguir:

- I. Nas estradas rurais, as saídas de água devem direcionar o volume de água acumulado nas estradas para as propriedades rurais, preferencialmente para os canais coletores dos terraços.
- II. As lombadas construídas ao longo das estradas têm apenas a função de controlar o excesso de velocidade dos automóveis que transitam nestas vias.
- III. O leito da estrada deve sempre estar acima das áreas adjacente e ter o centro mais alto que as bordas, de forma que apresentem um aspecto abaulado.
- IV. Nos locais onde não é possível a conexão das saídas de água das estradas rurais com os terraços nas propriedades, a água deve ser direcionada por canaletas até encontrar uma saída natural.

Assinale a alternativa correta:

- a) Somente as assertivas I e III estão corretas.
- b) Somente as assertivas II e IV estão corretas.
- c) Somente as assertivas I, II e III estão corretas.
- d) Somente as assertivas II, III e IV estão corretas.
- e) Somente as assertivas I, III e IV estão corretas.

Práticas conservacionistas vegetativas

Diálogo aberto

Caro estudante, quando abordamos a necessidade de conservação do solo, temos concentrado nossa atenção nas práticas de manejo da fertilidade e na forma mais adequada de se trabalhar o solo, seja por meio das operações mecanizadas ou pela construção de estruturas que disciplinem o fluxo de água pluviais. Podemos, entretanto, ir mais além, buscando ajustar a maneira como procedemos os cultivos, na escolha das espécies comerciais e não comerciais.

A ideia é que o trabalho de conservação do solo e água seja contínuo, sendo desenvolvido mesmo quando o solo não estiver cultivado com lavouras comerciais. Considerando estas informações já podemos partir para seu próximo desafio.

Em seu trabalho de levantamento de dados para a elaboração de um plano de manejo de solos, você constatou que, além dos problemas de fertilidade e da erosão, o solo permanecia muito tempo sem nenhuma proteção de cobertura vegetal ou de palhada. Na região, você pôde visitar várias propriedades rurais de diferentes tamanhos e constatou que era costume o cultivo de uma única safra no verão, sendo sempre semeada a mesma espécie, ano após ano. Assim, no período entre a colheita de uma safra e o estabelecimento da cobertura vegetal da outra safra, o solo permanecia à mercê das condições do clima, uma vez que a cobertura morta formada pelos resíduos da última colheita era de baixa qualidade e se degradava muito rapidamente. Este tipo de manejo produz efeitos indesejáveis em solos tropicais, principalmente em seus atributos físicos, prejudicando sua porosidade e capacidade de retenção de água. Outra questão importante diz respeito à redução no teor de matéria orgânica que este manejo gera e, como sabemos, a matéria orgânica tem grande importância na manutenção dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo.

Diante deste quadro você precisa sugerir práticas que possibilitem a formação de uma camada protetora do solo e que, consequentemente, eleve seu teor de matéria orgânica. Neste caso, quais seriam as técnicas mais adequadas? Será possível aumentar o número de safras nesta região ou, pelo menos, manter uma cobertura vegetal entre os períodos da safra comercial? Você poderá recomendar as mesmas práticas para todas as situações observadas ou deverá analisar cada caso em particular?

Buscaremos resolver estes questionamentos por meio da leitura do conteúdo desta seção, na qual apresentaremos as diferentes técnicas vegetativas para a conservação do solo. Após adquirir mais este conhecimento você poderá, com facilidade, definir quais técnicas melhor se aplicam para cada situação e, assim, seu plano de manejo poderá ser concluído.

Bom estudo.

Não pode faltar

Já no início deste livro destacamos a importância do equilíbrio ecossistêmico para a conservação das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, adequadas ao desenvolvimento da maioria das espécies vegetais. Ressaltamos também que a instalação de uma área de lavoura promove distúrbios ambientais que podem tornar o solo instável e suscetível à degradação.

Nas seções anteriores pudemos conhecer algumas práticas conservacionistas que, de forma “artificial”, buscam estabilizar as forças que atuam na degradação do solo, reduzindo seu efeito e proporcionando a manutenção das condições adequadas para a exploração agrícola dos solos. Nesta seção iremos um pouco mais além: buscaremos trazer mais do conhecimento aprendido com a natureza para nos auxiliar na conservação do solo e da água.

Para ilustrar esta fala, vamos retomar nossa discussão sobre o ambiente florestal, que já havíamos abordado outrora, onde a cobertura do solo é formada por uma camada de material orgânico em diferentes estágios de decomposição. Esta camada constitui fonte de matéria orgânica, disponibilizando nutrientes e oferecendo proteção ao solo contra a ação das gotas de chuva. A camada de material orgânico que se forma sobre o solo atua como um isolante térmico, reduzindo a variação de temperatura ao longo do dia, bem como as perdas de umidade por evaporação.

Diante destas informações percebemos que a manutenção de uma cobertura de material orgânico sobre o solo pode trazer inúmeras vantagens também em solos agrícolas, pois além das já citadas, o estabelecimento da chamada cobertura morta ou “Mulch” promoverá ainda a redução das perdas de nutrientes por volatilização, maior resistência das culturas a períodos de estiagem e impedirá a germinação de algumas espécies de plantas invasoras. Sabemos que, em condições de clima tropical, em que a temperatura e a umidade favorecem a decomposição da matéria orgânica, torna-se difícil formar uma camada de cobertura morta sobre o solo apenas com os resíduos deixados pela colheita. Neste caso, a cobertura morta deverá ser formada pela distribuição de materiais como palhas ou outros resíduos vegetais entre as linhas das culturas ou apenas até a projeção da copa das plantas, no caso

de culturas arbóreas (OLIVEIRA *et al.*, 2002), conforme podemos observar na Figura 3.10.

Figura 3.10 | Aspecto de diferentes coberturas mortas e culturas: (A) Milho sobre resíduos culturais. (B) Abacaxi sobre resíduos vegetais de gramíneas depositados manualmente. (C) Cacau sobre folhas secas



Fonte: (A) <https://www.embrapa.br/solos/busca-de-imagens/-/midia/193001/cobertura-morta---palhada>. (B) <https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/busca-de-imagens/-/midia/2277001/cobertura-morta-em-abacaxi>. (C) http://www.ceplac.gov.br/paginas/publicacoes/paginas/boletim_tecnico/cartilhas/BOLETIM%20T%C3%89C.%20N%C2%BA%20202.pdf. Acesso em: 22 dez. 2018.

Diversos materiais podem ser utilizados para a formação da cobertura morta, devendo ser selecionado o material mais comum e abundante em cada região. Como exemplo de alguns materiais que vêm sendo empregados para este fim, destacamos as gramíneas, as cascas, as palhadas e os bagaços. Muitos estudos têm comprovado a eficiência da cobertura morta para a conservação do solo, como poderemos verificar no vídeo sugerido a seguir que apresenta o uso da palha gerada pelo coqueiro para a formação da cobertura morta desta cultura.



Saiba mais

Como você pode notar, são vários os materiais utilizados na formação da cobertura morta e que vêm apresentando elevada eficiência. A Embrapa realizou um estudo que utiliza cobertura morta com palha de coqueiro, economizando água e ainda evitando o desenvolvimento de ervas daninhas.

EMBRAPA. Cobertura morta com palha de coqueiro economiza água e evita ervas daninhas.

A matéria-prima para a formação da cobertura morta pode também ser cultivada na área onde será utilizada, como é o caso das espécies de adubos verdes, que são semeados nos intervalos entre os cultivos comerciais, tais como aveia preta (*Avena strigosa*), crotalária (*Crotalaria juncea*), milheto (*Pennisetum americanum*), sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*), calopogônio (*Calopogonium mucunoides*) e centrosema (*Centrosema pubescens*), entre outros. Em áreas de

lavouira, os adubos verdes deverão ser ceifados antes que produzam sementes, assim não constituirão uma fonte de plantas invasoras. Em alguns casos, espécies perenes como algumas leguminosas arbóreas e arbustivas poderão ser cultivadas e podadas para o fornecimento de massa verde.

Diversas pesquisas têm sido realizadas para se testar a qualidade da cobertura morta produzida por diferentes espécies de adubo verde, bem como seu efeito na produtividade das culturas e proteção do solo, conforme podemos verificar no artigo apresentado a seguir.

Outra técnica conservacionista de cultivo agrícola inspirada na natureza é conhecida como consorciação de culturas. Esta técnica já vem sendo empregada há muitos anos, principalmente por pequenos produtores que visam otimizar o uso do solo, com o maior número de espécies cultivadas no mesmo tempo e espaço. Assim, de acordo com a Hernani, Souza e Ceccon (2018), a consorciação de culturas pode ser definida como o cultivo simultâneo, na mesma área, de duas ou mais espécies, com características vegetativas distintas, como arquitetura vegetal, hábito de crescimento e fisiologia, como acontece nos ambientes naturais.



Assimile

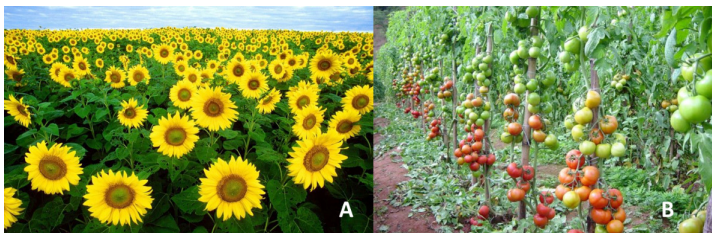
Hábito de Crescimento

Segundo Rocha (2018), o hábito de crescimento é uma característica agrônômica é determinada pelo crescimento do ramo principal e pelo florescimento da planta. É classificado em determinado e indeterminado.

Hábito de crescimento determinado: caracteriza-se por ter o caule e os ramos laterais terminando em uma inflorescência e por apresentar um número limitado de nós. A floração inicia-se do ápice para a base da planta (Figura 3.11 A).

Hábito de crescimento indeterminado: caracteriza-se por apresentar um caule principal com tecido embrionário existente na planta na fase vegetativa (meristema), que permite um crescimento contínuo em uma sucessão de nós e entrenós. As inflorescências desenvolvem-se a partir do ponto de inserção de uma folha ou ramo na haste principal ou secundária de uma planta, e a floração inicia-se da base para o ápice da planta (Figura 3.11 B).

Figura 3.11 | Exemplo de espécies com hábito de crescimento (A) determinado e (B) indeterminado



Fonte: (A) <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/girassol>. (B) <http://sistemafaep.org.br/organicos-radar-da-monsanto/>. Acesso em: 22 dez. 2018.

Neste sistema as plantas poderão ser semeadas ao mesmo tempo ou em momentos distintos, porém compartilharão o mesmo espaço durante seu desenvolvimento, o que ocasionará grande interação entre as espécies consorciadas. Como vantagens, podemos citar o melhor aproveitamento da área e dos recursos ambientais disponíveis, além de favorecer a formação de cobertura viva bem como da cobertura morta do solo, promovendo efeito desejado no controle de plantas invasoras e proteção do solo. Um exemplo clássico é o cultivo de espécies anuais nas entrelinhas de espécies perenes arbóreo/arbuscivas, em que as primeiras proporcionam a cobertura do solo e retorno econômico, no período em que a cultura perene ainda é jovem e pouco produtiva.

Na escolha das espécies a serem consorciadas é preciso considerar as características de cada uma, de modo que a combinação entre elas possa potencializar a produção agrícola da área, seja pelo aporte de nutrientes, fornecimento de sombra ou suporte físico para o desenvolvimento vegetativo.



Exemplificando

Como exemplos de consórcios podemos citar:

- Milho (*Zea Mays L.*) com feijão (*Phaseolus vulgaris L.*): esta consorciação é uma das mais comuns, empregada principalmente na agricultura familiar, em que a colheita é manual. Diversas formas de se consorciar estas culturas podem ser adotadas, considerando-se o momento da semeadura do feijão. Esta espécie pode ser semeada na linha ou na entrelinha do milho, 10 a 20 dias antes da semeadura do milho. Também é possível proceder a semeadura do feijão simultaneamente à do milho, ou até mesmo semeá-lo na maturação fisiológica da cultura do milho (HERNANI; SOUZA; CECCON, 2018).

Figura 3.12 | Consórcio entre milho (*Zea Mays L.*) e feijão (*Phaseolus vulgaris L.*)



Fonte: http://folhaatual.com.br/mobile/index.php?page=shmt&ma_id=12928. Acesso em: 22 dez. 2018.

- Milho (*Zea Mays L.*) e braquiária (*Brachiaria decumbens Stapf*): excelente opção para se promover a cobertura do solo, efeito este devido ao ciclo da braquiária que se prolonga para além da colheita do milho, protegendo o solo durante as primeiras chuvas de primavera que, muitas vezes, são altamente erosivas, e promovendo excelente cobertura morta até cerca de 50 dias após a semeadura da safra de verão subsequente (HERNANI; SOUZA; CECCON, 2018).

Figura 3.13 | Consórcio entre milho (*Zea Mays L.*) e braquiária (*Brachiaria decumbens Stapf*).



Fonte: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1473003/consorcio-milho-braquiaria-beneficia-o-solo-e-o-agricultor>. Acesso em: 22 dez. 2018.

É importante destacar que além dos efeitos observados acima da superfície do solo, a consorciação de diferentes espécies vegetais possibilita melhor aproveitamento do solo, pois cada espécie apresenta um tipo de sistema radicular explorando ambientes distintos no perfil do solo. Neste sentido, plantas com sistema radicular fasciculado, mais superficial, podem proteger o solo contra a ação do escoamento superficial, ao passo que os sistemas

radiculares mais profundos permitem a recuperação de nutrientes e água em zonas pouco exploradas. Outras relações entre plantas podem se estabelecer no sistema de consórcio, favorecendo o desenvolvimento mútuo, conforme podemos constatar no material disponibilizado a seguir.

O mesmo princípio pode ser obtido por meio da técnica conhecida como rotação de culturas; entretanto, nesta prática o cultivo de espécies diferentes é realizado na mesma área, porém em épocas distintas. Na rotação de culturas busca-se, primordialmente, alternar o cultivo de espécies que apresentam sistemas radiculares diferentes, como é o caso de gramíneas e leguminosas, cada uma proporcionando um efeito residual benéfico para o solo e para a cultura sucessora (GONÇAVES *et al.*, 2007). Assim como na consorciação, a seleção de espécies para a rotação de culturas dependerá das características ambientais da região onde se pretende aplicar esta técnica e dos objetivos (produção de biomassa, fixação de nitrogênio, entre outros). No Quadro 3.2 você poderá verificar a recomendação da Embrapa para a rotação de culturas no Paraná.

Quadro 3.2 | Indicação de culturas para compor o sistema de rotação com a soja, milho, trigo e cevada no Paraná

Culturas com restrição para anteceder a principal	Cultura antecessora à principal	Cultura principal	Cultura sucessora à principal	Cultura com restrição para suceder à principal
Tremoços, guandu, mucuna ou lablab.	Milho, trigo, cevada, aveia branca, aveia preta, nabo forrageiro.	Soja	Milho, trigo, cevada, aveia preta, aveia branca (para grãos).	Girassol, canola e tremoços (para semente).
Cevada, aveia preta (para sementes), aveia branca (para grão e semente).	Soja, guandu, mucunas, crotalárias, lablab, ervilhacas, nabo forrageiro, chícharo e girassol.	Milho	Soja, aveia branca (para grão e semente), aveia preta, girassol de verão/outono, trigo, canola, tremoços (para semente) e milho (safrinha).	Cevada.
Aveia preta (para semente).	Soja, ervilhacas, nabo forrageiro, aveia preta, chícharo, tremoços, aveia branca, milho, girassol safrinha, canola e cevada.	Trigo	Soja, cevada, canola, girassol safrinha, aveia branca, aveia preta (para cobertura e semente) e milho.	Sem restrição.
Aveia preta (para semente)	Soja, trigo, aveia branca, aveia preta, ervilhaca, nabo forrageiro, chícharo e tremoço azul.	Cevada.	Soja, aveia preta (para cobertura e semente) e aveia branca.	Milho e trigo.

Fonte: adaptado de Embrapa (2007).



Refleta

Considerando-se os inúmeros benefícios da rotação de culturas, sobretudo com a utilização de adubos verdes, você saberia explicar por qual razão esta prática ainda não é amplamente adotada pelos agricultores?

