Recuperação e Manejo Sustentável de Áreas Degradadas

Recuperação e Manejo Sustentável de Áreas Degradadas

Carla Samara dos Santos Ferreira
Igor de Carvalho Barros
Ivonne Claudia San Martin Gajardo

© 2018 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
Camila Cardoso Rotella
Danielly Nunes Andrade Noé
Grasiele Aparecida Lourenço
Isabel Cristina Chagas Barbin
Lidiane Cristina Vivaldini Olo
Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

Revisão Técnica
Donizete José Vicente Júnior
Ivonne Claudia San Martin Gajardo
Francisco Ferreira Martins Neto
Paulo Sérgio Siberti da Silva

Editorial
Camila Cardoso Rotella (Diretora)
Lidiane Cristina Vivaldini Olo (Gerente)
Elmir Carvalho da Silva (Coordenador)
Letícia Bento Pieroni (Coordenadora)
Renata Jéssica Galdino (Coordenadora)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Ferreira, Carla Samara dos Santos
F383r Recuperação e manejo sustentável de áreas degradadas / Carla Samara dos Santos Ferreira, Igor de Carvalho Barros, Ivonne Claudia San Martin Gajardo. – Londrina : Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018.
240 p.

ISBN 978-85-522-0769-6

1. Sustentabilidade. 2. Áreas degradadas I. Ferreira, Carla Samara dos Santos. II. Barros, Igor de Carvalho. III. Gajardo, Ivonne Claudia San Martin. IV. Título.

CDD 630

Thamiris Mantovani CRB-8/9491

2018
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 | Fundamentos do estudo de degradação ambiental 7

Seção 1.1 - Introdução aos estudos de áreas degradadas 10
Seção 1.2 - Atividades degradadoras e seus impactos ambientais 25
Seção 1.3 - Aspectos legais da recuperação de áreas degradadas 41

Unidade 2 | Princípios ecológicos e conservacionistas 65

Seção 2.1 - Sucessão ecológica 67
Seção 2.2 - Componentes de restauração ecológica 83
Seção 2.3 - Revegetação de áreas degradadas 98

Unidade 3 | Técnicas para recuperação e monitoramento de áreas degradadas 123

Seção 3.1 - Atividades de recuperação voltadas para áreas mineradas 125
Seção 3.2 - Técnicas de recuperação de atividades agrossilvipastoris 141
Seção 3.3 - Indicadores para monitoramento de áreas em recuperação 158

Unidade 4 | Identificação e estratégias de controle de impactos ambientais 177

Seção 4.1 - Degradação de solo e técnicas de controle 179
Seção 4.2 - Degradação e manejo de bacias hidrográficas 194
Seção 4.3 - Elaboração e avaliação de projetos de recuperação ambiental 212

Palavras do autor

Caro aluno, estamos iniciando o estudo da disciplina *Recuperação e Manejo Sustentável de áreas degradadas*. Devido à ação antrópica causar diversos problemas ambientais, entre os quais estão a degradação do solo, poluição do ar e contaminação dos recursos hídricos, é necessária a formação de profissionais que estejam aptos para trabalhar com a recuperação dessas áreas, sendo assim, essa disciplina tem como principal objetivo fornecer conhecimentos sobre os principais processos de degradação dos ecossistemas e as práticas conservacionistas aplicadas às áreas degradadas.

Assim sendo, para que uma área seja recuperada, é necessário que você possua algumas competências profissionais fundamentais. Dessa maneira, você deverá conhecer os seguintes aspectos: os processos de degradação dos ecossistemas e como a legislação brasileira aborda esse assunto; sucessão, recuperação e restauração ecológica; as práticas de recuperação e monitoramento de áreas em recuperação e os métodos conservacionistas de recuperação visando à conservação dos recursos naturais e sustentabilidade ambiental. Portanto, espera-se que por meio da aquisição desses conhecimentos, você seja um profissional capaz de analisar e propor o método mais adequado para recuperação.

Este livro procura abordar diferentes formas de recuperação de áreas degradadas, sendo estruturado em quatro unidades: na Unidade 1 (Fundamentos do estudo de degradação ambiental), será abordada a caracterização de atividade degradadora, os impactos socioambientais causados por essas atividades e a legislação que serve de suporte para recuperação de área degradada; na Unidade 2 (Princípios ecológicos e conservacionistas), você compreenderá sobre sucessão ecológica e a diferença entre recuperação, reabilitação e restauração; já na Unidade 3 (Técnicas para recuperação e monitoramento de áreas degradadas), serão expostas as principais técnicas de recuperação para diversos tipos de atividades, além da avaliação e do monitoramento de áreas em recuperação; e, por fim, a Unidade 4 (Identificação e Estratégias de Controle de Impactos Ambientais) tratará sobre medidas de recuperação e plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD).

Os conceitos sobre processos de degradação e recuperação de áreas degradadas são complexos, já que envolvem vários fenômenos biológicos, físicos e químicos, por isso buscou-se abordar os principais termos e definições aplicados ao tema. Logo, você aprenderá vários métodos e técnicas ao longo deste livro, portanto dedique-se aos conteúdos de todas as unidades. Além disso, você pode complementar seus conhecimentos realizando as seguintes atividades extras, como: procurar instituições públicas ou privadas que façam trabalhos nessa área para realizar uma visita em um local que sofreu intervenção e/ou que está sendo restaurado; participar de eventos (congressos, simpósios, seminários e palestras); e acompanhar a literatura dessa área, por meio da leitura de livros, artigos científicos e notícias. Ao final desse estudo, você será capaz de recomendar as melhores técnicas de recuperação, visando o equilíbrio ambiental, econômico e social para diferentes atividades.

Bom estudo!

Fundamentos do estudo de degradação ambiental

Convite ao estudo

Caro aluno, nesta unidade estudaremos sobre os fundamentos do estudo de degradação ambiental, a qual prejudica a qualidade do ar e da água, além da fertilidade dos solos, sendo que este último pode perder sua funcionalidade e suas características ecológicas. Para você ter uma noção, 33% dos solos do mundo estão degradados pela erosão, salinização, compactação, acidificação e poluição química dos solos (FAO & ITPS, 2015). E estima-se que são necessários cerca de 500 anos para que se forme uma camada de solo de 2,5 cm de espessura (TAVARES et al., 2008).

Ao estudar esta unidade, você será capaz de entender os principais aspectos da degradação ambiental, saberá caracterizar as atividades degradadoras e seus impactos ambientais, assim como entenderá a legislação aplicada à recuperação de áreas degradadas.

O Brasil possui 13% da água doce disponível do planeta (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2013), no entanto, a degradação ambiental pode contribuir com a escassez desse recurso, impondo dificuldades no abastecimento de água para cidades, indústrias e agricultura.

Suponha então que determinada cidade, que está em expansão, tenha sua economia baseada principalmente em atividades de indústria têxtil e de laticínios. Além disso, considere que a cidade seja abastecida pela microbacia "Águas Claras". No entanto, as águas dessa microbacia vêm sofrendo impactos negativos por conta de ações antrópicas ao longo de suas margens. Dessa forma, a água perdeu sua qualidade, afetando a qualidade de vida da população local. Além disso, a redução na quantidade de água na microbacia, e consequentemente nos

reservatórios, ocasionou racionamento nos períodos mais secos do ano.

É notório que algumas das causas de poluição dos rios possam acontecer em razão do lançamento de efluentes líquidos não tratados, provenientes de indústria têxtil, por exemplo, ocorrendo por meio do despejo de alguns elementos químicos que ocasionam a contaminação da água. Outros tipos de indústrias que poderiam ocasionar a degradação da água seriam as indústrias de laticínios. Essas, por sua vez, produzem efluentes líquidos que possuem alta carga orgânica, e o lançamento desses efluentes nos rios, sem tratamento prévio, pode causar perda da qualidade da água.

Dessa forma, partindo da ideia de que ambas as atividades industriais (têxtil e laticínios) exercem grande influência na cidade, considera-se a premissa de que elas poderiam estar ocasionando algum impacto ambiental na microbacia "Águas Claras". Posto isso, para se certificar dos problemas que podem estar afetando a qualidade da microbacia, a prefeitura da cidade abriu um processo seletivo para a contratação de um profissional responsável pela elaboração de uma Avaliação Ambiental Estratégica, visando à busca pela sustentabilidade, com equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a preservação ambiental.

Nesse contexto, imagine que você foi contratado para a prestação desse serviço como consultor ambiental, sendo sua função elaborar um estudo inicial composto por três etapas: 1) Identificação da área degradada e tipos de degradação; 2) apontamento dos principais impactos ambientais causados pela urbanização, mineração e industrialização; e 3) levantamento das normas ambientais aplicadas à recuperação de áreas degradadas.

Mas o que são e por que existem áreas degradadas? Quais são os impactos ambientais gerados por atividades degradadoras? Quais as ferramentas da legislação que devem ser colocadas em prática para a recuperação de tais áreas degradadas?

Para realizar esse desafio, fique atento aos conceitos abordados em cada seção e, ao final desta unidade, você saberá como caracterizar uma área degradada, conhecerá

os impactos ambientais e socioeconômicos causados por atividades degradadoras, e, além disso, compreenderá a respeito da legislação de áreas degradadas.

Boa leitura!

Seção 1.1

Introdução aos estudos de áreas degradadas

Diálogo aberto

Caro aluno, iniciaremos esta seção estudando os conceitos que abrangem os temas de degradação ambiental e áreas degradadas.

No Brasil, não se tem o conhecimento específico sobre o tamanho de áreas degradadas, visto que muitas atividades podem influenciar no valor desse dado, no entanto, o desmatamento e as atividades agropecuárias são apontados como principais fatores de degradação ambiental, especificamente do solo (TAVARES et al., 2008, p. 2).

Para que você possa colocar em prática o assunto de degradação ambiental, chegou o momento de retornarmos à situação hipotética que foi apresentada para você no "Convite ao estudo". Vamos lá?

No seu primeiro dia de trabalho, você foi informado de que a prefeitura estava recebendo muitas reclamações dos moradores por conta dos indícios de desaparecimento do rio da cidade, causado principalmente pela ausência de vegetação e pela ocupação desordenada do município.

Lembre-se: o município é abastecido pela microbacia "Águas Claras", que está em expansão urbana, e nessa situação a prefeitura resolveu contratar mão de obra qualificada para solucionar esse problema. Por isso, na primeira etapa do seu estudo (*Identificação da área degradada e tipos de degradação*), proposto no item *Convite ao estudo*, você deverá realizar um levantamento prévio para o conhecimento da área supostamente degradada. Isso é essencial para a correta indicação de métodos de recuperação da área, partindo da descrição das condições ambientais da área afetada.

Dessa maneira, responda às seguintes perguntas que servirão de base para compor a primeira etapa do seu estudo: Quais os efeitos da ocupação urbana desordenada que devem ser observados na área da microbacia "Águas Claras" para que ela seja caracterizada como ambientalmente degradada? E quais as características físicas, químicas e biológicas devem ser observadas na área que abrange a microbacia para que ela seja considerada degradada?

Diante desse contexto, para que possa compreender os assuntos que envolvem as atividades degradadoras, dedique-se à leitura desta seção. Dessa forma, você aprenderá sobre os seguintes conteúdos: conceitos de degradação ambiental, caracterização de áreas degradadas, principais agentes de degradação, além dos tipos de degradação ambiental, como: erosão, deterioração química, física e desertificação.

Boa leitura!

Não pode faltar

Para a aplicação das melhores técnicas de recuperação de áreas degradadas, você deve primeiramente entender sobre os conceitos gerais e características de áreas degradadas.

De modo geral, entende-se por ecossistema degradado aquele que perde sua capacidade de recuperação natural após distúrbios (MARTINS, 2009). Ele pode ser entendido também como alteração adversa das características do meio ambiente (BRASIL, 1981). O conceito de degradação pode ser relativo, sendo muitas vezes associado à noção de alteração ambiental adversa, gerada em grande parte por atividades antrópicas (TAVARES et al., 2008). Já o termo área degradada refere-se àquela que, após sofrer forte impacto, perde a capacidade de voltar naturalmente ao estado original, perdendo sua **resiliência** (MARTINS, 2008).

Vocabulário

Resiliência: É a capacidade de um sistema restabelecer seu equilíbrio, após sofrer distúrbios climáticos ou de influência humana, também conhecida como capacidade de recuperação.

Alguns termos podem ser utilizados como sinônimo de degradação, como: deterioração, desgaste, devastação e destruição, e normalmente encontram-se relacionados com o conceito de degradação ambiental, que pode ser compreendido como ações que causam desequilíbrio ao meio ambiente.

A degradação ambiental pode ocorrer tanto por processos naturais (erosão, processos de formação do solo, invasão natural de

plantas, furacões, terremotos, tsunamis e vulcões) quanto por ações do ser humano, como atividade agrossilvicultural, industrial, urbana, energética e de mineração (ARAÚJO et al., 2010).

Assimile

Algumas formas de degradação podem ocorrer sem atuação dos seres vivos, como: deslizamentos de terras, derramamento de lavas vulcânicas, deslocamento de dunas de areia, entre outras.

Em áreas urbanas, diversas atividades podem contribuir para que ocorra a degradação ambiental, tais como: a ocupação desordenada, com ocupação de encostas e margens dos cursos de água; a falta de impermeabilização do solo, que gera inundações nas cidades; o descarte incorreto de resíduos; e a falta de saneamento. Todos esses fatores ocorrem geralmente em cidades que apresentam o crescimento urbano sem planejamento.

No meio rural, as áreas podem ser degradadas por vários motivos, como: erosão, utilização de máquinas agrícolas e pisoteio do gado que acarretam a compactação do solo; uso de cultivos sucessivos sem a reposição de nutrientes, resultando na redução da fertilidade do solo pela exportação de nutrientes pela cultura; queima de restos vegetais e de pastagens; falta de períodos de pousio e de culturas de cobertura; e uso intensivo de insumos químicos (fertilizantes e agrotóxicos) que ocasionam a morte de organismos benéficos ao solo e interferem também na cadeia trófica como um todo, matando polinizadores, insetos aquáticos e peixes dos riachos e cursos de água próximos aos plantios. Além disso, a drenagem inadequada pode acarretar o encharcamento do solo ou a salinização (quantidade elevada de sais), sendo assim, tais fatores ameaçam a capacidade produtiva de áreas de vocação agrícola.

Dessa forma, neste livro buscou-se abordar o termo degradação associado a diferentes aspectos, como: degradação do ar, degradação da água e degradação do solo. Além disso, foram considerados aspectos legais que regem o conceito de áreas degradadas.

A degradação da qualidade do ar ocorre principalmente em consequência do desenvolvimento social e industrial, pessoas com maior poder aquisitivo passam a consumir mais produtos produzidos

pelas indústrias. Dessa forma, o aumento da demanda de produtos industriais aliado ao aumento do consumo proporcionam, por parte das indústrias, emissão de gases poluentes e/ou de substâncias radioativas e ácidas para atmosfera. Segundo o Ministério do Meio Ambiente, define-se como poluição atmosférica "qualquer forma de matéria ou energia com intensidade, concentração, tempo ou características que possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, danoso aos materiais, à fauna e à flora" (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2017, [s.p.]).

Segundo a Resolução nº 3 de 1990, a baixa qualidade do ar se deve à presença de alguns poluentes, que são substâncias contidas no ar e que podem ser nocivas à saúde humana, causando também malefícios à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral (BRASIL, 1990).

Exemplificando

São conhecidas como substâncias poluentes: monóxido de carbono, dióxido de carbono, gás metano, óxido nitroso e óxidos de nitrogênio.

Grande parte da poluição do ar deve-se principalmente à queima de combustíveis fósseis (petróleo, gás natural e carvão mineral), estes lançam monóxido e dióxido de carbono na atmosfera, os quais são considerados os grandes vilões do efeito estufa. Esses gases, além de outros poluentes, formam uma camada que bloqueia a dissipação do calor, contribuindo assim para o aquecimento da atmosfera e consequentemente para o derretimento das geleiras e aumento do nível do mar.

Quando o ar se encontra poluído, gera maiores gastos para o Estado, devido ao aumento do número de atendimentos hospitalares, além de afetar a qualidade dos materiais (corrosão) e provocar chuva ácida.

Atenção

Devido às características da circulação atmosférica e permanência de poluentes por longos períodos, a poluição do ar é responsável por alterações não somente locais, mas em escalas mundiais, necessitando de medidas internacionais para o combate da poluição.

Entre os principais agentes geradores de poluentes da atmosfera citam-se: os automóveis, indústrias siderúrgicas, fábricas de cimento e papel, refinarias, além de atividades como incineração de lixos e queimadas de florestas.

Em relação à degradação dos ecossistemas aquáticos, esta é frequentemente caracterizada por águas poluídas que podem ser toleradas por poucas espécies. As atividades do homem tanto no meio rural quanto em áreas urbanas influenciam no ciclo da água. O ciclo da água ocorre por meio da evaporação das águas das superfícies (rios, oceanos e outros) e pela transpiração dos seres vivos. A evaporação forma as nuvens quando elas ficam sobrecarregadas e atingem altitudes elevadas (condições de baixa temperatura contribuem com a mudança do estado gasoso para o líquido), atingindo posteriormente rios e oceanos que evaporam para formar o ciclo da água novamente.

Pesquise mais

O Projeto "Rios Voadores" ajuda a entender sobre a contribuição da Floresta Amazônica no abastecimento dos recursos hídricos nos estados sul e sudeste do Brasil. Por meio da educação ambiental, o tema é levado até a sala de aula por meio de oficinas de capacitação de professores e fornecimento de material didático. Acesse o link a seguir e saiba mais sobre esse projeto:

Projeto Rios Voadores. Disponível em: <http://riosvoadores.com.br/>. Acesso em: 18 set. 2017.

São conhecidos alguns fatores que levam à deterioração da água, podendo ser por fontes pontuais e difusas. Por fontes pontuais entendem-se os resíduos domésticos e industriais, enquanto as fontes difusas podem ser exercidas por atividades na agricultura e pecuária, ou, ainda, pelo escoamento superficial proveniente de áreas urbanas, com transporte de resíduos provenientes de indústrias, postos de gasolinas e outros (TAVARES et al., 2008). Entre os produtos químicos que levam à deterioração dos cursos d'água tem-se o uso de fertilizantes, herbicidas, inseticidas e fungicidas.

Outro processo de poluição dos cursos d'água consiste na eutrofização, compreendida pelo enriquecimento dos cursos d'água por nutrientes, principalmente por fósforo e nitrogênio, tais nutrientes influenciam no desenvolvimento de algas, acarretando a diminuição

do oxigênio e a proliferação de bactérias anaeróbias. A presença dessas bactérias resulta na mortalidade de peixes, além de deixar a água com cheiro e sabor desagradáveis (TAVARES et al., 2008).

A urbanização e a industrialização sem planejamento promovem o lançamento de esgoto e lixo em rios/lagos, ocasionando deterioração dos recursos hídricos. Os processos de erosão, inundações e assoreamentos refletem direta ou indiretamente na qualidade da água e nas zonas de drenagem e abastecimento de uma região.

Pesquise mais

O assoreamento ocasiona redução do volume de água do rio, além disso, o aumento de sedimentos contribui com a elevação do fundo do corpo hídrico, comprometendo o fluxo das correntes de água e sua navegabilidade.

Do ponto de vista dos processos que contribuem com o desenvolvimento de áreas degradadas, no Brasil, o desmatamento e as atividades agropecuárias são apontados como principais fatores de degradação do solo. Já as atividades mineradoras podem resultar em áreas de influência muito maior, proporcionando, por exemplo, degradação dos recursos hídricos, refletindo em toda bacia, caracterizando assim como uma atividade altamente impactante por conta da sua intensidade. Porém, no que se refere à extensão de degradação, verifica-se que ela pode ser menor quando comparada ao desmatamento e ao superpastejo a nível nacional (TAVARES et al., 2008).

Exemplificando

Em áreas de mineração de carvão a céu aberto ocorre a drenagem ácida e a solubilização de metais pesados, com consequências prejudiciais para uma área de influência, além da área de **lavra**.

Vocabulário

Lavra: Consiste no conjunto de operações que ocorrem na jazida, desde a extração das substâncias minerais até o seu beneficiamento. Em outras palavras: é o lugar onde se realiza a exploração de mina.

O processo de degradação ambiental também está intimamente relacionado ao conceito de degradação de terra, referindo-se à perda parcial ou total da capacidade de uso dos solos no presente e futuro, e uma das formas de degradação do solo são: a erosão e deterioração química, física e desertificação.

A erosão é caracterizada pelo desgaste da superfície das terras, rochas e solos e pode ser classificada entre geológica e antrópica. Denomina-se erosão geológica aquela decorrente de atividade geológica e de processo natural, ou seja, sem a influência do homem. Seus principais agentes causadores são água, vento e gelo. Já a erosão antrópica é aquela influenciada pela ação do homem no ambiente, tornando, assim, mais intensas as ações da água da chuva e/ou ventos sobre os solos (TAVARES et al., 2008, p. 106). A capacidade de erosão dos agentes causadores ocorrerá em diferentes intensidades, e um dos fatores que possuem influência direta são a topografia dos terrenos, os tipos de solos, o tipo de vegetação presente e a extensão das áreas vegetadas. Pois, a partir da retirada da cobertura vegetal dos solos, eles ficam mais vulneráveis a processos erosivos (FILIZOLA et al., 2011).

Decorrentes dos agentes água e vento, tem-se dois tipos de erosão: hídrica e eólica. O processo de erosão envolve basicamente três fases, sendo desagregação do solo ou das partículas do solo, o transporte de partículas e deposição de partículas.

Uma vez que a erosão eólica apresenta características relativamente similares às da erosão hídrica, partiremos do detalhamento desta última – erosão hídrica – para esclarecer essas três fases.

A desagregação ocorre devido ao impacto das gotas das chuvas sobre solos com ou sem cobertura, deixando o solo cada vez mais úmido, provocando o "selamento superficial dos primeiros centímetros do solo, ocasionando a redução da infiltração da água e o escorrimento superficial" (TAVARES et al., 2008, p.107). O transporte das partículas de solo ocorre quando há escoamento superficial da água que não foi infiltrada pelo solo, ou seja, quando ocorre precipitação em intensidade maior que a capacidade do solo de infiltrar água, sendo assim, o solo é lavado devido às enxurradas e o escoamento ocorre conforme agrega um volume maior de partículas ao escoar e também pela influência da declividade do terreno (ARAÚJO et al., 2010); a deposição de partículas consiste no armazenamento das partículas de solo erodidas em rios, lagos, açudes, represas etc. (TAVARES et al., 2008).

De acordo com a intensidade do escoamento de solo, pode-se destacar diferentes erosões, sendo elas: erosão laminar – quando há apenas arraste

da camada realmente superficial; erosão em sulcos ou ravinas – quando são abertos pelas enxurradas canais medianamente profundos ou canais onde a remoção do solo são canaletas facilmente identificáveis; ou, ainda, erosão em voçorocas, que é o estágio mais avançado e complexo de erosão, quando são abertos grandes sulcos nos solos devido à grande quantidade de solo erodido.

Essas três fases serão mais ou menos intensas, dependendo de fatores como os tipos de solo; por exemplo, **solos siltosos** são mais erodíveis que outros. O conteúdo orgânico do solo e o tamanho das frações de argila no solo são fatores capazes de diminuir a sua **erodibilidade** (ARAÚJO et al., 2010).

Vocabulário

Erodibilidade: É a suscetibilidade de um solo à erosão.

Solos siltosos: Grande parte das partículas desses solos são classificadas como silte e geralmente são muito erosíveis, pois o silte não se agrega como as argilas e ao mesmo tempo suas partículas são muito pequenas e leves, sendo fáceis de se desprender.

A erosão eólica é aquela ocasionada pela ação do vento sobre as partículas de solo, causando a desagregação de rochas e agregados de solo. Esse tipo de erosão recebe influência de fatores climáticos, como a umidade dos solos, quantidade de distribuição das chuvas e também da temperatura. Assim, os solos mais secos são os mais suscetíveis à erosão eólica, portanto ocorre, sobretudo, em áreas de clima árido e semiárido.

Além da erosão, outro tipo de degradação comum é a deterioração química e física. A deterioração química pode ocorrer por meio da perda de nutrientes do solo e de matéria orgânica, salinização ou concentração de sais nas camadas do solo (sobretudo as superiores), acidificação e poluições diversas.

A perda de nutrientes e da matéria orgânica do solo ocorre em parte pelos processos de erosão, mas também pode ocorrer por esgotamentos decorrentes da superutilização pela agricultura. Nesse caso, solos mais pobres ou moderadamente férteis são utilizados sem devida reposição de nutriente e reposição da matéria orgânica (ARAÚJO et al., 2010). É importante ressaltar que a matéria orgânica melhora a estrutura e atividade da fauna do solo, além disso, auxilia e facilita a infiltração de água e, como consequência, reduz a chance de erosão e o escorrimento superficial.

O acúmulo de sais nas camadas superiores do solo, conhecido como salinização, é a deterioração química ocasionada por práticas como irrigação. Quando essas práticas não são executadas de maneira adequada, possibilitam altos níveis de concentração de sais nas águas utilizadas. O processo de salinização é comum em regiões áridas, visto que altas taxas de evaporação favorecem o processo. Outra forma de salinização é quando ocorre invasão por águas salinas ou águas do mar em reservas de águas doce. Este último processo pode ocorrer por conta de desequilíbrio nos rios e diminuição de sua vazão, que pode ocorrer por meio da construção de barragens e das altas taxas de captação por cidades ou grandes áreas de agricultura.

A utilização de fertilizantes ácidos em excesso pode provocar a acidificação, na qual o pH do solo é alterado, sobretudo em determinados tipos de solos. As alterações químicas, além dos fatores citados, ocorrem por uma gama de tipos de poluição, como derramamento de óleo, acúmulo de lixo, derramamento de produtos químicos variados e descarte de animais mortos.

Existe uma relação entre deterioração química e física, pois alguns tipos de deterioração física ocasionam direta ou indiretamente a deterioração química. Por exemplo, quando ocorre a elevação do lençol freático, fazendo-se que ele chegue até o sistema radicular das plantas, em especial quando ocorre entrada da água além da capacidade de drenagem dos solos, pode ocorrer também salinização, ou seja, uma deterioração física ocasionando uma química. O mesmo ocorre no caso de subsidência, ou seja, quando ocorre o rebaixamento da superfície da terra por perda de matéria orgânica do solo (ARAÚJO et al., 2010).

A compactação é outra deterioração física comum, sobretudo por meio da ampliação do uso de máquinas pesadas pela agricultura moderna ou pelo adensamento de rebanhos bovinos, extrapolando a capacidade de suporte dos solos. A compactação pode ser descrita como o ponto em que o solo tem sua porosidade estrutural reduzida, o que o leva a processos de selamento e encrostamento das camadas do solo, deixando-o mais adensado, ou seja, compacto (TAVARES, 2008).

Outra forma de degradação ambiental significativa é a desertificação. Cabe aqui diferir áreas secas e desertas, para melhor compreender o que é desertificação. As áreas secas são aquelas que indicam períodos prolongados sem chuvas, como dois ou três anos.

Já desertos indicam regiões de clima árido, onde a precipitação é escassa e variável, e a evaporação excede essa precipitação, também apresentam características de solos rasos e hidricamente deficientes. A desertificação, em si, pode ser entendida como "um conjunto de fenômenos que conduz determinadas áreas a se tornarem em desertos ou a eles se assemelharem" (CONTI, 2008, p. 44). Esse conceito, desde que foi cunhado, sempre esteve atrelado a atividades humanas, embora se saiba que a desertificação pode resultar tanto de ações antrópicas, como mudanças climáticas por causas naturais. Quando decorrente das ações humanas, as principais causas da desertificação são o desmatamento de área com vegetação nativa, uso intenso do solo (agricultura e pecuária), práticas inadequadas de irrigação, e mineração.

Diante do quadro apresentado sobre vários tipos de degradação, as práticas de recuperação de áreas degradadas se fazem necessárias pela demanda da sociedade e pelo cumprimento da legislação. Um dos princípios da Política Nacional do Meio Ambiente é a recuperação de áreas degradadas, regulamentada segundo o Decreto 97.632, Art. 2o, sendo compreendido como degradação "os processos resultantes dos danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como, a qualidade ou capacidade produtiva dos recursos ambientais" (BRASIL, 1989, [s.p.]). Logo, os instrumentos legais regulam as atividades que causam danos ao meio ambiente e as sanções penais aplicáveis, sendo estes amparados pela Constituição Federal (BRASIL, 1988) e pela Lei de Crimes Ambientais (BRASIL, 1998).

Reflita

Mas afinal, por que existem áreas degradadas?

É inquestionável a contribuição de atividades antrópicas na degradação ambiental e suas consequências, como o efeito estufa e aquecimento global. Nota-se que em ambientes florestais ocorrem diversos eventos naturais, como queda de árvores, deslizamento de terras e raios que resultam em clareiras, mas que podem ser colonizadas por espécies pioneiras e secundárias, e que, portanto, não chegam a degradar florestas nativas (MARTINS, 2009). No entanto, o desmatamento é a principal causa de degradação das florestas nativas, impulsionado principalmente pela obtenção de madeira, expansão de área de cultivo ou pastagem, ampliação de áreas urbanas, extração de

areia dos rios, incêndios, atividades de mineração e empreendimentos turísticos mal planejados (MARTINS, 2009).

Embora muitas vezes a degradação seja demonstrada somente com a retirada da vegetação, existem outros fatores envolvidos que acarretam uma série de consequências. Por exemplo, o ecossistema degradado causa danos ao solo, aumentando o assoreamento e a erosão, e desse modo ocorre diminuição de acúmulo de carbono e nutrientes. Sendo assim, essas ações prejudicam os recursos hídricos e evapotranspiração na atmosfera, gerando dificuldade na sustentação de florestas.

Agora que você tem uma visão geral sobre os conceitos de degradação ambiental, conheceremos melhor as características de uma área degradada.

Normalmente, uma área considerada degradada apresenta as seguintes características biológicas, físicas e químicas: a fauna e a flora originais são destruídas ou removidas; a qualidade do ar é prejudicada; a camada superficial fértil do solo é perdida ou soterrada; são notórias as alterações do relevo e fertilidade do solo; a vazão e a qualidade ambiental dos cursos d'água são alteradas e/ou poluídas.

Diante do que foi exposto nesta seção, pode-se inferir que a existência de áreas degradadas está intimamente ligada ao modelo de exploração dos recursos naturais, à retirada de floresta nativa e à expansão da fronteira agrícola. Cabe destacar que a cobertura florestal pode ser recuperada por meios de custos relativamente baixos, já as atividades de mineração demandam maior tempo de recuperação e apresentam alto custo. Segundo Ferreira & Ferreira (2008), para recuperação de área de mineração do carvão, seria necessário R$ 72 milhões para a melhoria ambiental das operações de lavra e recuperação de áreas em atividade, e outros R$ 98,5 milhões para a recuperação de 3.292 hectares impactados pelas minerações passadas. Além disso, medidas de recuperação para a fase final de lavra implicam aumento significativo de custos justamente numa fase de redução de receita, estimulando o abandono ou o cumprimento parcial das obrigações (MECHI; SANCHES, 2010).

Sem medo de errar

Você está lembrando que deve resolver a primeira etapa (identificação da área degradada e tipos de degradação) do seu estudo, proposto no item "Convite ao estudo"?

Na cidade onde você trabalhará há indícios de desaparecimento da microbacia "Águas Claras", causado principalmente pela ausência de vegetação e pela ocupação desordenada do município, além disso, o município encontra-se em expansão urbana.

Dessa maneira, após estudar os conteúdos a respeito de áreas degradadas nesta seção, chegou o momento de você responder aos questionamentos propostos no "Diálogo aberto". Vamos relembrar?

1) Quais efeitos da ocupação urbana desordenada devem ser observados na área da microbacia "Águas Claras" para que ela seja caracterizada como ambientalmente degradada?

2) Que características físicas, químicas e biológicas devem ser observadas na área que abrange a microbacia para que ela seja considerada degradada?