Conforme você pôde verificar, um dos benefícios da rotação de culturas é a produção de biomassa que proporcionará a proteção do solo durante o desenvolvimento das plantas e também após seu corte, estabelecendo-se assim a cobertura morta. Neste sentido, os melhores resultados dessa prática serão alcançados quando estiver associada ao plantio direto.

O plantio direto constitui uma prática conservacionista, bastante difundida nos Estados da região sul do Brasil. Esta prática é conhecida pelo baixo impacto ao solo, uma vez que preconiza a semeadura direta sobre os resíduos vegetais deixados pela cultura anterior (palhada), sem que haja o revolvimento do solo, diferentemente do que se observa nos sistemas convencionais de cultivo. Como já estudado, a manutenção da palhada proporciona inúmeros benefícios ao solo, mantendo-o em uma condição mais equilibrada e, portanto, menos suscetível à degradação, comumente promovida pelo uso agrícola.

Neste sistema de cultivo as espécies vegetais que serão cultivadas em rotação de cultura ganham uma importância ainda maior, indo além dos benefícios promovidos pela cobertura morta. Considerando que não haverá revolvimento do solo, as plantas deverão promover o fornecimento da matéria orgânica, essencial para a estabilidade da estrutura do solo. Também caberá às espécies cultivadas o papel de promover, por meio de seu sistema radicular, a manutenção da porosidade do solo e, primordialmente, o rompimento das camadas compactadas. Além dessas características do sistema radicular, deverão produzir grande quantidade de biomassa, de modo a proteger a superfície do solo e ser resistentes às principais pragas e doenças, de modo que não constituam uma fonte de inóculo para as culturas de interesse. Nada impede que as espécies usadas possam ter serventia como produtora de grãos, sementes ou forragem, como exemplifica o Quadro 3.2.

Ao longo do estudo desta seção você deve ter notado que nenhuma prática conservacionista apresentada consegue promover todos os efeitos desejados na conservação do solo e água. Sendo assim, podemos concluir que são complementares, cada uma com sua função, produzindo melhores resultados quando empregadas em conjunto.

Com o sistema de plantio direto não poderia ser diferente. Por si só esta prática não produz o efeito desejado na proteção do solo contra a degradação de suas propriedades; pelo contrário: quando não combinado com outras técnicas, o plantio direto tem causado grandes problemas de ordem agrônômica e ambiental, tendo sido observada a compactação do solo, e perda de solo, nutrientes e matéria orgânica pela erosão, entre outros. Sendo assim, seu uso não dispensa o emprego das práticas conservacionistas edáficas, mecânicas e vegetativas.

Você pôde perceber que existem diferentes práticas conservacionistas vegetativas que podem e devem ser empregadas para se promover o manejo e a proteção de solos tropicais. Como vimos, estas técnicas produzirão melhor efeito quando combinadas entre si e também com as demais práticas estudadas nesta unidade, cabendo ao agrônomo definir a melhor combinação entre técnicas e materiais para cada situação vivenciada.

Sem medo de errar

Buscando melhorar a condição do solo e propor um plano de manejo para a região onde vem atuando como extensionista, você notou que, além do manejo inadequado da fertilidade e da ausência de práticas conservacionistas mecânicas, era pouco comum – ou inexistente – o uso de práticas conservacionistas vegetativas onde, de forma geral, é preconizado o manejo da cobertura vegetal do solo, seja viva ou morta. Em suas visitas ao campo, você notou que, em parte, o processo de degradação dos solos da região decorria da sua exposição às condições adversas do clima. A falta de cobertura do solo podia ser observada tanto no intervalo entre a colheita de uma safra e a semeadura da subsequente quanto na fase inicial de desenvolvimento das culturas.

Considerando o quadro observado no campo, ficou claro que havia a necessidade de se difundir o manejo da cobertura do solo. Assim, você passou a identificar e agrupar as propriedades com características similares para que pudesse indicar as técnicas mais adequadas para cada situação.

Para as propriedades menores, onde predominava a agricultura familiar, você sugeriu que se buscasse a consorciação entre espécies vegetais que pudessem ser cultivadas no mesmo espaço e tempo, de forma a se otimizar o uso do solo e elevar a produtividade das propriedades agrícolas. A escolha das espécies foi realizada considerando-se as condições ambientais da região além das características agrônômicas das plantas, tais como arquitetura, hábito de crescimento e fisiologia, de modo que produzissem a melhor cobertura viva do solo e a melhor produção de biomassa.

Para as propriedades maiores, nas quais é mais comum o cultivo de grãos, você indicou o plantio direto, que tem como princípio a semeadura realizada diretamente sobre os resíduos vegetais da lavoura antecessora, sem que haja o revolvimento do solo. Neste caso, considerando que somente se realizava um cultivo por ano, você recomendou ainda o emprego da rotação de culturas com a adição de uma safra de inverno, buscando espécies adaptas ao clima desta estação e que pudessem produzir grãos ou sementes e biomassa, mantendo o solo coberto na entressafra da lavoura principal e produzindo material orgânico para a formação de uma cobertura morta mais robusta, que pudesse resistir até que a safra subsequente se estabelecesse como cobertura viva do solo.

Independentemente do cultivo e do tamanho da propriedade, você buscou indicar que os produtores mantivessem o solo protegido por uma camada de cobertura morta, formada a partir dos restos vegetais das lavouras ou de materiais introduzidos como cascas, palhadas, bagaços ou outro resíduo orgânico que produzisse o efeito desejado de cobertura do solo e fornecimento de matéria orgânica.

Assim, para concluir sua atuação, foi elaborado um plano de manejo para a conservação dos solos, considerando as situações observadas nas seções desta unidade. Fundamentalmente, este plano de manejo buscou ressaltar a importância de se fazer a combinação entre as práticas edáficas, mecânicas e vegetativas para a conservação do solo, pois, como vimos, quando empregadas com exclusividade não surtirão o efeito desejado ao equilíbrio das propriedades do solo e manutenção de sua capacidade produtiva. O plano de manejo foi composto por uma introdução, na qual você buscou caracterizar as situações vivenciadas e que necessitaram da indicação de intervenções, apresentando as características ambientais, manejo adotado e problemas observados. O plano contou ainda com a recomendação dos materiais e métodos a serem empregados para a adequação do manejo adotado, apontando-se a combinação das práticas conservacionistas mais apropriada a cada situação. Por fim, o plano foi concluído com um parecer agrônomo, destacando-se a importância da combinação entre as práticas conservacionistas edáficas mecânicas e vegetativas para o sucesso do manejo adotado e promoção da conservação do solo e água na propriedade rural.

Avançando na prática

Compactação do solo sob sistema de plantio direto

Descrição da situação-problema

Em sua atuação como engenheiro agrônomo consultor, seu serviço foi solicitado por um produtor rural para avaliar a situação de sua propriedade, onde mesmo sendo empregado o plantio direto, havia problemas com erosão do solo. Assim, em visita à propriedade, você pôde comprovar que a área vinha sofrendo com o efeito da erosão hídrica, sendo possível observar a presença de sulcos erosivos em toda a área cultivada. Apesar do produtor rural dizer que praticava o plantio direto já há dez anos, você notou que o solo que estava sendo cultivado com soja, já em final de ciclo, estava descoberto, com pouco ou quase nenhuma cobertura morta. Em conversa com o dono da propriedade lhe foi informado que nos dez anos de plantio direto foi empregada a

rotação de soja como cultura principal e o milho na safrinha. Nenhuma outra espécie havia sido cultivada, nem tampouco podia se observar o emprego de outras práticas conservacionistas. O produtor revelou ainda que a produtividade da área havia diminuído nos últimos anos e que as lavouras estavam mais suscetíveis à ocorrência de pequenos períodos de estiagem.

Diante do que foi posto, ficou claro que o plantio direto com a rotação de culturas de soja e milho não estavam sendo suficientes para preservar a capacidade produtiva da área e estavam promovendo a degradação do solo. Este diagnóstico pôde ser comprovado pela observação dos sulcos erosivos e pela sensibilidade das plantas a pequenos períodos de estiagem, sendo este um indicador de solo compactado, provavelmente decorrido do trânsito de equipamentos agrícolas sobre um solo já degradado.

Como melhorar a condição desta área e incrementar a produção?

Resolução da situação-problema

Considerando suas constatações, recomende práticas que possam incrementar a porosidade do solo e o rompimento da sua camada compactada. Isto poderia ser conseguido por meio do uso de diferentes espécies vegetais em rotação de culturas com a soja, que é a cultura principal. A seleção de espécies para este fim deve considerar as características do sistema radicular das plantas, que neste caso deve ser mais robusto e profundo do que o das plantas utilizadas, sendo este capaz de romper o impedimento físico estabelecido na subsuperfície do solo. Outro ponto importante diz respeito ao incremento da cobertura morta, que deverá exercer a proteção do solo contra o impacto das gotas de chuva e promover o incremento no teor de matéria orgânica, conferindo a este solo maior estabilidade de seus agregados (estrutura do solo). Assim como o crescimento de raízes vigorosas, a estabilidade dos poros formados é muito importante para que se possa melhorar a capacidade de infiltração da água no solo. Com isso, influenciamos também o comportamento das plantas frente aos períodos de estiagem, tornando-as mais resistentes, pois terão mais água no solo e sistemas radiculares mais profundos. Ressalte ainda que o emprego destas práticas não elimina a necessidade de se adotar as práticas conservacionistas mecânicas, como o terraceamento, que protegerá o solo contra a ação do escoamento superficial e aumentará a quantidade de água que se infiltra no solo.

1. As práticas conservacionistas vegetativas buscam reproduzir em uma área agrícola alguns eventos observados no ambiente natural. Estes eventos são decorrentes da interação entre as diferentes espécies vegetais que se desenvolvem juntas em um determinado local.

Como é conhecida a prática conservacionistas que reproduz esta condição do ambiente natural no solo agrícola?

- a) Terraceamento.
- b) Consorciação de culturas.
- c) Adubação química.
- d) Rotação de culturas.
- e) Plantio em nível.

2. A rotação de cultura é uma prática conservacionista vegetativa muito comum, capaz de oferecer inúmeras vantagens quando praticada sozinha ou em combinação com outras técnicas para a conservação do solo. Sobre esta técnica, analise as afirmativas a seguir:

- I. A rotação de cultura não é compatível com o sistema de plantio direto.
- II. Não há restrições quanto à combinação de espécies que serão cultivadas em rotação.
- III. Recomenda-se que as espécies cultivadas em sucessão apresentem sistemas radiculares diferentes.
- IV. A produção de biomassa é um objetivo desta prática.
- V. A escolha da espécie que sucederá a cultura principal não deve ser destinada à produção de grãos ou sementes.

Sobre a rotação de culturas é correto afirmar:

- a) Apenas as assertivas I e II estão corretas.
- b) Apenas as assertivas II e III estão corretas.
- c) Apenas as assertivas III e IV estão corretas.
- d) Apenas as assertivas IV e V estão corretas.
- e) Apenas as assertivas I, IV e V estão corretas.

3. O plantio direto constitui uma prática conservacionista em que se preconiza a semeadura diretamente nos resíduos vegetais deixados pela colheita da cultura antecessora. Sobre esta prática, analise as afirmativas que seguem e verifique se verdadeiras ou falsas:

O plantio direto deve ser utilizado em combinação com outras práticas conservacionistas.

No plantio direto, o preparo do solo é feito apenas por uma gradagem, realizada com o objetivo de se incorporar a matéria orgânica no solo.

A formação da cobertura morta é essencial para o sucesso do plantio direto.

Assinale a alternativa correta onde I, II e III são respectivamente.

- a) V - V - V.
- b) V - V - F.
- c) V - F - V.
- d) F - V - F.
- e) F - F - F.

AMBIENTE BRASIL. **Controle do Escoamento Superficial da Água**. [S.d., s.l.]. Disponível em: http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agropecuário/conservacao_do_solo/controlado_escoamento_superficial_da_agua.html. Acesso em: 7 nov. 2018.

BISSANI, C. S.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J.; CAMARGO, F. A. O. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Genesis, 2004. 328 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Banco comunitário de sementes e adubos verdes**: informações técnicas. Brasília: MAPA, 2007. 52 p. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/arquivos-publicacoes-organicos/cartilha_adubos_verdes_informacoes_tecnicas.pdf/@download/file/Cartilha_Adubos_Verdes_Informacoes_Tecnicas.pdf. Acesso em: 28 out. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Fichas Agroecológicas**: Consórcio de café com bananeira. [S.l., s.d.]. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/fichas-agroecologicas/arquivos-producao-vegetal/12-consorcio-de-cafe-com-bananeira.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2018.

EMATER/RS. **Escritório Municipal de Santa Maria será premiado em Concurso Estadual**. Porto Alegre, 1 dez. 2017. Disponível em: <http://www.emater.tche.br/site/multimedia/noticias/detalhe-noticia.php?id=27409#.XAfCBmhKg2w>. Acesso em: 5 dez. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Cobertura morta – palhada**. Multimídia: Banco de Imagens. 16 maio 2012. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/busca-de-imagens/-/midia/193001/cobertura-morta---palhada>. Acesso em: 1 fev. 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Consórcio milho-braquiária beneficia o solo e o agricultor**. 18 fev. 2013. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1473003/consorcio-milho-braquiaria-beneficia-o-solo-e-o-agricultor>. Acesso em: 22 dez. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Cobertura morta em abacaxi**. Multimídia: Banco de Imagens. 4 set. 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/busca-de-imagens/-/midia/2277001/cobertura-morta-em-abacaxi>. Acesso em: 1 fev. 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Girassol**. Embrapa Soja. [S.d.]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/girassol>. Acesso em: 1 fev. 2019.

FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA DO ESTADO DO PARANÁ (FAEP). **Orgânicos no radar da Monsanto**. 22 ago. 2016. Disponível em: <https://sistemafaep.org.br/organicos-radar-daa-monsanto>. Acesso em: 1 fev. 2019.

GONÇALVES, S. L. *et al.* **Circular técnica 45 – Rotação de culturas**. Embrapa. Londrina, set.

2007. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/circtec45_000gdx3ii47x02wx5ok0ylax2lt6e5fmt.pdf. Acesso em: 18 nov. 2018.

HERNANI, L. C.; SOUZA, L. C. F.; CECCON, G. **Consorciação de culturas**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Embrapa, [s.d.]. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/sistema_plantio_direto/arvore/CONT000fx4zsnby02wyiv80u5vcsvyqcraq.html. Acesso em: 21 nov. 2018.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem**: maturação e qualidade do composto. Piracicaba: [s.n.], 2002. 171 p.

LIMA, C. E. P. *et al.* **Benefícios da adoção do Sistema de Plantio Direto de Hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2017.

MACHADO, P. L. O. A.; WADT, P. G. S. **Terraceamento**. Agência Embrapa de Informações Tecnológicas – AGEITEC. EMBRAPA. [S.L., s.d.]. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fohgb6cq02wyiv8065610dfrst1ws.html>. Acesso em: 30 out. 2018.

McCORMAC, J.; SARASUA, W.; DAVIS, W. **Topografia**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

MONISE, P. Agricultores santanenses esperam aumento na safra de sementes. **Folha Atual**, 18 mar. 2017. Disponível em: http://folhaatual.com.br/mobile/index.php?page=shmt&ma_id=12928. Acesso em: 1 fev. 2019.

OLIVEIRA, F. F. *et al.* Avaliação de coberturas mortas em cultura de alface sob manejo orgânico. **Hortic. Bras.**, v. 26, n. 2, abr./jun. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/hb/v26n2/17.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2018.

OLIVEIRA, F. N. S. *et al.* **Influência da cobertura morta no desenvolvimento de fruteiras tropicais**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 24 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/424667/1/Dc049.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2018.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. L. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Boletim técnico nº100 (2. ed). Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1997. 285 p.

ROCHA, M. M. **Hábito de crescimento**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Embrapa, [s.d.]. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao-caupi/arvore/CONTAG01_2_510200683535.html. Acesso em: 21 nov. 2018.

ROSSETTO, R.; SANTIAGO, A. D. **Gessagem**. Agência Embrapa de Informações Tecnológicas – AGEITEC. EMBRAPA. [S.d.]. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_35_711200516717.html. Acesso em: 29 out. 2018.