Pode se entender como área degradada aquela que sofreu algum tipo de degradação ambiental. Posto isso, a degradação ambiental pode ocorrer de acordo com o modo de uso da terra para finalidade agrossilvicultural, industrial, urbana, energética e mineração. A ocupação desordenada na cidade e no entorno da microbacia "Águas Claras" contribui para que ocorra a degradação ambiental dessa área, em razão do descarte incorreto de resíduos e da falta de saneamento. Além disso, a retirada de mata ciliar, impulsionada pela ampliação da área urbana, contribui para a ocorrência da erosão de terras e assoreamento da microbacia.

Os resíduos domésticos e industriais e atividades na agricultura e pecuária, que podem estar no entorno da cidade, também podem contribuir com a degradação da microbacia. Sendo assim, o escoamento superficial proveniente de áreas urbanas contribui para que aconteça a degradação da microbacia a partir do transporte de resíduos provenientes de indústrias, postos de gasolinas, entre outros. Além disso, os produtos químicos utilizados na agropecuária através da contaminação dos lençóis freáticos podem contribuir com a deterioração da microbacia por meio do uso de fertilizantes, herbicidas, inseticidas e fungicidas.

Contudo, a existência da degradação de rios, lagos e microbacias – como é o caso da nossa situação hipotética – deve-se principalmente às ações antrópicas, como a urbanização desordenada. Dessa forma, efeitos ambientais negativos podem ser encontrados em situações assim, como: o desmatamento e as queimadas, pois a falta de

proteção vegetal no entorno das margens dos rios contribui com processos de erosão e o assoreamento; o lançamento de lixo, que provoca a contaminação da água; efluentes de esgotos, que sem tratamento prévio ocasionam perda da qualidade da água; e efluentes provenientes de indústrias, os quais apresentam substâncias químicas que podem alterar a fauna aquática, além de contaminar a água para consumo doméstico.

Para que a área da microbacia "Águas Claras" e seu entorno sejam considerados degradados, devem apresentar alterações de suas características biológicas, físicas e químicas, como: a fauna e a flora originais devem estar destruídas ou removidas (abastecimento urbano e irrigação); a camada superficial fértil do solo deve encontrar-se perdida ou soterrada; deve existir alterações do relevo e fertilidade do solo da área do entorno da microbacia; a vazão e a qualidade ambiental dos cursos d'água precisam ser alteradas e/ou poluídos. Diante dessas características, alterações no uso do solo na microbacia, como desmatamento, pastagens e intensificação da agricultura, podem levar à poluição. Além disso, o abastecimento urbano e a irrigação podem causar destruição de habitats. Dessa forma, o rebaixamento do lençol freático, sedimentação e a eutrofização indicam que área encontra-se degradada.

É muito bom saber que você concluiu os conteúdos desta seção, desse modo, agora você está apto a identificar e caracterizar as atividades degradadoras.

Avançando na prática

Diagnóstico de erosão

Descrição da situação-problema

Suponha que você foi contratado para realizar visita técnica em duas propriedades vizinhas. Os dois proprietários apresentam a mesma queixa: diminuição da vazão do córrego que divide as propriedades. Essa diminuição da disponibilidade de água tem impactado diretamente na produção animal, uma vez que ambas as propriedades têm autorização para captação de água para alimentação dos animais.

Ao fazer o diagnóstico, você observou que as propriedades possuem uma vegetação sobre o solo que é insuficiente para fazer sua

devida proteção, o que tem ocasionado erosão laminar e, em alguns pontos, erosão por ravinas. Sendo assim, os proprietários estão muitos preocupados e gostariam de entender mais sobre os efeitos da erosão.

Resolução da situação-problema

Você pode explicar aos proprietários que as erosões identificadas nas propriedades contribuem para que ocorra a diminuição da vazão do córrego que divide as duas propriedades. A falta de vegetação em suas margens deixa o solo mais propenso ao processo de erosão, carreando cada vez mais solo para dentro do córrego, causando assim o seu assoreamento. Como consequência desse processo, há redução do volume de água do rio; além disso, o aumento de sedimentos contribui com a elevação do fundo do corpo hídrico, comprometendo o fluxo das correntes de água.

Faça valer a pena

1. O modelo de desenvolvimento que se implantou no país tem como base a substituição de florestas pelo plantio de diversos cultivos, como o café, cana-de-açúcar e pastagens. Tal modelo resultou na fragmentação de alguns biomas, como a Mata Atlântica e a Floresta Amazônica. Dessa maneira, o aumento da fronteira agrícola é umas das principais causas de degradação das florestas.

Com base no texto, assinale a opção que apresenta a alternativa correta sobre área degradada:

a) Os conceitos de áreas degradadas e degradação ambiental divergem, uma vez que o primeiro está relacionado às ações antrópicas, enquanto o segundo não.

b) A degradação de uma área ocorre quando o ecossistema perde sua capacidade de recuperação natural após distúrbios, podendo voltar às condições originais com manejo adequado.

c) Pode ser entendida exclusivamente como uma área com falta de capacidade produtiva do solo por conta da baixa fertilidade.

d) Pode ser entendida como uma área que sofreu algum distúrbio por ação antrópica ou natural, resultando em danos ao meio ambiente.

e) A degradação de áreas ocorre exclusivamente no meio rural, por meio dos processos de desmatamento e erosão do solo.

2. Entende-se por áreas degradadas aquelas que foram afetadas, poluídas e/ou contaminadas e que perderam ou diminuíram a sua capacidade produtiva. Além disso, as áreas degradadas estão associadas à noção de alteração ambiental adversa, gerada em grande parte por atividades antrópicas.

Com base no que foi exposto, assinale a alternativa correta sobre degradação do ar, da água e do solo:

a) A compactação do solo pelo maquinário agrícola está relacionada com a degradação do solo, enquanto o processo de drenagem não tem influência sobre ele.

b) O escoamento da camada superficial do solo e as atividades industriais são apontados como principais fatores de degradação do solo.

c) A eutrofização consiste no enriquecimento dos cursos d'água por nutrientes e ocorre principalmente por Magnésio e Cálcio.

d) Em atividades mineradoras verifica-se grande extensão de área degradada e com baixa intensidade de impacto.

e) O processo de degradação da qualidade do ar pode ser considerado consequência do desenvolvimento social e industrial.

3. A degradação ambiental pode se apresentar de diversas formas, no entanto, a mais conhecida é a degradação dos solos. Sabe-se que a erosão é o principal tipo de degradação do solo, podendo ocorrer por ação de diversas atividades, como agricultura, pecuária, mineração, entre outras.

Marque a alternativa correta a respeito de erosão:

a) Os solos menos secos são os mais suscetíveis à erosão eólica.

b) O processo de erosão envolve três fases, sendo desagregação do solo ou das partículas do solo, o transporte de partículas e deposição de partículas.

c) Solos com alto teor de argila são mais suscetíveis à erosão, sendo assim, o conteúdo orgânico no solo e o tamanho das frações de argila são fatores capazes de aumentar a erodibilidade dos solos.

d) A retirada da cobertura vegetal dos solos não influencia diretamente nos processos erosivos.

e) Segundo a intensidade do impacto das chuvas, pode-se destacar diferentes tipos de erosões, como: a erosão laminar, erosão em sulcos ou ravinas e erosão localizada.

Seção 1.2

Atividades degradadoras e seus impactos ambientais

Diálogo aberto

Na primeira seção desta unidade você aprendeu como identificar e caracterizar uma área degradada, agora, estudaremos especificamente sobre os impactos ambientais gerados pelos processos de agricultura, mineração, urbanização e industrialização.

As diversas atividades econômicas e seus impactos ambientais negativos muitas vezes estão relacionados com a contaminação das águas naturais, caracterizando-se como um dos grandes problemas da sociedade moderna.

Nesse sentido, você se lembra da situação hipotética que foi apresentada no início da unidade, no item "Convite ao estudo"? Bem, você foi contratado para trabalhar para a prefeitura de uma cidade em expansão urbana e econômica e que está lidando com alguns impactos ambientais na microbacia "Águas Claras", a qual é fonte de abastecimento de água para população local. Essa microbacia vem se tornando uma área degradada devido a diversos fatores, como o avanço da área urbana (visto na Seção 1.1) e a intensificação das suas atividades industriais, o que veremos com mais detalhes adiante.

Como vimos, uma das principais atividades econômicas do município tem como base a indústria têxtil e, nessa situação, suponha que houve um acidente resultando no vazamento dos efluentes não tratados produzidos por esse tipo de indústria. Somado a isso, imagine agora que a prefeitura recebeu informações de que, em breve, uma empresa de extração mineral de metais se instalará na cidade, o que pode acarretar mais impactos ambientais negativos à microbacia. Essa empresa foi atraída pelo "boom" econômico do município e por ter detectado a viabilidade econômica de um recurso mineral.

Posto isso, agora é o momento de realizar a segunda etapa do seu serviço para a prefeitura, que é o *apontamento dos principais impactos ambientais causados pela urbanização, mineração e industrialização*, visando buscar as melhores soluções para esses problemas que

prejudicam a cidade. Portanto, é necessário que você continue seu trabalho de consultor ambiental esclarecendo alguns questionamentos para prefeitura:

- Quais são os impactos ambientais ocasionados pela expansão urbana à microbacia "Águas Claras"?
- Será que a "futura" mineradora que se instalará na cidade poderá gerar impactos ambientais nas águas da microbacia? Quais?
- Quais são os principais impactos ambientais e sociais gerados pela indústria têxtil que podem afetar a cidade e a microbacia?
- Quais seriam as alternativas para solução dos impactos socioambientais gerados pela indústria têxtil?

Para finalizar a segunda etapa de estudo, responda a esses questionamentos e inclua os impactos ambientais causados por essas atividades em seu trabalho!

Não pode faltar

A degradação ambiental também pode ser entendida como impacto ambiental negativo, mas, afinal, o que seria impacto ambiental? Para entendermos melhor essa questão, aprenderemos, primeiramente, sobre os termos poluição e poluentes.

Por volta dos anos de 1950, o termo "poluição" começou a ser bastante difundido, associando-se a leis que estabeleciam determinadas condições e limites da presença de determinados poluentes. Dessa forma, segundo a Lei Federal nº 6.938, art. 3o, inciso "III", a poluição é entendida como a degradação da qualidade ambiental, ou seja, é o resultado de atividades que podem prejudicar o bem-estar da população e da biota; é entendida também relacionada a atividades que afetam as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente, a atividades que criam condições adversas para atividades sociais e econômicas, e, finalmente, ao lançamento de matérias ou energia fora dos padrões ambientais estabelecidos (BRASIL, 1981).

Vocabulário

Poluentes: São elementos ou compostos químicos presentes nas águas (superficiais ou subterrâneas), partículas ou gases com potencial nocivo presentes na atmosfera, além de ruído, vibrações e radiações ionizantes.

Assimile

Entende-se por poluição qualquer forma de matéria ou energia que cause efeitos negativos aos organismos vivos.

No contexto histórico apresentado, devido à complexidade dos problemas ambientais, o termo poluição já não era mais suficiente para tratar de diversas situações, assim, foi nesse cenário que a ideia de impacto ambiental se consolidou ao longo dos anos 1970 (SÁNCHEZ, 2013).

Segundo a norma ISO 14001:2004, impacto ambiental pode ser compreendido como qualquer alteração do meio ambiente, podendo ser adversa ou benéfica, e que resulte no todo ou em parte, de atividades, produtos ou serviços de determinada organização (ABNT, 2004). Porém, um ponto a se destacar é que geralmente, quando se pensa em impacto ambiental, tal conceito normalmente é associado a alguma atividade negativa, todavia o impacto ambiental também pode ser benéfico, principalmente quando se trata de programas de preservação do meio ambiente, como: recuperação de mata ciliar, replantio de árvores e limpeza de rios.

Atenção

Embora existam impactos positivos e negativos, neste livro, quando nos referirmos a "impacto", estaremos falando dos "negativos" e que são causados por ações antrópicas!

Reflita

Agora que você tem uma visão geral sobre o conceito de impacto ambiental, quais seriam as atividades que mais causam impactos nos aspectos sociais, ambientais e econômicos?

Para facilitar nosso entendimento, abordaremos o conteúdo desta seção em tópicos descritos a seguir: a) Agricultura e silvicultura; b) Mineração e construção de barragens; e c) Processos de urbanização e industrialização.

a) Agricultura e silvicultura

Nos anos 1960 surgiu a chamada revolução verde, a qual proporcionou o uso de diversas tecnologias, como o melhoramento genético de sementes, uso de máquinas agrícolas, fertilizantes, defensivos (inseticidas, fungicidas e herbicidas) e sistemas de irrigação. Porém, com esse modelo de produção, passou a ser empregada uma pequena variedade de animais e plantas nos sistemas de criação e cultivo.

Desse modo, o modelo de agricultura que passou a ser adotado com o advento dessas tecnologias fundamentou-se principalmente no cultivo de monoculturas que causam sérios problemas ambientais, tais como a contaminação do recurso hídrico e dos ecossistemas por meio de produtos químicos e redução de habitats. Além disso, o avanço de áreas para implantação da agricultura, pastagem e floresta plantada impulsionou o desmatamento e as queimadas, que são consideradas de alta gravidade, pois destroem nutrientes importantes para a vida microbiana e, consequentemente, ocasionam perda da biodiversidade com a extinção de espécies, gerando desequilíbrio ecológico no ecossistema (FERREIRA et al., 2016).

A tecnologia utilizada na revolução verde não ocorreu de forma homogênea para os diferentes tipos de agricultores, sendo que alguns deles não conseguiram manter-se no meio rural por não terem condições de adquirir tais tecnologias. Nesse contexto passaram a vender as suas terras que foram incorporadas por grandes latifundiários. Portanto, embora a revolução agrícola tenha difundido novas tecnologias para o aumento da produção de alimentos no planeta, agravou a situação de concentração fundiária (FERREIRA et al., 2016).

Um dos discursos adotados pela revolução verde seria a solução do problema da fome por meio do aumento da produção de alimentos, no entanto ficou evidente que esse problema está fundamentado na desigualdade do acesso aos alimentos, e dificilmente seria resolvido apenas por meio do aumento da produção. Desse modo, o modelo de agricultura vigente gera desigualdades sociais, e tal situação chama a atenção de organizações nacionais voltadas para a problemática da insegurança alimentar das populações.

A respeito da silvicultura no Brasil, verifica-se a utilização de espécies de crescimento rápido como o eucalipto e o pinus,

porém o uso dessas espécies exóticas, associado à prática de monoculturas, gera algumas consequências. Entre elas, estão os impactos na qualidade da água e na dinâmica hídrica fluvial, provocados essencialmente pela exportação de nutrientes, depósito de sedimentos pela água de escoamento e pelo consumo de água pelas espécies arbóreas (GUIMARÃES et al., 2010).

Em 2016, a área total de florestas plantadas no Brasil foi de 7,84 milhões de hectares, com 5,7 milhões de hectares plantados com eucalipto e 1,6 milhões de hectares com pinus (IBÁ, 2017). Diante desse quadro, pode-se observar que o avanço da monocultura de eucalipto levantou discussões em relação aos efeitos dessa árvore sobre o meio ambiente. Entre esses efeitos, podemos citar o empobrecimento e erosão do solo; impacto sobre sua umidade e de lençóis freáticos; e a baixa biodiversidade da flora e fauna apresentada em monoculturas (VITAL, 2007).

b) Mineração e construção de barragens

As atividades de mineração e construção de barragens podem ir além das consequências ecológicas, causando impactos nos âmbitos econômicos, sociais e culturais.

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de minério do mundo, com produção mineral bruta e beneficiada de 53 tipos de minerais, incluindo metálicos, não-metálicos, gemas e diamantes, e energéticos (BRASIL, 2010). No ano de 2015, somente as substâncias metálicas corresponderam a 80% do valor total da produção mineral comercializada no Brasil, entre elas, o alumínio, cobre, estanho, ferro, manganês, nióbio, níquel e ouro somaram 98,5% do valor da produção de substâncias metálicas, contabilizando 67,5 bilhões de reais com a produção (BRASIL, 2016). No entanto, por mais que essa atividade gere riqueza e crescimento econômico por ser um dos importantes setores da economia brasileira, a indústria extrativa mineral é considerada uma das atividades que mais causa impactos socioeconômicos e ambientais (ARAUJO et al., 2014).

Exemplificando

Metálicos: Alumínio, chumbo, cobalto, cobre, estanho, ferro, manganês, nióbio, níquel, ouro, prata etc.; não-metálicos: areia, calcário, enxofre,

fosfato, potássio, quartzo (cristal), sal, entre outras; gemas e diamantes; energéticos: carvão mineral, turfa, urânio e outros radioativos.

Existem mais de 3 mil minas e 9 mil mineradoras em atividades no Brasil, sem contar os passivos ambientais, cujo número é desconhecido no país, podendo ultrapassar dezenas de milhares de minas e garimpos, que se encontram inativos ou abandonados. Os efeitos ambientais negativos da extração mineral (mineração e lavra garimpeira) estão relacionados às diversas fases de exploração dos minerais, desde a lavra até a forma de transportar e beneficiar o minério, e podem se estender após o fechamento da mina (ARAUJO et al., 2014).

Pesquise mais

Na fase de implantação do empreendimento minerário são previstos os impactos ambientais ao meio ambiente, já na fase de desativação se passa a ter passivos ambientais, ou seja, aqueles que são gerados no encerramento das atividades minerárias, no qual não são executadas nenhuma ação ou projeto no sentido de recuperação do meio ambiente.

Segundo Sánchez (2002), os principais impactos da mineração em ecossistemas podem ser agrupados em quatro categorias: destruição do habitat, sua fragmentação, alteração de suas características e impacto sobre a fauna. Tais impactos têm como ações gerais a retirada da vegetação, liberação de poluentes na água ou no ar, além de processos erosivos acelerados por essas atividades. Além disso, a mineração proporciona dispersão de metais pesados, que por sua vez compromete a fauna e a flora, além de influenciar na qualidade de vida das populações situadas na área minerada e seu entorno (ARAUJO et al., 2014).

De modo geral, a atividade de mineração provoca retirada da vegetação ou impedimento de sua regeneração, os solos ficam expostos à erosão e consequentemente ocorre o assoreamento de rios e lagos. A presença de materiais sólidos (retirada de areia ou exploração de argila, por exemplo) oriundos das atividades de lavra pode acarretar o aumento da turbidez e consequente variação na qualidade da água e na penetração da luz solar no interior do corpo

hídrico. Além disso, as águas podem ser poluídas por substâncias contidas nos efluentes das áreas de mineração (óleo, graxa e metais pesados), e os metais pesados, por sua vez, podem atingir até mesmo as águas subterrâneas e, como eles são altamente tóxicos, podem causar sérios danos aos seres vivos. Por fim, a poluição da água pode também provocar mudança do pH, tornando-a geralmente mais ácida (MECHI; SANCHES, 2010).

Outro impacto negativo que devemos considerar são as construções de barragens feitas para instalação de usinas hidrelétricas. Por mais que a energia hidráulica seja considerada uma fonte de energia renovável, ela não é considerada como "energia limpa", pois, para a instalação desses empreendimentos, ocorrem alagamentos, mudanças na paisagem original, deslocamento populacional e destruição de ecossistemas.

Desse modo, o processo de construção de barragem influencia a dinâmica biológica dos peixes e, consequentemente, afeta a população local por meio da redução do estoque de peixes que serviriam para fins de consumo próprio ou para fins comerciais. Além disso, construções de represas podem gerar perda de terras para os agricultores, tirando não somente seu meio de subsistência, mas também o local onde viviam em comunidade e tinham todo um aparato histórico-cultural. Dessa forma, a migração de pessoas deslocadas para construção de barragens pode afetar suas relações comunitárias, alterando o modo de vida de populações tradicionais que nem sempre são adeptas a essas mudanças (SÁNCHEZ, 2013).

Pesquise mais

A tragédia que ocorreu na cidade de Mariana (MG) é considerada por muitos especialistas como o maior desastre ambiental que ocorreu no Brasil. Na ocasião, a lama gerada pelo desastre dizimou o distrito Bento Rodrigues, ocasionando mortes de pessoas, contaminação de rios e destruição de florestas inteiras. Quer saber mais sobre esse desastre ambiental? Leia o artigo intitulado "O rompimento da barragem de Mariana e seus impactos socioambientais".

LOPES, L. M. N. O rompimento da barragem de Mariana e seus impactos socioambientais. **Sinapse Múltipla**, v. 5, n. 1, p. 1-14, 2016. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/sinapsemultipla/article/view/11377/9677>. Acesso em: 18 set. 2017.

c) Processos de urbanização e industrialização

No Brasil, o processo de urbanização reflete as ações que ocorreram no campo por meio da modernização conservadora, ou seja, a partir da introdução de máquinas agrícolas em áreas rurais. Essa situação contribuiu com o endividamento de pequenos agricultores, muitos ficaram desempregados e passaram a migrar para metrópoles, causando inchaço urbano (RIBEIRO, 2008).

O crescimento desenfreado e sem planejamento dos centros urbanos proporcionaram grandes problemas ambientais e sociais, dos quais podemos citar: a poluição (do ar, sonora, visual e da água); a deterioração dos recursos naturais; o desemprego; e a perda da identidade cultural e da capacidade produtiva econômica. Além disso, a falta de tratamento dos esgotos e de destinação adequada do lixo acarretam diversos problemas para os habitantes das cidades, gerando elevados índices de poluição (LEAL et al., 2008).

Um ponto a se destacar é que os problemas ambientais urbanos podem ser explicados pela relação entre urbanização e industrialização. Para a instalação de indústrias são necessários diversos fatores que viabilizem o seu funcionamento, bem como mão de obra, projeção de vias, construção de conjuntos habitacionais, além de sistema de distribuição de energia (RIBEIRO, 2008).

Dessa maneira, a partir da revolução industrial o meio ambiente foi sendo transformado pela sociedade moderna. Nesse contexto, os rios do meio urbano passaram a ser canalizados e os solos, cobertos por asfalto. Além disso, os impactos ambientais não ocorreram somente nas cidades, mas também em áreas mais afastadas dos centros em razão da instalação de usinas hidrelétricas, exploração de mineração e construção de ferrovias, rodovias e estradas (LEAL et al., 2008).

A poluição das águas pelo setor industrial pode ocorrer por meio de compostos orgânicos e inorgânicos. Os orgânicos englobam principalmente os combustíveis fósseis, como petróleo, carvão mineral e gás natural. Com o avanço da industrialização, o volume de detritos despejados nas águas tornou-se mais intenso, assim a capacidade de purificação dos rios e oceanos foi se tornando limitada. Elementos que não são biodegradáveis passaram a ser despejados nas águas, por exemplo: plástico, detergentes e pesticidas. Por sua vez, esses elementos diminuem a capacidade de

retenção do oxigênio das águas, prejudicando a sobrevivência dos organismos aquáticos (LEAL et al., 2008).

Diversas atividades contribuem largamente com a poluição atmosférica por meio da emissão de gases poluentes, podendo intensificar tanto o efeito estufa quanto a chuva ácida. Dentre os fatores antrópicos que contribuem com a emissão de gases do efeito estufa (gás carbônico - CO_2; gás metano - CH_4, e óxido nitroso - N_20) tem-se a queima de combustíveis fósseis, atividades industriais e queimadas (SILVA; PAULA, 2009). Em se tratando da chuva ácida, o ar atmosférico quando desprovido de poluentes tem seu pH influenciado apenas pelo ácido carbônico (H_2CO_3), no qual, dissolvido em água pura, mantém o pH da água da chuva levemente ácido (pouco abaixo de 5,65). Já o dióxido de enxofre (SO_2) é considerado o principal elemento que contribui com a acidez da chuva, sendo liberado para atmosfera pela atividade antrópica e pela decomposição de algas. Os óxidos de enxofre ao reagirem com as moléculas de água presentes no ar atmosférico formam o ácido sulfúrico (H_2SO_4), considerado um dos componentes chaves na formação da chuva ácida. Outro elemento que também contribui com a formação de chuvas ácidas é o nitrogênio, tendo sua origem na combustão do carvão vegetal e derivados do petróleo. De forma geral, o SO_2, junto com os óxidos de nitrogênio (NO_2 e NO_3, por exemplo) são fundamentais para formação da chuva ácida, e ao reagirem com água formam o ácido nítrico (HNO_3), ácido nitroso (HNO_2) e o ácido sulfúrico (H_2SO_4) (JESUS, 1996).

Atenção

Até aqui você estudou sobre uma série de impactos ambientais que podem ser causados por diferentes setores da indústria. Para aprofundarmo-nos mais sobre esse tema, consideraremos como estudo de caso os impactos socioambientais ocasionados pela indústria têxtil.

A produção da indústria têxtil é composta por várias etapas que podem causar degradação ambiental, caso não sejam tomados os devidos cuidados. A água é considerada elemento fundamental para funcionamento dessa indústria, sendo essencial para o tingimento da malha, processo que pode provocar modificações na qualidade

da água de rios por meio de substâncias químicas. Portanto, faz-se necessária a utilização de estação de tratamento de água, evitando, assim, que a água volte poluída para a fonte de onde foi captada. Os resíduos sólidos, assim como a infiltração de águas contaminadas, são constantes ameaças para a qualidade do solo, portanto o tratamento de água deve ser realizado e os filtros particulados devem ser utilizados (SANTOS, 1997).

Os efeitos de poluição do ar provocados pela indústria têxtil estão relacionados aos aerodispersóides (partículas de algodão) e também a outras partículas que podem afetar a saúde do trabalhador. Além disso, o vapor que é utilizado em algumas etapas do processo de produção é advindo da queima do óleo combustível e lenha. Desse modo, os gases provenientes da combustão são emitidos com fuligem, além de dióxidos de enxofre e gás carbônico, causadores da chuva ácida e do efeito estufa, respectivamente (SANTOS, 1997).

É importante ressaltar que o impacto da indústria têxtil pode ocorrer desde a produção da matéria-prima (algodão) no campo, onde a cultura passa pelas fases de produção até a fase de manufatura. Ressalta-se que a maior parte dos produtores utiliza o modelo convencional de produção, ou seja, com base em monoculturas que usam agrotóxicos e adubação química. Além disso, durante a fase de colheita mecanizada, faz-se uso de desfolhantes químicos, os quais agridem o meio ambiente e, consequentemente, as pessoas.

Diante desse cenário, algumas indústrias e empresas de alguns países passaram a fazer uso de certificação orgânica e ecológica do algodão, de modo que deixaram de ser utilizados insumos químicos durante a produção, sendo assim, essas preocupações tornam-se essenciais à saúde humana e qualidade do meio ambiente (SANTOS, 1997).

Algumas ações adotadas não somente por empresas do ramo têxtil, mas também de outros setores, podem minimizar ou até mesmo eliminar a degradação e poluição ambiental. Por exemplo, durante a escolha de máquinas e equipamentos deve ser considerado o tipo e nível de energia necessários para o seu funcionamento e deve ser conhecido o tipo de poluição que podem ocasionar. Além disso, tornam-se necessários o investimento em alguns equipamentos, como filtros para remoção de materiais particulados e gasosos, a realização do tratamento da água e o uso de produtos biodegradáveis e não tóxicos (SANTOS, 1997).

Outro ponto importante seria a utilização de reciclagem e uso racional dos recursos energéticos, como a utilização de gás natural em vez de óleo combustível. Desse modo, empresas que investem em questões ambientais, além de passarem credibilidade aos consumidores, podem garantir maior economia, uma vez que parte dos seus produtos pode ser produzida por meio de reciclagem ou reaproveitamento dos resíduos sólidos, resultando em desperdícios mínimos.

Diante de tudo que foi visto, entende-se que o modo de consumo atual da sociedade pode ser considerado uma das maiores causas da poluição, visto que o sistema funciona em um formato de cadeias produtivas, no qual o grande desenvolvimento das indústrias ocasionou maior utilização de recursos naturais, gerando poluição e degradação ambiental (RIBEIRO, 2008).

Dessa forma, é necessária a incorporação de cadeias produtivas sustentáveis pelos mais diversos ramos do setor econômico. E, para que as organizações sejam consideradas sustentáveis, estas devem buscar um equilíbrio entre as dimensões que regem o conceito de sustentabilidade, com base nos seguintes aspectos: social, econômico, ecológico, espacial e cultural.

Pesquise mais

Você pode conhecer melhor sobre a cadeia produtiva da indústria têxtil acessando o site a seguir:

BARBOSA, V. **Uma revolução começou nas nossas roupas — e cada peça conta**. 2016. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/negocios/uma-revolucao-comecou-no-seu-armario-e-cada-peca-conta/>. Acesso em: 17 out. 2017.

Além do setor de indústria têxtil já explicado, podemos citar também outra forma de modelo sustentável. No setor florestal, o uso de certificação é considerado uma das ferramentas adotadas pelas empresas para garantir a sustentabilidade da cadeia produtiva de árvores plantadas, o que reforça seu comprometimento com as questões socioambientais. Por meio dessa ferramenta, alega-se que o manejo florestal é realizado de forma responsável, seguindo os princípios e critérios de responsabilidade social e ambiental estabelecidos pelas normas de certificação. Atualmente, no Brasil, 5,4 milhões de hectares de florestas plantadas são certificadas (IBÁ, 2017).

Sem medo de errar

Caro aluno, chegou o momento de você responder o que foi proposto no "Diálogo aberto", preparado?

Relembrando: você foi contratado como consultor ambiental pela prefeitura de uma cidade que visa analisar os supostos impactos ambientais causados pela urbanização, atividade mineradora e indústria têxtil na microbacia "Águas Claras".

Desse modo, aborde o que você aprendeu nesta seção e oriente a prefeitura respondendo aos seguintes questionamentos: Quais são os impactos ambientais ocasionados pela expansão urbana à microbacia "Águas Claras"? Será que a "futura" mineradora que se instalará na cidade poderá gerar impactos ambientais nas águas da microbacia? Quais são os principais impactos ambientais e sociais gerados pela indústria têxtil que podem afetar a cidade e a microbacia? Quais seriam as alternativas para a solução dos impactos socioambientais gerados pela indústria têxtil?

Os impactos ambientais ocasionados pela rápida expansão urbana à microbacia podem proporcionar grandes problemas ambientais, entre eles, podemos citar a poluição das águas da microbacia, uma vez que a falta de tratamento dos esgotos e de destinação adequada do lixo (fatos comuns em cidades que não planejam a sua expansão) acarretam diversos problemas para os recursos hídricos, com elevados índices de poluição.

Nota-se, ainda, que os fenômenos de urbanização e industrialização estão altamente atrelados, visto que não só o crescimento urbano, mas também a instalação de indústrias na cidade pode comprometer a qualidade da água da microbacia. Desse modo, pode ocorrer a poluição das águas pelo setor industrial, tanto por meio de compostos orgânicos quanto inorgânicos. Além disso, com o avanço da industrialização, o volume de detritos despejados nas águas torna-se mais intenso e elementos que não são biodegradáveis passam a ser despejados nas águas, por exemplo plástico, detergentes e pesticidas. Por sua vez, tais elementos diminuem a capacidade de retenção do oxigênio das águas, prejudicando a sobrevivência dos organismos aquáticos.

Quanto à indústria de mineração de extração de metais, caso se efetive a sua instalação na cidade, esta pode ocasionar danos

ambientais à microbacia, visto que, geralmente, a atividade de mineração provoca retirada da vegetação ou impedimento de sua regeneração, dessa forma, como vimos, os solos ficam expostos à erosão e consequentemente ocorre o assoreamento de rios e lagos. Além disso, as águas podem ser poluídas por substâncias contidas nos efluentes das áreas de mineração (metais pesados); essas substâncias podem atingir até mesmo as águas subterrâneas e, por apresentarem o efeito tóxico desses metais, podem causar sérios danos à fauna aquática e à qualidade da água para fins de consumo.

Os principais impactos causados pela indústria têxtil na cidade e na microbacia são aqueles que afetam a qualidade da água, do ar, do solo, além da qualidade de vida da população que depende desses recursos naturais.

A água é considerada elemento fundamental para funcionamento dessa indústria, essencialmente para o tingimento da malha, que por sua vez pode provocar modificações na qualidade da água por meio de substâncias químicas. A fase de beneficiamento pode ser considerada a fase mais crítica em termos de poluição ambiental no setor têxtil, pois nessa fase ocorrem os processos de alvejamento, tingimento, acabamento e estamparia do algodão. E durante esse processo emprega-se o maior número de substâncias químicas e poluidores que contribuem com a poluição da água e do ar. Dessa forma, o vazamento de efluentes não tratados afetou a qualidade da água da microbacia "Águas Claras" e do ar da cidade, assim como da população que depende desse recurso hídrico.