SILVA, J.; GUEDES, I. M. R.; LIMA, C. E. P. de. **Calagem**. Agência Embrapa de Informações Tecnológicas – AGEITEC. EMBRAPA. [S.d.]. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tomate/arvore/CONT000gn0jymr102wx5ok0liq1mqkfb2l9d.html>. Acesso em: 29 out. 2018.

SODRÉ, G. A. **Formação de mudas de cacaueiro, onde nasce a boa cacauicultura**. Boletim Técnico nº 202. Ilhéus: CEPLAC/CEPEC, 2013. Disponível em: http://www.ceplac.gov.br/paginas/publicacoes/paginas/boletim_tecnico/cartilhas/BOLETIM%20T%C3%89C.%20N%C2%BA%20202.pdf. Acesso em: 1 fev. 2019.

TENORIO, B.; SEIXAS, A. Delimitação e reconstrução tridimensional de bacias hidrográficas a partir de curvas de nível – Atividade prática da disciplina de topografia. In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMACAO, 2., 2008, Recife. **Anais** [...]. Recife: 2008. Disponível em: https://www3.ufpe.br/cgtg/SIMGEOII_CD/Organizado/geo/090.pdf. Acesso em: 6 dez. 2018.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP). **Práticas Mecânicas de Conservação de Água e Solo**. Capacitação EAD, [s.d.]. Disponível em: https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/62/4/Unidade_2.pdf. Acesso em: 31 jan. 2019.

Unidade 4

Recuperação e restauração de solos degradados

Convite ao estudo

Caro estudante,

De acordo com o conteúdo estudado, pudemos verificar que a conservação do solo e da água, sob condições tropicais, depende do uso adequado das técnicas conservacionistas, as quais devem ser selecionadas e combinadas para se atender as necessidades de cada situação. Constatamos que o emprego dessas técnicas ainda na fase de instalação de uma área de lavoura permite-nos manter a qualidade do solo e, ainda, mesmo quando aplicadas em ambientes onde os processos de degradação já se iniciaram, podem gerar efeitos positivos na estabilização ambiental e recuperação da capacidade produtiva dos solos.

Entretanto, há situações em que as ações humanas podem gerar profundas transformações nos ambientes, tornando-os improdutivos e, por vezes, estéreis. Nessas condições, o processo de recuperação da qualidade do solo e, também do ambiente, é possível, porém demanda mais tempo e recursos para que se possa alcançar os resultados desejados.

É neste contexto que se desenvolve o conteúdo a ser trabalhado nesta unidade do livro. Sendo assim, considere que agora você é o engenheiro agrônomo de uma instituição pública de pesquisa e sua especialidade é a recuperação de áreas degradadas. Em seu trabalho você já vivenciou diferentes situações de degradação, as quais geraram projetos distintos de recuperação ambiental. Esta atuação lhe proporcionou uma vasta experiência no assunto e, por este motivo, você foi convidado a elaborar um projeto de recuperação ambiental de um grande lote de terras no Norte do Brasil. A propriedade, alvo de seu futuro trabalho, foi doada pelo Governo Federal à uma universidade pública, para que neste local seja implantada uma fazenda experimental, que será destinada ao desenvolvimento da pesquisa agrícola (culturas anuais e perenes, pastagens, florestas, etc.). Pensando nisso, a propriedade foi dividida e classificada conforme a aptidão dos solos para as diferentes atividades agrícolas que serão instaladas.

O problema desta propriedade provém do seu histórico de uso. A fazenda já foi utilizada para a pecuária de corte, por isso grande parte de suas terras foi transformada em pastagens. Devido ao manejo adotado, as pastagens

foram se degradando e tornaram-se pouco produtivas, sendo então substituídas pelo cultivo de espécies florestais. Concomitante a estas atividades, a propriedade em questão teve uma porção de suas terras destinadas à exploração mineral.

Diante de tantos maus tratos, restou para ser utilizada como fazenda experimental uma propriedade rural que mais parece uma “colcha de retalhos” de ambientes degradados. Por este motivo sua experiência foi requisitada, pois além de se recuperar a capacidade de produção dessa porção de terras, a universidade deseja criar uma fazenda modelo na recuperação ambiental.

Provavelmente você ainda não se sinta totalmente confortável para resolver este desafio. Isto é natural, pois nesta unidade trabalharemos o conteúdo que irá auxiliá-lo na solução deste problema. Assim, primeiramente falaremos sobre a recuperação de solos degradados, sendo esta a base para qualquer trabalho de recuperação ambiental. Depois, partiremos para situações mais específicas, como o tratamento a ser realizado para a recuperação de pastagens degradadas. E, finalmente, conheceremos o processo de recuperação de uma área degradada, com vistas a sua estruturação para a composição de uma área de preservação florestal.

Então não vamos perder mais tempo, pois o conteúdo é vasto e muito interessante.

Bom estudo!

Principais formas de recuperação de solos degradados

Diálogo aberto

Caro aluno,

Em nossos estudos temos enfatizado que o solo constitui a base dos sistemas naturais e agrícolas, por este motivo temos dedicado tanta atenção às práticas que garantem a manutenção da qualidade dos solos e sua capacidade de produzir alimentos e água. Seguindo este raciocínio, no manejo de áreas degradadas, não poderíamos iniciar sua recuperação sem antes devolver ao solo sua capacidade de sustentar um desses sistemas, que por mais simples que possam ser, irão depender fundamentalmente das condições do solo para “sobreviver”.

Neste contexto é que se materializa o seu próximo desafio. Assim, como engenheiro agrônomo de uma instituição pública de pesquisa, você foi indicado para a missão de recuperar a capacidade produtiva de uma antiga fazenda, que foi doada a uma universidade para formação de uma fazenda experimental, onde serão desenvolvidas atividades agrícolas, florestais e de preservação ambiental. Mapeando a propriedade você pôde notar que a cobertura do solo constituía um mosaico entre área de lavoura com solos degradados pela erosão, pastagens degradadas e porções de solo exposto pelo processo de mineração.

Como todo bom pesquisador, antes começar a pensar no projeto de recuperação de áreas degradadas, você buscou levantar o maior número possível de informações sobre a propriedade (tipos de solos, relevo, clima, uso da terra, entre outras) que pudessem subsidiar o processo de tomada de decisão sobre como trabalhar cada setor. Por meio do resultado das análises de solo, realizadas para mapear o grau de degradação dos atributos do solo, você pôde constatar que a propriedade apresenta vários talhões com problemas de fertilidade, outros com alta compactação e erosão e, de forma generalizada, baixo teor de matéria orgânica. Em alguns talhões todos os problemas relatados ocorriam ao mesmo tempo.

Assim, independentemente da função que se deseja dar a uma determinada área, o primeiro passo é adequar as condições do solo, criando-se, desta maneira, um ambiente favorável ao desenvolvimento de espécies vegetais e animais. Considerando esta premissa e as informações coletadas, no primeiro

momento você decidiu dedicar atenção especial às áreas de lavouras degradadas pela erosão, onde o solo apresentava condições muito ruins.

Nessa etapa surgiram alguns questionamentos: será possível recuperar a capacidade produtiva desses solos? Será que as práticas conservacionistas podem ser aplicadas nesses casos?

Estas e outras dúvidas devem estar surgindo em sua mente de pesquisador. Fique tranquilo! Nesta seção vamos estudar como proceder nestes e em outros casos onde a erosão tenha promovido a degradação das propriedades do solo.

Então, boa leitura!

Não pode faltar

Caro estudante,

Em diferentes oportunidades pudemos verificar que o uso agrícola do solo tem provocado profundas transformações no ambiente, sobretudo nas situações onde o manejo adotado não é capaz de proteger o solo contra a degradação de seus atributos, sendo esta a condição mais comum observada a campo.

Ao longo do conteúdo trabalhado, buscamos apresentar diferentes técnicas que, se aplicadas adequadamente, irão refletir na conservação do solo, em sua qualidade de base para a produção de alimentos e água. Tais técnicas, além de prevenir a degradação imposta pelas condições do clima tropical, também podem proporcionar a correção das limitações naturais do solo, bem como daquelas provocadas pelo homem. Porém, em condições extremas de degradação, as técnicas estudadas somente irão promover o efeito desejado se antes os fatores de degradação forem eliminados.

Seguramente, podemos dizer que no ambiente agrícola o principal fator de degradação é a erosão do solo. Anteriormente, vimos que uma vez que a erosão do solo se inicie, caso nenhuma ação seja empreendida para detê-la, o processo irá evoluir em tamanho e profundidade, partindo de uma erosão laminar, quase imperceptível, podendo chegar a uma ravina muito larga e profunda.



Refleta

Do seu ponto de vista, quando constatamos a presença de erosão numa propriedade agrícola, quais ações devemos empreender para que possamos garantir que o processo erosivo não evolua?

Várias são as possibilidades para se promover a correção dos estragos provocados pela erosão, porém nenhuma solução será eficiente sem antes eliminarmos a sua causa. Sendo assim, ao projetarmos as medidas a serem tomadas para se recuperar uma área afetada por erosões, devemos buscar conhecer qual a razão do processo ter se iniciado.

Resgatando o conhecimento adquirido, podemos dizer que a erosão do solo acontece pela combinação de diferentes fatores que atuam de forma conjunta, porém em intensidades distintas, conforme cada situação. Vamos recordar estes fatores:

- Remoção da cobertura vegetal.
- Perda da camada de matéria orgânica da superfície do solo.
- Compactação do solo (destruição da estrutura e porosidade do solo).
- Perda da capacidade de infiltração de água.

Diante disto, podemos concluir que um projeto para recuperação de uma área afetada por erosão deve considerar o controle desses fatores, a contenção ou a correção dos processos erosivos e a estabilização do solo. As medidas projetadas para este fim deverão ainda considerar as características do ambiente, tais como distribuição e intensidade de chuvas, temperatura, relevo, tipo de solo, entre outros.

Agora que já temos uma visão mais global do problema, passemos a discutir as técnicas recomendadas para recuperação dos solos degradados pela erosão. Neste sentido, podemos considerar que o trabalho será realizado em etapas, tendo como ponto de partida o controle dos processos erosivos.

Nos ambientes onde o processo de degradação se deu pela perda da camada fértil do solo, decorrente da erosão laminar e em sulcos pouco profundos, o controle da erosão e a correção da superfície do solo pode ser conseguida por meio do emprego das práticas conservacionistas mecânicas, discutidas anteriormente. Assim, é imprescindível a implantação de terraços, preferencialmente em nível, associado ao cultivo em nível, onde todas as operações mecanizadas são realizadas perpendicularmente ao sentido do declive. O emprego destas técnicas proporciona a interrupção dos caminhos preferenciais do escoamento superficial, além de favorecer a infiltração da água, que é interceptada pela rugosidade construída no solo e retida na base dos terraços, proporcionando, assim, o controle do escoamento superficial.

Como vimos, a baixa capacidade de infiltração de água no solo pode ser uma das causas da ocorrência de erosões. Esta situação é decorrente da formação de camadas adensadas na subsuperfície do solo, ocasionadas por

sua compactação e entupimento de seus poros. Por este motivo a água que não se infiltra contribui para a formação do escoamento superficial, que leva consigo a camada fértil do solo (sedimentos, nutriente e matéria orgânica), deixando para trás um solo empobrecido.

Considerando que os solos degradados são muito sensíveis ao revolvimento produzido por arados e grades, recomenda-se que a adequação das suas propriedades químicas e físicas seja realizada de forma gradativa, utilizando-se práticas conservacionistas que promovam a reconstrução das características desejáveis a um solo produtivo. Neste sentido, por meio do resultado de uma análise laboratorial do solo, deve-se promover a recomendação da necessidade de calagem e, se for o caso, da adubação química para se atender, minimamente, às demandas nutricionais para o cultivo de adubos verdes.

Em situações como esta, a adubação verde terá múltiplas funções, dentre elas podemos destacar o rompimento da camada adensada, cobertura do solo, fornecimento de biomassa (cobertura morta), matéria orgânica (incremento da fertilidade e estrutura do solo) e ativação da biologia do solo, principalmente na zona das raízes (rizosfera). Para que a adubação verde proporcione todas essas vantagens, recomenda-se a combinação de espécies vegetais, que deverão ser semeadas ao mesmo tempo. Lembrando que na seleção de espécies deverão ser consideradas as funções descritas anteriormente.

Uma etapa importante no processo de recuperação de um solo degradado é o acompanhamento. Após a implantação das técnicas para a recuperação, é preciso avaliar a evolução dos aspectos relacionados à fertilidade e física do solo e considerar a necessidade de novas intervenções, caso a melhoria destes parâmetros não tenham alcançado o nível desejado. Contudo, em qualquer situação onde se tenha recuperado a capacidade produtiva do solo, a retomada da atividade agrícola somente será possível se aplicados os princípios conservacionistas.



Pesquise mais

Aprofunde seu conhecimento sobre algumas espécies utilizadas como adubo verde e seu efeito na melhoria da fertilidade, física e biologia de solo.

FERREIRA, E. L.; SOUZA, E. P.; CHAVES, A. F. Adubação verde e seu efeito sobre os atributos do solo. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. Grupo Verde de Agricultura Alternativa (GVAA).

Agora que já sabemos como lidar com áreas degradadas pela erosão laminar, podemos avançar para uma situação mais complexa, onde as erosões tomaram a proporção de uma voçoroca. Como veremos, nestes casos o trabalho de recuperação é bem mais intenso, exigindo a aplicação de técnicas específicas que devem considerar os aspectos ambientais que levaram a sua formação.

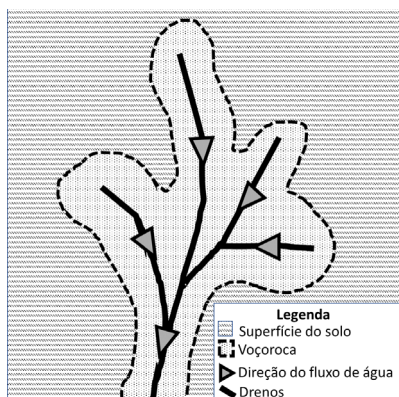
Ao observarmos uma área afetada por erosões, verificaremos que as voçorocas costumam ocorrer nos pontos onde há a convergência dos sulcos erosivos. Estes pontos são caracterizados por apresentar uma declividade mais acentuada que o seu redor, sendo, naturalmente, um ponto de surgência de água (nascentes).

O controle de uma voçoroca deve ser iniciado pelo isolamento da área afetada, o que pode ser feito por meio da implantação de cercas, de modo que sejam impedidos os acessos de animais e de máquinas agrícolas, uma vez que o trânsito de animais e máquinas nesses ambientes proporciona a formação de caminhos preferenciais ao escoamento das águas pluviais, podendo direcionar o fluxo de água para dentro da voçoroca. Seguindo o mesmo princípio, é importante também impedir o fluxo de água das áreas vizinhas para dentro da voçoroca, sobretudo em suas cabeceiras. Sendo assim, todo o seu entorno deverá ser estruturado para que a água seja captada e direcionada para fora do ambiente afetado. Isto pode ser feito por meio da construção de terraços em desnível, que irão captar a água que escoar superficialmente, conduzindo-a para fora do sistema. A água recolhida por essas estruturas deverá ser contida por uma bacia ou direcionada para uma saída segura, onde o solo esteja protegido contra a ação da água.

Considerando que os pontos sujeitos à formação de voçorocas são áreas de convergência de águas subterrâneas, é muito comum que nestes locais ocorra o surgimento de olhos d'água. Sendo assim, para garantir a estabilidade do solo nesse ambiente, faz necessário o estabelecimento de uma rede de drenagem que possibilite o rebaixamento do lençol freático.

Esta rede de drenagem deve ser construída abrangendo-se todas ramificações dentro da voçoroca, que se conectam a um canal principal, conforme podemos observar na Figura 4.1.

Figura 4.1 | Esquema de uma voçoroca, destacando-se a localização dos drenos e o direcionamento do fluxo de água

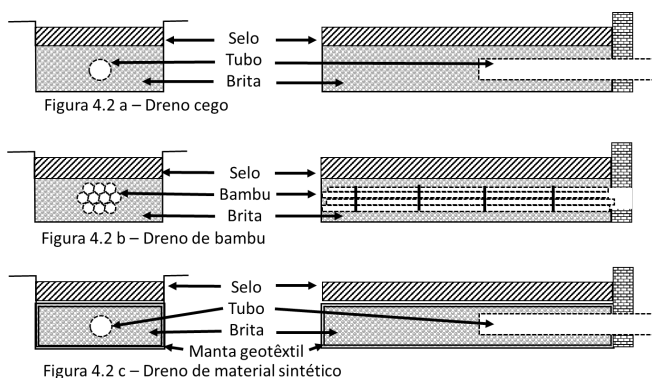


Fonte: elaborada pelo autor.

Os drenos devem ser construídos no fundo da voçoroca, buscando-se drenar todas as surgências de água. De acordo com EMBRAPA (2011), os principais tipos de drenos são:

- a) *Dreno cego*: consiste na construção de uma valeta revestida com material filtrante (brita) e de um tubo perfurado colocado na saída do dreno. A valeta deve ser selada com material impermeável como argila ou plástico (Figura 4.2 a).
- b) *Dreno de bambu*: consiste em usar como material filtrante feixes de bambus envolvidos em manta geotêxtil, que são depositados numa valeta da mesma forma que o anterior e selados com material impermeável Figura (4.2 b).
- c) *Dreno de material sintético*: este dreno é construído sobre uma valeta revestida com manta geotêxtil e preenchida com material filtrante, devendo este estar totalmente envolvido por manta geotêxtil, sendo da mesma forma que os anteriores selado com material impermeável (Figura 4.2 c)

Figura 4.2 | Esquema dos tipos de drenos, destacando os materiais empregados na sua construção. (a) Dreno cego; (b) Dreno de bambu; (c) Dreno de material sintético



Fonte: adaptada de EMBRAPA (2011).

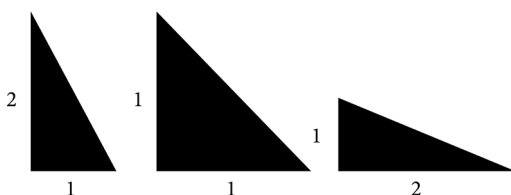
Uma vez estabelecida a rede de drenagem, é possível promover a reconformação do terreno, buscando regularizar suas imperfeições e, principalmente, reduzir a declividade dos taludes. Este trabalho tem como objetivo favorecer o desenvolvimento da cobertura vegetal que irá promover a proteção do solo e a estabilização das vertentes da voçoroca. Neste sentido, recomenda-se que os taludes tenham, no máximo, a inclinação 2:1.



Assimile

Os taludes constituem as superfícies inclinadas formadas pelas obras de corte e aterro. Sua inclinação pode ser determinada pela relação entre os catetos vertical e horizontal (v:h) de um triângulo retângulo. Assim, um talude na proporção 2:1 significa dizer que o triângulo formado tem 2 medidas na altura para uma medida na base. Veja os exemplos na Figura 4.3 a seguir:

Figura 4.3 | Inclinação de taludes em diferentes proporções de v:h

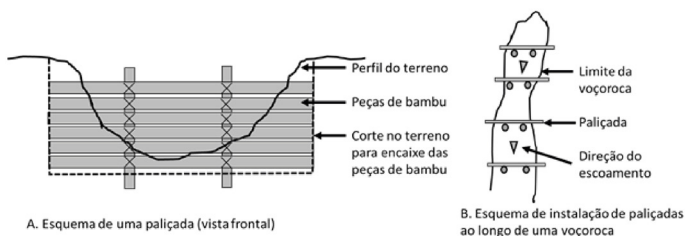


Fonte: elaborada pelo autor.

Nem sempre é possível se realizar a adequação da superfície do solo dentro de uma voçoroca, sendo assim, é comum que alguns pontos permaneçam instáveis e sujeitos à ação da água da chuva. Nestes locais, recomenda-se a construção de estruturas que possam conter o deslizamento de pequenas porções de solo. Estas estruturas podem ser construídas com diferentes materiais e visam dar estabilidade aos taludes e promover a retenção de sedimentos dentro da voçoroca. As técnicas mais conhecidas são a paliçada e o rip rap.

As paliçadas são estruturas mais robustas, construídas ao longo do caminho das águas, visando-se estabelecer uma barreira à passagem de sedimentos, reduzindo a velocidade da enxurrada e, consequentemente, seu potencial de destruição. Normalmente, as paliçadas são construídas com os materiais disponíveis na propriedade rural, sendo muito comum e eficaz o uso do bambu. Na Figura 4.4 podemos observar o aspecto de uma paliçada.

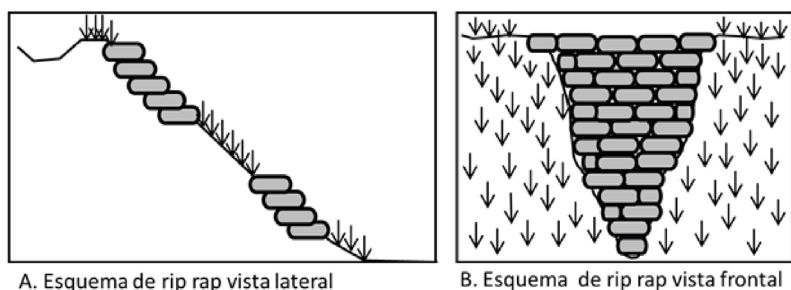
Figura 4.4 | Esquema de paliçada. (A) Vista frontal; (B) Aspecto da instalação de paliçadas ao longo de uma voçoroca



Fonte: elaborada pelo autor.

O rip rap é outra técnica muito empregada para a construção de barreiras e estruturas de sustentação de taludes. Esta técnica consiste no uso de sacos de rafia preenchidos com solo ou areia, que são empilhadas como tijolos, apoiando-se sobre uma superfície inclinada, conferindo-lhe estabilidade, ou dispostas no fundo de uma ravina formando barreiras ao caminhamento da água ou escadas para a dissipação de energia das enxurradas. Numa versão do rip rap, os sacos podem ser preenchidos com uma mistura de solo, adubos orgânicos e sementes, e após assentados no local desejado, têm sua superfície perfurada para que as plântulas possam emergir de seu interior. Esta é uma técnica empregada para promover a formação da cobertura vegetal nesses ambientes. A figura 4.5 ilustra algumas aplicações do rip rap.

Figura 4.5 | Esquema de rip rap. (A) Vista lateral; (B) Vista frontal



Fonte: elaborada pelo autor.

Uma vez que tenhamos isolado e estabilizado uma voçoroca, podemos dar seguimentos ao tratamento do substrato no interior da erosão e na área cercada ao seu redor, visando estabelecer um ambiente favorável ao desenvolvimento de uma cobertura vegetal perene e densa o suficiente para manter o solo protegido e estável. Neste sentido, especial atenção deve ser dada à escolha das espécies que serão utilizadas na revegetação da área afetada.

É importante destacar que no interior da voçoroca a erosão expôs a camada de solo mais pobre, o subsolo. Muitas vezes constituído por um substrato quase inerte, desprovido de matéria orgânica, com baixíssimos teores de nutrientes. Neste sentido, é importante procedermos uma adubação de base para que as primeiras gerações de plantas possam se desenvolver e, a partir de, obter seus nutrientes pela ciclagem da matéria orgânica, conforme discutido anteriormente. Por esta razão, é imprescindível o uso de espécies vegetais capazes de promover a fixação do nitrogênio atmosférico, como é o caso das leguminosas que irão aportar grandes quantidade desse nutriente ao solo.



Exemplificando

Considerando a necessidade de se promover a semeadura de espécies vegetais com diferentes características, bem como o fornecimento de uma adubação básica, apresentamos a seguir, na Tabela 4.1, a sugestão de uma mistura de sementes e adubos que poderão ser utilizados para produzir a cobertura vegetal da superfície da voçoroca, considerando que o substrato é inerte (teores de nutrientes inferiores às quantidades mínimas necessárias para o desenvolvimento das espécies a serem semeadas).

Tabela 4.1 | Composição da mistura de sementes e adubos para a semeadura das superfícies no interior da voçoroca

Insumos	kg ha ⁻¹
Adubo orgânico compostado (mínimo de 1% de N)	1500
Adubo químico Fórmula NPK 04-14-08	600
Sementes de espécies regionais (arbustivas e arbóreas)*	20
Sementes de espécies adubo verde e forrageiras	280

* Seleção de espécies florestais da região, preferencialmente rústicas e de rápido crescimento.

Fonte: elaborada pelo autor.

A área de entorno à voçoroca (área isolada pelo cercamento) também deverá ter sua cobertura vegetal restituída. Este trabalho poderá ser realizado por meio da semeadura direta e/ou plantio de mudas. Os aspectos relacionados à escolha das espécies, bem como às técnicas de semeio e plantio, serão objeto de estudo da Seção 4.3, por ora vamos concentrar nossa atenção no tratamento do solo.

Considerando às condições hostis estabelecidas nos ambientes degradados pela erosão, sobretudo em voçorocas, torna-se inviável a reconstrução das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo por meio das técnicas convencionais empregadas para solos agrícolas. Neste sentido, devemos dar especial atenção às escolhas das espécies vegetais e à adubação química e orgânica, que serão a base para que a cobertura vegetal se estabeleça, e por meio da sucessão das espécies semeadas e daquelas trazidas pelos mecanismos naturais de dispersão de sementes (transporte de sementes, por mamíferos, aves, insetos e vento) é que teremos a reconstrução da fertilidade do solo, seus aspectos físicos e biológicos, que permita a sustentabilidade desse ambiente.

Diante destas informações você já pode desmistificar o pensamento de que uma voçoroca não tem solução. É fato que as recuperações de ambientes

afetados por erosões demandam recursos materiais e financeiros, além da dedicação dos profissionais responsáveis por sua recuperação, entretanto, um problema como estes jamais deve ser abandonado, pois a cada chuva irá tornar-se maior e continuará impactando vizinhos e recursos hídricos próximos, degradando o ambiente com um todo.

Sem medo de errar

Caro aluno,

Chegou o momento de aplicarmos o conhecimento adquirido sobre a recuperação de solos degradados. Lembre-se que você é o engenheiro agrônomo pesquisador de uma instituição pública e que foi indicado para atuar na proposição de medidas para transformar uma propriedade rural que foi doada a uma universidade para transformá-la em uma fazenda experimental.

Para isso você fez uma análise geral das áreas a serem trabalhadas, constatando que haviam várias frentes de trabalho a serem desenvolvidas, entre elas você decidiu, primeiramente, atuar na recuperação dos solos degradados, que tiveram sua camada fértil removida pelos intensos processos erosivos instalados nesses locais. Considerando que se tratavam de áreas com aptidão agrícola para a introdução de lavouras, você resolveu implementar técnicas que promovessem a recuperação dos atributos químicos, físicos e biológicos desses solos, devolvendo assim a sua capacidade produtiva.

Neste sentido, considerando os resultados das análises de solo, você pôde mapear o grau de degradação dos atributos do solo, constatando problemas de fertilidade e baixo teor de matéria orgânica, além da compactação do solo. Por meio do resultado destas análises foi possível conhecer a necessidade de calagem e, também, promover a recomendação de adubação para se atender à demanda dos adubos verdes que seriam cultivados no local.

Uma vez que a amostragem de solo foi realizada, você passou para a etapa seguinte, que foi o controle da erosão. Por se tratar de uma área afetada pela erosão laminar, com presença de sulcos erosivos pouco profundos, você decidiu empregar as práticas conservacionistas comuns às áreas agrícolas, iniciando pela demarcação das curvas de nível que serviriam de base para a construção dos terraços. Uma vez que o terraceamento fosse finalizado, a área poderia então receber a calagem.

Por se tratar de um solo degradado, já muito pulverizado, você preferiu não promover a preparo convencional, buscando melhorar as condições físicas do solo por meio da adubação verde. Considerando as potencialidades desta prática conservacionista vegetativa você buscou fazer a seleção

de espécies que pudesse desempenhar as funções de rompimento da camada adensada do solo (sistema radicular pivotante profundo), enriquecimento de sua porosidade (raízes fasciculadas), formação da cobertura do solo (diferentes arquiteturas de copa), estabelecimento da cobertura (produção de biomassa) e fixação de nitrogênio (leguminosas). Assim, feita a seleção de espécies, a semeadura poderia ser realizada segundo os princípios do plantio direto, juntamente com uma pequena adubação de base, recomendada para se garantir o fornecimento mínimo de nutrientes para que as plantas pudessem se desenvolver e promover, rapidamente, a cobertura do solo.

Considerando a necessidade de acompanhamento, ao final do ciclo da maioria das espécies semeadas, você promoveu nova análise de solo para verificar se houve melhoria nos parâmetros estudados, além das observações de campo onde analisou a qualidade da cobertura do solo (viva e morta), presença de erosão, capacidade de infiltração de água no solo.

Diante dos resultados obtidos desse levantamento, você pôde concluir que foi possível recuperar a capacidade produtiva do solo trabalhado, tornando-o adequado à utilização para o cultivo de lavouras, desde que aplicados os princípios conservacionistas preconizados, de modo a se garantir a manutenção da condição alcançada.

Avançando na prática

Estabilização de voçorocas

Descrição da situação-problema

Durante uma visita técnica a uma propriedade rural para avaliar a qualidade de uma pastagem, você se deparou com uma voçoroca que se formou na parte mais baixa do pasto, local onde o gado se concentrava para descer a encosta e beber água no açude que se encontrava logo abaixo desse ponto. A área já não servia de pasto e o açude estava completamente assoreado. Ao perguntar sobre a voçoroca o produtor respondeu que a encosta onde havia a voçoroca é uma área de surgência de água e, por este motivo, foi feito um açude para dar de beber ao gado e, devido ao caminhamento do gado naquela área, iniciou-se a formação de sulcos erosivos até que numa grande chuva houve o desbarrancamento que assoreou o açude e, desse dia em diante, a voçoroca formada aumentava de tamanho a cada ano. Inconformado com a situação, você perguntou se o produtor não ia tomar nenhuma providência para interromper aquele processo. O produtor respondeu que aquilo não tinha mais jeito, por isso resolveu abandonar a área.

Foi, então, que você ofereceu ajuda ao produtor para solucionar o problema. O que foi aceito de imediato! E agora, quais suas indicações ao produtor?

Resolução da situação-problema

Assim, avaliando a situação, você pediu ao produtor que cercasse todo o entorno da área afetada de modo a protegê-la contra a entrada de gado. Sugeriu que se fizesse o terraceamento em toda a encosta onde a erosão havia se formado, considerando que toda aquela área estava sujeita à formação de novos sulcos erosivos. Sugeriu ainda que, manualmente, fosse realizada a suavização dos taludes, de modo a reduzir-se a declividade das vertentes da voçoroca, o que possibilitaria o estabelecimento da cobertura vegetal.

A cobertura vegetal é uma parte importante na estabilização de uma voçoroca, sendo assim deve ser implantada com bastante critério por meio da sementeira de espécies rústicas de adubos verdes, que possam produzir sistemas radiculares vigorosos e uma cobertura do solo satisfatória, além de favorecer o aporte de matéria orgânica ao sistema. Considerando que a sementeira seria realizada no subsolo exposto pela erosão, e que este material era desprovido de nutrientes, você recomendou que na sementeira fosse fornecida também uma quantidade mínima de adubos químicos e orgânicos, o que favoreceria o desenvolvimento inicial das plantas.

Além dessas medidas, sugeriu ainda que o fluxo de água dentro da voçoroca fosse interrompido pela construção de paliçadas, que poderiam ser construídas com bambu que, em geral, é um material muito resistente e bastante comum nas propriedades rurais.

Com essas recomendações, você pôde garantir ao produtor que uma voçoroca pode até não voltar a ser usada para a agricultura, mas pode ser controlada e destinada à composição de um fragmento de mata.

Faça valer a pena

1. A erosão do solo é um dos fatores mais importantes de degradação dos solos tropicais. Em algumas situações, podem promover a remoção da camada fértil do solo, tornando-o impróprio para o uso agrícola. Sobre o tema, analise os itens a seguir:

- I. Redução da capacidade de infiltração de água no solo.
- II. Redução da porosidade.
- III. Compactação da camada subsuperficial.
- IV. Ausência de terraços.

São fatores que influenciam a formação de processos erosivos.

- a) Apenas I e III.
- b) Apenas II e IV.
- c) Apenas I, II e III.
- d) Apenas II, III, IV.
- e) I, II, III e IV.

2. No caso de áreas afetadas por erosão laminar, com perda da camada superficial fértil do solo, sua capacidade produtiva poderá ser recuperada pelo emprego das práticas conservacionistas, para o controle do escoamento superficial e melhoria da fertilidade e física do solo.