Para solução desse problema, é essencial a utilização de estação de tratamento de água, para evitar que a água volte poluída para a fonte de onde foi captada. Além disso, para os resíduos sólidos, devem ser utilizados filtros particulados.

Os efeitos de poluição do ar provocados pela indústria têxtil estão relacionados aos aerodispersóides (partículas de algodão) e também a outras partículas que podem afetar a qualidade do ar da cidade, além da saúde de trabalhadores do setor. Além disso, o vapor que é utilizado em algumas etapas do processo de produção tem sua origem na queima do óleo combustível e lenha. Desse modo, os gases provenientes da combustão são emitidos com fuligem, dióxidos de enxofre e gás carbônico, causadores da chuva ácida e do efeito estufa, respectivamente.

É importante ressaltar que o impacto da indústria têxtil na cidade pode ocorrer desde a produção da matéria-prima (algodão) no campo até a fase de produção, visto que a maior parte dos produtores utiliza o modelo convencional de agricultura, ou seja, com base em sistemas agrícolas que utilizam apenas uma cultura, e que usam agrotóxicos e adubação química, que, por sua vez, podem contaminar o solo e os cursos d'água.

Como vimos no item "Não pode faltar" uma das alternativas adotadas por indústrias e empresas de alguns países é o uso de certificação orgânica e ecológica do algodão, já que mudanças como essa são essenciais à saúde humana e qualidade do meio ambiente, pois não utilizam insumos químicos durante sua produção.

Dessa maneira, os impactos socioambientais gerados pela indústria têxtil podem ser minimizados, ou até mesmo eliminados. Por exemplo, na escolha de máquinas e equipamentos devem ser considerados o tipo e nível de energia necessários para o seu funcionamento, e a poluição que esses podem ocasionar. Além disso, torna-se necessário investir em equipamentos, como filtros para remoção de materiais particulados e gasosos, e fazer uso de produtos biodegradáveis e não tóxicos.

Diante de tudo que vimos até aqui, você já concluiu as partes 1 e 2 do seu estudo, que irão compor a sua análise ambiental estratégica, e que deverá ser entregue em formato de documento à prefeitura ao final desta unidade! Já começou a elaborá-lo?

Avançando na prática

Seminário sobre impactos ambientais causados por empresas de mineração

Descrição da situação-problema

Suponha que você é representante ambiental de uma mineradora e foi convidado para participar de uma mesa redonda sobre os principais impactos causados por esse tipo de atividade.

Após a abertura para perguntas, um convidado o questiona: Por que a atividade de extração mineral é considerada uma das atividades que mais causa impactos ambientais?

Resolução da situação-problema

Você pode começar respondendo que a mineração está relacionada às diversas fases de exploração dos minerais, desde a fase de lavra até o transporte e beneficiamento do minério, podendo se estender até mesmo após o fechamento da mina. Nesse aspecto, no Brasil, existem mais de 3 mil minas e 9 mil mineradoras em atividades, sem contar os passivos ambientais, cujo número é desconhecido, podendo ultrapassar dezenas de milhares de minas e garimpos que se encontram inativos ou abandonados.

Além disso, os impactos ambientais dessa atividade consistem na destruição do habitat, sua fragmentação, alteração de suas características e impacto sobre a fauna. Tais impactos têm como ações gerais a retirada da vegetação, liberação de poluentes na água ou no ar, além de ocasionar processos erosivos acelerados por essa atividade.

No entanto, o Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de minério do mundo, produzindo 53 tipos de minerais, incluindo metálicos, não-metálicos, gemas e diamantes, e energéticos. Dessa forma, essa atividade gera riqueza e crescimento econômico por ser um dos importantes setores da economia brasileira.

Faça valer a pena

1. O uso de combustíveis fósseis e a utilização de veículos podem contribuir com o lançamento de poluentes que podem aumentar a formação da chuva ácida. Esta, por sua vez, prejudica plantações e florestas, e também afeta a qualidade de vida do homem.

Considerando o texto apresentado, marque a alternativa correta que corresponde aos óxidos que auxiliam na formação da chuva ácida.

a) CO_2 e H_2SO_4.

b) CO e NO_2.

c) SO_2 e MgO.

d) Na_2O e SO_3.

e) NO_2 e SO_3.

2. Leia a notícia a seguir:

"A modernização da agricultura trouxe inúmeras vantagens, como o aumento da produtividade dos cereais devido ao melhoramento genético e

ao uso de fertilizantes e irrigação; a intensificação e o aumento da produção devido à mecanização; entre outros" (REDE GLOBO, 2013).

Sobre a revolução verde ou revolução agrícola, assinale a resposta correta.

a) A partir da revolução agrícola houve intensificação de medidas sustentáveis na agricultura.

b) A revolução verde contribuiu não somente com aumento da produtividade no campo, mas também serviu para solucionar o problema da fome.

c) Os impactos negativos da revolução verde foram restritos aos recursos naturais, pois afetou a qualidade da água, do solo e do ar.

d) A revolução agrícola ocasionou vários impactos ao meio ambiente e às relações sociais em razão do uso de tecnologias e produtos químicos.

e) A revolução verde foi benéfica para todos os agricultores, uma vez que proporcionou tecnologias para o aumento da produtividade.

3. Com relação aos impactos socioambientais, analise as afirmativas a seguir:

I – Os efeitos ambientais negativos da extração mineral estão relacionados às diversas fases de exploração dos minerais, desde a lavra até a forma de transportar e beneficiar o minério, podendo se estender após o fechamento da mina.

II – Os principais impactos da mineração em ecossistemas podem ser agrupados em quatro categorias: destruição do habitat, sua fragmentação, alteração de suas características e impacto sobre a fauna.

III – A geração de energia elétrica por meio de usinas hidrelétricas pode ser considerada como fonte de energia renovável e limpa, pois para seu funcionamento não há emissão de poluentes para a atmosfera que contribuem com o efeito estufa.

IV – Os recursos minerais influenciam a construção e o funcionamento de habitação, transporte, indústria e tecnologia, porém a extração mineral é considerada uma das atividades que mais causa impactos.

Após analisar as afirmativas, marque a alternativa que contenha somente as respostas corretas:

a) I, II, III e IV estão corretas.

b) Apenas I, II e III estão corretas.

c) Apenas III e IV estão corretas.

d) Apenas I, II e IV estão corretas.

e) Apenas I e IV estão corretas.

Seção 1.3

Aspectos legais da recuperação de áreas degradadas

Diálogo aberto

Olá, aluno! Chegamos à última seção desta unidade, portanto vamos relembrar o que estudamos até aqui? Na Seção 1.1, estudamos sobre degradação ambiental, na Seção 1.2, aprendemos sobre alguns impactos ambientais negativos causados por diversos tipos de atividades, como agricultura, indústria, mineração, entre outras. Logo, ao término desta unidade, esperamos que você entenda sobre os tipos de degradação ambiental, as atividades degradadoras e seus impactos ambientais, assim como conheça a legislação aplicada à recuperação de áreas degradadas, que é o foco desta seção.

Até aqui abordamos sobre os principais conceitos que são essenciais para o entendimento do estudo de áreas degradadas, como meio ambiente, recursos naturais, degradação, poluição, poluentes, entre outros. Desse modo, cabe ressaltar que a Constituição de 1988, além da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938/1981) e a Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Lei 12.651/2012), são consideradas parâmetros essenciais para o entendimento dos conceitos sobre o meio ambiente e também auxiliam no entendimento das normas para o uso de recursos naturais como um todo. Desse modo, nesta seção nos aprofundaremos no estudo sobre legislação ambiental aplicada à recuperação de áreas degradadas.

Para colocar em prática nossos estudos, resgataremos novamente nossa situação hipotética do "Convite ao estudo": a microbacia chamada "Águas Claras" vem sofrendo impactos ambientais por ações antrópicas, em razão do avanço da urbanização e das atividades industriais, e, nesse contexto, você foi contratado pela prefeitura de uma cidade para elaborar uma Avaliação Ambiental Estratégica, com base em um estudo inicial composto de três etapas.

Bem, até agora você já analisou e caracterizou a área degradada, identificou os principais impactos ambientais que afetam diretamente ou indiretamente a microbacia, e, ao analisar o histórico da cidade,

verificou também que tanto o crescimento urbano desordenado quanto as instalações de empreendimentos industriais (têxtil e de laticínios) proporcionaram a retirada da mata ciliar ao longo da microbacia. A fim de auxiliar melhor a prefeitura para adoção dos procedimentos indicados nas leis, quais quesitos legais devem ser considerados para recuperação de áreas degradadas? Qual a principal lei que serve de parâmetro para analisar a retirada da mata ciliar da microbacia? A área referente à microbacia pode ser considerada área de preservação permanente? Quais os métodos que podem ser utilizados para recuperar a área? O que são medidas compensatórias? Em quais condições podem ser feitas recuperação de APP por medidas compensatórias?

Além da análise da degradação da mata ciliar, analise também a seguinte situação:

Algumas propriedades rurais que fornecem leite à indústria de laticínio já instalada na cidade encontram-se sem o Cadastro Ambiental Rural. Desse modo, os proprietários rurais devem se adequar em relação à norma ambiental. Portanto, para resolver os problemas dos produtores de leite você deverá incluir também os seguintes pontos na última etapa do seu estudo: Como você falaria da importância do Cadastro Ambiental Rural? Como realizar o cadastro? Quais são os pré-requisitos necessários?

Dedique-se à leitura desta seção e finalize seu trabalho como consultor ambiental. Bom estudo!

Não pode faltar

A primeira Constituição a tratar do termo "meio ambiente" foi a de 1988, como visto no artigo 225: "Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo". De acordo com a Constituição, cabe à União legislar sobre a proteção do meio ambiente e combate à poluição em qualquer de suas formas, sendo de responsabilidade da União, dos Estados e do Distrito Federal legislar concorrentemente sobre a proteção do meio ambiente, além de efetuar o controle da poluição (BRASIL, 1988).

Reflita

Nesse contexto, quais seriam os órgãos e entidades responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental?

Os órgãos e entidades responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental constituem o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), estruturado da seguinte maneira: Órgão Superior, com a função de assessorar o presidente da República; órgão consultivo e deliberativo, refere-se ao Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que assessora e recomenda ao conselho do governo diretrizes de políticas governamentais para o meio ambiente; órgão central, incumbido pela Secretaria do Meio Ambiente, a qual possui as funções de planejar e supervisionar as políticas fixadas para o meio ambiente; órgãos executores, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Instituto Chico Mendes), os quais têm função de executar a política voltada para o meio ambiente; órgãos seccionais, órgãos ou entidades estaduais que executam programas e projetos, além de fazerem o controle e a fiscalização de atividades capazes de provocar a degradação ambiental; e, por fim, os órgãos locais, que compõem órgãos ou entidades municipais, responsáveis pelo controle e pela fiscalização de atividades que causam degradação ambiental, inseridas dentro de suas jurisdições (BRASIL, 1981).

Entre os vários instrumentos que compõem a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), vamos nos aprofundar sobre o licenciamento ambiental, visto que esse instrumento está estritamente relacionado à degradação ambiental.

Segundo o Decreto 237/1997, o licenciamento ambiental é definido como

> **procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas poluidoras ou que possam causar degradação ambiental. (BRASIL, 1997, [s.p.])**

Em outras palavras, por meio do licenciamento ambiental, o empreendedor inicia seu contato com o órgão ambiental e passa a conhecer suas obrigações quanto ao controle ambiental adequado de sua atividade. A licença ambiental possibilita que o órgão ambiental estabeleça regras, condições, restrições e medidas de controle ambiental a serem seguidas por determinada empresa, sendo que durante esse processo são avaliadas algumas características, como: o potencial de geração de líquidos poluentes (efluentes), resíduos sólidos, emissões atmosféricas, ruídos, entre outras (FEITOSA et al., 2004).

Desse modo, é importante que você, profissional da área ambiental, entenda sobre as atividades que são capazes de causar degradação ambiental e necessitam de prévio licenciamento. Portanto, conheça algumas dessas atividades: extração e tratamento de minerais; indústrias diversas (material elétrico, material de transporte etc.); obras civis; serviços de utilidades (produção de energia termoelétrica, disposição de agroquímicos, destinação de resíduos sólidos urbanos etc.); turismo; atividades agropecuárias; e uso de recursos naturais (BRASIL, 1997).

Pesquise mais

Você pode conhecer detalhadamente sobre os tipos de atividades ou empreendimentos que estão sujeitos ao licenciamento ambiental, lendo o anexo I da Resolução 237 de 1997.

BRASIL. **Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997**. Dispõe sobre licenciamento ambiental; competência da União, Estados e Municípios; listagem de atividades sujeitas ao licenciamento; Estudos Ambientais, Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>. Acesso em: 30 set. 2017.

São de competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios as ações administrativas referentes ao licenciamento ambiental. No entanto, o órgão competente que fica encarregado depende de uma série de critérios, por exemplo, cabe à União o licenciamento de atividades ou empreendimentos localizados ou desenvolvidos em dois ou mais estados. Em outro caso, é de responsabilidade do município promover o licenciamento de atividades ou empreendimentos que causem impacto no âmbito local ou localizado em unidades de conservação instituídas pelo

município (exceto em Áreas de Proteção Ambiental). E, por fim, não se tratando de competência da União ou do município, cabe aos estados o licenciamento de atividades/empreendimentos efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental (BRASIL, 2011a).

O órgão competente pelo licenciamento pode requisitar informações para estudos de impacto ambiental e respectivos relatórios, no caso de obras ou atividades de significativa degradação ambiental. Os estudos ambientais servirão de subsídio para análise da licença requerida, podendo ser de diversos tipos, como: relatório ambiental, plano e projeto de controle ambiental, relatório ambiental preliminar, diagnóstico ambiental, plano de manejo, plano de recuperação de área degradada e análise preliminar de risco. Desse modo, segundo o art. 3 do Decreto 237/97, "A licença ambiental para empreendimentos e atividades consideradas efetiva ou potencialmente causadoras de significativa degradação do meio dependerá de prévio estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto sobre o meio ambiente (EIA/RIMA)". No entanto, caberá ao órgão ambiental competente definir qual tipo de estudo ambiental é pertinente ao respectivo processo de licenciamento (BRASIL, 1997).

Vale ressaltar que o mercado está cada vez mais exigente, requisitando que as empresas sejam licenciadas e que cumpram a legislação ambiental. Outro ponto importante é que os órgãos de financiamento e de incentivos governamentais submetam aprovação dos projetos à apresentação da licença ambiental (FEITOSA et al., 2004). Dessa forma, empresas que funcionam sem licença ambiental estão sujeitas às sanções previstas em Lei, como: advertências, multas, embargos, paralisação temporária ou definitiva das atividades (BRASIL, 1998).

Exemplificando

Para fazer face à reparação dos danos ambientais causados pela destruição de florestas e outros ecossistemas, o licenciamento de empreendimentos de relevante impacto ambiental, terá sempre como um dos pré-requisitos, a implantação de uma unidade de conservação. (BRASIL, 1996, [s.p.])

Como exemplo, podemos citar a construção de um shopping center na cidade de Ribeirão Preto, para que se pudesse derrubar uma mata remanescente de cerrado na área onde empreendimento seria construído, uma das exigências aos empreendedores foi a construção e gerenciamento de um parque ecológico na referida cidade.

Em se tratando de empreendimento com significativo impacto ambiental, considerado pelo órgão ambiental competente, com fundamento em EIA e RIMA, o empreendedor é obrigado a apoiar a implantação e manutenção de Unidade de Conservação do Grupo de Proteção Integral, chamada de compensação ambiental. Ou seja, a compensação ambiental pode ser utilizada para ressarcir os danos causados, por ações irreversíveis ou não mitigáveis. A compensação ambiental tem como foco principal a biodiversidade, que em cada estado é realizada de uma forma. Desse modo, esse instrumento ambiental é de grande importância para o auxílio na proteção, criação de áreas protegidas e conservação dos recursos naturais.

Além disso, as medidas compensatórias podem também ser importante instrumento para a implementação de projetos de recuperação de áreas degradadas, visto que é disposto em diversas normas, tais como: Resolução CONAMA 369/2006, esclarecendo que medidas compensatórias devem ser adotadas em casos de intervenção ou supressão de vegetação em APP. Sendo assim, as medidas de caráter compensatório consistem na efetiva recuperação ou recomposição de APP e deverão ocorrer na mesma sub-bacia hidrográfica, prioritariamente na área de influência do empreendimento, ou nas cabeceiras dos rios (BRASIL 2006a, art. 5º, § 2º). Outro exemplo que podemos verificar encontra-se na Lei 11.428/2006 da Mata Atlântica, a qual estabelece compensação para supressão de vegetação desse bioma, com base nos termos do artigo 17, § 1º, no qual é verificada pelo órgão ambiental a impossibilidade da compensação ambiental prevista no caput desse artigo, o qual exigirá a reposição florestal, com espécies nativas, em área equivalente à desmatada, na mesma bacia hidrográfica e, sempre que possível, na mesma microbacia hidrográfica. Ainda de acordo com essa lei, conforme Art. 32, em se tratando de atividade mineradora, é necessária a

> adoção de medida compensatória que inclua a recuperação de área equivalente à área do empreendimento, com as mesmas características ecológicas, na mesma bacia hidrográfica e sempre que possível na mesma microbacia hidrográfica. (BRASIL, 2006b, [s.p.])

Sobre os aspectos legais de recuperação de áreas degradadas, podem existir nos estados e/ou municípios diferentes normas e leis que regulamentam as atividades de recuperação de área degradada. Como exemplo, a Resolução SMA 32/2014, vigente no estado de São Paulo, estabelece diretrizes e orientações para a elaboração, execução e monitoramento de Projetos de Restauração Ecológica, além de critérios e parâmetros para avaliar seus resultados e atestar sua conclusão (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2014a). Na Resolução Federal 429/2011 é disposta a metodologia de recuperação das Áreas de Preservação Permanente, na qual se estabelece que a recuperação pode ser feita pelos seguintes métodos: condução da regeneração natural de espécies nativas, plantio de espécies nativas e plantio de espécies nativas conjugado com a condução da regeneração natural de espécies nativas (BRASIL, 2011b). Na Instrução Normativa do ICMBio 11/2014, podemos observar procedimentos para elaboração, análise, aprovação e acompanhamento da execução de Projeto de Recuperação de Área Degradada ou Perturbada (PRAD), para fins de cumprimento da legislação ambiental (BRASIL, 2014b).

As penalidades disciplinares ou compensatórias ao não cumprimento das medidas necessárias à preservação ou correção da degradação ambiental são um dos instrumentos da PNMA. Sendo assim, o não cumprimento das medidas necessárias à preservação ou correção dos inconvenientes e danos causados pela degradação da qualidade ambiental sujeitará os transgressores à multa simples ou diária, à perda ou restrição de incentivos e benefícios fiscais concedidos pelo Poder Público, à perda ou suspensão de participação em linhas de financiamento em estabelecimentos oficiais de crédito e até mesmo à suspensão de sua atividade (BRASIL, 1981). Desse modo, a partir da criação da Lei de Crimes Ambientais (BRASIL, 1998), os órgãos ambientais e o Ministério Público passaram a ter referência para punir os infratores do meio ambiente.

Diante do exposto, entendemos que são diversas sanções com base na Lei de Crimes Ambientais e pela Política Nacional de Meio Ambiente, que podem ser aplicadas nas esferas civil, administrativa e penal, podendo

ser impostas aos empresários e aos agentes corresponsáveis (pessoas físicas) e à empresa (pessoa jurídica) em caso de dano ambiental (BRASIL, 1998; BRASIL, 1981; FEITOSA et al., 2004).

Caro aluno, foram muitas informações até aqui, não é mesmo? Porém, queremos enfatizar que o profissional da área ambiental, além de conhecer sobre o arcabouço legal do sistema de licenciamento e medidas compensatórias que visam recuperar áreas degradadas, deve também se atentar à legislação vigente sobre a proteção das florestas e demais vegetações nativas.

Desse modo, vamos nos aprofundar nos termos inseridos na Lei de Proteção da vegetação Nativa, popularmente conhecida como Novo Código Florestal (Lei nº 12.651, de 2012), que passou a vigorar conforme algumas alterações da Lei nº 12.727/2012. Essa lei aborda principalmente sobre dois tipos de áreas de preservação, a Reserva Legal (RL) e a Área de Preservação Permanente (APP), e também sobre o Cadastro Ambiental Rural (CAR). O novo Código Florestal também dispõe de medidas compensatórias impostas ao interessado em suprimir vegetação de Áreas de Preservação Permanente, ao mesmo tempo em que trata da compensação de Reserva Legal (BRASIL, 2012a; BRASIL, 2012b).

A Área de Preservação Permanente tem a função de preservar locais frágeis e pode ser entendida como uma área protegida, coberta ou não por vegetação nativa. Essa área tem como função ambiental preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade. Além disso, tem as funções de facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar da sociedade (BRASIL, 2012a, art. 3, II). De acordo com o Código Florestal, existem vários tipos de APPs, como: faixas marginais de qualquer curso d'água natural, áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, restingas, manguezais, topo de morros, encostas, áreas em altitude superior a 1800 metros, entre outras. Desse modo, para cada tipo de APP, é definido um tamanho da faixa de proteção na qual a vegetação deve ser preservada (BRASIL, 2012a, art. 4).

Exemplificando

Nas margens de rios, a área mínima de florestas a ser mantida depende da largura de cada um, rios de até 10 metros de largura devem ter 30 metros de mata preservada, por exemplo; nas nascentes e olhos d'água, a mata mínima preservada deve ter raio de 50 metros de largura (BRASIL, 2012a, art. 4).

De modo geral, **não pode haver exploração econômica dos recursos florestais em APP**, sendo que a vegetação situada em APP deverá ser mantida pelo proprietário da área. No entanto, poderão ser autorizados alguns casos de intervenção ou supressão da vegetação nativa, como para fins de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental (BRASIL, 2012a).

A Reserva Legal (RL) é a área localizada em uma propriedade rural e tem a função de assegurar o uso econômico de **modo sustentável dos recursos naturais**, ou seja, é possível utilizar o espaço e os recursos naturais que a área dispõe, desde que seja feito de forma sustentável, sem agredir ou extrai-los de maneira total ou imprudente. Além disso, essa área visa auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa (BRASIL, 2012a, art. 3, III). Em outras palavras, a RL é a porcentagem de cada propriedade ou posse rural que deve ser preservada, onde é obrigatório manter-se parte da cobertura da vegetação nativa. O tamanho da área dependerá de qual região o imóvel rural se encontra e também do tipo de bioma. Na Amazônia Legal, o tamanho das reservas pode ser de 80% em áreas de florestas, 35% no cerrado e 20% em campos gerais. Já em relação aos outros estados brasileiros, o tamanho da reserva será de 20% (BRASIL, 2012a).

Assimile

A Amazônia Legal abrange os seguintes estados: Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, parte oeste do Maranhão, Rondônia, Roraima e Tocantins.

Enquanto as APPs são consideradas "áreas intocáveis", onde só é possível o manejo humano para fins de preservação, reflorestamento, estudos e levantamento dos recursos naturais e das espécies nativas, as RL podem ter a área rural e os recursos explorados, desde que a exploração seja realizada de forma sustentável, conforme a legislação ambiental.

Atenção

Nas APPs que apresentam área rural consolidada (apenas aquelas que foram consolidas em data anterior a 22 de julho de 2008), é autorizada, exclusivamente, a continuidade das atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo e de turismo rural, sendo admitida, em área que não ofereça risco à vida ou à integridade física das pessoas, a manutenção de residências, de infraestrutura e do acesso relativos a essas atividades. Porém, a lei estabelece uma série de requisitos para a continuidade do uso dessas APPs, variando de acordo com os diversos tipos de APP e com o tamanho da área (SICAR/MG, 2015).

O Cadastro Ambiental Rural (CAR) se refere a um registro público eletrônico de âmbito nacional que tem como finalidade integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental/econômico e combate ao desmatamento (BRASIL, 2012a, art. 29). O decreto nº 7.830 de 2012 estabeleceu o Sistema de Cadastro Ambiental Rural (SICAR) como o sistema eletrônico de âmbito nacional destinado ao gerenciamento de informações ambientais dos imóveis rurais (BRASIL, 2012c, art. 2, I). Em outras palavras, o Cadastro Ambiental Rural é uma importante ferramenta na área de gestão ambiental, com o qual será possível os órgãos ambientais federais e estaduais conhecerem não apenas a localização de cada imóvel rural, mas também a situação em relação à sua adequação ambiental. No Brasil, mais de 4,3 milhões de imóveis rurais já foram cadastrados, totalizando uma área de 413 milhões de hectares até agosto de 2017, porém, 397,8 milhões de hectares ainda são áreas passíveis de cadastro (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2017).

Para a inscrição no CAR é necessária a Identificação do proprietário ou possuidor rural, e a comprovação da propriedade ou posse. Somado a isto, para propriedades acima de quatro módulos fiscais será exigido à identificação do imóvel por meio de planta georreferenciada do perímetro do imóvel, das áreas de interesse social e das áreas de utilidade pública, com a informação da localização dos remanescentes de vegetação nativa, das Áreas de Preservação Permanente, das Áreas de Uso Restrito, das áreas consolidadas e da localização das Reservas Legais (BRASIL, 2012c, art. 5).

Vocabulário

Módulo fiscal: é uma unidade de medida agrária usada no Brasil expressa em hectares, a dimensão de um módulo fiscal varia de acordo com o município onde está localizada a propriedade, e o valor do módulo fiscal pode variar de 5 a 110 hectares.

O CAR para imóveis rurais de pequena propriedade ou familiar é gratuito (até quatro módulos fiscais), este deve ser adotado através de procedimento simplificado, no qual será obrigatória apenas a identificação do proprietário ou possuidor rural, a comprovação da propriedade ou posse e a apresentação de croqui que indique o perímetro do imóvel, as APPs e os remanescentes que formam a RL (BRASIL 2012c, art. 8).

Atenção

A inscrição no CAR é obrigatória para todas as propriedades e posses rurais, devendo ser requerida até 31 de dezembro de 2017, prorrogável por mais um ano por ato do Chefe do Poder Executivo.

Assimile

Alguns requisitos são necessários para a Realização do CAR:

Até 4 módulos Fiscais: Não é necessária anotação de Responsabilidade Técnica (ART) e há possibilidade de procurar o poder público para auxílio na inscrição no CAR de forma gratuita para agricultura familiar.

Maior que 4 módulos Fiscais: O Cadastro deve ser feito à custa do produtor e será necessária ART referente ao profissional que fez o levantamento das características da propriedade necessárias ao CAR (SICAR/MG, 2015).

É possível notar que são verificadas algumas vantagens e restrições ao produtor quanto ao CAR, dessa forma, a Lei Federal nº 12.651/2012 dispõe de uma série de artigos que coloca ao produtor a necessidade de se cadastrar para que ele possa usufruir de alguns direitos, como a obtenção de crédito agrícola, visto que, instituições financeiras só poderão conceder crédito, em qualquer de suas modalidades, mediante o CAR (SICAR/MG, 2015).

Cabe destacar algumas vantagens em se obter o CAR, como a comprovação de que a propriedade está em dia com a legislação ambiental, o acesso ao crédito rural e demais programas oficiais de incentivo à produção, além da oportunidade de suspender multas ambientais cometidas até 22 de julho de 2008, desde que assumido o compromisso de regularização.

Para quem desmatou antes de julho de 2008, além da opção de recompor ou regenerar a vegetação, outra alternativa possível é a compensação, que pode ser feita por meio das Cotas de Reserva Ambiental (CARs). Essas cotas são entendidas como títulos representativos de cobertura vegetal que podem ser usados para compensar a falta de Reserva Legal em outra propriedade e também podem ser vendidas para aqueles que precisam compensar a RL. Para criação das Cotas de Reserva Ambiental, é necessário solicitar ao órgão ambiental competente a emissão das CRAs apresentando o Cadastro Ambiental Rural e a documentação requerida.

Segundo o art. 44 da Lei n. 12.651/2012, podem ser criadas Cotas de Reserva Ambiental (CRAs) em áreas de: Servidão Florestal; Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN); Reserva Legal instituída voluntariamente sobre a vegetação que exceder os percentuais legais e Unidade de Conservação de domínio público que ainda não tenha sido desapropriada; e áreas com florestas existentes ou com vegetação em processo de recuperação (salvo se a regeneração ou recomposição da área forem improváveis ou inviáveis).

Vale ressaltar que as CRAs podem ser vistas como uma janela de oportunidades para os profissionais que trabalham na recuperação/restauração de ambientes degradados, uma vez que se referem a um instrumento que permite ao poder público a manutenção e criação de unidades de conservação e, somado a isso, a possibilidade de implantação de inúmeros projetos de restauração ecológica. Outro ponto a se destacar é a possibilidade de regularização ambiental de inúmeros proprietários que se encontram em insegurança jurídica diária devido a irregularidades ambientais (ROSARIO, 2015, p. 82).

Tanto as CRAs quanto as Unidades de Conservação podem ser usadas para compensar a ausência de Reserva Legal de outro imóvel rural, desde que atendidas determinadas condições legais, por exemplo, só é possível fazer compensação com excedentes de Reserva Legal dentro de um mesmo bioma. Além disso, ambos os imóveis devem

estar localizados no mesmo estado, a menos que estejam em áreas consideradas prioritárias pela União ou pelos estados.

Diante do que vimos nesta unidade, é notória a importância dos conceitos que abrangem a legislação ambiental brasileira, sendo dever de todos respeitar suas normas e limites. Desse modo, é possível a utilização de recursos naturais, considerando a biodiversidade da fauna e da flora, a qualidade dos recursos hídricos, do solo e do ar e, por fim, o bem-estar da humanidade.

Sem medo de errar

Voltando à situação hipotética que estamos trabalhando desde o início desta unidade: você foi contratado para trabalhar como consultor ambiental para prefeitura de uma cidade que apresenta problemas ambientais na microbacia de Águas Claras. Essa microbacia vem sofrendo impactos negativos em razão de ações antrópicas ao longo de sua margem, por conta do avanço da área urbana e das atividades industriais, que proporcionaram ao longo dos anos a retirada da mata ciliar, ocasionando consequentemente a degradação da área. Portanto, diante da situação e com intuito de auxiliar melhor a prefeitura, você deve responder os questionamentos lançados no "Diálogo aberto" desta seção:

Quais quesitos legais devem ser considerados para a recuperação de áreas degradadas? Qual a principal lei que serve de parâmetro para analisar a retirada da mata ciliar da microbacia? A área referente à microbacia pode ser considerada área de preservação permanente? Quais os métodos que podem ser utilizados para recuperar a área? O que são medidas compensatórias? Em quais condições podem ser feitas recuperação de APP por medidas compensatórias?

Os quesitos legais usados para recuperação de áreas degradadas são bastante complexos, pois dependem de uma série de fatores, como nível de impacto ambiental e tipo de área a ser recuperada, podendo ser desde área de Área de Preservação Permanente (APP), Reserva Legal até área de passivo ambiental, oriundos de empreendimentos minerários. Além disso, não somente as leis federais são requisitos, uma vez que o parâmetro legal de recuperação de áreas degradadas também tem como base diferentes normas e leis estaduais e/ou municipais que

regulamentam as atividades de recuperação de área degradada, como a Resolução 32/2014, vigente no estado de São Paulo, que estabelece diretrizes e orientações para a elaboração, execução e monitoramento de Projetos de Restauração Ecológica. Outro exemplo que podemos citar na recuperação de áreas degradadas é a compensação ambiental decorrente do licenciamento ambiental de empreendimentos de significativo impacto ambiental.

A Lei de Proteção da Vegetação Nativa, popularmente conhecida como Novo Código Florestal do Código Florestal (Lei n. 12.651, de maio de 2012), dispõe sobre várias normas e instrumentos que visam à proteção de florestas e qualquer tipo de vegetação nativa. Essa lei delimita e normatiza a proteção das Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal, bem como cria o Cadastro Ambiental Rural e institui a Cota de Reserva Ambiental como mecanismo de compensação de déficit de Reserva Legal. Segundo o Novo Código Florestal, a Área de Preservação Permanente tem como uma das funções preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade. Desse modo, a microbacia "Águas Claras" é considerada área de APP, pois se enquadra nos quesitos dessa lei, a qual apresenta que as faixas marginais de qualquer curso d'água natural, áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, entre outras, são consideradas APPs. Nas APPs só é possível o manejo humano para fins de preservação, reflorestamento, estudos e levantamento dos recursos naturais e das espécies nativas.