Nas alternativas a seguir, indique aquela que apresenta as práticas mais indicadas para a recuperação da situação descrita.

- a) Preparo convencional do solo e rotação de culturas.
- b) Aração do solo e calagem.
- c) Terraceamento e adubação verde.
- d) Cultivo em nível e monocultura.
- e) Gradeamento e adubação química.

3. As voçorocas constituem o estágio mais avançado de um processo erosivo, onde grandes quantidades de terra são perdidas, tornando a área inútil ao desenvolvimento da agricultura. Sobre as voçorocas, analise as afirmativas e verifique se são verdadeiras ou falsas.

- I. O uso de paliçadas e rip rap na recuperação de voçorocas é muito recomendável para a formação de barreiras ao fluxo de água e fornecimento de sustentação para superfícies instáveis.
- II. No processo de recuperação de uma voçoroca é recomendado o isolamento da área de modo a torná-la inacessível à animais e máquinas agrícolas, isto pode ser conseguido pela instalação de cerca na área ao redor da erosão.
- III. Numa voçoroca, o processo de estabilização de suas vertentes não pode ser conseguido por meio da fixação de uma cobertura vegetal.

Assinale a alternativa correta onde I, II e III são respectivamente:

- a) V, V, V.
- b) V, V, F.
- c) V, F, V.
- d) F, V, F.
- e) F, F, F.

Recuperação de pastagens degradadas

Diálogo aberto

Caro aluno,

Em 2017 o Brasil possuía o segundo maior rebanho de bovinos no mundo. Graças ao clima e, também, à grande disponibilidade de área, 95 % da carne bovina produzida no país acontece em regime de pastagens, o que proporciona menor custo de produção quando comparada à produção em sistema semiconfinado ou confinado, onde a base da alimentação é a ração. São aproximadamente 200 milhões de hectares de pastagens nativas e plantadas. Porém, cerca de 130 milhões de hectares destas pastagens encontra-se degradadas ou com algum grau de degradação (EMBRAPA, 2018a).

Neste contexto é que se concretiza nosso novo desafio. Assim, dando sequência ao trabalho iniciado para se recuperar as áreas degradadas da futura fazenda experimental, você irá agora dedicar-se ao tratamento das pastagens degradadas, considerando que algumas áreas da fazenda experimental apresentam vocação para este tipo de uso do solo e deverão permanecer assim para se atender à pesquisa com a pecuária que será desenvolvida na propriedade.

Como vimos na seção anterior, a primeira ação para se promover a recuperação de um ambiente degradado é o tratamento de seu solo. Por este motivo, você dedicou uma atenção especial a áreas com solo degradado pela erosão, identificando as áreas mais sensíveis e propondo as medidas necessárias para se recuperar o seu potencial produtivo.

Agora você deverá projetar as ações necessárias para tornar as áreas destinadas ao cultivo de pastagens novamente produtivas e capazes de proporcionar alimento de qualidade aos animais. Neste sentido, você partiu para um diagnóstico das pastagens existentes, constatando que estas apresentavam grau intermediário de degradação, onde era possível observar um pasto mal formado, com falhas e forragem com sintomas de deficiência nutricional, além disso o solo estava compactado. Apesar das condições da forragem, o pasto era formado por *Brachiaria decumbens*, que é uma espécie rústica, muito bem adaptada às condições ambientais locais. Apesar de degradada, a pastagem não apresentava infestação significativa com plantas indesejáveis, tão pouco de formiga e cupins.

Diante deste cenário, o que fazer: recuperar ou renovar as pastagens? Quais métodos deverão ser empregados para se retomar a capacidade de suporte destas áreas?

Não há como responder a estes questionamentos sem antes estudarmos o conteúdo que vem pela frente. Portanto, mãos à obra e boa leitura!

Não pode faltar

Caro aluno,

No Brasil, a forma mais comum de exploração de pastagens naturais e implantadas acontece por meio do sistema extrativista, que utiliza apenas a fertilidade natural dos solos para nutrição das forragens. Neste sistema, o pastejo contínuo sem a reposição de nutrientes tem causado impacto na fertilidade desses solos, reduzindo-se a capacidade de suporte das pastagens. Não raramente, esta forma de exploração gera a formação de pastagens degradadas, que acabam sendo abandonadas e, nesta condição, são dominadas por espécies invasoras rústicas, de difícil erradicação. Neste contexto, podemos desatacar que a falta de informação e a negligência vêm transformando milhões de hectares de pastagens em áreas degradadas, afetando o potencial produtivo do país e, ainda, a qualidade do ambiente.

Este quadro de degradação vai de encontro ao cenário que tem se consolidado nas últimas décadas, onde o Brasil se coloca em posição de destaque na produção e fornecimento de carne para vários países. Neste sentido, a pesquisa tem voltado sua atenção ao desenvolvimento de técnicas que buscam recuperar pastagens degradadas e ainda propõem uma exploração mais sustentável do solo para a geração de produtos de origem animal, que tem o pasto como a base de produção. Porém, o primeiro passo para se alcançar esse objetivo é entender os fatores que corroboraram para a formação deste cenário, de modo que possamos atuar diretamente na sua eliminação ou mitigação, sempre com foco na sustentabilidade dos sistemas.

Diferentes fatores contribuem para a degradação das pastagens, como já discutido anteriormente, uma das razões está associada ao uso de solos sem aptidão agrícola para a implantação de pastagens. Partindo do pressuposto que o reconhecimento da aptidão depende das características ambientais (solo, clima, relevo, entre outros) favoráveis ao desenvolvimento de uma determinada atividade, no Brasil é muito comum designar áreas inadequadas à agricultura para a implantação de pastagens. Este é o primeiro grande equívoco, muitas dessas áreas também apresentam limitações para o cultivo de forrageiras e para trânsito de animais, conforme podemos observar na Figura 4.6.

Figura 4.6 | Aspecto da área destinada à formação de pastagens afetada pela erosão do solo



Fonte: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agricultura_e_meio_ambiente/arvore/CONR TAG01_14_299200692526.html. Acesso em: 3 dez. 2018.

Além de usar áreas inadequadas, é muito comum os pecuaristas errarem também na escolha da espécie forrageira. Sendo assim, na definição da espécie há que se considerar as características do clima, solo, relevo e espécie animal que irá consumir o pasto, visto que cada uma possui peculiaridades na forma de pastejar e na demanda nutricional.



Saiba mais

A EMBRAPA (2016, p. 1) cita que “um bom pasto começa pelo seu correto estabelecimento e o processo se inicia com a escolha das forrageiras adaptadas ao ambiente da propriedade”.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, EMBRAPA.
Notícias: escolha da espécie forrageira.

A não utilização de práticas conservacionistas, como terraceamento e manejo da fertilidade, também tem colaborado para a degradação das pastagens. Para se ter uma ideia da falta de atenção à fertilidade do solo em pastagens, veja os dados da Tabela 4.2.

Tabela 4.2 | Comparativo entre área plantada e o uso de fertilizante por cultura

Atividade	Área plantada (valor aproximado em ha)	Entrega de fertilizantes
Soja	35.000.000	1,57%
Pastagem	200.000.000	42,52%

Fonte: elaborada pelo autor.

Somados a estes fatores, devemos considerar ainda o número de animais por área, que normalmente é superior a capacidade de suporte das pastagens, exercendo forte pressão sobre a forragem, gerando compactação do solo e, consequentemente, erosão. E, por fim, uma prática ainda muito comum no Brasil, a queima do pasto, que além de lançar toneladas de carbono na atmosfera consome também a maior parte dos nutrientes retidos no capim seco e da matéria orgânica sobre o solo.

Como consequência à atuação dos fatores apontados anteriormente, temos a geração de pastagens degradadas, incapazes de suportar uma taxa mínima de lotação, onde as forrageiras, quando se desenvolvem, apresentam baixa qualidade nutricional para atender às necessidades dos animais.

Quando degradadas ou em processo de degradação, as pastagens apresentam sinais que podem ser utilizados por produtores e profissionais como indicadores para identificar a necessidade de se promover alguma intervenção. Neste sentido, podemos destacar que o vigor da forragem pode ser usado como indicador de qualidade da pastagem, uma vez que em ambientes degradados a forragem passa apresentar porte menor que o esperado para a espécie, baixa capacidade de rebrota, coloração desbotada, conforme ilustra a Figura 4.7.

À medida que a forragem perde o vigor, reduz-se sua capacidade de rebrota, consequentemente a cobertura do solo torna-se cada vez menor, expondo-o às condições do clima. Sendo assim, outro indicador é a presença de manchas de solo exposto, com evidências de erosão.

Figura 4.7 | Aspecto de pastagem com baixo vigor de forrageiras e exposição do solo



Fonte: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2361250/embrapa-mapeia-degradacao-das-pastagens-do-cerrado>. Acesso em: 8 dez. 2018

A erosão em pastagens pode indicar diferentes fatores atuando para a sua degradação, assim quando a cobertura vegetal se torna baixa e falha, passa a não proteger o solo contra a ação da chuva que, consequentemente, irá promover sua erosão. Também podemos atribuir a presença de processos erosivos à compactação do solo que, nestes casos, pode ser gerada pela alta lotação (número de cabeças por área acima da capacidade de suporte) e continuidade do pastejo por períodos prolongados, sem que haja períodos de descanso para que a vegetação possa se recompor.

Não obstante, estas condições proporcionam o ambiente favorável ao aparecimento de cupins e formigas que agravam ainda mais a situação, pois estes insetos consomem grandes quantidades de material vegetal, chegando a competir com o gado em casos de alta infestação (Figura 4.8 A).

A infestação por plantas invasoras constitui outro indicativo de pastagem degradada, uma vez que, quando saudáveis, as espécies forrageiras são altamente eficientes no uso de água e nutrientes, cobrindo totalmente o solo, impedindo assim que outras plantas consigam se desenvolver naquele ambiente. Em pastagens degradadas, as espécies forrageiras tornam-se menos eficientes, tornando-se menos competitivas, permitindo que algumas plantas se desenvolvam. As espécies invasoras podem variar com a região e com as características do solo (Figura 4.8 B).

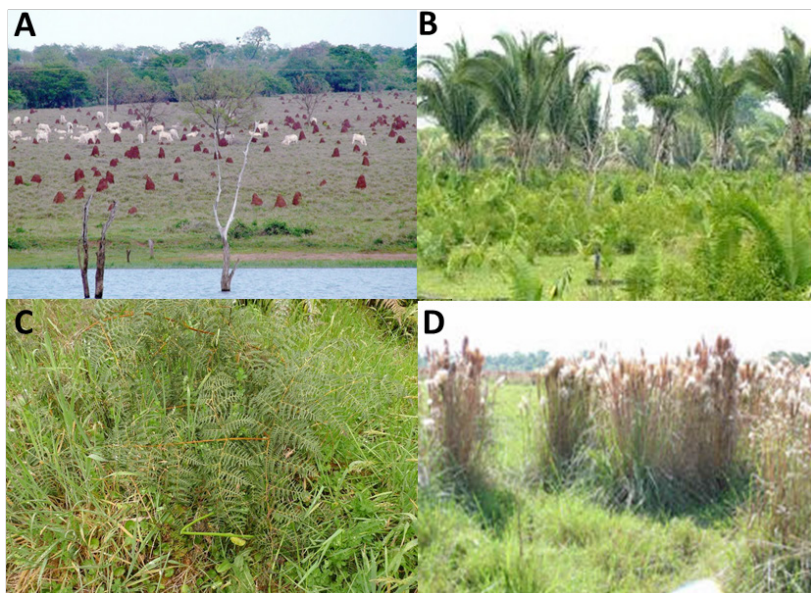


Exemplificando

A seguir apresentamos algumas espécies utilizadas como indicadores de pastagens degradadas:

- Algumas espécies de samambaias, como o caso da *Pteridium esculentum*, desenvolvem-se muito bem em pastagens degradadas, sobretudo naquelas que apresentam solos ácidos. Além de invasora, é uma planta tóxica para os animais.
- O babaçu (*Attalea speciosa*) é uma espécie de palmeira muito comum no norte do país, principalmente nos estados do Maranhão e Pará. Nestes estados é comum realizar a “limpeza” das pastagens pela queima da vegetação seca, este procedimento potencializa a germinação do babaçu que passa a dominar a paisagem.
- Pastagens degradadas podem ser dominadas também por outras espécies de gramíneas, porém sem valor como espécie forrageira, é o caso do capim rabo de burro (*Andropogon bicornis*).

Figura 4.8 | Aspecto de pastagens infestadas por cupinzeiros (A) e por babaçu (B)



Fonte: A Comprerural (2018), <https://www.comprerural.com/cupim-e-os-danos-pastagem-controlar-e-preciso/>; B Araújo (2018), <http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/biologiaezootecnia/8manejo-de-plantas-daninhas-em-pastagem.pdf>; C Museum of New Zealand (2019), <https://collections.tepapa.govt.nz/object/1421709>; D WWF (2019), https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/areas_prioritarias/pantanal/pantanal_pub/anexo_eletronico. cfm. Acesso em: 21 jan. 2019.

Como você pôde perceber, no Brasil, muitos fatores corroboram para a construção de um cenário desfavorável à conservação das áreas de pastagens e, sendo assim, é imprescindível para o país que ações sejam empreendidas para se reverter este quadro. Ainda é fonte de pesquisa o momento certo de se promover a intervenção nas pastagens, buscando prevenir sua degradação, dizemos isto, pois a verificação dos indicadores descritos nos mostrará que o processo de degradação já está instalado e, neste momento, a reversão do problema é mais difícil e dispendiosa. Por esta razão, destacamos que é necessário o emprego de ferramentas tecnológicas para que se possa promover o controle da qualidade das pastagens e a prevenção contra a degradação destes sistemas. Isto posto, podemos partir para o estudo das técnicas e estratégias para a recuperação e renovação das pastagens.



Assimile

Antes de prosseguirmos, é importante conhecermos alguns conceitos:

- **Recuperação de pastagens:** visa restabelecer a produção de uma forragem, sem que haja a substituição da espécie ou cultivar plantada;
- **Renovação de pastagens:** diz-se do trabalho de restabelecer a produção de uma forragem por meio da substituição da espécie que está degradada;
- **Reforma de pastagens:** termo empregado para designar o trabalho de correção ou reparo que se faz necessário após o estabelecimento de pastagem.

Conforme temos discutido, antes de se tomar qualquer decisão sobre quais ações iremos empreender para se promover as mudanças desejadas, devemos realizar um diagnóstico da situação. No caso de pastagens degradadas, precisamos atuar da mesma forma, ou seja, antes de se optar pela recuperação ou renovação das pastagens e definir quais as práticas e insumos serão necessários, temos que levantar o histórico de uso da área, as características do solo, relevo, ocorrência de pragas e plantas invasoras.

Diante do diagnóstico realizado podemos indicar o método de recuperação de pastagens degradadas mais adequado a cada situação. Neste sentido podemos optar pelos métodos diretos, recomendados para pastagens ainda em grau inicial de degradação, onde são empregadas apenas técnicas mecânicas e químicas sobre a pastagem degradada. Para as situações onde a degradação é mais intensa devem ser aplicados os métodos indiretos, onde a recuperação ou renovação serão viabilizadas pelo cultivo de pastagens anuais ou lavouras de grãos (EMBRAPA, 2012). Estes autores propõem quatro métodos para o tratamento das pastagens degradadas, conforme veremos a seguir:

Recuperação direta: esta prática se justifica quando o consórcio com lavouras não é possível, devido às condições ambientais e de mercado desfavoráveis à produção, transporte e comercialização de grãos. Neste caso, o manejo para a recuperação das pastagens é feito considerando apenas a aplicação das práticas agrônômicas na pastagem degradada. E de acordo com o grau de degradação é possível diferenciar três tratamentos a serem aplicados à vegetação existente:

- **Recuperação direta sem destruição da vegetação:** destinada a pastagens ainda em estágio inicial de degradação, ocasionada pela desnutrição da forragem. Sendo assim, a recuperação pode ser feita por

meio do uso de corretivos e adubos, com doses recomendadas a partir da análise do solo, que poderão ser jogados à lanço, em área total, buscando-se assim a retomada de vigor e a nutrição da forragem;

- Recuperação direta com destruição parcial da vegetação: recomendada para pastagens em estágio intermediário de degradação, ocasionada pelo manejo inadequado, desnutrição da forragem, compactação do solo, pastagem malformada ou pelo desejo de se introduzir leguminosas. Nesta situação, é preciso realizar a dessecação da pastagem para facilitar as operações mecanizadas, isto deve ser feito por meio do uso de herbicidas em doses que permitam o retorno da forragem. Em áreas de solo compactado será necessário o uso de subsolador. Não havendo solo compactado, a semeadura pode ser realizada diretamente sobre a palhada do material dessecado. Esta operação deverá ser realizada simultaneamente com a adubação, podendo ser semeada a mesma espécie de forragem, introduzida uma espécie de leguminosa, ou de espécie forrageira anual, que permitirá o pastejo imediato até que a forragem perene se estabeleça;
- Recuperação direta com destruição total da vegetação: recomendada para pastagens com alto grau de degradação, ocasionada pela baixa produtividade da pastagem, ocorrência de solo exposto, infestação de plantas invasoras, cupins e formigas, solo com problemas de fertilidade, acidez, compactação e erosão, desejando-se a manutenção da espécie ou cultivar. Esta situação é a mais crítica e, por este motivo, é a que demanda mais esforços e recursos. São indicados o preparo total do solo, introdução das práticas conservacionistas, aplicação e incorporação do corretivo do solo, com posterior semeadura da mesma espécie ou cultivar forrageira, solteira ou em consorciação com leguminosas.

Recuperação indireta com destruição total da vegetação: este método é recomendado para pastagens com alto grau de degradação, porém no processo de recuperação será cultivada uma lavoura ou pastagem anual, que viabilizará economicamente o trabalho até que a pastagem esteja totalmente formada. Assim, após a implementação de todas as técnicas para a adequação e conservação do solo, é realizada a semeadura da mesma espécie forrageira simultaneamente com a pastagem ou cultura anual. É possível realizar a semeadura da cultura anual de forma solteira e no final de seu ciclo semear a forragem.

Renovação direta: este método tem como objetivo a substituição da espécie ou cultivar, sendo assim, uma operação dispendiosa, realizada por meio de tratos mecânicos e químicos com herbicidas, destinados a promover a erradicação da espécie ou cultivar a ser substituída.

Renovação indireta com uso de pastagem ou lavoura anual: este método de renovação é recomendado para pastagens que apresentem alto grau de degradação. Devido às condições nas quais o método é desenvolvido, constitui a alternativa mais dispendiosa para o tratamento de pastagens degradadas, requerendo condições ambientais e de mercado favoráveis ao cultivo, transporte e comercialização da produção de grãos, em caso contrário, recomenda-se o cultivo de pastagens anuais para a amortização dos custos de renovação da pastagem. Neste sistema, a implantação da nova espécie de forragem somente será realizada após sucessivos cultivos anuais (lavoura de grãos ou pastagens anuais) e controle da forragem a ser substituída.



Refleta

Além de ser muito dispendioso, o método de renovação de pastagens, onde se tem como objetivo a substituição de uma espécie ou cultivar de forrageira por outra, é tido como a operação de tratamento de pastagens que oferece maior risco de insucesso. Você saberia explicar a razão dessa afirmativa?

Do ponto de vista da conservação do solo em áreas e pastagens, além das técnicas e considerações apresentadas, os sistemas de produção integrados constituem uma alternativa promissora para a recuperação de pastagens degradadas. Estes podem envolver a produção de diferentes produtos, como grãos, fibras, madeira, energia, leite ou carne na mesma área, graças às técnicas, já discutidas, que permitem o cultivo de espécies distintas em rotação, consorciação e sucessão. Basicamente os sistemas de integração são desenvolvidos por meio do cultivo de lavouras de verão, como milho e soja juntamente com espécies florestais e espécies forrageiras. Neste contexto, inúmeras são as possibilidades de combinação entre as atividades e sua distribuição no espaço e no tempo. São exemplos desses sistemas: Integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF); Integração lavoura-pecuária (ILP); Sistema silvipastoril (SSP) (Figura 4.9).

Figura 4.9 | Aspecto do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF)



Fonte: <http://www.sif.org.br/noticia/ilpf--o-que-e-integracao-lavoura-pecuaria-floresta>. Acesso em: 9 dez. 2018.

De acordo com EMBRAPA (2012), o emprego destes sistemas pode intermediar o processo de recuperação ou renovação de pastagens, por meio do cultivo sucessivo de pastagens e lavouras anuais de verão, pois têm apresentado excelentes resultados na recuperação das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, sendo muito eficientes, ainda, na quebra do ciclo de doenças e pragas e no controle de plantas daninhas. Como já estudado anteriormente, a implantação destes sistemas proporciona a otimização do uso do solo, potencialização da produção pela combinação adequada de espécies, maior sustentabilidade da atividade agrícola, entre outras vantagens que têm como produto a conservação do solo e da água.

De acordo com as informações trabalhadas aqui, pudemos perceber que a degradação de pastagens no Brasil constitui um grande desafio a ser vencido, porém, empregando-se as técnicas e insumos adequados para cada situação, é possível revertermos esta situação, sendo esta mais uma possibilidade de atuação para você, engenheiro agrônomo!

Sem medo de errar

Caro estudante, agora que já estamos mais bem informados sobre o tratamento de pastagens degradadas, podemos retomar nossa discussão sobre quais medidas deverão ser aplicadas para que possamos tornar novamente produtivas as pastagens da futura fazenda experimental. Lembre-se que em seu diagnóstico você pôde constatar que a área apresentava um grau intermediário de degradação, que é caracterizado, principalmente, pelo estado da pastagem, que foi malformada e agora apresenta uma forragem com deficiência nutricional e falhas. Outra constatação importante referente ao solo é que apresentava sinais claros de compactação. Como pontos positivos de sua avaliação, você pode constatar que a área não apresentava infestação significativa de cupins, formigas ou plantas indesejáveis e, ainda, que a forrageira atual era adequada à região, sendo assim, não precisaria ser substituída.

Diante de seu diagnóstico, você pode concluir que a melhor opção para o tratamento desta pastagem seria a metodologia de recuperação direta com destruição parcial da vegetação, visto que se deseja manter a mesma espécie, sendo a introdução de leguminosas uma possibilidade neste caso.

Assim, sua proposta consistiu em se recomendar o uso de herbicidas desseccantes em doses que pudessem controlar a parte aérea sem matar a planta, de modo que sejam facilitadas as operações mecanizadas. Dessa forma, após a realização das intervenções, a forragem volta a se desenvolver normalmente. Com a pastagem dessecada é possível realizar a subsolagem para que rompa

a camada de solo compactada, proporcionando-se, assim, um ambiente mais favorável à infiltração de água e desenvolvimento de raízes, o que tornará a forragem mais resistente a períodos de estiagem. Considerando o resultado da análise de solo, você deve providenciar a recomendação de calagem e adubação química, considerando-se as características do solo e, também, as necessidades da espécie a ser cultivada. A calagem poderá ser realizada a lanço em área total, já a adubação será realizada simultaneamente com a semeadura, que será feita em sistema de plantio direto. Por se tratar de uma fazenda experimental, você deve dividir as áreas destinadas às pastagens em duas glebas, assim, na primeira gleba recomendaria a semeadura direta de sementes de *Brachiaria decumbens* de forma solteira e na segunda gleba recomendaria a consorciação com uma leguminosa, desta forma você proporcionará duas situações diferentes que poderão ser comparadas em experimentos.

Avançando na prática

Sistemas de integração

Descrição da situação-problema

O Sr. Altair é um grande pecuarista do Mato Grosso, que se orgulha de ter desbravado a região há trinta anos. Nessa ocasião, este produtor realizou o desmatamento da área autorizada e sobre os restos florestais formou sua pastagem. Nestes anos todos o Sr. Altair não realizou nenhum trato cultural em seus pastos, como consequência, atualmente, a área se encontra em grau avançado de degradação, onde é possível se observar a forragem com baixo vigor e apresentando sintomas de deficiência generalizada de nutrientes, em decorrência dessa desnutrição muitas plantas morreram deixando grandes falhas com solo exposto. Apesar da baixa declividade (de 2 a 5%) nas áreas de solo exposto, é possível observar a formação de processos erosivos. De modo geral, o solo foi compactado pelo pisoteio do gado. Também é possível observar a presença de cupins e plantas invasoras indesejadas. Com isso, o Sr. Altair tem observado que a cada ano que passa fica mais difícil engordar o gado e já teve que arrendar os pastos de vizinhos para que pudesse fazê-lo.

Diante deste cenário, você foi chamado para avaliar esta situação e realizar as recomendações necessárias para restituir a capacidade produtiva da fazenda do Sr. Altair, que lhe revelou o desejo de diversificar sua produção por meio do cultivo de soja.

Em sua opinião, qual o melhor método para se tornar as pastagens do Sr. Altair novamente produtivas e proporcionar à propriedade a diversificação almejada?

Resolução da situação-problema

Diante da situação que se apresentava na propriedade do Sr Altair, você considerou a necessidade de se aplicar o método de recuperação indireta com destruição total da vegetação e uso de lavoura anual, preparando-se a área para a integração entre lavoura e pastagens, onde é possível rotacionar lavouras e pastagens anuais para a recuperação da capacidade produtiva do solo. Assim, você deve sugerir que seja realizada análise de solo que servirá de base para a recomendação de calagem e adubação. Considerando a infestação de cupins e plantas invasoras, primeiramente deve ser realizado o controle destes insetos, com destruição dos cupineiros, posteriormente o controle das plantas daninhas simultaneamente com a forragem existente. O terreno limpo possibilitará a realização da calagem, seguida da descompactação do solo. Somente, então, é que poderá ser realizada a semeadura da lavoura anual de verão, no caso, a soja, e, ao final do ciclo desta cultura, realizou-se a semeadura da pastagem anual. Esta rotação deveria ser repetida até que se obtivesse a estabilização dos parâmetros químicos e físicos do solo desejáveis ao desenvolvimento da maioria das culturas. Somente nesta situação é que se recomenda a formação de uma pastagem perene.

Faça valer a pena

1. O Brasil tem consolidado sua posição como um dos maiores produtores mundiais de carne bovina. Considerando que a maior parte de nosso gado é criado em sistema extensivo, utilizando pastagens como principal fonte de alimentos. Entretanto, ainda deixa muito a desejar quanto à qualidade destas pastagens, que em grande parte apresenta degradada ou com algum sinal de degradação. Sobre o tema, analise os itens a seguir.

- I. Manejo inadequado da adubação.
- II. Número de animais por área maior do que a capacidade de suporte da pastagem.
- III. Escolha da espécie de forragem inadequada.
- IV. Uso de área sem aptidão para a formação de pastagens.

São responsáveis pela degradação de pastagens os itens:

- a) Apenas I e III.
- b) Apenas II e IV.
- c) Apenas I, II e III.
- d) Apenas II, III e IV.
- e) I, II, III e IV.

2. Sobre o tratamento dado às pastagens degradadas, avalie os conceitos apresentados:

- I. Promove o restabelecimento da forragem, sem a substituição da espécie ou cultivar plantada.
- II. Promove o restabelecimento do potencial produtivo de uma pastagem por meio da substituição da espécie ou cultivar que está degradada.
- III. Trabalho de correção ou reparo que se faz necessário após o estabelecimento de pastagem.

Os itens I, II e III apresentam respectivamente as definições de:

- a) Sistema integrado, recuperação e reforma.
- b) Reforma, renovação e manejo.
- c) Recuperação, renovação e reforma.
- d) Manejo, conservação e sistema integrado.
- e) Recuperação, conservação e manejo.

3. De acordo com o grau de degradação da pastagem e com os objetivos pretendidos para cada situação, diferentes métodos podem ser empregados para tratamento de pastagens degradadas. Considerando a seguinte situação: um pecuarista deseja fazer a substituição da espécie de forragem usada e sua pastagem foi assim caracterizada: baixa produtividade da forragem, solo descoberto, compactado e com baixa fertilidade, infestação de plantas indesejáveis, ocorrência de cupins.

Considerado a situação apresentada, qual método deve ser indicado para o tratamento da pastagem?

- a) Reforma.
- b) Recuperação direta.
- c) Recuperação indireta com destruição total da vegetação e uso de pastagem ou lavoura anual.
- d) Renovação direta.
- e) Renovação indireta com uso de pastagem ou lavoura anual.

Recuperação e restauração de áreas degradadas

Diálogo aberto

Caro aluno,

Em sua atuação profissional, além das situações já estudadas, você poderá ainda ter a oportunidade de trabalhar com recuperação de áreas que tenham sofrido a perda total de sua resiliência, ou seja, sua capacidade de retornar à sua condição original por meio do estabelecimento de uma cobertura vegetal que proporcione estabilidade e a sustentabilidade do sistema. Sobre este contexto é que apresentamos seu novo desafio.

Assim, considerando sua tarefa de propor a recuperação para os diferentes ambientes degradados da futura fazenda experimental, seus conhecimentos como engenheiro agrônomo serão aplicados agora na recuperação de áreas que tenham sido degradadas pela mineração, onde basicamente não há mais solo, onde intensos processos erosivos deformaram o terreno e lavaram os nutrientes e a vida do solo, transformando-o num substrato inerte.

Antes de iniciar seu trabalho, você obteve a informação de que as áreas de mineração da fazenda deverão ser recuperadas e destinadas à constituição da reserva legal da propriedade em questão. Sendo assim, você deverá considerar, em seu projeto de recuperação, o emprego de técnicas que proporcionem a formação de um ambiente equilibrado e estável que, por sua vez, irá favorecer o desenvolvimento da vegetação nativa!

Nesta altura novos questionamentos surgem. Neste caso, onde o solo foi totalmente descaracterizado, quais são as técnicas mais indicadas para a recuperação do solo? Que tipo de cobertura vegetal você recomendaria? Onde conseguir as mudas e sementes necessárias para o processo de revegetação destes ambientes, considerando que não há viveiros florestais na região?

Estudando as definições e objetivos da recuperação e restauração de áreas degradadas, a revegetação de áreas degradadas, assim com a seleção de espécies vegetais para recuperação do solo e os aspectos mais relevantes para a produção de mudas de espécies florestais para plantio em áreas degradadas, você se sentirá bastante seguro para responder a estes questionamentos e, finalmente, concluir seu projeto de recuperação de áreas degradadas da fazenda experimental, que é o foco de sua atuação nesta unidade do livro.

Então, pronto para encarar mais este desafio?

Prezado aluno,

Ao longo de nossos estudos temos dedicado especial atenção à degradação ambiental decorrente do uso agrícola do solo, onde as escolhas equivocadas quanto à atividade a ser desenvolvida e o tipo de manejo adotado têm promovido a redução da capacidade produtiva dos solos. Em outra mão, buscamos apresentar as principais práticas que podem ser empregadas na recuperação destes ambientes degradados e, também, para se reduzir o impacto das atividades agrícolas sobre o meio onde são desenvolvidas, evitando-se assim sua degradação.

Porém, nosso trabalho pode ir um pouco mais além, podendo ser requisitado para o tratamento de áreas que sofreram a perda total de sua capacidade produtiva, pela perda ou destruição do seu solo, onde as condições são totalmente adversas à regeneração natural.

Este cenário é facilmente observado em áreas afetadas por voçorocas, áreas de mineração, taludes de corte e aterro, entre outras, onde o solo passou a ser um substrato inerte. Nestas condições, quando a recuperação é desejável e viável, uma série de ações deve ser empreendida de modo a se estabilizar os fatores de degradação, quando estes ainda forem atuantes, e promover a reconstrução química, física e biológica do solo, só assim o ambiente será capaz de novamente sustentar uma cobertura vegetal que devolva o equilíbrio ecossistêmico desejado para o ambiente tratado.

Dependendo da intensidade dos distúrbios e dos esforços empreendidos na sua recuperação, uma área degradada poderá ser restaurada, reabilitada ou ter suas funções redefinidas.



Assimile

Restauração: retorno completo da área degradada às condições existentes antes da degradação ou a um estado intermediário estável. Neste caso, a recuperação se opera de forma natural (resiliência), uma vez eliminados os fatores de degradação.

Reabilitação: retorno da área degradada a um estado intermediário da condição original, havendo a necessidade de uma intervenção antrópica.

Redefinição ou redesignação: recuperação da área com vistas ao uso/destinação diferente da situação pré-existente, havendo a necessidade de uma forte intervenção antrópica.