Segundo a Resolução Federal 429/201, alguns procedimentos podem ser abordados com o objetivo de recuperar as Áreas de Preservação Permanente, como: condução da regeneração natural de espécies nativas, plantio de espécies nativas e plantio de espécies nativas conjugado com a condução da regeneração natural de espécies nativas. As medidas compensatórias consistem na recuperação ou recomposição de APPs e deverão ocorrer necessariamente em APP da mesma bacia hidrográfica, preferencialmente na microbacia hidrográfica afetada e, especialmente, nas cabeceiras dos rios.

Sobre a propriedade rural dos produtores de leite, como você falaria sobre a importância do cadastro ambiental rural? Como realizar o cadastro? Quais são os pré-requisitos necessários?

Primeiramente, você deve informar os produtores que devem realizar o Cadastro Ambiental Rural, pois se refere a um registro

público eletrônico de âmbito nacional que tem como finalidade integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais, além de ser obrigatório para todas as propriedades e posses rurais. Esse cadastro possibilita algumas vantagens, como a comprovação de que a propriedade está em dia com a legislação ambiental e o acesso ao crédito rural e demais programas oficiais de incentivo à produção.

Para realizar o cadastro ambiental, os proprietários deverão possuir os seguintes itens: a identificação do proprietário ou possuidor rural e a comprovação da propriedade ou posse. Somado a isso, em se tratando de propriedade familiar (até quatro módulos fiscais), deve ser adotado o procedimento simplificado, no qual será obrigatória apenas a identificação do proprietário ou possuidor rural, a comprovação da propriedade ou posse e a apresentação de croqui que indique o perímetro do imóvel, as Áreas de Preservação Permanente e os remanescentes que formam a Reserva Legal.

Sobre os requisitos para a realização do CAR de propriedades com até quatro módulos Fiscais não é necessária anotação de Responsabilidade Técnica (ART) e há possibilidade de se procurar o poder público para auxílio na inscrição no CAR de forma gratuita, já que os proprietários ou possuidores geralmente são pequenos agricultores familiares.

Agora que você finalizou esta seção, pode entregar à prefeitura o documento com a análise ambiental estratégica sobre a identificação e caracterização de atividades degradadoras, seus impactos ambientais e aplicação da legislação pertinente. Apresente todas essas informações em um documento técnico que contenha todas as informações trabalhadas desde a primeira etapa dessa avaliação.

Avançando na prática

Como obter o Cadastro Ambiental Rural?

Descrição da situação-problema

Imagine que você foi contratado pela empresa "Soluções ambientais" e na sua primeira semana de trabalho você teve de prestar consultoria em uma propriedade rural superior a quatro módulos

fiscais. O dono da fazenda havia adquirido o imóvel rural há pouco tempo e não entendia muito a respeito, por isso, ao pretender fazer investimentos em sua propriedade, decidiu solicitar crédito rural no banco. No entanto, na ocasião descobriu que a fazenda se encontrava sem o Cadastro Ambiental Rural e, portanto, ficou impossibilitado de solicitar o crédito.

Considerando o exposto, como você ajudará a solucionar o problema do fazendeiro?

Resolução da situação-problema

Como o fazendeiro não entende muito sobre o assunto, primeiramente explique que o Cadastro Ambiental Rural (CAR) é obrigatório para todos imóveis rurais e se refere ao um registro público eletrônico de âmbito nacional que tem como finalidade integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental/econômico e combate ao desmatamento.

Também explique ao fazendeiro que ele deve fazer a inscrição do CAR, a qual pode ser feita no órgão ambiental municipal ou estadual, e que, para propriedade acima de quatro módulos fiscais, serão exigidos os seguintes requisitos: a identificação do imóvel por meio de planta e memorial descritivo, contendo a indicação das coordenadas geográficas com pelo menos um ponto de amarração do perímetro do imóvel, além da informação da localização dos remanescentes de vegetação nativa, das Áreas de Preservação Permanente, das áreas de uso restrito, das áreas consolidadas e, caso existente, da Reserva Legal.

Após finalizar os procedimentos necessários para obtenção do CAR, o fazendeiro poderá solicitar o crédito rural para investir em sua propriedade.

Faça valer a pena

1. No Brasil, mais de 4,3 milhões de imóveis rurais já foram cadastrados no Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural, totalizando uma área de 413 milhões de hectares cadastradas, porém nota-se ainda que 397,8 milhões de hectares ainda são áreas passíveis do cadastro (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2017).

Sobre o Cadastro Ambiental Rural, assinale a alternativa correta:
a) É obrigatório somente para propriedades rurais acima de quatro módulos fiscais.
b) Todos têm direito ao serviço de Cadastro Ambiental Rural gratuitamente.
c) Para pequenos e grandes produtores é exigido planta georreferenciada da área.
d) A anotação de Responsabilidade Técnica é obrigatória para todas propriedades.
e) Um de seus objetivos é o combate ao desmatamento e planejamento ambiental.

2. De acordo com a legislação de proteção ambiental brasileira, nas propriedades rurais é obrigatório a manutenção ou recomposição da cobertura de vegetação nativa, podendo variar de 20% a 80% em todo território nacional. As _____ são instrumentos criados pelo _____ para possibilitar a compensação da obrigação de _____ em propriedades rurais.
Marque a alternativa que preencha corretamente as lacunas presentes no texto-base:
a) Cotas de Reserva Ambiental, Novo Código Florestal e Área de Preservação Permanente.
b) Reservas Legais, Cadastro Ambiental Rural e Área de Preservação Permanente.
c) Áreas de Preservação Permanente, Cadastro Ambiental Rural e Cotas de Reserva Ambiental.
d) Cotas de Reserva Ambiental, Novo Código Florestal e Reserva Legal.
e) Reservas Legais, Novo Código Florestal e Área de Preservação Permanente.

3. Leia o texto a seguir:
Define sobre regras gerais sobre onde e de que forma o território brasileiro pode ser explorado, além de determinar áreas de vegetação nativa que devem ser preservadas e quais regiões são legalmente autorizadas a receber os diferentes tipos de produção rural.
Qual seria o tema a que o texto refere-se?
a) Cadastro Ambiental Rural, o qual é baseado no Decreto 97.632 de 1989.
b) Cotas de Reserva Ambiental, que não precisa do Cadastro Ambiental Rural para sua implantação.
c) Código Florestal, que tem um dos princípios a preservação das florestas e demais formas de vegetação nativa.

d) As Áreas de Preservação Permanente, que têm como base uma porcentagem da área total de um imóvel rural, onde é obrigatório manter-se parte da cobertura da vegetação nativa.
e) Reserva Legal, a qual define que seja preservado 20% do total da área de qualquer imóvel rural no Brasil.

Referências

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Sistemas da gestão ambiental Requisitos com orientações para uso.** 2004. 27 p. Disponível em: <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasghislaine/iso-14001-2004.pdf>. Acesso em: 13 set. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos traz balanço da situação e da gestão das águas no Brasil**. Brasília, 2013. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id_noticia=12365>. Acesso em: 29 ago. 2017.

ARAUJO, E. R.; OLIVIERI, R. D.; FERNANDES, F. R. C. Atividade mineradora gera riqueza e impactos negativos nas comunidades e no meio ambiente. In: FERNANDES, F. R. C.; ALAMINO, R. C. J.; ARAUJO, E. R. (Editores). **Recursos minerais e comunidade**: impactos humanos, socioambientais e econômicos. p. 1-12. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014. Disponível em: <http://verbetes.cetem.gov.br/verbetes/Texto.aspx?p=7&s=3http://verbetes.cetem.gov.br/verbetes/Texto.aspx?p=7&s=3>. Acesso em: 17 nov. 2017.

ARAÚJO, G. H. de S.; ALMEIDA, J. R. de.; GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 322 p.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. **Presidência da República, Brasília**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 20 set. 2017.

_____. **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/ConstituicaoCompilado.htm>. Acesso em: 28 set. 2017.

_____. Decreto federal n. 97.632, de 10 de abril de 1989. Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2o, inciso VIII, da Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências. **Presidência da República, Brasília**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D97632.htm>. Acesso em: 28 ago. 2017.

_____. **Decreto n. 6.514**, de 22 de julho de 2008. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm>. Acesso em: 29 set. 2017.

_____. **Decreto n. 7.830**, de 17 de outubro de 2012. Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental, de que trata a Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012, e dá outras providências. 2012c. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Decreto/D7830.htm>. Acesso em: 30 set. 2017.

_____. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). **Anuário Mineral Brasileiro**. Brasília, 2010. Disponível em:<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/anuario-mineral-brasileiro-2010>. Acesso em: 5 out. 2017.

_____. **Instrução normativa ICMBIO n. 11**, de 11 de dezembro de 2014. 2014 b. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Instrucao_normativa/2014/in_icmbio_11_2014_estabelece_procedimentos_prad.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2017.

_____. **Lei Complementar n. 140**, de 8 de dezembro de 2011. 2011a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LCP/Lcp140.htm>. Acesso em: 5 nov. 2017.

_____. **Lei federal n. 6.938**, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Acesso em: 29 set. de 2017.

_____. **Lei n. 11.428**, de 22 de dezembro de 2006. 2006b. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Disponível: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11428.htm>. Acesso em: 6 nov. 2017.

_____. **Lei n. 12.651**, de 25 de maio de 2012. 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. 2012 a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 30 set. 2017.

_____. **Lei n. 12.727**, de 17 de outubro de 2012. 2012. Altera a lei 12.651, de 25 de maio de 2012. 2012 b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12727.htm>. Acesso em: 30 set. 2017.

_____. **Lei n. 9.605**, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm>. Acesso em: 20 set. 2017.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Qualidade do ar**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar>. Acesso em: 29 ago. de 2017.

_____. **Resolução Conama n. 3**, de 28 de junho de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. **P**residência da República, Brasília. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100>. Acesso em: 18 set. 2017.

_____.. **Resolução n. 02**, de 18 de abril de 1996. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), no uso das atribuições que lhe conferem o Inciso I, do art. 4º, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, Incisos II e X, do art. 7º, do Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res96/res0296.html>. Acesso em: 16 out. 2017.

_____. **Resolução n. 237**, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre licenciamento ambiental; competência da União, Estados e Municípios; listagem de atividades sujeitas ao licenciamento; Estudos Ambientais, Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental. Disponível em: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/bra25095.pdf>. Acesso em: 30 set. 2017.

_____. **Resolução n. 369**, de 28 de março de 2006a. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP. Disponível: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=489>. Acesso em: 6 nov. 2011.

_____. **Resolução n. 429**, de 28 de fevereiro de 2011. Dispõe sobre a metodologia de recuperação das Áreas de Preservação Permanente (APPs). 2011b. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=644>. Acesso em: 5 nov. 2017.

CONTI, J. B. O conceito de desertificação. **Climatologia e estudos da paisagem**, Rio Claro, v. 3, n. 2, jun./dez. 2008. 39 p.

FAO; ITPS. **Status of the World's Soil Resources (SWSR)–Main Report**. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils: Roma, 2015. 650 p.

FEITOSA, I. R; LIMA, L. S.; FAGUNDES, R. L. **Manual de Licenciamento ambiental**: guia de procedimento passo a passo. Rio de Janeiro: GMA, 2004. 23 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/cart_sebrae.pdf>. Acesso em: 30 set. 2017.

FERREIRA, C. A. de L. et al. Dos impactos ambientais por atividades agrícolas. **Pesquisa e ação**, v. 2, n. 3, p. 1-19, 2016.

FERREIRA, G. L. B. V.; FERREIRA, N. B. V. Exploração minerária e a recuperação de áreas degradadas. **Âmbito Jurídico**, v. 11, n. 51, p. 1-4, 2008.

FILIZOLA, H. F.; ALMEIDA FILHO, G. S. de.; CANIL, K.; SOUSA, M. D. de; GOMES, M. A. F. **Controle dos Processos Erosivos Lineares (ravinas e voçorocas) em Áreas de Solos Arenosos**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, Circular Técnica, n. 22, 2011. 7 p.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Resolução SMA n. 32**, de 3 de abril de 2014. Estabelece as orientações, diretrizes e critérios sobre restauração ecológica no Estado de São Paulo, e dá providências correlatas. 2014 a. Disponível em: <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/legislacao/2016/12/Resolu%C3%A7%C3%A3o-SMA-032-2014-a.pdf>. Acesso em: 16 out. 2017.

GUIMARÃES, R. Z.; OLIVEIRA, F. A. de; GONÇALVES, M. L. Avaliação dos impactos da atividade de silvicultura sobre a qualidade dos recursos hídricos superficiais. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 87, p. 377-390, set. 2010.

IBÁ – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Anuário estatístico da IBÁ**: Ano base 2016. Brasília, 2017. 77 p.

JESUS, E. F. R. A importância do estudo das chuvas ácidas no contexto da abordagem climatológica. **Sitientibus**, Feira da Santana, n. 14, p. 143-153, 1996. Disponível em: <http://www2.uefs.br/sitientibus/pdf/14/a_importancia_do_estudo_das_chuvas_acidas.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2017.

LEAL, G. C. S. de G.; FARIAS, M. S. S. de; ARAUJO, A. de F. O processo de industrialização e seus impactos no meio ambiente urbano. **Qualitas Revista Eletrônica**, v. 7, n. 1, p. 1-11, 2008. Disponível em: <http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/view/128/101>. Acesso em: 11 set. 2017.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas**: Ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração. 1. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2009. v. 1. 270 p.

MECHI, A.; SANCHES, D. L. Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. **Estudos avançados**, v. 24, n. 68, p. 209-220, 2010.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Serviço Florestal Brasileiro. **Cadastro Ambiental Rural**: Boletim informativo. 2017. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/documentos/car/boletim-do-car/3077-boletim-informativo-car-agosto-2017/file>. Acesso em: 16 out. 2017.

REDE GLOBO. **Revolução Verde foi um programa de expansão da produtividade agrícola** (2013). Disponível em: <http://redeglobo.globo.com/globoecologia/noticia/2012/09/revolucao-verde-foi-um-programa-de-expansao-da-produtividade-agricola.html>. Acesso em: 15 set. 2017.

RIBEIRO, W. C. Impactos das mudanças climáticas em cidades no Brasil. In: **CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos**. Mudança do clima no Brasil: vulnerabilidade, impactos e adaptação. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2008. p. 297-321. Disponível em: <http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/335/329>. Acesso em: 13 set. 2017.

ROSARIO, R. P. G. Legislação para a restauração: a Cota de Reserva Ambiental (CRA) como instrumento para a restauração no estado de São Paulo. In: BARBOSA, L. M. **Restauração ecológica**: novos rumos e perspectivas: VI simpósio de restauração ecológica. São Paulo: Instituto de Botânica, 2015. 436p. Disponível em: <http://botanica.sp.gov.br/institutodebotanica/files/2016/02/Anais_do_VI_simposio_de_restauracao_ecologica.pdf>. Acesso em: 16 out. 2017.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental**: conceitos e métodos. 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2013. 584 p.

_____. Impactos sobre los ecosistemas. In: UNESCO. **II Curso Internacional de Aspectos Geologicos de Proteccion Ambiental**. Montevidéo: UNESCO, 2002, v. 1, p. 322-331.

SANTOS, S. **Impacto Ambiental causado pela indústria têxtil**. In: Biblioteca da Associação Brasileira de Engenharia de Produção. UFSC – Engenharia de Produção e Sistemas, Florianópolis (SC), 1997. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997_T6410.PDF>. Acesso em: 18 set. 2017.

SICAR/MG – Sistema de Cadastro Ambiental Rural. **Manual do usuário**: Cadastro Ambiental Rural. Minas Gerais: SICAR/MG, 2015. 79 p. Disponível em: <http://www.semad.mg.gov.br/images/stories/2015_ARQUIVOS/CAR/manual-sicar-offline-set-2015.pdf>. Acesso em: 30 set. 2017.

SILVA, R. W. C.; de PAULA; B. L. Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural. **Terra e Didática**, v. 5, n. 1, p. 42-49, 2009. Disponível em:< http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/TED/article/view/8365>. Acesso em: 17 nov. 2017.

TAVARES, S. R. da L. et al. **Curso de recuperação de áreas degradadas**: a visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 228 p. (Série Documentos, 103).

VITAL, M. H. F. Impacto Ambiental de Florestas de Eucalipto. **Revista do BNDES**, v. 14, n. 28, p. 235-276, 2007.

Princípios ecológicos e conservacionistas

Convite ao estudo

Olá, aluno! Daremos início ao nosso estudo da Unidade 2 da disciplina Recuperação e Manejo Sustentável de Áreas Degradadas!

Como vimos na unidade anterior (Fundamentos do Estudo de Degradação Ambiental), a degradação ambiental pode ser oriunda de fatores naturais, mas, em sua grande maioria, a existência de áreas degradadas está relacionada à interferência do homem no meio ambiente. Essa crescente interferência da ação antrópica sobre os ecossistemas vem imprimindo um ritmo acelerado de degradação.

As questões ambientais rotineiramente são temas de políticas e legislação ambiental específica e sua compreensão é de suma importância para a adoção de medidas mitigadoras e compensatórias de impactos ambientais.

Para continuar ampliando sua competência profissional para a adoção de técnicas apropriadas em recuperação de áreas degradadas, teremos como foco, nesta unidade, que você tenha entendimento dos princípios ecológicos e conservacionistas e seus principais componentes de restauração ecológica, além dos métodos de revegetação adotados para áreas degradadas.

Para auxiliar-nos nesta trajetória de aprendizagem, imaginaremos agora a seguinte situação: seu Otávio é um produtor rural que se dedica à pecuária e ao cultivo de frutíferas em sua propriedade rural. Entretanto, ele está preocupado, pois a forte incidência de chuvas em sua região ocasionou um escorregamento de terra da encosta localizada em sua propriedade. Ele alega que uma queimada descontrolada ocorrida no ano anterior pode ter favorecido

o escorregamento, pois a vegetação e fauna do local foram drasticamente afetadas. Em busca de soluções técnicas para minimizar os impactos ocasionados e compreender a possível causa desse escorregamento, seu Otávio decidiu contratar você como responsável técnico para esse serviço. Após observar a área da encosta e as principais atividades praticadas na propriedade rural, você deverá realizar uma avaliação técnica (estudo) contemplandoos seguintes itens:

1) Identificação dos processos ecológicos e sucessionais envolvidos na restauração/recuperação da área degradada; 2) determinação de quais componentes de restauração ecológica podem ser utilizados para recompor a cobertura vegetal; 3) estratégias que podem ser adotadas para a recomposição vegetal da propriedade rural.

Você sabe como as plantas reagem quando são dispostas a uma perturbação ambiental? O que é sucessão ecológica e qual a sua importância na recuperação de áreas degradadas? Quais são os componentes da restauração ecológica e quais são as estratégias adotadas para a revegetação de áreas degradadas?

Nesta unidade, você compreenderá tudo isso e muito mais! Portanto, continue conosco.

Vamos lá? Bons estudos!

Seção 2.1

Sucessão ecológica

Diálogo aberto

Olá, caro aluno! Iniciaremos esta seção da Unidade 2 estudando os conceitos referentes aos processos sucessionais e modelos envolvidos na restauração ambiental, compreendendo a sua importância para a recuperação de ambientes degradados.

Desmatamentos, queimadas, atividade mineradora, construção de hidrelétricas são exemplos de como é comum observarmos nos noticiários a exposição da natureza a perturbações ambientais drásticas, que destroem vários quilômetros de vegetação. Nesta seção, você compreenderá como a natureza pode recompor-se após sofrer drásticas perturbações ambientais e quais elementos influenciam nessa recomposição. Fatores climáticos, características do solo, animais e outros elementos estão envolvidos nesse processo e oferecem grandes vantagens para a recuperação do ambiente.

O emprego de fogo em atividades agrícolas para a formação de pastos, limpeza de plantio e cultivo de plantações, por exemplo, é uma prática primitiva, mas bastante utilizada por agricultores no Brasil. As consequências são inúmeras, como: a destruição de habitats, extinção de fauna e flora, além dos prejuízos ao solo. Dentro desse cenário, veja novamente, por meio da situação hipotética desta seção relacionada ao contexto do início da unidade, como o fogo pode ocasionar problemas.

Imagine então que, buscando elucidar a possível causa do escorregamento de terra na propriedade do seu Otávio, foi observada ausência de cobertura vegetal decorrente da queimada do ano anterior. Adicionalmente, obteve-se a informação do elevado índice pluviométrico na região para a época, com chuvas torrenciais de até 600 mm em dois dias, após 40 dias de chuvas intermitentes. O solo da área da encosta foi coletado para descrição e caracterização do perfil, sendo classificado como cambissolo, presente em locais de relevo acentuado e que tem como característica uma pequena camada superficial de matéria orgânica. A área da encosta apresenta

uma proeminente declividade e localiza-se no meio de um pasto, fato que atrelado às informações mencionadas anteriormente catalisou o processo de escorregamento de terra na área.

Dessa forma, os seguintes pontos devem ser levados em consideração para que seja possível cumprir a primeira etapa da avaliação técnica solicitada pelo proprietário da área, que é a **identificação dos processos ecológicos e sucessionais envolvidos na restauração/recuperação da área degradada.**

Quais processos ecológicos são importantes para restauração da área degradada em estudo? Quais são os estágios de sucessão secundária que ocorrerão na área? Quais modelos sucessionais podem ser identificados nesse caso?

Para solucionar o problema, você precisará compreender o que são processos ecológicos, sucessão vegetal e quais são seus modelos sucessionais. Nesta seção, você poderá aprender esses conceitos de forma contextualizada e dinâmica, obtendo recursos para descobrir qual seria a melhor solução para ajudar seu Otávio.

Não pode faltar

Antes de iniciarmos nosso estudo sobre os princípios ecológicos e conservacionistas, é importante o entendimento de alguns termos que serão fundamentais para entender como a degradação de uma área afeta a paisagem do ambiente e de que maneira a recuperação atua na manutenção das relações existentes entre os seres vivos e o meio onde vivem.

Todo espaço geográfico abriga várias espécies animais e vegetais que estão em constante interação. Nesses ambientes, algumas espécies são mais abundantes que outras e, muitas vezes, indivíduos de uma mesma espécie apresentam diferenças genéticas entre si. Essa diversidade é denominada biodiversidade ou diversidade biológica. Em outras palavras, a Convenção sobre Diversidade Biológica (BRASIL, 2000, s.p.) conceituou biodiversidade como sendo:

a variabilidade que existe nos organismos vivos de todas as origens, compreendendo, dentre outros, os ecossistemas terrestres, marinhos e outros **ecossistemas** aquáticos e os complexos ecológicos de que fazem parte, compreendendo ainda a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas.

Vocabulário

Ecossistema: conjunto de seres vivos e elementos abióticos, como luz, temperatura, vento, que tem como características principais a estabilidade, o equilíbrio e a autossuficiência do ambiente.

Assim, a diversidade biológica pode ser compreendida em três níveis: a quantidade de **espécies** que compõe o ambiente e sua variabilidade genética; a variação existente entre as **comunidades** que abrigam as espécies; e os **ecossistemas** onde se encontram as comunidades e como eles interagem entre si. Essa compreensão é necessária, pois na natureza todos os níveis da biodiversidade estão relacionados entre si e são elementos fundamentais para um ambiente em equilíbrio.

Assimile

Devido à **variabilidade genética**, as espécies apresentam a capacidade de se adaptarem a diferentes ambientes.

Ao sofrer um impacto ambiental, o ecossistema se responsabiliza por trazer de volta o equilíbrio daquele ambiente. Essa característica ocorre devido a mecanismos de autocontrole e autorregulação intrínsecos, buscando recuperar a chamada **homeostase**, que é a capacidade de apresentar uma situação físico-química característica e constante, dentro de determinados limites, mesmo diante de tais alterações impostas pelo meio ambiente. No entanto, se o ambiente sofrer uma modificação forte e contínua, esses mecanismos não conseguirão reverter a situação de maneira natural (BRAGA et al., 2005). Tais alterações, como queimadas e mineração, podem causar danos

difíceis de serem revertidos sem a interferência humana, incluindo o impacto na biodiversidade local.

Ainda assim, para um sistema biológico funcionar de maneira harmônica, a presença de organismos não é unicamente suficiente. Para um bom funcionamento, é necessária a compreensão dos tipos e das combinações das interações entre os organismos presentes. Devido a isso, a biodiversidade pode ser aferida a partir do estudo de quais elementos são reconhecidos como a unidade biológica (composição), como estão relacionados entre si (estrutura) e quais processos ecológicos e evolutivos eles apresentam ou quais são produzidos pela unidade ecológica reconhecida (função) (NOSS, 1990). Composição, estrutura e função são os três componentes principais para compreender a biodiversidade local de um ambiente.

Tendo em vista os conceitos apresentados anteriormente, a degradação ambiental que ocorre nos ecossistemas em razão das atividades antrópicas acarreta sérios problemas ambientais, como perda da biodiversidade local, aquecimento global, contaminação de solo e água por poluentes, fragmentação de habitats etc.

Quando ocorre degradação no ambiente, por exemplo, desmatamento, acontece também a perda de indivíduos ou até mesmo a extinção de algumas espécies, ocasionando a diminuição da diversidade genética que existia naquele ambiente. Essa perda pode estender o prejuízo a níveis mais elevados, afetando as relações da comunidade com as demais, provocando uma reação em cadeia que resulta em um grande prejuízo para o ecossistema. Por essa razão, torna-se cada vez mais necessária a restauração de áreas degradadas para diminuir efeitos deletérios aos ambientes naturais (KAGEYAMA; GANDARA & OLIVEIRA, 2003).

Percebe-se então a necessidade da aplicação de um conjunto de estratégias efetivas que auxiliem na restauração desses ambientes degradados, respeitando as singularidades ecológicas e de diversidade biológica específica de cada ecossistema. Para isso, é necessária a elaboração de um projeto de restauração ecológica que obedecerá a premissas, desde o estabelecimento da definição do objetivo do trabalho até a implantação de ações de manejo indicadas pelo monitoramento (BRANCALION, 2013). Os projetos dependem de dois preceitos básicos: a incorporação de processos ecológicos e a ampliação da escala espacial na elaboração do plano de restauração

ecológica, garantindo que os objetivos principais da restauração sejam atingidos (PIOVESAN et al., 2013).

Assimile

Um ecossistema restaurado é aquele que apresenta recursos bióticos suficientes para continuar seu desenvolvimento sem qualquer subsídio ou interferência.

Os **processos ecológicos** são o suporte do estabelecimento e automanutenção dos ambientes naturais, recebendo um importante destaque daqueles que se interessam pelo estudo da conservação da biodiversidade, dos serviços ecossistêmicos e dos recursos naturais. Tais processos ecológicos permitem o estabelecimento de comunidades com populações que apresentam maior variabilidade genética e mais resistentes a perturbações ambientais.

Assimile

Os **processos ecológicos** são interações entre os diferentes componentes da biodiversidade, responsáveis por manter o funcionamento e a manutenção de um determinado ecossistema.

Entre esses processos, a utilização de banco de sementes tem grande importância na conservação de populações de plantas (HARPER, 1977; PUTZ, 1983; SWAINE; HALL, 1983; GARWOOD, 1989). Bancos de sementes consistem no acúmulo de sementes no solo em estado de dormência, que, em condições favoráveis, germinam e dão origem a plântulas características do local, recompondo a paisagem natural do ambiente. Esse componente contribui com o reestabelecimento de comunidades que estavam presentes em áreas que sofreram alguma alteração e contribui para a manutenção da diversidade das espécies (PUTZ, 1983; SWAINE; HALL, 1983; GARWOOD, 1989). No entanto, para as sementes germinarem com sucesso, deverão enfrentar uma série de desafios, o que prova que a regeneração de uma área alterada não consiste em um processo simples.

A compreensão do banco de sementes do solo de um determinado ecossistema é responsável pelo fornecimento de informações

relevantes sobre os processos de regeneração natural do ambiente e suas respectivas dinâmicas. Os distúrbios no ecossistema, como a abertura de clareiras em florestas, a queda de árvores ou até distúrbios maiores, são agentes executores da ativação do banco de sementes do solo, ocasionando impactos que aperfeiçoam as condições para que as sementes estocadas recolonizem a área que sofreu um processo de degradação. O estudo do banco de sementes no solo, com base nos componentes florísticos, no tamanho das sementes e sua dispersão no solo e sua dinâmica, é fator preponderante para a compreensão dos mecanismos que coordenam o processo de sucessão vegetal (LEAL FILHO, 1992; ALMEIDA, 2016).

O tipo de alteração causada no ambiente determinará quais plantas deverão ser escolhidas para recompor a cobertura vegetal. Para ilustrar, podemos usar como exemplo uma área que esteja sendo utilizada por atividades mineradoras, sendo que seu solo se encontra sem vegetação, instável e com risco de erosão. Para reestabelecer a vegetação do ambiente em questão, é mais apropriada a utilização de espécies de plantas tolerantes à presença de metais pesados tóxicos (BEGON, 2007). O reestabelecimento de uma cobertura vegetal na área torna o solo mais estável e pode atuar como base para o surgimento de comunidades mais complexas (BRADSHAW, 2002).

Uma vez escolhidas, as sementes serão plantadas em um solo que provavelmente apresenta baixa quantidade de nutrientes. Portanto, enfrentarão dificuldade para absorção dos recursos naturais essenciais para sua germinação. Por essa razão, as sementes, pertencentes a uma mesma espécie ou não, terão de competir por tais recursos, caracterizando, assim, o início de competições inter e intraespecíficas.

Dado o sucesso germinativo, a competição por nutrientes será dada a partir das suas características morfofisiológicas, como presença de órgão de reserva de nutrientes, sua altura, a qual determinará se a planta terá vantagens em relação à captura de radiação, ou folhas com maior superfície laminar, que resulta em maior capacidade de fotossíntese. Deve ser lembrado que as plantas constituem a base da cadeia alimentar, desse modo, uma vez que elas estão presentes em um ambiente, atrairão a presença de espécies animais que as utilizam como fonte de alimento (DIAS-FILHO, 2006).

A presença de plantas frutíferas nativas em áreas degradadas é um grande atrativo para a fauna silvestre, que inclui organismos capazes de

atuar como meios de reprodução das comunidades vegetais, como polinizadores e dispersores de suas sementes. Um método eficaz de aumentar a biodiversidade local da área é o plantio de tais espécies vegetais próximas a áreas de fragmentos florestais, pois, dessa maneira, será influenciada a migração de animais entre a área degradada e o fragmento, os animais, por sua vez, trarão **diásporos** da floresta de origem para a área de regeneração (ALMEIDA, 2016), estabelecendo-se, assim, um ecossistema próximo do natural.

Vocabulário

Diásporos: termo botânico que define a unidade de dispersão das plantas superiores, a qual consiste de um embrião acompanhado de estruturas acessórias que facilitem sua dispersão para longe da planta-mãe.

Desse modo, a fauna é fundamental no reestabelecimento da cobertura vegetal, visto que são seres dinâmicos e que se movimentam por ambientes variados. São capazes de transportar pólen, sementes e frutos, atuando positivamente na dispersão vegetal ao enterrarem, regurgitarem ou defecarem as sementes (MACEDO, 1993).

A transferência de genes de uma população para outra em uma paisagem é denominada fluxo gênico. Em animais, estão atreladas às migrações realizadas por indivíduos entre distintas populações. Para o reino vegetal, a associação tem como base os processos de polinização e dispersão de sementes.

Exemplificando

Veja a reportagem sobre a importância dos "peixes jardineiros" na recuperação ambiental do Pantanal. Espécies como o Pacu abrigam cerca de 3500 sementes inteiras no estômago e são capazes de dispersá-las nas áreas alagadas.

GLOBO.COM. "**Peixe jardineiro" ajuda a reflorestar o Pantanal dispersando sementes**. Disponível em: <https://globoplay.globo.com/v/6168406/>. Acesso em: 18 nov. 2017.