De fato, as técnicas empregadas para a restauração, reabilitação ou redefinição podem ser as mesmas, porém, a diferença entre estas abordagens está na definição das metas e objetivos, bem como na escala de tempo adotada (ENGEL & PARROTA, 2003). Neste sentido, é importante destacar que um projeto de recuperação de áreas degradadas deve deixar claro os objetivos, a escala de tempo e o nível de recuperação desejado. Assim, de acordo com as possibilidades, uma área degradada pode ser destinada a diferentes usos, como cultivos, pastagens, reflorestamentos, parques e áreas urbanas, como nos casos apresentados na Figura 4.10 que ilustram o uso de áreas degradadas para diferentes finalidades.

Na Figura 4.10 A podemos observar uma área destinada à exploração de areia, que posteriormente foi transformada num dos parques mais conhecidos da cidade de São Paulo, o Parque do Ibirapuera (Figura 4.10 B). Outra área de exploração de areia, localizada às margens do Rio Pinheiros, na mesma cidade, foi transformada numa área para a prática de esportes, que hoje é conhecida como Raia Olímpica da Universidade Estadual de São Paulo – USP (Figura 4.10 C).

Figura 4.10 | Redefinição de áreas degradadas pela mineração de areia. A – área de extração de areia, futuro Parque Ibirapuera; B – Parque Ibirapuera nos dias atuais; e C – Raia Olímpica da Universidade de São Paulo (USP) nos dias atuais

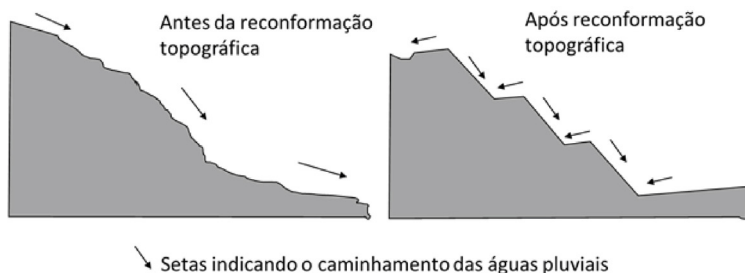


Fonte: A - http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/estudos_ambientais/pag02c.html; B - <https://vejasp.abril.com.br/estabelecimento/parque-do-ibirapuera/>; C - <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/obras/noticias/?p=237855>. Acesso em: 18 dez. 2018.

De maneira geral, a observação das interações entre os componentes naturais do ambiente tem nos auxiliado a desenvolver as técnicas que buscam a reconstrução dos solos, a recuperação de seu potencial produtivo, bem como a criação de um ambiente favorável à sucessão de espécies vegetais que promoverão revegetação de proteção ambiental. Cada situação deve ser analisada para a escolha das técnicas ou práticas operacionais mais adequadas, podendo acontecer de diversas delas serem utilizadas no mesmo ambiente, independentemente das condições edáficas, hídricas e da própria vegetação existente. Isto posto, buscaremos apresentar a seguir as técnicas mais usuais para a recuperação de ambientes degradados, independente de qual seja a destinação da área.

Assim, o primeiro passo é trabalhar a superfície do terreno, buscando tornar sua topografia mais amigável à fixação da cobertura vegetal. Neste sentido, esta prática deve ser planejada de modo a promover a suavização do relevo, eliminando arestas, corrigindo a declividade de taludes e bancadas e, sobretudo, disciplinando o escoamento das águas pluviais que incidam sobre o sistema, conforme ilustra o exemplo apresentado na Figura 4.11.

Figura 4.11 | Esquema de corte da superfície de um barranco antes e após sua reconformação topográfica



Fonte: elaborada pelo autor.

Outro fator importante a ser considerado em áreas degradadas é a compactação do solo, decorrente do trânsito constante de máquinas. Portanto, antes de se iniciar qualquer outra atividade, as camadas compactadas do solo deverão ser rompidas por meio das práticas mecânicas de escarificação e subsolagem, que devem ser executadas quando a umidade do solo for adequada, conforme estudamos anteriormente.

Uma vez preparadas as superfícies, podemos proceder a calagem do solo para correção de sua acidez e fornecimento de cálcio e magnésio, sendo recomendada a aplicação de no mínimo 1,5 toneladas de calcário dolomítico por hectare, a lançar em área total, sendo recomendável que esta prática seja realizada, no mínimo, 45 dias antes do plantio ou semeadura da área.

Os próximos passos visam à reconstrução dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo. É importante ressaltar que este é um processo lento, que está intimamente associado à qualidade da cobertura vegetal estabelecida, onde a diversidade de espécies é fator decisivo para o sucesso deste trabalho. Neste sentido, diferentes técnicas podem ser empregadas e combinadas para a introdução de espécies vegetais, conforme veremos a seguir.

Uma das técnicas mais promissoras para o restabelecimento da cobertura vegetal em superfícies degradadas consiste na combinação das práticas de adubação química, orgânica e verde, realizadas simultaneamente à semeadura de espécies vegetais regionais. A forma de proceder

a sementeira, bem como a combinação de insumos, deve ser projetada de acordo com as características do ambiente, o que torna esta técnica aplicável a diferentes situações.

Para a sementeira manual de taludes de corte e aterro, bem como de superfícies menos declivosas, elabora-se a mistura de adubos químicos e orgânicos, sementes de adubos verdes e de espécies regionais, em proporções predeterminadas.

A escolha das espécies deve ser adequada para cada situação, porém, de forma geral, devem possuir características desejáveis para a condição ambiental onde se desenvolverão, tais como rusticidade e adaptabilidade, resistência ao estresse hídrico, baixa exigência nutricional, fixação de nitrogênio atmosférico, enraizamento vigoroso, produção de biomassa e formação da cobertura vegetal rápida e densa. Por meio do uso de espécies vegetais que apresentem estas características podemos promover as transformações necessárias no substrato, restituindo-se seus atributos químicos, físicos e biológicos. Isto não significa dizer que todas as espécies escolhidas terão de apresentar todas essas características, conseguimos contemplar nossas necessidades por meio da mistura de espécies.



Exemplificando

Nos exemplos a seguir, apresentamos a recomendação para a aplicação da mistura de insumos para três feições diferentes:

Tabela 4.3 | Mistura de insumos recomendada para áreas planas ou de baixa declividade

Nome Comum	Nome Científico	Família	Densidade (Kg/ha)
Feijão de porco	<i>Canavalia ensiformis</i>	Leguminosa	50
Crotalária	<i>Crotalaria ochroleuca</i>	Leguminosa	60
Feijão Guandu	<i>Cajanus cajan</i>	Leguminosa	70
Centrosema	<i>Centrosema pubescens</i>	Leguminosa	30
Nabo Forrageiro	<i>Raphanus sativus</i>	Crucífera	40
Girassol Variedade	<i>Helianthus annuus</i>	Composta	30
Total			280

Fonte: elaborada pelo autor.

Tabela 4.4 | Mistura de insumos recomendada para taludes de corte e aterro

Nome Comum	Nome Científico	Família	Densidade (Kg/ha)
Crotalária	<i>Crotalaria ochroleuca</i>	Leguminosa	70
Feijão Guandu	<i>Cajanus cajan</i>	Leguminosa	70
Aveia	<i>Avena sativa</i>	Gramínea	30
Centrosema	<i>Centrosema pubescens</i>	Leguminosa	30
Estilosantes	<i>Stylosanthes guianensis</i>	Leguminosa	40
Nabo Forrageiro	<i>Raphanus sativus</i>	Crucífera	40
Total			280

Fonte: elaborada pelo autor.

Tabela 4.5 | Mistura de insumos recomendada para áreas de empréstimos de material laterítico ou que apresentem afloramentos rochosos

Nome Comum	Nome Científico	Família	Densidade (Kg/ha)
Calopogônio	<i>Calopogonium mucunoides</i>	Leguminosa	50
Crotalária	<i>Crotalaria ochroleuca</i>	Leguminosa	60
Feijão Guandu	<i>Cajanus cajan</i>	Leguminosa	60
Mucuna preta	<i>Mucuna aterrina</i>	Leguminosa	40
Aveia	<i>Avena sativa</i>	Gramínea	40
Nabo Forrageiro	<i>Raphanus sativus</i>	Crucífera	30
Total			280

Fonte: elaborada pelo autor.

Observação: Nas misturas acima, recomenda-se o acréscimo de, no mínimo, 20 kg de sementes de espécies regionais, buscando-se a maior diversidade possível.

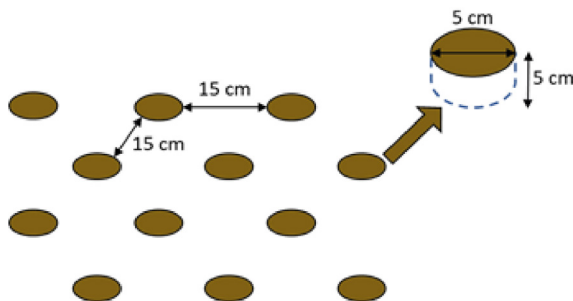
Considerando os quantitativos apresentados nos exemplos, e que o solo a ser trabalhado constitui um substrato estéril com teores de nutrientes inferiores às quantidades mínimas necessárias para o desenvolvimento das espécies a serem ali semeadas, recomenda-se a mistura de insumos nas seguintes proporções:

- Sementes de adubos verdes: 280 kg por ha;
- Sementes de espécies regionais: 20 kg por ha;
- Adubo orgânico (mínimo de 1% de Nitrogênio): 1500 kg por ha;
- Adubo químico (Fórmula NPK 04-14-08): 600 kg por ha.

Esta mistura deve ser feita em quantidades suficientes para o uso imediato, podendo ser armazenada por, no máximo, 24 horas.

Para a aplicação da mistura deverão ser abertas pequenas covas sobre a superfície a ser revegetada. Estas covas terão em média as dimensões de 5 cm de diâmetro por 5 cm de profundidade, podendo ser espaçadas em 15 cm umas das outras. As covas deverão ser distribuídas em formato de quincôncio (não alinhadas), conforme ilustra a Figura 4.12.

Figura 4.12 | Esquema do microcoveamento para a aplicação da mistura de insumos



Fonte: elaborada pelo autor.

Nesta técnica, proporcionamos o ambiente favorável para o rápido desenvolvimento das espécies de adubo verde que absorverão grande parte dos nutrientes adicionados por meio da adubação, retendo-os em sua biomassa. Durante o desenvolvimento destas espécies, o solo permanece sombreado e protegido da ação das chuvas, criando condição desejável à germinação e estabelecimento das espécies regionais pioneiras, que são mais adaptadas a esta condição ambiental. Com a senescência dos adubos verdes há a formação de uma cobertura morta (camada de matéria orgânica) sobre o solo, que irá devolver lentamente os nutrientes outrora absorvidos, proporcionando ainda a melhoria da estrutura do solo e retenção de umidade, ambiente ideal para o desenvolvimento da biologia do solo neste estágio, já podemos contar com o estabelecimento de uma cobertura vegetal razoável, gerada pelas espécies regionais pioneiras e o surgimento das primeiras espécies vegetais secundárias e até clímaxicas.

Outra forma de povoarmos uma área degradada é por meio do plantio de mudas de espécies florestais. Esta é uma técnica mais cara, porém pode proporcionar um resultado melhor e em menor tempo quando comparada à semeadura. Diferentemente da técnica descrita anteriormente, o plantio de mudas não se aplica a qualquer tipo de superfície, pois a área plantada necessita de fácil acesso para a abertura de covas, o plantio propriamente dito e realização dos tratos culturais.

Diferentes combinações entre espécies e espaçamentos são possíveis nesta técnica, cabendo ao profissional analisar qual a melhor relação entre custo e benefício, considerando-se para isto o objetivo do plantio, o tempo desejado para o estabelecimento da cobertura do solo e a disponibilidade de espécies nos viveiros regionais.

Em relação ao espaçamento, podemos dizer que são várias as possibilidades, sendo mais usualmente empregados 2,0 x 2,0 m (2.500 plantas por ha), 2,0 x 3,0 m (1.667 plantas por ha) e 3,0 x 3,0 m (1.111 plantas por ha). Definida a população, é importante considerar a combinação de espécies de diferentes grupos ecológicos nestes repovoamentos. Sendo assim, recomendamos que os plantios sejam realizados com 60% de indivíduos de espécies pioneiras, 30% de secundárias e 10% de climácicas. Nestes povoamentos, deve-se buscar a maior diversidade possível, sobre tudo de espécies secundárias e climácicas, considerando o plantio de, no mínimo, 80 espécies por hectare.

Definido o espaçamento, deve-se proceder a demarcação das covas, com distribuição em quincôncio. As covas deverão ser abertas com, no mínimo, 30 x 30 x 30 cm. Considerando que o plantio será realizado em substrato estéril, é recomendada uma adubação fosfatada e orgânica, que pode ser realizada por meio da aplicação de 200 g do adubo superfosfato simples e 1 litro de adubo orgânico (mínimo de 1% de nitrogênio) por cova. Os adubos devem ser misturados com o solo proveniente da abertura da cova e após homogeneizada a mistura deve ser devolvida para o interior da cova. Na ocasião do plantio, deve-se proceder a reabertura das covas, considerando-se para isto apenas o tamanho do torrão das mudas.

Para garantir maior sobrevivência de mudas, recomenda-se que o plantio seja realizado no início do período com maior concentração de chuvas. Caso isso não seja possível, deve-se proceder a irrigação das mudas. Considerando que é comum a mortalidade de mudas nesse tipo de plantio, recomendamos o replantio, que deverá ser realizado até 90 dias após o plantio.



Pesquise mais

A partir dos princípios das técnicas descritas outros métodos podem ser aplicados para a formação de uma cobertura vegetal.

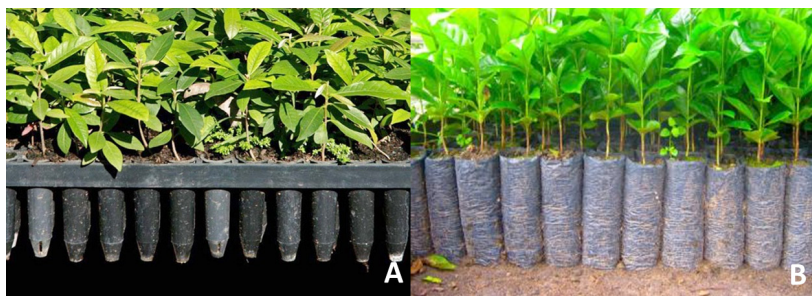
EMBRAPA. Estratégias de recuperação.

Nem sempre a região onde estamos trabalhando dispõe de um viveiro que produza mudas de espécies florestais, havendo situação onde a aquisição e transporte a longas distâncias torna-se inviáveis. Nestas condições, torna-se viável a produção de mudas no local, ou próximo, da área a ser revegetada.

O primeiro passo é a identificação de um local apropriado para a instalação de um viveiro. O espaço deve ser relativamente plano, livre de sombreamento, com disponibilidade de água (em quantidade e qualidade).

Outro passo importante é definir qual sistema será utilizado, a produção em tubetes ou em sacolas plásticas. A produção em tubetes proporciona a formação de uma muda de melhor qualidade, em menor espaço de tempo, porém requer uma estrutura mais sofisticada para a sustentação destes. Na produção de mudas em sacolas plásticas não há necessidade de estruturas especiais, uma vez que as mudas podem ser encanteiradas sobre o solo. Porém, apesar de mais barata, a produção de mudas por este método exige maiores cuidados na manutenção em viveiro, transporte e plantio, pois o torrão formado no saquinho é mais suscetível ao esboroamento. Outra desvantagem é que na produção em sacolas pode haver o enovelamento de raízes dentro do recipiente ou o enraizamento destas no solo. A Figura 4.13 ilustra os dois sistemas de produção.

Figura 4.13 | Aspecto de mudas produzidas em tubetes (A) e mudas produzidas em sacolas plásticas (B)



Fonte: A - <http://www.hiroshibogea.com.br/seagri-se-prepara-para-produzir-um-milhao-de-mudas/>; B - <http://www.colider.unemat.br/site/?link=news&idnew=68>. Acesso em: 21 dez. 2018.

Um dos fatores determinantes na produção de mudas é o tipo de substrato utilizado para o preenchimento dos recipientes (tubetes ou sacolas). Este material deverá oferecer condições ideais para o máximo de desenvolvimento de raízes, o que garantirá maior sobrevivência das mudas no campo. Sendo assim, deve possuir porosidade bem equilibrada entre macro e microporos, permitindo um ambiente arejado e com nível de umidade adequado. Esta condição é mais facilmente conseguida na produção em tubetes, onde o substrato pode ser bastante poroso, pois o próprio enraizamento obtido nos tubetes fornecerá a sustentação necessária aos torrões. Já na produção em sacolas plásticas, o substrato deverá ser menos poroso, de modo que o material, ou mistura de materiais utilizados, proporcione a formação de um torrão resistente.

Diversos tipos de materiais podem ser usados para a formação do substrato, tais como terra de barranco, resíduos vegetais compostados, palha de arroz carbonizada, vermiculita, perlita, casca de pinus, entre outros. De modo geral, recomenda-se que sejam inertes e que o fornecimento de nutrientes seja realizado por meio de adubação.

As sementes a serem utilizadas podem ser adquiridas de diversos fornecedores, porém é importante garantir que as espécies adquiridas ocorram na região onde se deseja realizar o plantio. Outra forma de se obter é por meio da coleta de sementes em remanescentes florestais da região, sendo para isto necessária a autorização do órgão ambiental competente, já que a coleta de sementes de essências florestais é uma atividade extrativista, normalmente realizada em ambientes protegidos.

A semeadura pode acontecer diretamente no recipiente preenchido com os substratos ou ser realizada em sementeiras. Neste caso, as plântulas podem ser selecionadas e transplantadas para os recipientes, evitando-se, assim, o desperdício de espaço e de materiais com recipientes vazios (pela não germinação ou morte de plântulas).

Após a germinação ou transplântio, as mudas deverão passar por um período inicial de desenvolvimento, onde as plântulas ainda são muito sensíveis às condições extremas do ambiente sendo, portanto, recomendado o cultivo num ambiente protegido contra a insolação intensa e perda de umidade. Após esta fase, as plantas com 30 a 40 dias podem ser expostas ao sol, desde que se possa garantir o fornecimento de água em quantidades suficientes para que não haja estresse hídrico. Ao atingir de 30 a 50 cm, a depender da espécie, as plantas podem ser rustificadas e expedidas para o plantio no campo. A rustificação consiste em se adaptar as mudas às condições extremas do campo, isto é conseguido por meio da redução de fornecimento de água, de forma gradativa, para que as plantas despertem seus mecanismos fisiológicos de defesa contra a perda de água e escassez de nutrientes, características mais próximas do ambiente natural.



Refleta

Por meio do conhecimento adquirido você seria capaz de definir qual a melhor técnica para se promover a revegetação de uma área degradada?

As informações trabalhadas nesta seção buscaram trazer um pouco do universo da recuperação de áreas degradadas para a sua formação agrônômica, pois sabemos que na maioria das vezes nossa atenção é voltada apenas à produção agrícola. Porém, como você pôde perceber, nosso conhecimento sobre as relações entre o solo e planta podem ser bastante úteis,

não só para se promover o melhor uso do solo, mas também nos permite desenvolver o magnífico trabalho de devolver uma função produtiva a um ambiente degradado.

Sem medo de errar

Caro aluno,

Nesta missão de promover a recuperação dos ambientes degradados da futura fazenda experimental, o momento mais desafiador é o de devolver a função ecológica das áreas degradadas pela mineração, que serão destinadas à composição da reserva legal da fazenda. Considerando as características da área a ser trabalhada, você poderá indicar as seguintes técnicas:

- Promover a reconformação da topografia para se readequar a inclinação de taludes e eliminar arestas e sulcos gerados pela erosão. Após as operações de suavização da topografia, deverá proceder a correção do solo por meio da calagem, podendo ser recomendada a aplicação de 1500 kg/ha de calcário, em área total, destacando-se que esta aplicação deve ser realizada no mínimo 45 dias antes da semeadura, de modo que o calcário possa reagir com solo neste período, iniciando o processo de neutralização da acidez e liberando cálcio e magnésio.

Levando-se em conta que a camada superficial do solo fora totalmente removida pelo processo de mineração, será necessário promover a reconstrução das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo e para isto poderá ser realizada a aplicação da mistura de insumos, composta por adubos químicos, orgânicos e sementes de adubos verdes e de espécies regionais de vários grupos ecológicos, destacando-se a necessidade de se buscar introduzir nesta área o maior número de espécies possível, com vistas a se estabelecer uma vegetação com alta diversidade. Esta técnica permite a rápida instalação de uma cobertura vegetal formada pelas espécies de adubos verdes, que protegerá o solo e proporcionará ambiente favorável para o crescimento das espécies regionais. Optar pelo uso de sementes é muito conveniente quando não se dispõe de viveiros de mudas florestais na região onde se irá trabalhar.

Considerando que áreas resultantes da exploração mineral normalmente apresentam superfícies com diferentes declividades, você poderá recomendar a sua divisão em dois tipos de fisionomias e, assim, designar um conjunto de espécies vegetais diferente para cada situação.

Sabendo que o uso de sementes de espécies regionais é extremamente desejável neste tipo de trabalho, você deverá buscar auxílio nos órgãos

ambientais locais para se conhecer a disponibilidade de fornecedores de sementes na região e, em caso contrário, solicitar informações de como proceder para se realizar a coleta de sementes nos remanescentes florestais.

Para o emprego da técnica da semeadura da mistura de insumos, você poderá recomendar a aplicação de: 280 kg/ha de sementes de espécies de adubos verdes, 20 kg/ha de sementes de espécies regionais, 600 kg/ha de adubo químico (fórmula NPK 4-14-08) e 1500 kg/ha de adubo orgânico (mínimo de 1% de nitrogênio). Em suas recomendações deverá destacar que o preparo da mistura deverá ser feito em quantidades suficientes para o uso imediato, não devendo ser armazenada por mais de um dia.

A mistura de insumos homogeneizada deverá ser aplicada em pequenas covas a serem abertas nas superfícies que serão trabalhadas. Estas covas deverão ter dimensões de 5 cm de diâmetro por 5 cm de profundidade e ser distribuídas em quincôncio, num espaçamento entre covas 15 x 15 cm.

A aplicação destas técnicas permitirá a reconstrução das propriedades do solo por meio do sombreamento e proteção do solo e formação de camada de matéria orgânica que, por sua vez, irá promover sua reestruturação e ciclagem de nutrientes.

Considerando todo o trabalho a ser realizado na transformação da propriedade para seu uso como fazenda experimental, é fundamental que se produza um relatório técnico, onde você deverá caracterizar as áreas trabalhadas, descrever todos os procedimentos realizados, bem como os insumos empregados na transformação de cada setor da fazenda experimental. Este tipo de relatório deve apresentar ainda o manejo a ser adotado na condução de cada área para que se possa garantir o sucesso de sua implantação. Não esqueça de concluir com recomendações especiais quanto à importância da manutenção das estruturas e técnicas conservacionistas, que permitirão a sustentabilidade dos sistemas em recuperação.

Avançando na prática

Recomposição da mata ciliar

Descrição da situação-problema

Um produtor rural, proprietário de uma fazenda na região onde você atua, solicitou seus serviços, pois precisará promover a recomposição de um trecho de mata ciliar em sua propriedade.

Em visita ao local, você pôde notar que as margens do rio a ser revegetada foram desflorestadas por uma grande cheia que havia ocorrido anos atrás. Considerando a proximidade com outras áreas de mata, o fazendeiro não tomou nenhuma providência, pois julgou que o trecho poderia ser recomposto pela regeneração natural. Porém, analisando a área, você percebeu que a cheia do rio havia carregado consigo toda a camada superficial do solo, restando o subsolo, normalmente muito pobre em nutrientes. Além disso, a área que antecedia a mata ciliar era coberta por uma pastagem degradada, sem nenhuma estrutura que pudesse conter o escoamento superficial, que corria sobre o ambiente degradado até o rio, eliminando qualquer possibilidade de fixação de sementes ou nutrientes.

O que fazer diante deste cenário, já que o produtor tem pressa em atender às exigências do órgão ambiental para a recuperação da mata ciliar de sua propriedade?

Resolução da situação-problema

Considerando a situação observada a campo e a urgência em se promover a recomposição florestal daquele trecho de mata ciliar, você poderá recomendar que o reflorestamento seja realizado por meio do plantio de mudas florestais. Entretanto, antes de qualquer ação será preciso impedir que a água da pastagem entre no sistema. Sendo assim, será necessário indicar ao produtor que primeiramente realize um plano de conservação do solo em sua propriedade, a fim de se estabelecer melhores condições para a retenção e infiltração da água da chuva na pastagem, evitando-se desta forma que o escoamento superficial prejudique o processo de recuperação do local afetado pelas cheias do rio.

Considerando a possibilidade de se realizar a recuperação da mata ciliar por meio do plantio de mudas, é de extrema importância que exista um viveiro florestal nas proximidades, além disso, este viveiro deverá oferecer mudas saudáveis das espécies regionais mais indicadas para este plantio, considerando a introdução do maior número possível de espécies, de maneira a se garantir a alta biodiversidade no povoamento implantado.

Considerando a necessidade de se recobrir o solo rapidamente, você deverá optar pelo menor espaçamento entre plantas (2,0 x 2,0 m), com perspectiva de se plantar 2500 indivíduos por hectare.

Uma vez que tenha definido o espaçamento, deverá recomendar a distribuição das covas em sistema de quincôncio e uma adubação com 200 g de superfosfato simples e 1 litro de adubo orgânico, por cova. Para a adubação das covas, os adubos deverão ser misturados ao solo retirado da cova e retornados para dentro da mesma.

Outra recomendação importante neste tipo de plantio é considerar que seja realizado no período seco do ano, evitando-se que possíveis cheias pudessem destruir o trabalho realizado. Entretanto, neste caso, haverá a necessidade de se promover a irrigação das mudas até o início das chuvas, garantindo-se assim maior índice de sobrevivência.

Por meio da aplicação destas práticas, espera-se obter uma cobertura vegetal satisfatória, capaz de proteger o solo e consequentemente o recurso hídrico, que margeia a área afetada.

Faça valer a pena

1. De forma geral, o trabalho de recuperação de áreas degradadas tem como objetivo promover a reintegração da área afetada ao ambiente circunvizinho, proporcionando-lhe uma nova função, podendo ser ela de recreação, paisagística ou de preservação ambiental. Dependendo da intensidade dos distúrbios e dos esforços empreendidos na sua recuperação, uma área degradada poderá ser restaurada, reabilitada ou ter suas funções redefinidas.

Assim, quando um projeto de recuperação visa ao retorno completo da área degradada às condições existentes antes da degradação, ou a um estado intermediário estável, diz-se que este é um projeto de:

- a) Restauração.
- b) Reabilitação.
- c) Redefinição.
- d) Resiliência.
- e) Redestinação.

2. Quando desejamos promover a revegetação de uma superfície degradada podemos recorrer a várias técnicas e metodologias para este fim, uma delas é a combinação da adubação verde em consórcio com a semeadura de espécies regionais. Sobre esta metodologia, analise as afirmativas a seguir:

- I. O uso de sementes de espécies regionais deve ser feito com critério, buscando-se selecionar poucas espécies, porém que tenham grande importância para a fauna local.
- II. A semeadura de espécies de adubo verde e regionais pode ser realizada ao mesmo tempo, juntamente com a adubação química e orgânica da área a ser revegetada.
- III. As espécies de adubo verde deverão prevalecer sobre as regionais, de modo que mesmo com a floresta desenvolvida, permaneçam frutificando e povoando a área e recuperação.

Assinale a alternativa correta em que I, II e III são, respectivamente:

- a) V, V, V.
- b) V, V, F.
- c) V, F, V.
- d) F, V, F.
- e) F, F, F.

3. Considerando que em determinada situação foi recomendado o plantio de mudas de espécies florestais para se promover a recuperação de uma área degradada. Considerando que na região não havia nenhum viveiro florestal para fornecer as mudas, houve a necessidade de se estabelecer um viveiro provisório para se produzir as mudas necessárias para o plantio.

Ponderando sobre o melhor sistema de produção de mudas (tubetes ou sacolas plásticas), o responsável pela área decidiu por produzir mudas em tubetes. Analisando as alternativas abaixo, identifique aquela que motivou sua decisão.

- a) Custo de produção de mudas mais baixo.
- b) Maior quantidade de substrato por recipiente.
- c) Produção de mudas de melhor qualidade com torrão mais resistente.
- d) A não utilização de estrutura específica para a sustentação dos recipientes.
- e) A necessidade de irrigação.

Referências

ARAÚJO, L. C. Controle de plantas invasoras em pastagens para alta produtividade. Disponível em: <http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/biologiaezootecnia/8manejo-de-plantas-daninhas-em-pastagem.pdf>. Acesso em: 8 dez. 2018.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. 89ª Reunião Da Câmara Temática de insumos agropecuários. 2017. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-tematicas/insumos-agropecuarios/2017/89a-ro/app_davi-89a_ctia_17_04_2017_vf_89ro_insumos.pdf. Acesso em: 8 de dez. 2018.

COMPRE RURAL. **Cupim e os danos à pastagem, controlar é preciso.** 5 ago. 2018. Disponível em: <https://www.comprerural.com/cupim-e-os-danos-pastagem-controlar-e-preciso/>. Acesso em: 7 dez. 2018.

EMBRAPA. **Estudo revela que 30% dos solos do mundo estão degradados.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/14343883/estudo-revela-que-30-dos-solos-do-mundo-estao-degradados>. Acesso em: 28 nov. 2018.

EMBRAPA. **Recuperação de áreas degradadas.** 2018 a. Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/unidade/index.php3?id=229&func=unid>. Acesso em: 21 dez. 2018.

EMBRAPA. **Sementes.** Disponível em: <http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/sementes.htm>. Acesso em: 21 dez. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, EMBRAPA. 2018 a. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agrobiologia/pesquisa-e-desenvolvimento/pastagens>. Acesso em: 08 dez. 2018.

EMBRAPA. 2018 b. Disponível em: http://www.agencia.cnpia.embrapa.br/gestor/agricultura_e_meio_ambiente/arvore/CONTAG01_14_299200692526.html. Acesso em: 3 dez. 2018.

EMBRAPA. **Soja em números safra 2017-2018.** 2018 c. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 8 dez. 2018.

EMBRAPA. **Pastagens.** 2018 d. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agrobiologia/pesquisa-e-desenvolvimento/pastagens>. Acesso em: 8 dez. 2018.

EMBRAPA. **Notícias:** escolha da espécie forrageira. 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/16117053/podcast-escolha-de-especie-forrageira>. Acesso em: 7 dez. 2018.

EMBRAPA. **Embrapa mapeia degradação das pastagens do Cerrado.** 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2361250/embrapa-mapeia-degradacao-das-pastagens-do-cerrado>. Acesso em: 8 dez. 2018.

ENGEL, V. L.; PARROTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. A.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.;

GANDARA, F. B. (Ed.) **Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003, p. 03-26.

FERREIRA, E. L.; SOUZA, E. P.; CHAVES, A. F. Adubação verde e seu efeito sobre os atributos do solo. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**. Grupo Verde de Agricultura Alternativa (GVAA). Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/download/681/1274>. Acesso em: 1 nov. 2018.

FILIZOLA, H. F. et al. Controle dos processos erosivos lineares (ravinas e voçorocas) em áreas de solos arenosos. **Embrapa Meio Ambiente-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, dez. 2011. Disponível em: http://www.cnpma.embrapa.br/download/circular_22.pdf. Acesso em: 28 nov. 2018.

MUSEUM OF NEW ZEALAND, 2019. Disponível em: <https://collections.tepapa.govt.nz/object/1421709>. Acesso em: 21 jan. 2019.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE-WWF. **Conservando pastagens e paisagens – pecuária de corte no Pantanal**. 2019. Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/areas_prioritarias/pantanal/pantanal_pub/anexo_eletronico.cfm. Acesso em: 21 jan. 2019.

ZIMMER, A. H. et al. Degradação, recuperação e renovação de pastagens. Campo Grande, MS: **Embrapa Gado de Corte**, 2012. 42 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/951322/degradacao-recuperacao-e-renovacao-de-pastagens>. Acesso em: 8 dez. 2018.

ISBN 978-85-522-1366-6



9 788552 213666 >