Muitos fatores influenciam e condicionam o fluxo gênico em populações de plantas, como a grande variedade de sistemas

reprodutivos, e seu conhecimento é fundamental para o entendimento da estrutura da população (ALMEIDA, 2016).

Ressalta-se que nem todo pólen disperso ocasiona fertilização e nem toda semente dispersa estabelece indivíduos férteis. Dessa forma, o formato do grão de pólen ou a capacidade de dispersão característica de cada tipo de semente não são informações seguras para atuarem como estimadores do fluxo gênico, devido à probabilidade de fertilização do pólen ou estabelecimento de a semente ser variável de acordo com a distância, entre outros fatores (BORÉM, 2005).

É importante ressaltar que, diante de uma perturbação, as comunidades ecológicas podem responder de duas maneiras: controlada por fundação ou por dominância. Uma comunidade é controlada por fundação quando diversas espécies da área perturbada têm capacidades equivalentes para colonizar uma clareira. Elas apresentam-se bem adaptadas ao ambiente abiótico e permanecem no ambiente até sua morte, nesse caso, prevalece a permanência daquela que se estabelecer primeiro no local perturbado (BEGON, 2007).

Por sua vez, as comunidades controladas por dominância são aquelas em que, quando ocorre uma perturbação no ambiente, algumas espécies apresentam mais vantagens quando competem com outras. Essas situações são denominadas **sucessão ecológica**, que pode ser definida como um padrão de colonização e extinção de populações de espécies não sazonal, direcionado e contínuo de um dado local (BEGON, 2007).

A sucessão ecológica é outro processo ecológico fundamental para recompor a cobertura vegetal de uma área. É um processo ordenado por mudanças no ecossistema, resultante da modificação do ambiente físico pela comunidade biológica, e culmina em um tipo de ecossistema persistente, o clímax (MIRANDA, 2009).

Vocabulário

Clímax: é o último estágio alcançado por comunidades ao longo da sucessão ecológica.

Quando o desenvolvimento ocorre previamente em uma área que não tenha sido antes ocupada, por exemplo, habitats recém-formados, como dunas de areia, campos de lava, rochas erodidas ou geleiras, chamamos de **sucessão primária**. Se esse desenvolvimento se processa em um local que já sofreu modificações, como uma área utilizada pela agricultura, ou que sofreu desmatamento, chamamos de **sucessão secundária** (ODUM, 1985).

Durante o processo de sucessão ecológica, as espécies colonizadoras, denominadas **pioneiras**, são as primeiras a se estabelecerem no local, devido à sua grande capacidade de dispersão e alta fecundidade. Essas espécies também apresentam vantagens, pois são mais resistentes às condições ambientais apresentadas pela área degradada, como alta incidência de luz e alta temperatura, e têm um crescimento rápido, excluindo competitivamente espécies de crescimento lento. Normalmente, são gramíneas ou demais plantas de pequeno porte, dependentes de luz e intolerantes à sombra, possuindo um ciclo de vida curto.

Exemplificando

A presença de musgos está sendo notada em áreas cada vez maiores da Antártida. O aquecimento global no Sul do planeta está estimulando a sucessão ecológica na região, aumentando o risco de ocorrência de espécies exóticas e invasoras na região.

As plantas pioneiras fornecerão condições ambientais necessárias para o desenvolvimento de espécies vegetais secundárias, denominadas plantas tardias. Sua presença promove mudanças no ambiente abiótico, como aumento da biomassa da área e fornecimento de matéria orgânica, que resulta em um solo com maior quantidade de nutrientes. Propiciam também o sombreamento para as espécies secundárias, as quais, na fase inicial do seu desenvolvimento, não toleram muita luminosidade. As plantas tardias são indivíduos de grande porte com baixa produção de sementes, crescimento lento e ciclo de vida longo (LORENZI, 2008).

Pesquise mais

A serrapilheira tem um papel fundamental de recuperador de fertilidade do solo em uma vegetação, do mesmo modo que funciona como porta de entrada para as sementes que compõem o banco de sementes. Desse modo, o estudo a seguir questiona a viabilidade da transposição da serrapilheira e do banco de sementes existente no solo como forma de restaurar áreas degradadas. Aprofunde seus estudos!

RODRIGUES, B. D.; MARTINS, S. V.; LEITE. H. G. Avaliação do potencial da transposição de serrapilheira e do banco de sementes do solo para restauração ambiental em áreas degradadas. **Revista Árvore**, v. 34, n. 1, p. 65-73, 2010. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v34n1/v34n1a08>. Acesso em: 17 nov. 2017.

Apesar de as plantas pioneiras serem substituídas por plantas tardias, suas sementes permanecem no solo em estágio de dormência. Após a ocorrência de alguma alteração na cobertura vegetal, como queda de uma árvore, essas sementes passam a obter condições favoráveis para sua germinação, continuando, assim, o processo de sucessão vegetal. Entre as vantagens apresentadas pelas plantas pioneiras, ressalta-se o diminuto tamanho de suas sementes, que se dispersam com maior facilidade no ambiente, diferente de espécies tardias que apresentam sementes de tamanho maior.

A sucessão ecológica é constituída por etapas. Seu início é marcado pela colonização da área degradada por espécies pioneiras, podendo ser um ou mais grupos. A segunda etapa, que caracteriza o estágio intermediário da sucessão, ocorre com o surgimento de espécies tardias na área, resultando em extinção de quase todas as espécies pioneiras. Com o desenvolvimento das plantas tardias, a comunidade atinge seu clímax, quando todos os competidores mais eficientes eliminam seus vizinhos (BEGON, 2007).

A condição do ambiente é distinta para cada etapa sucessiva. O restabelecimento das espécies, tanto vegetais quanto animais, nas etapas posteriores, estão baseadas em uma série de estratégias adaptativas, facilitando a sobrevivência e a reprodução dentro da sucessão de ambientes (PIÑA-RODRIGUES et al.,1990).

Assimile

No processo sucessional, a diversidade de espécies apresenta um aumento gradativo, atingindo o ponto mais alto no clímax e, em seguida, estabilizando-se.

A cobertura vegetal estabelecida em um processo de sucessão estabelece a base da teia alimentar de uma comunidade. Essas plantas atrairão organismos, como fungos micorrizos, aves passeriformes e insetos, dando surgimento à cadeia alimentar daquela área.

Os animais exercerão influência no processo de sucessão, por exemplo, alguns mamíferos que se alimentam de frutos podem destruir suas sementes, o que desfavorece o processo de sucessão, tornando-o mais lento. Por outro lado, aqueles animais que se alimentam de frutos, porém o trato digestivo não destrói suas sementes, poderão carregá-las para longe da planta-mãe, favorecendo a dispersão e colonização de novos ambientes.

Reflita

A tragédia decorrente da barragem mineradora em Mariana resultou em impactos ambientais desastrosos na região. Quais medidas poderiam ser sugeridas para a recuperação do ecossistema da região?

Com relação aos modelos sucessionais, Connell e Slatyer (1977) definiram três modelos distintos de sucessão ecológica: o de *facilitação*, o de *tolerância* e o de *inibição*. O primeiro modelo, denominado *facilitação*, pressupõe que as espécies pioneiras da sucessão são capazes de alterar as condições e/ou a disponibilidade de recursos em um habitat, de maneira que favoreça a entrada e o desenvolvimento de novas espécies. A facilitação pode ser ocasionada por alterações ambientais, favorecendo as espécies futuras, tais como as relacionadas ao desenvolvimento do solo em sucessão primária.

O segundo modelo, denominado *tolerância*, afirma que o processo de sucessão conduzirá uma comunidade composta por espécies que desenvolveram estratégias mais eficientes para a exploração de recurso e espaço, com específicas especializações em tipos distintos ou proporções de recursos. Basicamente, o modelo de tolerância é a

capacidade de indivíduos se adaptarem e conseguirem sobreviver em ambientes com precárias condições ambientais, sendo resultado da alta densidade de outros indivíduos.

De acordo com o terceiro modelo, denominado *inibição*, espécies invasoras que não compartilham a mesma história de vida de espécies nativas causam distúrbios locais no ambiente que impedem o estabelecimento de espécies seguintes e impossibilitam a permanência de espécies nativas. Prevalece-se, assim, unicamente a presença de espécies invasoras na área, característica principal nesse modelo. Tal inibição resulta de mudanças ambientais, as quais são prejudiciais no estabelecimento de espécies futuras.

Reflita

Quais princípios de sucessão podem ser aplicados ao processo de recuperação ambiental? Descreva-os.

Portanto, podemos notar que a sucessão ecológica é um processo complexo que envolve diversos fatores em suas etapas. Cada fase sucessional tem suas características e componentes importantes para sua perpetuação, o que justifica o processo de sucessão ser um direcionador de projetos de restauração.

Sem medo de errar

Olá, aluno! Está na hora de resolvermos a primeira etapa do seu estudo (**Identificação dos processos ecológicos e sucessionais envolvidos na restauração/recuperação da área degradada**), o qual foi proposto no início da unidade. Você se lembra?

Ressaltando: seu Otávio decidiu contratá-lo como responsável técnico para solucionar os problemas causados pelo escorregamento de terra da encosta localizada em sua propriedade, já que o ocorrido ocasionou graves impactos para a fauna e flora da área em estudo.

Dessa forma, depois de estudarmos o conteúdo da seção e compreendermos sobre as etapas de sucessão ecológica, os processos ecológicos envolvidos e os modelos sucessionais, chegou o momento de você responder os questionamentos propostos no início desta seção, sendo eles:

Quais são os processos ecológicos importantes para restauração da área degradada em estudo? Quais são os estágios de sucessão secundária que ocorrerão na área? Quais modelos sucessionais podem ser identificados nesse caso?

Como vimos na apresentação dos conteúdos, os processos ecológicos importantes para a restauração da área degradada em estudo são aqueles que favorecerão o estabelecimento e a automanutenção do ecossistema. Entre os processos ecológicos, podemos destacar a dispersão de sementes e a fonte de propágulos próximos à área degradada para o estabelecimento e crescimento de mudas. Animais dispersores de sementes e polinizadores também podem favorecer a reprodução e a variabilidade genética das populações, permitindo uma comunidade mais resistente às perturbações ambientais.

O processo de sucessão que ocorrerá na área degrada próxima à propriedade do seu Otávio, como vimos, trata-se de uma sucessão secundária. Esse processo de recuperação tende a ocorrer de forma lenta e natural, por meio de processos espontâneos de sucessão. Inicialmente, haverá o estabelecimento de plantas pioneiras, mais resistentes e aptas às condições ambientais oferecidas pelo ambiente degradado. Essas plantas criarão condições ambientais mais favoráveis para a chegada das espécies tardias, que poderão dominar o ambiente atingindo o estágio de clímax.

No entanto, o processo sucessional pode ocorrer por meio de processos distintos. Se em um primeiro momento houver o predomínio de espécies pioneiras nas áreas e, ao longo do tempo, ocorrer o estabelecimento de espécies tardias, então o modelo será de facilitação.

É importante ressaltar que no modelo de facilitação uma ou mais espécies permitem o estabelecimento, crescimento ou desenvolvimento de outras espécies. Esse modelo facilitador apresenta uma visão tradicional da sucessão vegetal, a qual apresenta uma trajetória unidirecional e convergente para um único clímax. Atualmente, existe um conceito mais contemporâneo de sucessão, no qual as comunidades de vegetais podem apresentar mais de uma situação clímax, visto que o processo de sucessão pode ser multidirecional e não convergente para um único ponto. Isso deve-se principalmente a condicionantes que podem ser físicos e biológicos,

como quantidade de nutrientes no solo e disponibilidade diferenciada de espécies colonizadoras.

Legal! Você acaba de concluir os conteúdos da seção e tem subsídios para criar em um documento a primeira parte relacionada à sua avaliação técnica! Então, mãos à obra!

Você compreendeu a importância da sucessão ecológica e os processos ecológicos envolvidos na restauração e recuperação de ambientes degradados. Portanto, use esse conhecimento para introduzir o que será abordado em seu estudo para o proprietário da área.

Avançando na prática

Sucessão vegetal

Descrição da situação-problema

Imagine agora que um incêndio florestal de grandes proporções acarretou uma série de danos ao Parque Ambiental Lagoa Azul. O período seco e a forte incidência de ventos pela região contribuíram para o dano de quase 14% de destruição da vegetação do parque. Ciente da importante diversidade de espécies do local, principalmente de algumas ameaçadas de extinção e bacias hidrográficas que contornam o Parque Ambiental Lagoa Azul, a prefeitura da cidade decide contratar você para realizar uma avaliação para futuras medidas de restauração ambiental da área queimada.

Responda os seguintes questionamentos:

i) Considerando esse novo cenário, quais são os principais processos de sucessão que estarão presentes na área degradada? Descreva-os.

ii) Com relação ao manejo, qual será sua importância nesse processo?

iii) Qual é a importância do estudo do banco de sementes para a regeneração da área em estudo?

Resolução da situação-problema

Ressalte em sua avaliação técnica que, embora esse ambiente tenha sido degradado, ele oferece condições mais favoráveis à ocupação de comunidades, quando comparado com a sucessão primária. No primeiro momento, a sucessão ecológica da área será realizada por plantas consideradas pioneiras, como herbáceas e arbustos de porte pequeno e médio, bem como diversas gramíneas que contribuirão para o processo de modificação do solo, aumentando a aeração e quantidade de matéria orgânica. Destaque a importância do manejo dessas espécies pioneiras para a melhor condução da sucessão, evitando o domínio da área por essas espécies, o que poderia prejudicar o desenvolvimento de espécies colonizadoras secundárias. Em seguida, ocorrerá o surgimento de espécies perenes que colonizarão o local, tais substituições vão ocorrendo gradativamente, até que condições mais específicas contribuam para seu estabelecimento, permitindo a formação de uma nova comunidade clímax. O conhecimento do banco de sementes torna-se uma ferramenta eficiente para que seja realizada interferências sobre o processo de sucessão secundária, associando-se com técnicas de manejo a fim de favorecer a conservação e diversidade biológica da área.

Assim, utilize esses conhecimentos para propor as medidas necessárias para restaurar a área.

Faça valer a pena

1. Nos últimos anos, os planos de recuperação de áreas degradadas passaram a buscar reestabelecer, além de aspectos estruturais (como cobertura vegetal, tamanho e espessura de mudas etc.), seus processos ecológicos, sendo eles essenciais para manutenção e funcionamento do ambiente.

Com base no texto apresentado, marque a alternativa correta.

a) A presença de espécies polinizadoras não influencia o processo de recuperação florestal.

b) No processo de regeneração natural, não é necessário a presença de fontes de sementes próximas.

c) A migração e o fluxo gênico são processos de pouca importância para a restauração de áreas degradadas.

d) Espécies dispersoras de sementes são importantes no processo de recuperação florestal.

e) Considerar apenas características estruturais do ambiente já é suficiente para se obter sucesso em um plano de revegetação.

2. A sucessão ecológica consiste na instalação de uma comunidade ecológica devido a uma alteração no ambiente físico, como queimadas, rochas erodidas, desmatamento etc. É fundamental para a restauração dessas áreas degradadas, visto que suas etapas visam alcançar um ecossistema totalmente desenvolvido, denominado clímax.

Sobre o assunto, é correto afirmar que:

a) Sucessão primária ocorre em áreas que já sofreram alguma modificação, como áreas desmatadas.

b) Os animais são indispensáveis nos processos de sucessão ecológica.

c) As plantas pioneiras são os únicos indivíduos responsáveis pela restruturação das áreas.

d) Sucessão secundária é o tipo de sucessão que ocorre em áreas degradadas por campos de lava, apenas.

e) Após o início da sucessão ecológica, o ambiente permanece inalterado ao longo de todas suas etapas.

3. O estabelecimento inicial das espécies de plantas na área degradada e suas interações (como competição por recursos e estresse físico) pode moldar o processo de sucessão florestal, interferindo na estruturação da comunidade local. Com base nessas interações entre as espécies, pesquisadores classificaram três modelos de sucessão que foram chamados de facilitação, inibição e tolerância.

Com base nos seus conhecimentos sobre modelos de sucessão, assinale a alternativa correta:

a) Espécies de plantas pioneiras se estabelecem no ambiente, criando condições ambientais favoráveis para o estabelecimento de outras espécies. Esse modelo é chamado de facilitação.

b) O modelo de inibição favorece o processo de sucessão ecológica.

c) No modelo de tolerância, as espécies pioneiras são as consideradas mais tolerantes.

d) A inibição geralmente resulta de mudanças ambientais benéficas futuras.

Seção 2.2

Componentes de restauração ecológica

Diálogo aberto

Na seção anterior, conhecemos os processos ecológicos envolvidos na restauração ambiental, as etapas de sucessão vegetal e sua respectiva importância para recuperação de áreas que sofreram algum grau de perturbação.

Agora, daremos prosseguimento a nossos estudos e, nesta seção, focaremos nos componentes utilizados para a restauração ecológica, assim como aprenderemos a diferença entre os conceitos de recuperação, restauração e reabilitação. Aprenderemos também como os levantamentos a respeito da vegetação são utilizados em projetos de recuperação de áreas degradadas, bem como de que maneira a interação existente entre plantas e animais pode contribuir para a conservação da biodiversidade local.

Você recorda da nossa situação hipotética apresentada no início da unidade? Seu Otávio está em busca de soluções técnicas para minimizar os impactos ocasionados por um recente escorregamento de terra em uma área de encosta em sua propriedade. Ele decidiu contratar você como responsável técnico para esse serviço. Com base nos conhecimentos obtidos na Seção 2.1, a primeira etapa da avaliação técnica foi realizada e, agora, é o momento do livro em que realizaremos a segunda etapa.

Imagine então que, ao chegar no local, você observou que a cobertura vegetal era composta tipicamente por algumas espécies de gramíneas, algumas arbustos densamente agrupados e palmeiras que sofreram anteriormente um processo de degradação provocado pela queimada indiscriminada, mencionada pelo seu Otávio. No caminho, você visualizou nas proximidades da área degradada vários pequenos fragmentos florestais remanescentes, alguns com uma mata aparentemente bem preservada. A avaliação do potencial de regeneração natural da área degradada é essencial para a compreensão do grau de diversidade de espécies e as interações entre plantas e animais dessa comunidade. Como etapa intermediária do seu serviço, você deve determinar os

componentes de restauração ecológica que podem ser utilizados para recompor a cobertura vegetal, respondendo especificamente às seguintes questões:

(i) Como a interação fauna–flora pode influenciar na sucessão ecológica?

(ii) Qual é a importância do sistema fitogeográfico para a conservação de espécies?

(iii) De que maneira os estudos de fitossociologia podem ser aproveitados em projetos de restauração florestal?

Dessa forma, para que você consiga completar a próxima etapa dessa avaliação técnica e propor soluções para o problema em questão, é importante que realize o estudo da Seção 2.2. Vamos lá? Boa leitura!

Não pode faltar

Os impactos em ecossistemas podem ser ocasionados por fenômenos naturais, como tempestades, enchentes, fogo ou erupções vulcânicas, embora o resultado direto e indireto da ação humana seja o principal agente propulsor desses processos de degradação, a um ponto no qual o ecossistema não consegue recuperar seu estado anterior à perturbação (SER, 2004).

Buscando minimizar esses impactos mencionados, adota-se a restauração ecológica, processo que pode ser compreendido como uma prática intervencionista, induzida pelo homem, com a finalidade de reproduzir um ecossistema em equilíbrio, ou seja, recuperando as condições ambientais de um ecossistema perturbado, incluindo um trabalho com a vegetação, o clima, a fauna o solo, a água e os microrganismos.

As práticas intervencionistas implementadas em projetos de restauração ecológica apresentam variações consideráveis entre os projetos elaborados, levando-se em consideração o histórico da área e das perturbações passadas sofridas, condições culturais que formaram a **paisagem**, além das limitações e oportunidades atuais (SER, 2004).

Vocabulário

Paisagem: áreas que apresentam heterogeneidade, compostas de um agregado de ecossistemas em interação que se repetem de maneira similar com toda sua extensão (FORMAN; GODRON, 1986).

Por um longo período, o termo restauração foi utilizado de maneira equivocada, em um conceito limitado, significando o retorno ao estado original do ecossistema. De forma errônea, foi difundindo que a finalidade de um processo restaurador seria inviável, visto que as condições originais dos ecossistemas são pouco conhecidas e a direção da sucessão secundária não poderia ser prevista (ENGEL; PARROTTA 2003).

A definição de restauração vem sendo discutida pelos pesquisadores desde o final da década de 1980, isso devido à sua complexidade, principalmente nos ecossistemas tropicais. Atualmente, a definição vigente adotada pela Sociedade para Restauração Ecológica (SER) é bem simples e genérica, estabelecendo que restauração ecológica é o processo de auxiliar a recuperação de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído (SER, 2004). Portanto, a restauração ecológica tem como meta a recuperação das características da diversidade, estrutura e funcionamento históricos e condições típicas anteriores ao distúrbio, encontradas nos ecossistemas naturais do mesmo tipo de vegetação daquela condição fitogeográfica. Para encontrar bases para o planejamento das ações de restauração ecológica, são utilizados os chamados ecossistemas de referência (BRANCALION et al., 2015).

Assimile

Ecossistema de referência é um ecossistema ainda presente na paisagem regional, próximo à área que se pretende restaurar e do mesmo tipo vegetacional que provavelmente ocupava a área degradada no passado.

O conhecimento sobre os componentes de restauração ecológica é de suma importância, mas, antes de entrarmos nesse assunto, é importante que você compreenda algumas conceituações utilizadas em Planos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), pois

determinadas literaturas técnicas e textos de legislação ambiental permitem algumas contradições para os termos de recuperação, reabilitação e restauração, que, em alguns casos, são considerados similares e, em outros, distintos.

A lei federal n. 9.985 de 18 julho de 2000 (BRASIL, 2000), que regulamenta o artigo 225 da Constituição Federal e concebeu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), no artigo 2o, retrata a recuperação como a restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original. Dessa maneira, o termo recuperação pode ser compreendido como um aglomerado de ações indispensáveis para que a área retorne a suas aptidões para algum uso produtivo em condições de estabilidade ambiental (MARTINS, 2007). Esse termo tem sido o mais utilizado no Brasil em um sentido amplo e refere-se tipicamente ao trabalho realizado em áreas fortemente degradadas, por exemplo, por atividades mineradoras ou obras de construção civil de grande porte (ENGEL; PARROTTA 2003). Segundo Brown e Lugo (1994), por meio da recuperação áreas muito degradadas retornam à produtividade, no entanto, a sucessão secundária não progride sozinha, por haver ainda limitações sérias no sítio ou biota.

Assimile

Recuperar uma área degradada consiste em restabelecer sua estrutura e a produtividade por meio de espécies nativas ou exóticas, visando benefícios socioeconômicos ou a mitigação de demais impactos (como as erosões).

Por outro lado, segundo Majer (1989), o termo reabilitação refere-se ao retorno da área degradada a um estado biológico apropriado, isto é, reabilitação de um ecossistema significa reparar e substituir as estruturas e funções essenciais ou primárias do ecossistema que foram alteradas ou eliminadas por perturbação (COOKE, 2005). Nesse caso, não há preocupação com sua similaridade com o ecossistema original, mas é realizado de modo a que o ecossistema criado torne-se autossustentável a longo prazo. Entre os exemplos comuns de processos reabilitadores, destaca-se o Parque Ecológico do Tietê, localizado nos municípios de Guarulhos e São Paulo, instalado em uma antiga área de exploração de areia. É importante destacar que a reabilitação pode ser considerada

uma primeira fase para restabelecer condições mínimas, as quais poderão dar suporte às ações de restauração ecológica da área.

A confusão entre os termos restauração e reabilitação pode desencadear equívocos relevantes na descrição das metas, de técnicas empregadas e da maneira que serão realizados o monitoramento e a avaliação de um projeto específico, bem como na escala temporal adotada para tais avaliações. Essa problemática ocorre porque os termos reabilitação e restauração são, muitas vezes, inseridos sem parâmetros no difundido termo recuperação de áreas degradadas, de modo que não se faz normalmente a distinção entre reabilitação ou restauração quando se utiliza o conceito de recuperação (ARONSON, 2011).

Adicionalmente, obter-se um conhecimento mais aprofundado sobre a autoecologia das espécies, vegetais e animais é de fundamental relevância para escolha apropriada de quais espécies devem ser incluídas em um plano de recuperação ambiental. Com esse conhecimento, a perspectiva de êxito na intervenção e no auxílio em processos naturais da sucessão pode ser potencializada e seus custos, reduzidos (REIS et al.,1999).

Vocabulário

Autoecologia: estudo das relações de uma única espécie com seu meio. Basicamente, define os limites de tolerância e as particularidades das espécies em meio aos variados fatores ecológicos.

Quando ocorre um impacto ambiental, principalmente de ação antrópica, as plantas são um dos primeiros organismos a serem afetados, dando início assim a uma reação que prejudica o ecossistema por interromper a cadeia alimentar (OLIVEIRA et al., 2004). Dessa maneira, o estímulo para o surgimento de espécies nativas, tanto da flora quanto da fauna, a partir da compreensão das inter-relações entre plantas e animais, visa instaurar uma recuperação continuada, levando em consideração as atividades que são fruto dessas relações, como a polinização e a dispersão de sementes de grande relevância entre animal–planta (REIS et al., 1999).

Pesquise mais

A recuperação de florestas nativas contribui consideravelmente para o aumento da diversidade faunística. Quer saber mais sobre isso? Leia a reportagem do G1, a seguir.

Projeto com pecuaristas e pequenos proprietários recupera a Mata Atlântica. Disponível em: <http://g1.globo.com/natureza/noticia/2017/03/projeto-com-pecuaristas-e-pequenos-proprietarios-recupera-mata-atlantica.html>. Acesso em: 11 nov. 2017.

Os animais podem atuar como polinizadores, dispersores, predadores de sementes e herbívoros, interagindo durante todo seu ciclo de vida com a flora presente, contribuindo ou desfavorecendo algumas espécies botânicas em detrimento de outras, desempenhando um papel-chave para a regeneração da área.

Entre as redes ecológicas estabelecidas, a interação planta–polinizador exerce função crítica na diversidade e dinâmica da comunidade (MEMMOTT, 1999), pois atua na reprodução de espécies botânicas e na vida dos animais (JORDANO et al., 2003). Os animais polinizadores transportam o pólen das plantas por longas distâncias e, por essa razão, culminam no cruzamento de vegetais que se encontram afastados geograficamente, aumentando, assim, a variabilidade genética da vegetação. Os polinizadores dispõem de capacidades para modificar a estrutura de comunidades vegetais, comprometendo indiretamente atributos elementares do ecossistema (LUNDBERG; MOBERG, 2003).

Exemplificando

A família *Myrtaceae*, por exemplo, é uma das famílias arbóreas com ampla distribuição nos continentes e dominantes em várias formações vegetais brasileiras. Tem flores hermafroditas, com inúmeros estames e os frutos carnosos, sendo atrativos por diversas espécies e animais. A grande maioria dos representantes dessa família é polinizada principalmente por abelhas e algumas aves. Já a dispersão de suas sementes é realizada geralmente por macacos e aves.

Os benefícios da interação fauna–flora visando à recuperação de áreas degradadas são inúmeros. Ressalta-se a dispersão de sementes, capaz de potencializar ou determinar a regeneração natural,

contribuindo para a aceleração de processos de restauração vegetal na reorganização de ecossistemas perturbados. Além disso, contribui para a conservação da biodiversidade de espécies, que, em circunstâncias favoráveis ao estabelecimento das sementes na área, são capazes de evidenciar a manutenção da dinâmica ambiental da área, semelhante às áreas que não sofreram perturbações.

O plantio de espécies nativas, pioneiras e secundárias iniciais, atrativas para a fauna, desponta como uma excelente alternativa para a incorporação de novas espécies frugívoras, favorecendo a dispersão das sementes, além de resultar na incorporação de propágulos de outras espécies da flora regional, aumentando, dessa forma, a riqueza específica da área (SILVA, 2003).

Vocabulário

Espécies frugívoras: são animais cuja dieta alimentar é composta basicamente por frutas.

Entre as espécies de animais dispersores que exercem funções propulsoras, como transportadores de sementes, existem variados grupos de aves, insetos e pequenos mamíferos roedores e morcegos (SILVA, 2003).

A fauna também pode desempenhar função bioindicadora, atuando como ferramenta para avaliação de projetos de restauração, estimando sua eficiência ao adotar diversas técnicas ou prescrições de restauração (MAJER, 2009).

O conhecimento acerca dos ecossistemas de referência é uma importante ferramenta de auxílio para a tomada de decisões sobre o ecossistema o qual se pretende restaurar, já que fornecem bases teóricas para a construção de modelos sucessionais, sendo possível estimar o período necessário para que uma determinada comunidade atinja seu processo de recomposição vegetal ou até mesmo realizar estimativas sobre a biodiversidade (ENGEL; PARROTA, 2003; LIEBSCH et al., 2007).

Uma das maneiras de restaurar um ecossistema degradado e a partir do conhecimento prévio sobre o sistema fitogeográfico do ambiente antes de ser degradado. De acordo com Good (1964), a fitogeografia é o ramo da botânica que lida com as relações espaciais da vegetação no

tempo presente e passado, ou seja, está relacionada com a evolução da distribuição das plantas no tempo geológico e no período atual (WICKENS, 2008). As características das vegetações desses diferentes biomas são resultado não somente da história evolutiva e migração de espécies, mas também da adaptação que suas estruturas sofreram para permanecer no ambiente (MENDES, 2004).

Essas mudanças são impulsionadas por fatores como solo, clima e relevo, que fazem parte da geografia do local, e as plantas devem se adaptar para perpetuar suas espécies. Dessa maneira, a fitogeografia estuda os tipos de vegetação e como ocorre sua distribuição na Terra (PEREIRA, 2005).

Dito isso, para iniciar a caracterização de um ecossistema de referência, devemos selecionar informações do sistema fitogeográfico da região, tais como: listas de espécies, mapas da área, fotografias aéreas e ao nível do solo, tanto as atuais quanto as históricas. Estudos de remanescentes conservados na mesma região fitogeográfica onde o projeto de restauração será executado podem servir como ferramenta para inferir o conjunto de espécies e características ecológicas que existiam na área degradada e serão incluídas no projeto de restauração. É importante ressaltar que, para escolher o ecossistema de referência, não se deve focar em apenas um único fragmento remanescente, que apresente toda a complexidade e riqueza biológica desejada, mas também em fragmentos florestais menores que podem conter informações valiosas sobre espécies em diferentes níveis sucessionais, as quais já passaram filtros ecológicos resultantes de diferentes tipos de distúrbios. Essas espécies poderiam ampliar as chances de sustentabilidade futura das áreas que estão sendo restauradas.

Assimile

É importante compreender que os fragmentos florestais são áreas de vegetação natural interrompidas por barreiras antrópicas ou naturais, capazes de diminuir significativamente o fluxo de animais, pólen e sementes.

Em uma área fragmentada, a substituição incorreta da cobertura vegetal da região pode ocasionar prejuízos à conservação da biodiversidade local. Por essa razão, as informações obtidas a partir

de um sistema fitogeográfico podem contribuir para a reposição da cobertura vegetal, respeitando as particularidades da composição florística da região (MENDES, 2004).

Reflita

Diante de tudo que foi apresentado até agora, que tipo de ecossistema deve servir como referência em projetos de restauração?

A fitossociologia (*Phyto*: significa planta; e Sociologia: agrupamentos ou grupos) baseia-se em um estudo qualitativo (espécies, altura, cobertura do dossel) e quantitativo (riqueza, abundância e densidade de espécies) da composição vegetal e, quando aliada a estudos fitogeográficos, ecológicos e fenológicos, tem grande importância na elaboração de modelos para recuperação de áreas degradadas (BARBOSA et al., 1989). Estudos fitossociológicos despontam como uma importante ferramenta de auxílio para o planejamento de ações de recuperação de áreas degradadas, produção de sementes e mudas, reconhecimento de espécies ameaçadas, além da tomada de decisão para ações de manejo e práticas conservacionistas (FELFILI; VENTUROLI, 2000; BRITO et al., 2007). O levantamento florístico é um importante componente da fitossociologia, sendo utilizado para amostrar quais espécies ocorrem em um local, informação de grande valia para a compreensão da diversidade biológica de determinada região analisada. O método pode incluir as mais variadas espécies de vegetais, como as herbáceas (plantas de caule macio e maleável) ou lenhosas (plantas de caule rígido), com diferentes hábitos de crescimento e formas de vida, assim como plantas naturalizadas ou invasoras (contribuindo com estudos sobre bioinvasão).

Vocabulário

Formas de vida: classificação das plantas de acordo com as adaptações adquiridas para habitar um determinado ambiente.

Assim sendo, a caracterização florística dos fragmentos remanescentes (que serão utilizados como ecossistema de referência) subsidiará a definição de uma lista de espécies que deverá ser utilizada nas ações de plantio e/ou semeadura nas áreas de restauração, bem

como um plano para coleta de sementes para a produção de mudas destinadas ao projeto de restauração da área.

Pesquise mais

Você pode conhecer a metodologia detalhada de um estudo sobre a caracterização de um remanescente florestal para avaliar o estado de conservação do local e propor técnicas de conservação, manejo e revegetação das áreas protegidas pela legislação (Reserva Legal e Áreas de Preservação Permanente) no artigo a seguir:

SANTOS, S. J. C.; NASCIMENTO, A. V. S.; SILVA, C. E. Caracterização dos remanescentes florestais naturais da zona rural de Guapiara, São Paulo. **Natural Resources**, v. 1, n. 1, p. 25-36, 2011. Disponível em:

<http://sustenere.co/journals/index.php/naturalresources/article/view/188>. Acesso em: 30 nov. 2017.

Entre os métodos bastante utilizados para realizar um levantamento fitossociológico, destacam-se: o método de parcelas, utilizado para esclarecer as relações de interdependência entre a vegetação e os fatores bióticos e abióticos, sendo indicado normalmente para o estudo de espécies herbáceas e lenhosas; o método de quadrante, que objetiva amostrar a riqueza e diversidade da área de estudo, na medida em que esse método apresenta uma maior amplitude de área em relação ao método anterior, contemplando, dessa maneira, um número superior de micro-habitats, consequentemente um maior número de espécies amostradas; o método de interceptação de linhas, aplicado para o estudo de espécies herbáceas, sendo empregado, em alguns casos, para amostragem de espécies lenhosas. Esse método também pode ser utilizado para obter-se uma estimativa da porcentagem de cobertura de copas de determinada comunidade, sendo considerada uma técnica de amostragem sem área.

No entanto, levantamentos desse tipo são bastante demorados e necessitam de pesquisadores especializados, de forma que não é simples realizar um estudo aprofundado dentro do escopo de um projeto de restauração. Sendo assim, normalmente são realizadas pesquisas bibliográficas de levantamentos preexistentes, os quais podem ser acessados em buscas na internet ou nas bibliotecas das universidades e institutos de pesquisa, na forma de artigos científicos,

dissertações e teses. Porém, nem sempre existem levantamentos nas regiões mais afastadas dos centros de pesquisa, nesse caso, o restaurador deve solicitar um inventário florístico rápido e preciso, com base em uma metodologia que considere os diferentes tipos vegetacionais, o estado de conservação e a posição no relevo. O esforço amostral, isto é, o número de amostras, deve ser proporcional ao número de fragmentos remanescentes existentes na região a ser restaurada.

Sem medo de errar

A avaliação do potencial de regeneração natural da área degradada é essencial para a compreensão do grau de diversidade de espécies e as interações entre plantas e animais de todo ecossistema. Como etapa intermediária da avaliação técnica solicitada pelo proprietário da área em estudo, baseie-se nos seguintes questionamentos para sua conclusão:

(i) Como a interação fauna–flora pode influenciar na sucessão ecológica? (ii) Qual é a importância do levantamento fitogeográfico para a conservação de espécies? (iii) De que maneira os estudos de fitossociologia podem ser aproveitados em projetos de restauração florestal?

As interações planta–animal são de extrema importância nos processos envolvidos no retorno das funções ecológicas que garantem a sustentabilidade do ecossistema restaurado. Inclua em seu estudo que os animais podem atuar como dispersores, predadores de sementes e herbívoros, interagindo durante todo seu ciclo de vida com a flora presente, desempenhando papel-chave para a regeneração da área. Ressalte que a interação fauna–flora pode acarretar a aceleração de processos de sucessão ecológica e que essa relação é capaz de potencializar a regeneração natural, contribuindo para a aceleração de processos de restauração vegetal na reorganização de ecossistemas perturbados. Além disso, saliente que contribui com a conservação da biodiversidade de espécies que, em circunstâncias favoráveis ao estabelecimento das sementes na área, são capazes de consolidar a manutenção da dinâmica ambiental da área, semelhante àquelas que não sofreram perturbações.

Informe também que a avaliação do sistema fitogeográfico da região é essencial para o reconhecimento da distribuição da vegetação tanto em um tempo pretérito quanto no período atual, auxiliando na compreensão de processos adaptativos e migratórios das espécies componentes da formação vegetal. Com base nas informações obtidas no sistema fitogeográfico, poderão ser selecionados fragmentos florestais que servirão como referência para determinar os objetivos propostos em um plano de restauração, os quais preconizam não somente recuperação da área, mas também a sustentabilidade ambiental dessa área a longo prazo.

Os estudos da fitossociologia são uma análise qualitativa e quantitativa da composição vegetal que despontam como uma importante ferramenta de auxílio para o planejamento de ações de recuperação de áreas degradadas, produção de sementes e mudas, identificação de espécies ameaçadas, além da tomada de decisão para ações de manejo e práticas conservacionistas. O levantamento florístico é um importante componente da fitossociologia e é utilizado para amostrar quais espécies ocorrem em um determinado local, informação de grande valia para a compreensão da diversidade biológica da região. Assim sendo, inclua na avaliação que estudos que incluem levantamentos florísticos, em fragmentos florestais remanescentes próximos à área degradada, são determinantes na definição de um ou mais ecossistemas de referência utilizados para planejar e orientar ações de restauração de uma área degradada.

Avançando na prática

Sistema fitogeográfico

Descrição da situação-problema

Suponha agora que você faça parte de um grupo de pesquisa responsável pela elaboração de um plano de recuperação ambiental de uma importante reserva indígena, que vem sofrendo ao longo dos últimos anos graves processos supressivos, decorrentes do acentuado desmatamento para a extração ilegal de madeira na região. A visita ao local está relacionada a um futuro reflorestamento da área, com

o intuito de minimizar os impactos negativos dessa atividade. Aponte em seu estudo a resposta para o seguinte questionamento: qual é a importância de, para um futuro reflorestamento da área da reserva indígena, conhecer o sistema fitogeográfico da região onde essa reserva está inserida?

Resolução da situação-problema

Como vimos nos conteúdos, um sistema fitogeográfico corresponde a elementos como a geologia, o clima, a vegetação, a latitude, que, quando ordenados, podem levar ao entendimento das suas relações e à tentativa da compreensão do ambiente como um todo. Assim, conhecer o sistema fitogeográfico torna possível a compreensão das relações de fatores ambientais no desenvolvimento das plantas, compreendendo as formações vegetais predominantes, bem com sua dominância e área de ocorrência.

Na área da reserva indígena que sofreu um grave processo de degradação em decorrência da atividade madeireira, o estudo servirá de suporte para conhecer as espécies botânicas que predominam no local e suas principais características ecológicas, assim como suas principais características físicas e geográficas que determinam sua distribuição.

Os conhecimentos das espécies nativas e exóticas contribuirão para a reposição da cobertura vegetal da área, respeitando as particularidades da composição florística da região, favorecendo importantes processos ecológicos, auxiliando na conservação de espécies e na introdução da fauna ameaçada com a fragmentação, acelerando, dessa forma, os processos de restauração ecológica.

Faça valer a pena

1. Para se obter sucesso em um programa de restauração florestal, é necessário levar em consideração aspectos fitogeográficos da região. Realizar estudos preliminares que visem conhecer a distribuição das espécies e quais são os fatores físicos e bióticos associados no estabelecimento das espécies na região é de extrema importância para iniciar um processo de restauração de uma área degradada.

Sobre fitogeografia, entende-se que:

a) A fitogeografia considera no seu estudo apenas as alterações biogeográficas que ocorreram no tempo presente e desconsidera qualquer evento que tenha ocorrido no passado evolutivo das plantas.

b) O tipo de vegetação que ocorre em um bioma tem relação com o tipo de relevo, porém não apresenta relação com o clima da região.

c) Apesar de a fitogeografia ser importante, a substituição incorreta da cobertura vegetal não causa prejuízos para a biodiversidade local.

d) Cada bioma tem um tipo característico de vegetação devido à migração de espécies ao longo da evolução. A adaptação evolutiva e as peculiaridades locais da região, como clima, relevo e tipo de solo, não exerceram influência na mudança das estruturas das plantas.

e) A fitogeografia estuda como as relações espaciais das plantas estão relacionadas com a evolução da distribuição no tempo geológico e no período atual. Levando em consideração o tipo de vegetação e em que área ocorre.

2. Para realizar um planejamento de restauração ecológica, é necessário ter clareza acerca do objetivo do trabalho para assim delinear quais ações de manejo devem ser adotadas para recuperar o ecossistema degradado. Tais ações e manejo estão diretamente relacionados com os componentes de restauração ecológica.

Acerca da função dos componentes para a restauração de um ecossistema, pode-se afirmar que:

a) A fitossociologia consiste no estudo da estrutura da vegetação referente à sua disposição, à organização e ao arranjo dos indivíduos tanto em altura quanto em densidade.

b) A interação fauna–flora oferece vantagens apenas para a manutenção da cobertura vegetal, pois, com a polinização e dispersão de sementes, as espécies vegetais se disseminarão, não garantindo benefícios para as espécies animais.

c) Fatores como clima, relevo e solo não afetam a vegetação que é inserida na área degradada para recuperar o ecossistema. As plantas sempre apresentarão uma boa adaptação, independentemente dos fatores peculiares da região.

d) A fitossociologia e a fitogeografia têm conceitos bastante semelhantes que se restringem a estudar apenas a diversidade de vegetação na área.

e) A fitogeografia estuda a composição florística, diversidade e estrutura da vegetação lenhosa do ambiente.

3. Projetos de restauração ecológica são bastante utilizados para minimizar impactos ambientais causados em áreas degradadas. No entanto, o termo "restauração" é bastante confundido com outros similares, como "reabilitação" e "recuperação". Dominar esses conceitos é fundamental para evitar o entendimento equivocado sobre os significados, que pode acarretar prejuízos na elaboração de um planejamento para reconstituir uma área degradada.

Sobre o assunto, é correto afirmar que:

a) A restauração ecológica trata do reaproveitamento da área para obter uma finalidade diferente da que tinha antes da degradação, por exemplo, lagoa em cavas de mineração.

b) Recuperar um ecossistema degradado significa restituí-lo a um estado mais próximo do original.

c) Ao se falar em reabilitação de áreas degradadas, deseja-se unicamente reverter um ecossistema degradado para uma condição de não degradado, podendo diferir de sua condição ambiental original. É o mesmo que restauração.

d) Recuperação ecológica consiste na transformação de um ecossistema, antes degradado, em um ecossistema estável, não degradado e que tenha uma utilidade produtiva.

e) Reabilitar um ambiente significa preservar e potencializar a capacidade natural das mudanças no ecossistema, o qual deverá ser o mais próximo do ambiente antes da degradação.

Seção 2.3

Revegetação de áreas degradadas

Diálogo aberto

Você compreendeu, a partir das Seções 2.1 (Sucessão ecológica) e 2.2 (Componentes de restauração ecológica), que práticas conservacionistas são importantes para o uso sustentável do solo e que a restauração ambiental tem como principal objetivo o restabelecimento dos principais processos ecológicos. Nesta seção, abordaremos acerca das diversas técnicas que podem ser empregadas para auxiliar o processo de recomposição vegetal de ambientes degradados.

Agora é o momento de recordamos também a situação hipotética, que foi apresentada no início da unidade, você se lembra dela?

Seu Otávio, produtor rural, está em busca de soluções técnicas para mitigar os recentes impactos ocasionados e compreender a possível causa de um escorregamento da área da encosta em sua propriedade, por isso, decidiu contratá-lo como responsável técnico para realização de um estudo de avaliação técnica, que foi dividido em três etapas e cujas duas primeiras já foram realizadas nas seções anteriores. Está lembrado?

Imagine agora que em uma última conversa com o proprietário, ele alega que a queimada descontrolada acarretou uma acentuada perda de cobertura vegetal na área da encosta e também em algumas propriedades rurais vizinhas, causando danos diretos na presença de animais silvestres e aves pela região, que corriqueiramente eram observados transitando pelas matas e propriedades circundantes. Somando-se a isso, seu Otávio informou você que estuda a viabilidade econômica de incorporar a pecuária, principal atividade da propriedade, com o cultivo de espécies de importância madeireira na área da encosta.

Portanto, para concluir a última etapa do seu projeto referente **às estratégias que podem ser adotadas para a recomposição vegetal da propriedade rural** é necessário que você aborde, em sua avaliação, técnica os seguintes pontos:

- Quais estratégias de revegetação poderiam ser empregadas para a recomposição vegetal da área?

- Quais técnicas de nucleação poderiam ser propostas para o aumento da biodiversidade da fauna do local?

- Qual é o sistema agroflorestal mais adequado para as atividades realizadas na propriedade?

No decorrer desta seção, você terá subsídios para o emprego das técnicas mais apropriadas de recomposição vegetal, de acordo com as necessidades e características da área degradada. Esse conhecimento é imprescindível para o cumprimento dessa última etapa do serviço proposto.

Vamos iniciar nossos estudos?

Não pode faltar

Antes de iniciarmos a elaboração de um projeto de recuperação para uma determinada área degradada, é importante definirmos o principal objetivo dessa recuperação, assegurando a manutenção dos processos ambientais da área de acordo com o grau de recuperação esperado, relacionados à finalidade futura do local (FANTINATI; NOGUEIRA, 2015).

Após a definição do objetivo da recuperação, devemos nos atentar para alguns pontos, para que a tomada de decisão seja eficiente e o emprego das técnicas selecionadas ofertem condições favoráveis para acelerar a estabilidade do ecossistema que sofreu uma perturbação (MORAES et al., 2013).

Entre os pontos a serem observados, ressalta-se a importância do conhecimento acerca do histórico do uso do solo, reconhecendo as principais atividades que foram executadas no local e identificando o período em que a vegetação original da área foi retirada. A intensidade das perturbações e seu respectivo histórico de ocorrência devem ser destacados em projetos de recuperação, assim como a análise do solo e das suas condições ambientais, que definirão o grau de degradação existente na área em estudo (ALMEIDA; SÁNCHEZ, 2005).

Diante desse contexto, a revegetação como uma estratégia na Recuperação de Área Degradada (RAD) vem ganhando bastante

notoriedade com o passar dos anos e apresentando resultados satisfatórios. As espécies vegetais que apresentam um rápido crescimento e sobrevivência são priorizadas nesses projetos de recomposição vegetal, pois promovem o recobrimento do solo de maneira rápida, contribuindo para sua proteção contra processos erosivos, ofertando uma elevada produção de matéria orgânica ao solo e despontando como uma excelente alternativa para o restabelecimento de outras espécies vegetais, durante o processo sucessional (CHAER et al., 2011; RESENDE et al., 2013).

As espécies arbóreas comumente empregadas em projetos de revegetação são classificadas de acordo com seu agrupamento sucessional, como: espécies pioneiras, secundárias e climáticas (BUDOWSKI, 1970). As espécies pioneiras apresentam um rápido crescimento e com bom desenvolvimento e germinação a pleno sol. O segundo grupo, o das secundárias, no qual agrupam a maior diversidade de espécies vegetais, apresenta a capacidade de suas sementes germinarem à sombra, mas necessitando da incidência solar para seu ótimo desenvolvimento. O grupo das climáticas apresenta crescimento lento, produzindo sementes grandes e com desenvolvimento e germinação à sombra (MACEDO, 1993).

Outra subdivisão bastante utilizada fragmenta as espécies de acordo com seu respectivo grupo funcional, no qual espécies que apresentem um crescimento rápido e forma de copa densa e ampla e representem uma boa capacidade de sombreamento da área a ser ocupada constituem o grupo **recobrimento** (NAVE, 2005; RODRIGUES, 2007). A principal finalidade é inibir o crescimento de espécies invasoras e favorecer o desenvolvimento de espécies de **diversidade** que serão introduzidas na área em estudo e representarão o futuro dossel da floresta, tendo grande relevância para a manutenção de um ambiente florestal, a criação de micro-habitats, a oferta de alimentos para a fauna, a atração de dispersores e a chegada de novas espécies, contribuindo para a regeneração natural (NAVE, 2005).

A principal finalidade da classificação é servir de suporte para a orientação de plantios, já que a utilização de diversas espécies vegetais em programas de recuperação de áreas degradadas é uma prática bastante recomendada, pois auxilia no incremento do uso dos recursos disponíveis e o aumento da diversidade do local.

A escolha das espécies para a recomposição vegetal da área deve estabelecer alguns critérios, sempre levando em consideração a tolerância da espécie selecionada aos aspectos limitantes para seu desenvolvimento, como: temperatura, umidade, competição com espécies invasoras e baixa fertilidade do solo, entre outros (TAVARES et al., 2008).

A utilização de plantas leguminosas é uma estratégia comumente empregada em RAD, por apresentarem vantagens que as diferenciam dos demais grupos de plantas. A principal característica das leguminosas é sua capacidade de fixação de nitrogênio, além de terem um rápido crescimento e despontarem como uma interessante opção para áreas que sofreram um forte impacto, já que oferecem uma boa cobertura de solo, sendo uma técnica recomendada para recuperação de ambientes degradados pela mineração (ACEÑOLAZA et al., 2010; COSTA et al., 2014; ALVES et al., 2017).

Entre as outras formas de revegetação, destaca-se o plantio por adensamento, caracterizado pela incorporação de mudas ou sementes de espécies de recobrimento em locais que não foram anteriormente ocupados pela regeneração natural. Esse procedimento visa controlar a expansão de espécies invasoras e em desequilíbrio, para, em seguida, estruturar o ambiente com condições adequadas para o desenvolvimento de outras espécies sucessionais (NAVE, 2005).

A semeadura direta de espécies de adubo verde também é uma importante técnica para o controle de espécies invasoras nos primeiros anos após a implantação de projetos de recuperação de áreas degradadas, pois cria condições favoráveis para o desenvolvimento das espécies de recobrimento, além de acelerar o processo de sombreamento da área de plantio logo no primeiro ano (NAVE, 2005).

Exemplificando

São exemplos de espécies-chave para a recuperação de áreas degradadas: feijão de porco, mucuna preta, crotalaria, feijão guandu, ingá e gliricidia.

Outra estratégia de revegetação bastante empregada para a recuperação de ambientes degradados são os Sistemas Agroflorestais (SAFs), sendo baseados pela associação de espécies arbóreas com cultivo agrícolas e/ou animais de maneira simultânea ou sequencial em uma mesma área (TAVARES et al., 2008). A seleção das espécies e a definição do modelo está diretamente relacionada com o objetivo do projeto, já que as espécies deverão apresentar características inerentes à área a ser recuperada, manejando adequadamente espécies exóticas que possam ser competidoras com a diversidade biológica nativa.

Os SAFs são uma ferramenta produtiva que permite aliar produção com a conservação ambiental. Há uma grande diversificação dos tipos de sistemas agroflorestais, sendo que a combinação de distintas espécies e seus respectivos manejos fornecem um aumento da biodiversidade local em comparação aos monocultivos. Podem, também, impulsionar o controle de processos erosivos, regular o ciclo hidrológico, assoreamento, ciclagem de nutrientes e, consequentemente, aumentar a fertilidade do solo, garantindo maior sustentabilidade (MACEDO, 2000).

Pesquise mais

Áreas com sistemas agroflorestais oferecem condições propícias para a conservação da biodiversidade. Em um recente estudo, constatou-se a importância desses sistemas para a manutenção dos insetos polinizadores, associando a produção à conservação de espécies nativas de abelhas sem ferrão.

Quer saber um pouco mais sobre isso? Confira a matéria a seguir:

SUCCESSFUL FARMING. **Abelhas**: Sistemas Agroflorestais protegem os insetos polinizadores. 2017. Disponível em: <http://sfagro.uol.com.br/abelhas-sistemas-agroflorestais-protegem-os-insetos-polinizadores>. Acesso em: 12 nov. 2017.

A diversidade de espécies é essencial em todos os modelos propostos de RAD, sendo também aplicada para os SAFs, assegurando a estabilidade biológica e econômica desses sistemas. Na medida em que ocorre um acréscimo no número de espécies plantadas, consecutivamente, a capacidade para efetuar mudanças no sistema

aumenta, possibilitando a alteração do manejo em detrimento dos objetivos da restauração.

Os níveis de complexidade dos sistemas agroflorestais evoluem dos mais simples – como os consórcios de espécies agrícolas como o milho e a banana com arbóreas, nos quais não se objetiva a complexa dinâmica da sucessão ecológica – até consorciações mais complexas, nas quais a recuperação do ecossistema degradado segue os princípios ecológicos, baseando-se no critério de sucessão, com a utilização de espécies pioneiras antrópicas e/ou secundárias-pioneiras antrópicas, e/ou posteriormente secundárias tardias e clímax, levando em consideração a dinâmica e o grupo ecofisiológico de cada espécie.

A classificação desses sistemas tem como base sua disposição de arranjos e a sequência temporal das atividades implantadas, considerando também a finalidade de cada componente no sistema e os objetivos da produção e seus atributos socioeconômicos (TAVARES et al., 2008).

Portanto, com base na natureza dos componentes dos Sistemas Agroflorestais, é proposta a seguinte denominação (DANIEL et al., 1999):

Sistemas agrossilviculturais: trata-se da combinação de cultivos agrícolas e árvores, incluindo arbustos e (ou) trepadeiras.

Sistemas silvipastoris: caracterizam-se por associações de árvores ou arbustos com a pastagem e animais.

Sistemas agrissilvipastoris: referem-se às associações de árvores produtoras de madeira ou frutíferas, com animais e cultivos agrícolas.

É importante ressaltar que incorporação de sistemas agroflorestais com a presença de animais para fins de restauração é um tema bastante controverso, por considerar os possíveis efeitos adversos dessa associação no ecossistema. Os animais podem favorecer a compactação do solo através do pisoteio, desencadeando o revolvimento do solo ou até mesmo o deixando descoberto. Os impactos podem afetar a vegetação da área com a alimentação desenfreada e contínua. No entanto, faz-se necessário buscar mecanismos que conciliem a utilização desses animais com a recomposição da vegetação da área (MICCOLIS et al., 2017).

Assimile

Os sistemas agroflorestais buscam reproduzir ao máximo a arquitetura das formações naturais para melhor aproveitar a radiação, umidade e nutrientes.

Adicionalmente, a restauração e recomposição da Reserva Legal permitem o Manejo Sustentável da vegetação arbórea do local, possibilitando a adoção do SAF até a etapa de fechamento da cobertura vegetal arbórea/arbustiva, com a utilização do sistema agrissilvicultural e, posteriormente, a adoção de sistemas silvipastoris.

Atualmente, o estabelecimento de projetos para a recuperação de fragmentos florestais e matas ciliares requisita um aporte financeiro considerável, tornando-se necessário o desenvolvimento de técnicas mais eficientes e menos onerosas que contribuam para a ampla implantação de projetos de recuperação em propriedades privadas (VALERI et al., 2003).

Diversas técnicas têm sido estudadas como forma de promover a restauração ecológica de ambientes degradados, priorizando resgatar a conservação do ecossistema e as interações entre os organismos. Entre elas, destaca-se a nucleação, que, conceitualmente, pode ser compreendida como a capacidade de uma determinada espécie oferecer uma significativa melhoria nas qualidades ambientais, permitindo o aumento da probabilidade de ocupação desse ambiente por outras espécies (YARRANTON; MORRISON, 1974). Dessa forma, essa técnica se baseia na criação de pequenos "núcleos de diversidade", que são formados por associações de diferentes técnicas. Tais núcleos são distribuídos sobre a área degradada com o objetivo que estes possam se expandir, aumentando, assim, a heterogeneidade ambiental. Além disso, a associação das técnicas nucleadoras trazem inúmeros benefícios, como a criação de micro-habitats nos núcleos onde são ofertadas, para diversas formas de vida, alimentação e reprodução, além de condições de abrigo que favorecem a diversidade de espécies da área de aplicação (REIS et al., 2003). O uso dessa técnica restauradora busca estimular o aumento da resiliência ambiental (capacidade de retorno ao estado anterior), auxiliando a ativação do próprio potencial autorregenerativo da comunidade.

Para fazer o uso dessas respectivas técnicas nucleadoras e das demais alternativas restauradoras, deve-se preconizar o conhecimento

das características da área degradada em estudo, sendo necessário observar os componentes da paisagem para potencializar a recuperação do local, auxiliando na tomada de decisão e pelas técnicas mais eficientes e com o menor custo de implantação (SMA, 2011).

Entre os parâmetros que devem ser observados para o emprego das técnicas restauradoras, destacam-se:

1. Distância das fontes de propágulos na paisagem

Atentar aos fragmentos de florestas nativas circundantes à área degradada em estudo é de suma importância, pois a proximidade e a diversidade desses fragmentos contribuem para a melhoria da restauração, por terem a capacidade de aumentar a recolonização do local.

2. Nível de regeneração natural na área degradada

É válido observar a ocorrência de espécies nativas em processo de regeneração, como pequenas mudas e árvores jovens, pois a sua intensidade de regeneração natural está estreitamente relacionada ao sucesso da restauração, por favorecer alimento e refúgio para animais e ser fonte de sombra.

3. Nível de invasão biológica na área degradada

A elevada densidade de espécies atípicas ao ambiente deve ser considerada, pois pode prejudicar o processo de regeneração natural da área degradada, tais espécies são denominadas invasoras, pois prejudicam a germinação de sementes e acabam por restringir progressivamente o espaço disponível para espécies nativas realizarem a regeneração do local.

O princípio básico da nucleação não se baseia em sobrecarregar a área de espécies, busca-se, na verdade, auxiliar a natureza a criar condições básicas necessárias para propiciar a chegada gradativa de espécies, com o intuito de se integrarem dentro das suas respectivas funções que a nova comunidade exerce no tempo e nos seus distintos espaços. Dessa forma, ao se empregar tais técnicas, objetiva-se devolver o ecossistema até o ponto em que ele se torne resiliente, tendo capacidade de sustentar-se (SMA, 2011).

Outra técnica, a da **transposição de solo**, consiste na retirada de pequenas porções (núcleos) da camada superficial e fértil do solo de uma área que apresenta um estágio sucessional mais avançado, sendo depositado em faixas ou ilhas em áreas degradadas. O principal objetivo é a reintrodução, na área degradada, de populações das mais diversas espécies da micro, meso e macrofauna/flora do solo, responsáveis pela ciclagem de nutrientes, reestruturação e fertilização do solo, auxiliando na recuperação dos atributos físico-químicos do solo degradado e, concomitantemente, na revegetação da área (REIS et al., 2003; SOARES, 2009).

O estabelecimento desses núcleos formados promove uma conglomeração da vegetação na área que se evidencia na paisagem e acaba atuando como refúgio para a fauna local e para a produção de sementes, atuando como pequenos habitats (SMA, 2011).

A **chuva natural de sementes** é provocada pela ação de agentes bióticos e abióticos e propicia a chegada de sementes, com a função de recolonizar áreas em processo de sucessão primária ou secundária. A intensidade desse processo está atrelada à proximidade de áreas com cobertura vegetal e da ação dos vetores de dispersão.

Em áreas degradadas, a ação desses agentes bióticos fica comprometida, prevalecendo os agentes abióticos, fazendo-se necessária a intervenção humana para promover a formação de núcleos capazes de intensificar a chuva de sementes (REIS et al., 2003).

A técnica da **chuva de sementes** é de grande importância para a renovação da comunidade, pois expressam a dinâmica natural da vegetação do local, atuando como indicadores da capacidade de resiliência de uma determinada comunidade, tendo um papel essencial para o estabelecimento de estratégias apropriadas para a recuperação de áreas degradadas (TRES et al., 2007).

Outra técnica associada é a colocação de **poleiros artificiais**, que tem por objetivo atrair animais para ambientes degradados, já que esses ambientes apresentam uma ausência da vegetação, que acaba ocasionando menor disponibilidade de alimentos e abrigos para os animais dispersores que deixam de visitar a área. A instalação de poleiros artificiais surge como alternativa para atrair as aves e os morcegos, considerados os principais agentes dispersores que carregam consigo sementes de distintos ambientes e espécies vegetais e, ao regurgitar, defecar ou até mesmo derrubar esses frutos e sementes, aceleram

o processo de sucessão ecológica do ambiente degradado, além de promover o aumento da diversidade local (SMA, 2011).

A implantação de **galharia** consiste no amontoamento de restos vegetais (geralmente resultantes do próprio processo de supressão vegetal da área degradada), como galhos, tocos, folhas, resíduos agrícolas ou aglomerado de pedras que são dispostos desordenadamente ao longo da área. A instalação desses núcleos serve de abrigo para diversos animais, criando condições favoráveis para atração da fauna para o local, além de contribuir para a rebrotação, germinação e incorporação de matéria orgânica para o solo (REIS et al., 2003).

A técnica de **plantio de mudas nativas** consiste na implantação de pequenos núcleos formados por mudas adensadas, tendo como principal intuito atrair maior diversidade biológica para esses ambientes que sofreram um processo degradativo. O sucesso da técnica está intimamente relacionado com a seleção das espécies vegetais, buscando-se sempre priorizar o plantio de plantas nativas e espécies ameaçadas de extinção (SMA, 2011).

Reflita

Quais técnicas de nucleação são mais eficientes no processo inicial de recuperação de áreas degradadas?

A tecnologia de produção de sementes e mudas de espécies nativas é um dos pontos mais importantes em projetos de recuperação de áreas degradadas, por considerar que a qualidade da recomposição vegetal está diretamente atrelada à qualidade das espécies que o compõem. Ressalta-se que pode ser muito difícil encontrar essas mudas nos viveiros comerciais de determinada região, devido à falta de conhecimento de como produzi-las ou mesmo pela dificuldade de conseguir sementes na natureza, o que acaba dificultando a implantação em maior escala de projetos de RAD em território nacional.

É imprescindível que as mudas selecionadas para a recomposição vegetal sejam provenientes de sementes que apresentem boa qualidade fisiológica, física e sanitária, com o intuito de assegurar a eficiência do plantio dessas mudas, levando em consideração também a escolha da área de coleta dessas sementes.

A escolha da área de coleta deve ser situada em um raio de até 200 km do futuro local de plantio. Com essa prática, objetiva-se assegurar a conservação da biodiversidade genética da área, optando-se por áreas que tenham fragmentos florestais nativos que apresentem distintas formações florestais (SMA, 2014).

No que se refere à colheita de sementes, alguns critérios devem ser considerados, como a localização do local de coleta, além do número de sementes produzidas por cada componente vegetal, principalmente se este for arbustivo ou arbóreo (SMA, 2014).

O mapeamento e a marcação das matrizes de coleta deverão ser realizados com auxílio de um GPS, sendo importante pesquisar a bibliografia e compreender a fenologia da espécie, para que seja implementado um cronograma de coleta periódico, no qual seja possível selecionar indivíduos com atributos desejados para a produção de mudas visando à restauração de ambientes degradados (OLIVEIRA et al., 2016).

Alguns parâmetros são adotados para se estimar o ponto de coleta de sementes, tais como: a coloração dos frutos, teor de água, peso seco, porcentagem de germinação das sementes, além de aferições sobre o desenvolvimento da espécie (BARBOSA et al., 1999).

Já o beneficiamento de sementes é considerado outra importante etapa do processo de produção visando ao RAD, realizando a retirada das sementes dos frutos por meio de diversas técnicas que são empregadas com base na tipificação do fruto em seco ou carnoso (SMA, 2014). A secagem é uma prática bastante utilizada para retirada da umidade e redução da taxa de respiração de sementes, permitindo maior qualidade e longevidade desse material que, em condições naturais (semente recém-colhida), apresenta alto teor de umidade que acarretará no consumo de reserva dessas sementes (MORAES et al., 2013).

Por sua vez, o correto armazenamento auxilia na manutenção das características fisiológicas das sementes, estendendo sua viabilidade em relação a um material obtido em condições naturais, além de contribuir para a formação de um estoque para uma futura utilização (MORAES et al., 2013).

Entre os tratos culturais comumente empregados em um viveiro para a produção de mudas, podemos destacar o raleio, que consiste

na eliminação das plântulas excedentes dos recipientes utilizados para a germinação das mudas (MORAES et al., 2013).

A irrigação também é de fundamental importância em todas as etapas de produção de mudas e deve levar em consideração que a necessidade hídrica é variável para cada espécie, sempre oferecendo uma umidade adequada para o substrato (SMA, 2014). Já o controle fitossanitário deverá ser realizado de forma minuciosa, para que a incidência de pragas e patógenos seja erradicada no estágio inicial e não comprometa a produção de mudas, sendo necessários o monitoramento periódico no viveiro e a eliminação de mudas danificadas (MORAES et al., 2013).

A moveção é um procedimento bastante utilizado em viveiros e consiste na remoção das mudas de um local para outro, dentro do próprio canteiro. Objetiva-se diminuir a competição das espécies por luminosidade, realizar o agrupamento pelo tamanho das mudas e evitar a fixação, no solo, das raízes que transpuserem o recipiente (SMA, 2014).

Na produção de mudas aplicada à restauração de ambientes degradados, alguns parâmetros são utilizados para avaliar a qualidade das mudas, destacando-se: a altura da parte aérea da planta, aspectos nutricionais, diâmetro do coleto, peso de matéria seca e verde etc. (PAIVA, 2000). Tais critérios buscam aumentar a sobrevivência dessas mudas após o plantio em campo, reduzindo, dessa maneira, custos com o replantio em decorrência de uma elevada taxa de mortalidade e de tratos culturais necessários (CARNEIRO, 1995).

Sem medo de errar

Caro aluno, chegou o momento de você responder o que foi proposto no início da seção, está preparado?

Relembre: você foi contratado para realizar uma avaliação técnica (estudo), buscando minimizar os impactos de um recente escorregamento de terra em uma área de encosta ocorrido na propriedade do seu Otávio.

Sendo assim, responda aos questionamentos a seguir com base nos conteúdos que você acabou de aprender nesta seção para cumprir a última etapa do serviço:

- Quais estratégias de revegetação poderiam ser empregadas para a recomposição vegetal da área?

- Quais técnicas de nucleação poderiam ser propostas para o aumento da biodiversidade da fauna do local?

- Qual é o sistema agroflorestal mais adequado para as atividades realizadas na propriedade?

Como estratégia de revegetação para a área de encosta que sofreu recentemente esse processo de escorregamento de terra recomenda-se a utilização de espécies de rápido crescimento, como as espécies pioneiras, as quais não sofrem influência pelos outros grupos sucessionais (secundárias e climáticas) ao longo de seu desenvolvimento. Ao optar-se pela introdução de espécies pioneiras nesse estágio inicial de recomposição da cobertura vegetal da área, seu Otávio notaria diversos benéficos, como: a considerável melhoria do solo, deposição de folhas e raízes que facilitariam a estabilização do solo da área, além do favorecimento do estabelecimento de outras espécies vegetais mais exigentes.

A utilização de plantas leguminosas seria uma alternativa bastante interessante, já que esse grupo tem uma capacidade de fixação de nitrogênio como principal característica, apresentando também um rápido crescimento e oferecendo uma boa cobertura de solo.

Ao realizar a revegetação de área da encosta que sofreu um processo degradativo recente, objetiva-se alcançar a estabilidade física do ambiente, porém sempre se levando em consideração o futuro uso da área e suas respectivas associações. Seu Otávio mencionou anteriormente que pretendia consorciar a pecuária, principal atividade da sua propriedade, com o plantio de espécies de importância madeireira na área da encosta. Está lembrado?

Nesse contexto, ele poderia utilizar os SAFs, que são capazes de fornecer um aumento da biodiversidade local em detrimento de atividades isoladas, como monocultivos.

Portanto, inclua em sua avaliação sobre os possíveis impactos negativos que a incorporação da pecuária poderá acarretar para a área da encosta do agricultor, que recentemente sofreu com o excesso de chuvas e com a queimada que prejudicou o solo do local, afetando diretamente a produtividade. Você poderá argumentar e propor técnicas mais lucrativas utilizando os SAFs, como o plantio de espécies

de importância madeireira. Além da incorporação de práticas corretivas e adubação para o manejo apropriado do pasto em áreas de maior aptidão para pecuária, utilizando um sistema rotacional das pastagens.

Buscando-se estimular o retorno de animais silvestres e aves para a área degradada, seria recomendado a distribuição de núcleos no entorno da área, como ferramenta de expansão da heterogeneidade ambiental, contribuindo para a ativação do próprio potencial autorregenerativo da comunidade. O emprego das técnicas em conjunto promoveria diversos benefícios para a área, maximizando o processo de restauração ambiental, sendo que, entre as técnicas nucleadoras responsáveis diretamente pelo aumento da diversidade da fauna, a formação de poleiros artificiais seria interessante. Essa técnica consiste na instalação de poleiros em ambientes degradados capazes de atrair aves para o local, que, ao pousar nessas áreas, acabam por dispersarem sementes de fragmentos florestais circundantes, favorecendo o processo de sucessão.

Outra técnica importante é a transposição de galharias, um aglomerado de restos vegetais que, depostos em pequenos núcleos, proporciona abrigo para pequenos animais, além de manter um ambiente úmido e sombreado, criando condições ideais para a manutenção e atração dessa biodiversidade nessas áreas.

Bom, agora que já percorremos todas as etapas e aprendemos tudo o que é necessário para que você possa consolidar sua avaliação técnica, sugerimos que elabore um documento formal, contemplando todas as informações que trabalhamos até aqui, para apresentar ao seu Otávio. Lembrando: utilize uma linguagem técnica, porém de fácil entendimento. A seguir, novamente, apresentamos as etapas que trabalhamos nesse serviço:

1) Identificação dos processos ecológicos e sucessionais envolvidos na restauração/recuperação da área degradada.

2) Determinação de quais componentes de restauração ecológica podem ser utilizados para recompor a cobertura vegetal, ressaltando sua importância.

3) Estratégias que podem ser adotadas para a recomposição vegetal da propriedade rural.

Agora é com você! Elabore o documento informando a melhor estratégia para sanar o problema da área degradada.

Avançando na prática

Tecnologia de produção de sementes e mudas nativas

Descrição da situação-problema

Suponha que você foi contratado para ser responsável técnico por um viveiro que está sendo implantando para produzir em larga escala mudas de espécies nativas, que serão implantadas em um importante projeto de recuperação de uma bacia hidrográfica que sofreu consecutivos problemas de assoreamento e erosão. A coleta de sementes de espécies nativas é um importante processo no planejamento de produção de mudas, sendo assim, qual é o parâmetro utilizado para determinar a época ideal de coleta de sementes arbóreas?

Resolução da situação-problema

Deve-se atentar ao conhecimento da fenologia das espécies nativas, realizar uma pesquisa acerca da sua bibliografia e compreender suas especificidades para que se possa implementar um futuro cronograma para coletas periódicas, sendo recomendado a marcação do local por meio do georreferenciamento, a fim de mapear as matrizes de coleta onde seja possível selecionar indivíduos com atributos desejados para a produção de mudas. O ponto de maturação é um parâmetro comumente empregado para determinar o período ideal de coleta de frutos para a extração de sementes, levando em consideração a variação da coloração, seu tamanho o peso, a queda natural desses frutos. Ressalta-se que a diversidade de frutos das espécies vegetais nem sempre apresenta uma similaridade entre o tempo de desenvolvimento do fruto e da semente, sendo que essa diferença entre e dentro dos indivíduos promovem uma maturação desigual na população, dificultando a coleta. Uma alternativa seria acompanhar com frequência o amadurecimento dos frutos e, consequentemente, realizar a coleta regular das sementes.

Faça valer a pena

1. A nucleação apresenta como base a sucessão, partindo da premissa que ocorra primeiramente a formação de um solo e que gradativamente

as espécies sejam recrutadas de forma que possam atender exatamente às condições climáticas regionais.

Acerca das técnicas de nucleação utilizadas para recuperação de áreas degradadas, assinale a alternativa correta.

a) A técnica do plantio de mudas deve buscar espécies nativas, principalmente as que possuam forte interação com a fauna (espécies com frutos e sementes atrativos à fauna), não sendo recomendado a utilização de espécies vegetais ameaçadas de extinção.

b) A técnica de transposição do solo é responsável pela deposição de sementes, sendo capaz de auxiliar na recuperação das propriedades físico-químicas do solo degradado, porém dificultando a revegetação da área degradada.

c) A formação de poleiros artificiais tem como principal objetivo atrair aves e roedores, principais agentes dispersores, com a finalidade de acelerar o processo de sucessão natural em ambientes degradados.

d) A chuva de sementes consiste na retirada de sementes da área degradada, sendo uma importante ferramenta para conhecer a diversidade de espécies da região de estudo.

e) A técnica de transposição de galharia consiste no acúmulo de galhos, tocos, resíduos florestais, resíduos agrícolas (bagaço de cana e outros) ou amontoados de pedras dispostos na forma de núcleos ou aglomerados ao longo da área objetivando atração da fauna.

2. Observe as informações a seguir:

I. O SAF auxilia no controle da erosão do solo.

II. A incorporação de árvores com crescimento tardio na etapa inicial da recuperação é imprescindível para o aumento da disponibilidade de biomassa para o sistema.

III. O manejo das culturas que integram o SAF é mais complexo que um cultivo tradicional.

IV. Os sistemas agroflorestais contribuem para a conservação do meio ambiente e para o incremento de renda para os agricultores.

V. A seleção de espécies que serão incorporadas no sistema está diretamente relacionada às características edafoclimáticas do local.

Sobre o Sistema Agroflorestal (SAF), avalie as afirmações apresentadas anteriormente e assinale a alternativa correta:

a) I, II e V.

b) II e IV.

c) II, III, IV.

d) I, III, IV, V.

e) III, IV, V.

3. As principais ações para que as áreas degradadas possam voltar a ser produtivas consistem no manejo apropriado do solo, seguido do emprego de técnicas apropriadas de revegetação do local, de maneira que estabeleça mecanismos que propiciem a resiliência ambiental.

Acerca das estratégias envolvidas no processo de recomposição vegetal em ambientes degradados, assinale a alternativa correta:

a) As espécies vegetais que apresentam um rápido crescimento e sobrevivência são classificadas como secundárias, sendo bastante priorizadas em projetos de revegetação, contribuindo para sua proteção contra processos erosivos, ofertando uma elevada produção de matéria orgânica ao solo.

b) A seleção das espécies para a recomposição vegetal da área leva em consideração as espécies da flora nativa, além da sua tolerância aos aspectos limitantes para seu desenvolvimento, como: temperatura, umidade, competição com espécies invasoras e baixa fertilidade do solo.

c) As espécies climáticas abrangem o grupo de maior diversidade de espécies, que apresentam crescimento lento, produzindo sementes grandes e com desenvolvimento e germinação à sombra.

d) O sucesso da técnica está intimamente relacionado com a seleção das espécies vegetais exóticas, buscando-se sempre priorizar o plantio de espécies ameaçadas de extinção.

e) Na coleta de sementes de espécies nativas, deve-se preconizar áreas situadas em um raio de até 200km do futuro local de plantio, assegurando a conservação da biodiversidade genética da área, optando-se por áreas que apresentem um histórico processo de antropização.

Referências

ACEÑOLAZA, P. G. et al. Litterfall production in forests located at the pre-delta area of the Paraná river (Argentina). **Annals of Forest Scienc**e, Nancy, v. 67, n. 3, p. 311, 2010.

ALMEIDA, D. S. Recuperação ambiental da Mata Atlântica [on-line]. 3. ed. Ilhéus, BA: Editus, 2016. p. 200. Disponível em: <http://books.scielo.org>. Acesso em: 28 nov. 2017.

ALMEIDA, R. O. P. O; SÁNCHEZ, L. E. Revegetação de áreas de mineração: critérios de monitoramento e avaliação do desempenho. **Revista Árvor**e, Viçosa-MG, v. 29, n. 1, p. 47-54, 2005.

ALVES, R. B. R. et al. Desafios e perspectivas na recuperação de áreas de extração de argila no cerrado. In: PEREZ FILHO, A.; AMORIM, R. R. (Orgs.). Os desafios da geografia física na fronteira do conhecimento. Campinas: Instituto de Geociências – Unicamp, 2017. Disponível em: <https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/1937>. Acesso em: 14 dez. 2017.

ARONSON, J. et al. Conceitos e definições correlatos à ciência e a prática da restauração ecológica. **Instituto Florestal Série Registro**, n. 44, p. 1-38, 2011.

BARBOSA, L. M. Simpósio sobre Mata Ciliar, 1., 1989. Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1989. p. 269-283.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R; HARPER, J. L. Ecologia de Indivíduos a Ecossistemas. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. 752 p.

BORÉM, A. Considerações sobre o fluxo gênico. n. 34, p. 86-90, jan./jun. 2005. Disponível em: <http://www.cib.org.br/pdf/09DispeGenica.pdf>. Acesso em: 30 out. 2017.

BRADSHAW, A. D. Introduction – an ecological perspective. In: WONG, M. H.; BRADSHAW, A. D. (Eds.). **The restoration and Management of Derelict Land**: modern approaches. World Scientific Publishing, Singapore. p. 1-6, 2002.

BRAGA, B. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental**: O desafio do desenvolvimento sustentável. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. p. 318.

BRANCALION, P. H. S. et al. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. **Revista Árvore**, Viçosa (MG), v. 34, n. 3, p. 455-470, 2010.

BRANCALION, P. H. S; GANDOLFI, S; RODRIGUES, R. R. **Restauração Florestal**. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2015. 432 p.

BRANCALION, P. H. S.; LIMA, L. R.; RODRIGUES, R. R. 2013. Restauração ecológica como estratégia de resgate e conservação da biodiversidade em paisagens antrópicas tropicais. In: PERES, C. A.; BARLOW, J.;

GARDNER, T. A.; VIEIRA, I. C. G. (Orgs.). Conservação da Biodiversidade em paisagens antropizadas do Brasil. Curitiba: Editora da UFPR, 2013. p. 565-587.BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Convenção da diversidade biológica. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/conven%C3%A7%C3%A3o-da-diversidade-biol%C3%B3gica>. Acesso em: 30 out. 2017.

BRASIL. **Lei n. 9.985 de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. 2000. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=322>. Acesso em: 29 nov. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Recuperação de áreas degradadas. Disponível em <http://www.mma.gov.br/informma/item/8705-recupera%C3%A7%C3%A3o-de-%C3%A1reas-degradadas>. Acesso em: 30 out. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB). Brasília, 2000.

BRIGHENTI, A. M. et al. Plantas daninhas: o banco de sementes e a sustentação de tecnologias na cultura da soja. **Embrapa Soja**. Londrina, Paraná. 2008. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/doc+302_000g38k3fvy02wx5ok0r2ma0ncuelol9.pdf>. Acesso em: 30 out. 2017.

BRITO, A. et al. Comparação entre os métodos de quadrantes e PRODAN para análises florística, fitossociológica e volumétrica. **Revista Cerne**, v. 13, n. 4, p. 399-405, 2007.

BROWN, S., LUGO, A. E. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development. **Restoration Ecology**, v. 2, n. 2, p. 97-111, 1994.

BUDOWSKI, A. The distribution between old secondary and climax species in tropical Central American: lowland forests. **Tropical ecology**, v. 11, p. 44-48, 1970.

CARNEIRO, J. G. de A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995.

CARPANEZZI, A. P; CARPANEZZI, O. T. B. **Reabilitação Ambiental de Ecossistemas Florestais**: Uma Introdução. I Seminário do Estudante Universitário – Florestas e Meio Ambiente. Colombo, PR: Embrapa, 2003.

CAVALHEIRO, A. L.; TOREZAN, J. M. D; FADELLI, L. **A bacia do Rio Tibagi**. Londrina, PR: M. E. Medri, 2002. p. 213-222.

CHAER, G. M. et al. Nitrogen-fixing legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil. **Tree Physiology**, Oxford, v. 31, n. 2, p. 139-149, 2011.

CONNELL, J. H.; SLATYER, R. O. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. **The American Naturalist**, v. 111, p. 1119-1144, 1977.

COOKE G. D. Ecosystem Rehabilitation. **Lake and Reservoir Management**, v. 21, n. 2, p. 218-221, 2005.

COSTA, M. G. et al. Leguminous trees to recovery of degraded pastures in northern Rio de Janeiro, Brazil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 101, p. 101-112, mar. 2014.

CUSTÓDIO FILHO, A. et al. Composição florística de um trecho de floresta pluvial atlântica, em regeneração natural após desmatamento diferenciado em Pariquera-açu, SP, Brasil. **Revista do Instituto Florestal**, v. 6, p. 87-98, 1994.

DANIEL, O. et al. Proposta para padronização da terminologia empregada em sistemas agroflorestais no Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 367-370, 1999.

DIAS-FILHO, M. B. **Competição e sucessão vegetal em pastagens**. 1. ed. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. p. 38.

DRUMOND, M. A.et al. Alterações fitossociológicas e edáficas na Mata Atlântica em função das modificações da cobertura vegetal. **Revista Árvore**, v. 20, n. 4, p. 451-466, 1996.

ENGEL, V. L.; PARROTA, J. A. Definindo a restauração ecológica tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R.E.; MORAES, L.F.D; Engel, V.L & Gandara, F.B. (Orgs.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. FEPAF. Botucatu, SP, 2003. p. 1-26.

FANTINATI, M. R.; NOGUEIRA, P. L. Proposta de recuperação de uma área degradada pela extração de areia na região metropolitana de São Paulo. In: SIMPOI, 18., 2015. São Paulo. **Anais...** São Paulo: FGV-EAESP, 2015. p. 8.

FELFILI, J. M. **Fitossociologia no Brasil**: métodos e estudos de casos. Viçosa: Editora UFV, 2011. v. 1.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. Nova Iorque: Editora John Wiley & Sons, 1986.

GARWOOD, N. C. Tropical soil seed banks: a review. In: LECK, M. A.; PARKER, V. T.; LAWTON, R. O.; PUTZ, F. E. Natural disturbance gap-phase in a wind-exposed tropical sloud forest. **Ecology**, v. 69, n. 3, p. 764-777, 1989.

GLOBO.COM. **Projeto com pecuaristas e pequenos proprietários recupera a Mata Atlântica**. Disponível em: <http://g1.globo.com/natureza/noticia/2017/03/projeto-com-pecuaristas-e-pequenos-proprietarios-recupera-mata-atlantica.html>. Acesso em: 11 nov. 2017.

GOOD, R. **The Geography of the Flowering Plants**. 3. ed. Londres: Editora Longman, 1964.

HARPER, J. L. **Population biology of plants**. London: Academic Press, 1977. p. 892.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE; INMET, 2012. (Série Manuais Técnicos em Geociências). Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>. Acesso em: 5 dez. 2017.

IPAM. **Recuperação de áreas degradadas**. Disponível em: <http://ipam.org.br/cartilhas-ipam/recuperacao-de-areas-degradadas/>. Acesso em: 30 out. 2017.

JORDANO, P., BASCOMPTE, J.; OLESEN, J. M. Invariant properties in coevolutionary networks of plant-animal interactions. **Ecology Letters**, v. 6, p. 69-81, 2003.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B.; OLIVEIRA, R. E. Biodiversidade e restauração da floresta tropical. In: KAGEYAMA, P. Y., OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L; F. D. et al. (Orgs.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu, SP: FEPAF, 2003. p. 27-48.

LEAL FILHO, N. **Caracterização do banco de sementes de três estádios de uma sucessão vegetal na Zona da Mata de Minas Gerais**. 1992. 116 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG). 1992. 116 f.

LIEBSCH, D.; GOLDENBERG, R.; MARQUES, M. C. C. Florística e estrutura de comunidades vegetais em uma cronoseqüência de Floresta Atlântica no estado do Paraná, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, v. 21, n. 4, p. 983-992, 2007.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil. 5. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2008. p. 384.

LUNDBERG, J.; MOBERG, F. Mobile link organisms and ecosystem functioning: implications for ecosystem resilience and management. **Ecosystems**, v. 6, p. 87-98, 2003.

MACEDO, A. C. **Revegetação**: matas ciliares e de proteção ambiental. São Paulo: Fundação Florestal, 1993.

MACEDO, R. L. G. **Princípios básicos para o Manejo Sustentável de sistemas agroflorestai**s. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 157 p.

MAJER, J. D. Animals in the restoration process: progressing the trends. **Restoration Ecology**, v. 17, n. 4, p. 315-319, 2009.

MAJER, J. D. Fauna studies and land reclamation technology: review of the history and need for such studies. In: **Animals in primary succession**: the role of fauna in reclaimed lands. London: Cambridge University Press, 1989. p. 3-33.

MARCUZZO, S. B.; ARAUJO, M. M.; GASPARIN, E. Plantio de espécies nativas para restauração de áreas em comunidades de conservação: um estudo de caso no sul do Brasil. **Floresta**, Curitiba (PR), v. 45, n. 1, p. 129-140, jan./mar. 2015.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas**: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração. 3. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2013.

MARTINS, S. V. Recuperação de matas ciliares. 2. ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil Editora, 2007. 255 p.

MARTINS, S. V.; ALMEIDA, D. P.; FERNANDES, L. V.; RIBEIRO, T. M. Banco de sementes como indicador de restauração de uma área degradada por mineração de caulim em Brás Pires, MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 32, n. 6, p. 1081-1088, 2008.

MEA – Millennium Ecosystem Assessment 2005. **Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis**. Washington, DC: World Resources Institute, 2005. 86 p.

MEMMOTT, J. The structure of a plant-pollinator food web. **Ecology Letters**, v. 2, p. 276-280, 1999.

MENDES, J. C. T. **Caracterização fitogeográfica como subsídio para a recuperação e a conservação da vegetação na bacia do Rio Corumbataí/SP**. 2004. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004. p. 121.

MICCOLIS, A et al; Restoration through Agroforestry: options for reconciling livelihoods with conservation in Brazil. **Experimental Agriculture**, Cambrigde, p.1-18, 2017.

MIRANDA, J.C. Sucessão Ecológica: Conceitos, Modelos e Perspectivas. **SaBios-Revista de Saúde e Biologia**, v. 4, n. 1, p. 31-37, jan./jun. 2009.

MORAES, L. F. D. et al. **Manual técnico para a restauração de áreas degradadas no Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro**: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. 84 p.

MORAES, L. F. D. et al. Restauração Florestal: Do Diagnóstico de Degradação ao uso de indicadores ecológicos para o monitoramento das ações. **Oecologia Australis**, p. 437-451, 2010.

NAVE, A. G. **Banco de sementes autóctone, resgate de plantas e plantio de vegetação nativa na Fazenda Intermontes, Município de Ribeirão Grande, SP**. 2005. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP. 2005.

NAVE, A. G. et al. **Manual de restauração ecológica**: Técnicos e produtores rurais no extremo sul da Bahia. São Paulo: LERF/ESALQ/USP: Bioflora Tecnologia da Restauração, 2015. p. 1-58.

NEVES, A. P. S. F.; PEREIRA, J. L. A. **A sucessão ecológica e suas implicações no processo de licenciamento ambiental no estado de São Paulo**. Disponível em: <http://www.revista.oswaldocruz.br/Content/pdf/Ana%20Paula%20Scherer%20Ferreira%20das%20Neves.pdf>. Acesso em: 30 out. 2017.

NOSS, R. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. **Conservation Biology**, v. 4, p. 355-364, 1990.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Brasil: Interamericana, 1985. p. 434.

OLIVEIRA, F. N. S. et al. **Bioindicadores de impacto ambiental em sistemas agrícolas orgânicos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 24 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 93).

OLIVEIRA, M. C. et al. **Manual de Viveiro e Produção de Mudas**: Espécies Arbóreas Nativas do Cerrado. Brasília: Editora Rede de Sementes do Cerrado, 2016. 124 p.

PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. **Viveiros florestais**. Viçosa: UFV, 2000. 69 p. (Cadernos didáticos, 72).

PEREIRA, A. B. A vegetação como elemento do meio físico. **Revista Nucleus**, v. 3, n. 1, out./abr. 2004/2005.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; COSTA, L. G.; REIS, A. Estratégias de estabelecimento de espécies arbóreas e o manejo de florestas tropicais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, **Anais...** Campos do Jordão (SP), 1990. p. 676-684.

PIOVESAN, J. C. et al. Processos ecológicos e a escala da paisagem como diretrizes para projetos de restauração ecológica. **Revista Caititu**, p. 57-72, 2013.

PUTZ, F. E. Treefall pits and mounds, buried seeds, and the importance of soil disturbance to pioneer trees on Barro Colorado Island, Panama. **Ecology**, v. 64, n. 5, p.1069-1074, 1983.

REIS, A. et al. **Recuperação de Áreas florestais degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal**. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 1999. (Série Cadernos de Recuperação, n. 14).

REIS, A. et al. Restauração de Áreas Degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. **Natureza & Conservação**, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 28-36, abr. 2003.

REIS, A; TRES, D. R.; SCARIOT, E. C. Restauração na Floresta Ombrófila Mista através da sucessão natural. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 55, p. 67-73, jul./dez. 2007.

RESENDE, A. S. et al. Uso de leguminosas arbóreas na recuperação de áreas degradadas. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, v. 8, p. 71-92, 2013.

RODRIGUES, B. D.; MARTINS, S. V.; LEITE. H. G. Avaliação do potencial da transposição de serrapilheira e do banco de sementes do solo para restauração ambiental em áreas degradadas. **Revista Árvore**, v. 34, n. 1, p. 65-73, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v34n1/v34n1a08>. Acesso em: 17 nov. 2017.

RODRIGUES, R. R.; MARTINS, S. V.; GANDOLFI, S. **High diversity forest restoration in degraded areas: methods and projects in Brazil**. [s.l.]: Nova Publishers, 2007.

RODRIGUES, R.R. et al. Atividades de adequação ambiental e restauração florestal do LERF/ESALQ/USP. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 55, p. 7-21, jul./dez. 2007.

SANTOS, S. J. C.; NASCIMENTO, A. V. S.; SILVA, C. E. Caracterização dos remanescentes florestais naturais da zona rural de Guapiara, São Paulo. **Natural Resources**, v. 1, n. 1. p. 25-36, 2011. Disponível em: <http://sustenere.co/journals/index.php/naturalresources/article/view/188>. Acesso em: 30 nov. 2017.

SER (Society for Ecological Restoration International). **Fundamentos de Restauração Ecológica**. Grupo de trabalho em Ciência & Politica. 2004.

SILVA, W. R. A importância das interações planta-animal nos processos de restauração. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA F. B. (Orgs.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. p. 77-90.

SIMPSON, R. L. (Ed.). **Ecology of soil seed banks**. San Diego: Academic Press, 1989. p. 149-209.

SMA – Secretaria de Meio Ambiente. **Implantação de Viveiro de Mudas Manual de Orientação Governo do Estado de São Paulo Secretaria do Meio Ambiente**. São Paulo, 2014. 67 p.

SMA – Secretaria do Meio Ambiente. **Unidade de Coordenação do Projeto de Recuperação das Matas Ciliares**. São Paulo, 2011. 63 p.

SOARES, S. M. P. **Técnicas de restauração de áreas degradadas**. Programa de pós-graduação em Ecologia aplicada ao manejo e conservação dos recursos naturais. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora. 2009. 10 p.

SUCCESSFUL FARMING. **Abelhas**: Sistemas Agroflorestais protegem os insetos polinizadores. Disponível em: <http://sfagro.uol.com.br/abelhas-sistemas-agroflorestais-protegem-os-insetos-polinizadores>. Acesso em: 12 nov. 2017.

SWAINE, M. D.; HALL, J. B. Early succession on cleared forest land in Ghana. **Journal of Ecology**, v. 71, n. 2, p. 601-627, 1983.

TAVARES, S. R. da L. et al. **Curso de recuperação de áreas degradadas**: a visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. p. 228. (Série Documentos, 103).

TAVARES, S. R. da L. et al. **Curso de recuperação de áreas degradadas**: a visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores

de monitoramento e estratégias de recuperação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 228 p. (Série Documentos, 103).

TRES, D.R. et al. Banco e Chuva de Sementes como Indicadores para a Restauração Ecológica de Matas Ciliares. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 309-311, jul. 2007.

UNIDADE de Conservação no Brasil. **O que é biodiversidade?** Disponível em: <https://uc.socioambiental.org/para-entender/o-que-%C3%A9-biodiversidade>. Acesso em: 30 out. 2017.

UNIVERSIDADE Federal do Rio Grande do Sul. **Diversidade Biológica**. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/patrimoniogenetico/conceitos-e-definicoes/diversidade-biologica>. Acesso em: 30 out. 2017.

VALERI, S. V. et al. **Manejo e recuperação florestal**. Jaboticabal: Funep, 2003. 180 p.

VALVARCEL, R.; SILVA, Z. S. A eficiência conservacionista de medidas de recuperação de áreas degradadas: proposta metodológica. **Revista Floresta**, p. 101-114, 1997.

VILELA, E. de A. et al. Espécies de matas ciliares com potencial para estudos de revegetação no alto Rio Grande, Sul de Minas. **Revista Árvore**, p. 117-128, 1993.

WICKENS, G. E. **The Baobabs**: Pachycauls of Africa, Madagascar and Australia. 1. ed. Springer: Dordrecht, 2008. p. 498.

YARRANTON, G. A.; MORRISON, R. G. Spatial dynamics of a primary succession: nucleation. **Journal of Ecology**, v. 62, n. 2, p. 417-428, 1974.

Técnicas para recuperação e monitoramento de áreas degradadas

Convite ao estudo

Olá, aluno! Aprendemos na unidade anterior os aspectos referentes aos processos ecológicos envolvidos na restauração ambiental, além das estratégias de revegetação utilizadas para recuperação de áreas degradadas. Deste modo, como já conhecemos o que são áreas degradadas e os processos ecológicos envolvidos na recuperação, a partir de agora vamos iniciar o estudo da Unidade 3, e, portanto, iremos aprender especificamente os conteúdos referentes às técnicas de recuperação e monitoramento de áreas degradadas. Este é um ramo bastante interdisciplinar, abrangendo conhecimento de diversas áreas, tais como: administração, agronomia, biologia, economia, geografia, geologia, sociologia, entre outras. Neste sentido, cada tipo de área degradada permite o uso de diferentes técnicas de recuperação baseadas em suas características. Portanto, para compreender melhor esses aspectos, iremos conhecer as técnicas de recuperação, manejo e monitoramento de áreas degradadas visando à sustentabilidade ambiental.

A expansão de atividades socioeconômicas tem impulsionado modificações na estrutura de ecossistemas naturais, e algumas ações, como a eliminação de vegetações nativas causadas pela necessidade de usos múltiplos do solo podem originar degradação de áreas. De forma geral, as áreas degradadas podem estar relacionadas às seguintes atividades: atividades industriais, mineração, agricultura, pecuária, silvicultura, entre outras, e que por sua vez, resultam em impactos ao solo, principalmente.

Sabendo que muitas atividades antrópicas ocasionam degradação de áreas, vamos analisar a seguinte situação fictícia: você trabalha em uma empresa de consultoria ambiental, na qual recentemente assinou dois contratos para recuperação de áreas degradadas. O primeiro contrato trata-se do trabalho com uma mineradora, voltada especificamente para extração da areia, enquanto o outro contrato trata da recuperação de uma área rural. Nota-se ainda que no contrato existe uma cláusula que solicita a inclusão do plano de monitoramento de ambos projetos por até 5 anos. Deste modo, você deverá elaborar um plano de recuperação voltado para cada atividade (Etapas 1 e 2), bem como um plano de monitoramento das áreas recuperadas (Etapa 3).

Pelo fato deste tema ser bastante abrangente e complexo, alguns questionamentos são norteadores para buscar as melhores soluções para recuperação de áreas: como realizar o planejamento da recuperação? Quais medidas devem ser utilizadas para recuperação da área degradada? Como verificar se a recuperação foi bem-sucedida?

Diante destes questionamentos, nesta unidade você conhecerá algumas formas de recuperação voltadas para áreas mineradas, áreas rurais, bem como entenderá também sobre as técnicas de monitoramento acerca de áreas degradadas em processo de recuperação.

Faça boa leitura e bons estudos!

Seção 3.1

Atividades de recuperação voltadas para áreas mineradas

Diálogo aberto

A indústria de mineração é uma das atividades que mais causam impactos ambientais com efeitos sobre o meio físico da região, afetando diretamente ou indiretamente a flora, fauna e os aspectos socioeconômicos. A mineração afeta não somente a área de lavra, mas provoca impactos indiretos sobre os recursos naturais, como a água, o ar, o solo, o subsolo, e a paisagem como um todo, sendo também sentidos pela população em seu entorno. Neste contexto, como vimos na Unidade 1, é obrigatório recuperar o meio ambiente degradado pela exploração de recursos minerais, e para isto, algumas medidas devem ser seguidas, das quais conheceremos algumas nesta seção.

A atividade de mineração contribui para o desenvolvimento econômico e social do país, no entanto, essa atividade degrada extensas áreas. Geralmente, os processos relacionados à mineração envolvem diversas atividades como: extração de petróleo, mineração de sal, mineração de carvão, mineração de metais, mineração da fração areia/argila/caulim, entre outras.

Partindo disso, vamos então lembrar que você trabalha para uma empresa de consultoria ambiental na qual assinou dois contratos, sendo um voltado para recuperação de uma área minerada pela extração de areia e, deste modo, você deverá agora incluir no seu plano de recuperação ambiental os métodos propostos para revegetação dessa área. Neste sentido, para realizar seu trabalho como consultor você deverá sugerir técnicas de recuperação voltadas para a área minerada em questão.

Portanto, considerando que a recuperação de áreas degradadas pela mineração normalmente envolve atividades de restabelecimento de vegetação, faça a recomendação técnica do seu projeto de recuperação de área degradada baseada nos seguintes questionamentos: para que realizar o planejamento da extração de areia? Em linhas gerais, como ele pode ser realizado?

Qual a importância da revegetação para recuperação dessa área? Quais etapas são fundamentais para formação da vegetação? Além da revegetação, quais são os outros métodos/técnicas que podem ser utilizados para recuperação da área minerada pela extração da areia?

Para responder a esses questionamentos se dedique ao estudo desta seção. Ela possui todo o conhecimento necessário para que você realize esse primeiro desafio. Boa leitura!

Não pode faltar

A exploração minerária ocorre desde a fase de lavra até o tratamento do minério, acarretando alterações da região explorada, e consequentemente gerando alguns efeitos em curto prazo, como alteração da paisagem pela remoção de morros, aterramento de depressões, assoreamento de cursos de água, remoção, decapagem e aterramento do solo e retirada da vegetação. Além disso, são gerados efeitos em longo prazo, como a modificação da qualidade da água, absorção ou assimilação de materiais e elementos por animais, alteração da qualidade do ar e modificação do clima local (NEPOMUCENO; NACHORNICK, 2015).

Na recuperação de áreas degradadas de empreendimentos já em funcionamento, a primeira atividade compreende a identificação e caracterização dos processos de degradação e a análise de suas consequências ambientais por meio de indicadores, os quais estipulam o grau de degradação e extensão da área afetada, bem como auxiliam na escolha das técnicas necessárias para recuperação.

Exemplificando

São exemplos de indicadores e parâmetros geológico-geotécnicos que são frequentemente utilizados na avaliação de áreas degradadas por mineração: feições erosivas; feições de massas movimentadas; posicionamento dos níveis freáticos; dimensão do assoreamento; alcance da poluição do solo; grau de compactação e umidade do solo, entre outros (BITAR et al., 1993).

No entanto, os órgãos ambientais exigem definição prévia do uso futuro do local degradado, planejamento para retirada da cobertura vegetal e da camada superficial do solo, além do gerenciamento da forma da paisagem da lavra e a recuperação simultaneamente à exploração. Estas ações reduzem os custos de controle ambiental, tornando a atividade minerária menos nociva e mais rentável. Desta maneira, essas práticas são exigidas no Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD), no qual o objetivo geral visa à estabilidade da paisagem, enquanto os objetivos específicos almejam restituir a forma da área (paisagem florestal, de campo e outras); restituir a função da área (suporte da fauna, recarga de aquíferos, proteção de rios, e outras); cumprir a legislação; executar um projeto de recuperação de acordo com a destinação da área e com a vizinhança e, por fim, executar um projeto sustentável que demande o mínimo de manutenção em curto, médio e longo prazo (CORRÊA, 2006).

Reflita

O PRAD seria instrumento suficiente para recuperação da mina?

Segundo Lima e Flores e Costa (2006), a maioria dos Plano de Recuperação de Área Degradada (PRADs) trata a reabilitação da mina apenas como um processo de revegetação, no entanto, outros fatores devem ser incluídos nos planos de ação, tais como responsabilidade social, reabilitação progressiva, descomissionamento, avaliação geotécnica, e reconstituição da superfície topográfica, sem falar que muitos PRADs não contam com um plano de monitoramento e manutenção das áreas recuperadas após desativação das minas. Além disso, outro fato não abordado em muitos PRADs seria a não inclusão da estimativa dos custos de reabilitação, sendo que a responsabilidade pela limpeza e reabilitação do sítio pode recair sobre o governo ou a comunidade, em caso de exaustão da mina, ou em falência da empresa, por exemplo. Deste modo, o PRAD deve ser considerado como componente do Plano de Fechamento de Mina, por este último ser mais completo, incluindo metas legais, sociais, ambientais e técnicas, as quais podem ser atingidas e discutidas envolvendo tanto as autoridades competentes quanto as comunidades (PIMENTA, 2012).

Durante e após a exploração minerária e beneficiamento do minério tem-se dois tipos de materiais, denominados estéril e rejeito. O estéril é todo material descartado durante a lavra do minério e, o que diferencia estéril do rejeito, é que o primeiro não sofre qualquer alteração decorrente do beneficiamento do minério. As cavas recém-abandonadas podem ser preenchidas com estéril de cavas em abertura, no qual se preenche as camadas mais profundas com materiais de menor valor ecológico, e finaliza-se com materiais mais ricos em matéria orgânica e propágulos como forma de ativação natural do processo sucessional (TAVARES et al., 2008). Contudo, a viabilidade econômica dessa atividade deve ser avaliada, como o custo do transporte de material entre as minas.

Segundo a norma NBR 13030 (ABNT, 1993), alguns itens são obrigatórios para elaboração do projeto de reabilitação de áreas degradadas pela mineração, como: descrição geral do empreendimento; caracterização do empreendimento (substância mineral a ser explorada); diagnóstico ambiental; descrição e avaliação dos impactos ambientais em todas as fases do empreendimento; aptidão e intenção de uso futuro; conformação topográfica e paisagística; ações emergenciais para riscos de acidentes ambientais; programa de acompanhamento e monitoramento; fluxograma de planejamento e execução; cronograma executivo, incluindo referências bibliográficas e equipe técnica; e, por fim, anexos que sejam necessários, como desenhos, fotografias, mapa, planilha de custo, e outros. Em suma, o planejamento da recuperação de uma área degradada por mineração pode ser resumido segundo alguns procedimentos básicos, como identificação dos processos de degradação, incluindo identificação dos impactos ambientais, e definições dos indicadores ambientais; objetivos da recuperação e usos pós-mineração; além da elaboração do projeto de recuperação, contendo escolha dos métodos, formulação de um programa de monitoramento e manutenção das medidas implementadas, estabelecimento de um cronograma dos trabalhos e previsão dos recursos humanos, materiais e financeiros que serão necessários (BITAR, 1997).

Após a realização do planejamento da recuperação, faz-se necessária a implantação das técnicas voltadas para recuperação em si, na qual a escolha do método será baseada nas alternativas tecnológicas disponíveis e da provável eficácia que estas medidas

terão na correção ou estabilização da degradação. Em se tratando de medidas que têm por objetivo assegurar a estabilidade do ambiente a curto ou médio prazo, abordaremos neste livro sobre revegetação, medidas geotécnicas e remediação, as quais podem ser aplicadas, inclusive, de forma combinada.

Os impactos causados pela mineração podem ser minimizados através da recuperação por meio do estabelecimento da revegetação. Esta técnica encontra-se descrita conforme o manual de recuperação do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA (WILLIANS et al., 1990), e ressalta-se que podem ser aplicadas não somente para recuperação de área minerada, mas também para qualquer tipo de atividade que cause degradação, como silvicultura, pecuária, agricultura, etc.

Assimile

A revegetação da área minerada dependerá das etapas componentes do processo de recuperação do solo, e estas fases devem ser implementadas de forma cronológica, conforme descrito a seguir: recomposição da topografia e paisagem; restauração das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo; e controle da erosão.

O método de revegetação visa à restauração da produção biológica do solo, proteção dos recursos hídricos, entre outros, e abrange desde a fixação de espécies vegetais herbáceas, arbustivas e arbóreas até a implantação de reflorestamentos extensivos, com finalidade de preservação ou conservação ambiental. Sendo assim, este método é fundamental para se obter a formação de um novo solo, controlar a erosão e evitar a poluição das águas, assim como restabelecer o retorno de animais silvestres.

As espécies vegetais devem ser escolhidas de acordo com a finalidade do uso do futuro do solo, podendo ser para manutenção da vida selvagem ou melhoramento paisagístico da área, por exemplo. Vale ressaltar que o plantio homogêneo de espécies arbóreas exóticas (sendo as mais comuns o eucalipto e pinus) é geralmente aceitável quando o uso futuro do solo é de florestamento comercial, e quando a área antes da degradação não era ocupada por mata nativa (WILLIANS et al., 1990).

Para formação da mata deve ser realizado o plantio de espécies nativas ou colocação de serrapilheira na superfície do solo. A partir da transposição da serrapilheira irá surgir uma diversidade de espécies nativas herbáceas, até mesmo arbustivas e arbóreas. O uso de serrapilheira proporciona proteção da superfície do solo dos raios solares, conserva a umidade do solo e cria condições para o desenvolvimento das plantas, além de proporcionar o retorno da macrofauna.

Assimile

A camada superficial do solo, conhecida como "topsoil" é removida para expansão de cavas de mineração, podendo ser estocada por anos com o propósito de devolvê-la para a cava de mineração. Deste modo, a camada superficial do solo pode ser depositada em locais onde o solo superficial foi perdido, como minas inativas, por exemplo. Dessa maneira, este é um método eficiente para recuperação de áreas degradadas, visto que a matéria orgânica, os microrganismos do solo, a serrapilheira, restos vegetais e sementes são transferidos junto com a camada superficial do solo impulsionando a recuperação da vegetação nativa (FERREIRA et al., 2015).

O uso de espécies herbáceas cultivadas será feito quando não se utilizar serrapilheira, recomendando-se utilizar diversas espécies de gramíneas e leguminosas. As gramíneas produzem grande biomassa aérea e subterrânea (raízes), que evitam erosão e aumentam o teor de carbono do "solo em processo de construção", já as leguminosas, por meio das bactérias do gênero Rhizobium, presentes nas raízes fixam nitrogênio do ar, adubando o substrato com esse nutriente (CORRÊA, 2006). Mesmo se forem implantados árvores ou arbustos, o uso de espécies herbáceas é fundamental para controlar a erosão e proporcionar a formação do solo com melhores características. O plantio da vegetação herbácea vai depender da declividade da área, em áreas com alta declividade pode ser utilizada a hidrossemeadura, plantio em mudas ou estolões. A hidrossemeadura consiste em recobrir por via aquopastosa uma área descoberta com sementes de espécies herbáceas e outros materiais que induzem a fixação e crescimento das sementes. Em se tratando de áreas com baixa declividade pode

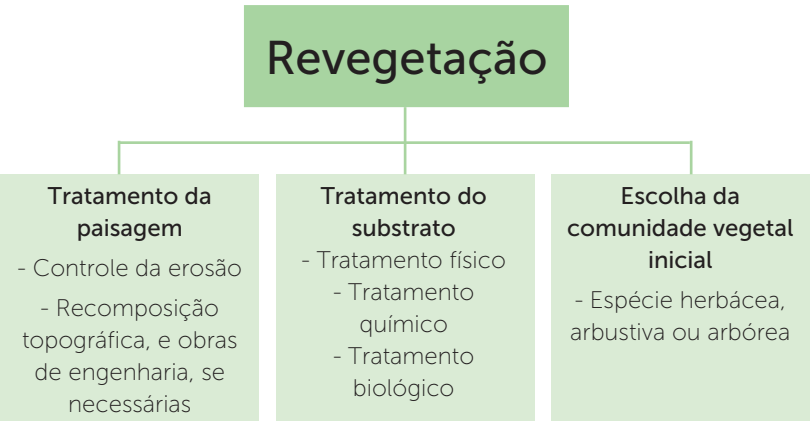
ser utilizado o sistema convencional de semeadura a lanço ou em linha (WILLIANS et al., 1990).

Para espécies arbustivas e arbóreas, recomenda-se a implantação de espécies nativas da região se a área de lavra tiver sido originalmente coberta por mata nativa. Segundo o Manual de Recuperação de Áreas Degradadas do IBAMA, faz-se necessário usar pelo menos 20 espécies, concentrando naquelas que são pioneiras (primeiras a se instalarem em áreas degradadas), frutíferas nativas, e também espécies melíferas (plantas que recebem visitas de abelhas). Já a Resolução n° 32/2014 do estado de São Paulo estabelece que "em áreas de ocorrência das formações de floresta ombrófila, de floresta estacional semidecidual e de savana florestada (cerradão), a técnica de plantio em área total deve utilizar no mínimo 80 espécies florestais nativas" (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2014, anexo III).

Uma boa prática que pode ser utilizada é o uso de uma mistura de sementes de espécies nativas, na forma de semeadura direta ao solo, mesmo com o plantio de mudas na área (WILLIANS et al., 1990). Outra estratégia que pode ser utilizada é a implantação de espécies de "recobrimento", ou seja, plantio escalonado de mudas ou sementes em áreas que após dois anos não tenha ocorrida expressão da vegetação regenerante. Para efetuação dessa prática, uma metodologia que pode ser adotada é o plantio de mudas de recobrimento integrado ao plantio de espécies de adubo verde, sendo estas últimas plantadas nas entrelinhas do recobrimento.

Em suma, para estabilização da paisagem por meio da técnica de revegetação, devem ser seguidas as etapas de tratamento da paisagem, tratamento do substrato e a escolha da comunidade vegetal (Figura 3.1). Os tratamentos do substrato podem ser realizados por tratamentos físicos: como escarificação, subsolagem, gradeação, aração, terraceamento, coveamento, incorporação de matéria orgânica e outros; tratamentos químicos por meio da calagem, gessagem, aplicação de matéria orgânica e de fertilizantes; e tratamentos biológicos pela incorporação de matéria orgânica, inoculação de microrganismos e minhocas (CORRÊA, 2006).

Figura 3.1 | Procedimentos para recuperação por meio de revegetação



Fonte: adaptada de Corrêa (2006).

Diante do que foi visto, a revegetação é um dos mais importantes métodos de recuperação de áreas degradadas, pois controla a forte erosão deixada pelas atividades minerárias, protege o solo, os recursos hídricos, além de proporcionar habitat para o desenvolvimento da macrofauna.

Reforçando que cada tipo de atividade minerária exige um tipo de técnica de recuperação específica, onde a revegetação geralmente é a mais utilizada. Portanto, para você compreender de forma prática a recuperação de áreas mineradas, vamos utilizar como exemplo a extração de areia.

Em um estudo realizado por Souza et al. (2001), foram utilizadas 12 espécies arbóreas para recuperação de uma área degradada pela extração da areia, sendo recomendada principalmente as espécies *Schinus terebinthifolius* (aroeirinha) e *Acacia mangium* (acácia) voltadas para as condições locais. Nestas condições, os autores verificaram que após dois anos do plantio das espécies arbóreas a área degradada foi sendo recuperada e as espécies foram se desenvolvendo de forma a acompanhar a sucessão. Já Fantinati e Nogueira (2015) indicaram algumas medidas que podem ser utilizadas na recuperação da extração de areia, recomendado que cavas oriundas da atividade minerária possam ser preenchidas com material inerte da construção civil (entulho), ou ainda, as cavas podem ser utilizadas como reservatórios de água para a

irrigação na agricultura local, e também para a piscicultura ou para a pesca recreativa. Além do mais, os autores ressaltam que as áreas desativadas após a atividade minerária podem virar áreas de lazer, hotéis, e mesmo depois de recuperadas, podem ser integradas às áreas de preservação para abrigo de fauna silvestre e flora.

Com relação às medidas ou obras geotécnicas, elas podem envolver a execução de medidas simples, ou até obras de engenharia relativamente complexas. Para o controle de processos do meio físico em que se atuará, por exemplo, na degradação do solo, estas medidas podem ou não envolver estruturas físicas de contenção ou retenção. Ou seja, estes processos visam à estabilização física do ambiente, e no geral, se utilizam de técnicas da mecânica de solos, mecânica das rochas e geologia da engenharia (BITAR, 1997). Dessa forma, as medidas geotécnicas visam à estabilidade física do ambiente, e para áreas mineradas especificamente, incluem as seguintes ações: terraplenagem, diques de bacias de disposição de rejeitos de beneficiamento, sistemas de drenagem e retenção de sedimentos, barragens, e, contenção de taludes de cortes (IBRAM, 1992 apud BITAR, 1997).

Além das medidas de revegetação e medidas geotécnicas que buscam a reabilitação das áreas mineradas, pode ser empregado também a remediação, a qual busca tratar áreas contaminadas por resíduos ou rejeito oriundos de atividades minerárias. As técnicas de remediação compreendem principalmente processos químicos, no entanto, podem, dependendo do caso, envolver processos físicos ou biológicos. Inicialmente, não se deve confundir remediação com recuperação, como destacam Anjos, Sánchez e Bertolino (2012), de modo que a recuperação diz respeito a "todo o processo de aplicação de medidas corretivas necessárias para minimizar ou eliminar a contaminação", já a remediação diz respeito à medida que visa conter ou isolar a contaminação gerada. De forma mais ampla, Bitar (1997) define a remediação como as técnicas que visam imobilizar, neutralizar, confinar ou transportar elementos ou substâncias presentes no ambiente e eliminá-los, na busca da estabilização química do ambiente.

Pela natureza diferente do ambiente e dos materiais minerados, os contaminantes são também diferentes, e necessitam de formas de atuação específicas, podendo ocorrer *in situ* ou *ex situ*. Remediação

ex situ caracteriza-se por promover a remoção do solo para descontaminação e, posteriormente, ocorre a reposição no local de origem ou deposição em aterro adequado. Já a remediação *in situ* é aquela realizada no local da contaminação (ANJOS; SÁNCHEZ; BERTOLINO, 2012). Em solos e águas subterrâneas contaminadas, a técnica mais utilizada é a *in situ* (BITAR, 1997).

Para remediação de águas contaminadas pela mineração de carvão, Laus et al. (2006) verificou que o uso de quitosana reticulada com tripolifosfato foi um método eficiente na remediação da acidez, remoção do ferro e manganês de águas contaminadas. Além disso, os autores constataram que o biopolímero utilizado para o tratamento da água pode ser descartado no meio ambiente após a dessorção dos metais, sem prejuízo ao ecossistema.

Vocabulário

Quitosana: é preparada a partir da reação de desacetilação da quitina, biopolímero presente nas cascas de crustáceos e fungos.

A remediação pode ser feita por fitorremediação (utilização de plantas) e que, por sua vez, subdivide-se em fitoextração, fitoestabilização e rizofiltração. Na fitoextração utiliza-se plantas hiperacumuladoras para transporte de metais (Ni, Co, Cu, Cr e Zn) do solo para dentro da raiz. A fitoestabilização faz uso de plantas para limitar a mobilidade e biodisponibilidade dos metais no solo (Zn, Pb e Cu). Já a rizofiltração faz uso de raízes de plantas aquáticas para absorver, concentrar e precipitar metais de resíduos (ANJOS; SÁNCHEZ; BERTOLINO, 2012).

Como exemplo de fitorremediação podemos citar o estudo realizado por Andrade et al. (2009), no qual foi efetuada a fitoextração de metais pesados com o cultivo de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreber), girassol (*Helianthus annuus* L.) e grama-batatais (*Paspalum notatum Flügge*), em solos oriundos da mineração de chumbo, sendo preferível o uso de girassol para fitoextração de algumas áreas contaminadas, por este acumular maior quantidade de Chumbo e Zinco na parte aérea das plantas.

Pesquise mais

A fitorremediação é uma técnica que utiliza plantas como agentes de descontaminação do solo e da água, apresentado vantagens por apresentar potencial para tratamento *in situ* além de ser economicamente viável. Deste modo, para se aprofundar nesse assunto pesquise mais sobre a utilização dessa técnica em:

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Prosa Rural - Fitorremediação**: o uso de plantas para descontaminação ambiental. (2010). Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/2419877/prosa-rural---fitorremediacao-o-uso-de-plantas-para-descontaminacao-ambiental>. Acesso em: 15 nov. 2017.

Contudo, pode-se dizer que as técnicas de recuperação de áreas degradadas pela mineração podem ser efetuadas visando à estabilidade da paisagem e manutenção da qualidade ambiental dos recursos naturais, incluindo a manutenção/estabilidade dos recursos hídricos e recuperação da degradação do solo. Neste sentido, a revegetação é a principal técnica de recuperação voltada para áreas mineradas, uma vez que ela proporciona a reabilitação do solo e do sistema como um todo, além de melhorar a condição paisagística da área, criando condições para o uso futuro dela.

Sem medo de errar

Caro aluno, a partir de agora iremos responder às questões apresentadas na situação hipotética do início da seção. Portanto, vamos relembrá-la:

Você trabalha para uma empresa de consultoria ambiental voltada para recuperação de áreas degradadas e, no seu primeiro trabalho, deverá propor técnicas de recuperação voltadas para extração de areia, onde os seguintes pontos devem ser ressaltados:

Para que realizar o planejamento da extração de areia? Em linhas gerais, como ele pode ser realizado? Qual a importância da revegetação para recuperação da área? Quais etapas são fundamentais para a formação da vegetação? Além da revegetação, quais são os outros métodos/técnicas que podem ser utilizados para recuperação da área minerada pela extração da areia?

Pelo fato da extração de areia ser uma atividade que causa degradação ambiental é necessário realizar o planejamento dessa atividade mesmo antes do seu funcionamento. No planejamento deve ser inserido o plano para retirada da cobertura vegetal e da camada superficial do solo, além do gerenciamento da forma da paisagem da lavra e a recuperação simultaneamente à exploração. Essas práticas são exigidas no Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) que tem como objetivo geral garantir a estabilidade da paisagem.

Segundo a norma NBR 13030 de (ABNT, 1993), alguns itens contribuem para elaboração do projeto de reabilitação de áreas degradadas pela mineração, como: descrição geral do empreendimento; caracterização do empreendimento (substância mineral a ser explorada); diagnóstico ambiental; descrição e avaliação dos impactos ambientais em todas as fases do empreendimento; a aptidão e intenção de uso futuro; conformação topográfica e paisagística; ações emergenciais para riscos de acidentes ambientais; programa de acompanhamento e monitoramento; fluxograma de planejamento e execução; cronograma executivo, incluindo referências bibliográficas e equipe técnica; e por fim anexos que sejam necessários, como desenhos, fotografias, mapa, planilha de custo, e outros. Em suma, o planejamento da recuperação de uma área degradada por mineração pode ser resumido segundo os procedimentos de identificação dos processos de degradação, objetivos da recuperação e elaboração do projeto de recuperação.

Os impactos causados pela extração da areia podem ser recuperados por meio do estabelecimento da revegetação, sendo este método essencial para recuperação da área, pois possibilita a restauração da produção biológica do solo, protege os recursos hídricos, abrangendo desde a fixação de espécies vegetais herbáceas, arbustivas e arbóreas até a implantação de reflorestamentos extensivos, que podem ter fins voltados para preservação ou conservação ambiental, ou mesmo econômicos, como a piscicultura, por exemplo. Através da revegetação, criam-se condições favoráveis ao repovoamento da fauna e à regeneração de ecossistemas primitivos.

Para estabilização da paisagem por meio da técnica de revegetação devem ser seguidas as etapas de tratamento da paisagem, tratamento do substrato e a escolha da comunidade vegetal. O tratamento da paisagem envolve processos que visam o controle da erosão e

recomposição topográfica. Além do tratamento da paisagem, deve ser feito também o tratamento do substrato para recomposição da vegetação, podendo ser dos tipos físicos, químicos ou biológicos. Dentre os tratamentos físicos tem-se: escarificação, subsolagem, gradeação, aração, terraceamento, coveamento, incorporação de matéria orgânica e outros; já os tratamentos químicos podem ser feitos por meio da calagem, gessagem, aplicação de matéria orgânica e de fertilizantes; e por fim os tratamentos biológicos, que são realizados através da incorporação de matéria orgânica, inoculação de microrganismos e minhocas.

Além da revegetação, outros métodos que visam à recuperação da área degradada pela extração da areia podem ser utilizados, como exemplos, as cavas de areia podem ser preenchidas com material inerte da construção civil (entulho), ou ainda, podem ser utilizadas como reservatórios de água para a irrigação na agricultura local, para a piscicultura ou mesmo para a pesca recreativa. Além do mais, as áreas desativadas podem virar áreas de lazer, hotéis e mesmo depois de recuperadas, podem ser integradas às áreas de preservação para abrigo de fauna silvestre e flora.

Caro aluno, ao finalizar esta seção, você completou o seu primeiro trabalho na empresa de consultoria ambiental (Etapa 1), voltado especificamente para medidas de recuperação da área minerada. Comece a pensar na melhor forma de apresentar todas as informações em um documento formal. Deste modo, ao final do seu trabalho, você poderá entregar um documento contendo todas as recomendações indicadas e necessárias.

Avançando na prática

Recuperação de área contaminada pela extração de metais

Descrição da situação-problema

A destruição da vegetação em áreas mineradas agrava a degradação do solo, e consequentemente, contribui com a erosão e a lixiviação de contaminantes para o lençol freático, e que por sua vez intensifica o progressivo grau de contaminação de outras áreas no entorno da atividade minerária (ANDRADE et al., 2009).

Diante do exposto, considere que uma empresa de extração mineral (Zinco e Chumbo) ocasionará contaminação dos solos

com os metais pesados, e, portanto, precisará incluir no seu plano de recuperação de áreas degradadas às técnicas que iria utilizar para recuperar o solo. Portanto, você recomendaria a técnica de fitorremediação para descontaminação do solo ocasionada por esses metais? Quais são as vantagens dessa técnica? Quais plantas poderiam ser utilizadas para a fitoextração?

Resolução da situação-problema

A fitorremediação é uma técnica que pode ser apropriada sim, visto que esta utiliza plantas como agentes de descontaminação do solo, apresentado vantagens por apresentar potencial para tratamento *in situ*, além de ser economicamente viável. Na fitoextração podem ser utilizadas plantas hiperacumuladoras para transporte de metais do solo para dentro da raiz. Dentre alguns exemplos de plantas que podem ser usadas para fitoextração tem-se: aveia-preta (*Avena strigosa* Schreber), girassol (*Helianthus annuus* L.) e grama-batatais (*Paspalum notatum Flügge*), sendo preferível, como vimos, o uso de girassol por esta acumular maior quantidade de Chumbo e Zinco na parte aérea das plantas.

Faça valer a pena

1. Na recuperação de áreas degradadas pela atividade minerária a primeira atividade compreende a/o _____ e a análise de suas consequências ambientais por meio de _____, tais como _____, os quais estipulam o grau de degradação e extensão da área afetada, bem como auxiliam na escolha das técnicas necessárias para recuperação.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto-base:

a) Implementação da recuperação, técnicas de recuperação e dimensão do assoreamento.
b) Identificação dos processos de degradação, indicadores e feições erosivas.
c) Planejamento da recuperação, indicadores e grau de umidade do solo.
d) Identificação dos processos de degradação, técnicas de recuperação e terraceamento.
e) Planejamento da recuperação, indicadores e grau de compactação do solo.

2. Os impactos causados pela mineração podem ser minimizados através da recuperação de áreas degradadas por meio do estabelecimento da revegetação, a qual é uma das mais importantes técnicas de recuperação, pois controla a forte erosão deixada pelas atividades minerárias, protege o solo, os recursos hídricos, além de proporcionar habitat para o desenvolvimento da macrofauna.

Acerca do método de revegetação assinale a alternativa correta:

a) A revegetação da área minerada dependerá apenas da etapa de restauração das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, visto que tais fatores influenciam no desenvolvimento das plantas.
b) O método de revegetação visa exclusivamente à implantação de reflorestamentos extensivos, por meio de espécies exóticas, com finalidade de preservação ou conservação ambiental.
c) A revegetação é a principal prática para se obter a formação de um novo solo, controlar a erosão e evitar a poluição das águas, assim como restabelecer o retorno de animais silvestres.
d) O plantio homogêneo de espécies arbóreas exóticas não é aceitável, uma vez que a recuperação da área degradada deve ser apenas por meio de vegetação nativa.
e) A revegetação deve ocorrer exclusivamente pelo plantio de espécies arbóreas de grande porte, pois o sistema radicular favorece a descompactação do solo.

3. A recuperação de áreas provenientes de exploração minerária é bastante complexa, uma vez que envolve a extração de diferentes substâncias, além do mais, a recuperação de áreas mineradas envolvem técnicas complexas de engenharia para o controle da erosão, além de outros métodos como revegetação, medidas geotécnicas e remediação.

No que se refere aos métodos de recuperação de áreas mineradas, assinale a alternativa correta:

a) As medidas geotécnicas como: terraplenagem, barragens, contenção de taludes de cortes, entre outras, são procedimentos aplicados exclusivamente para obras de mineração.
b) A fitoestabilização é um tipo de remediação e faz uso de raízes de plantas aquáticas para absorver, concentrar e precipitar metais de resíduos.
c) Ao se utilizar árvores ou arbustos para recuperação de áreas, não é recomendado ao mesmo tempo o plantio de espécies herbáceas, uma vez que estas podem proporcionar a competição entre plantas.

d) A remediação visa imobilizar, neutralizar, confinar ou transportar elementos ou substâncias presentes no ambiente e eliminá-los, na busca da estabilização química do ambiente.

e) Antes da revegetação em si, deve ser feito os tratamentos físico do substrato por meio da calagem, gessagem, aplicação de matéria orgânica e de fertilizantes.

Seção 3.2

Técnicas de recuperação de atividades agrossilvipastoris

Diálogo aberto

Olá, caro estudante! Na primeira seção dessa unidade estudamos as técnicas de recuperação voltadas para áreas mineradas, portanto, avance nos estudos e aprenda sobre técnicas de recuperação voltadas para atividades agrossilvipastoris! No Brasil, o modelo predominante de produção agrícola e pecuária tem acontecido principalmente através da utilização de monoculturas e sistema de pecuária extensiva, os quais podem ocasionar ao longo dos anos deterioração dos recursos hídricos e dos solos. Sendo assim, a preocupação em somente aumentar a produção, sem adoção de manejo sustentável de terras é um dos grandes entraves para a manutenção de atividades em áreas rurais, sem falar nas diversas consequências ambientais negativas que esses modelos geram para o ecossistema.

Neste sentido, para nos situarmos em relação à parte prática deste conteúdo, vamos relembrar a situação fictícia apresentada no início desta unidade: você trabalha para uma empresa especialista em consultoria ambiental, e esta, por sua vez, assinou dois contratos para recuperação de áreas degradadas, um voltado para recuperação de área minerada (Seção 3.1) e outro voltado para recuperação de uma propriedade rural; atividade que será abordada nesta seção. Portanto, analise agora a seguinte situação e faça um plano de recuperação baseado nas características da propriedade rural fictícia.

Imagine que na propriedade rural na qual você irá trabalhar foi verificado que a Área de Reserva Legal da propriedade estava fora dos padrões estabelecidos pela lei, ou seja, apresentava 10% da preservação da vegetação nativa em relação à área total (considere que a propriedade está localizada na região Centro-Oeste do Brasil e a Reserva legal nessa região equivale a 20% em relação à área total, segundo a Lei da proteção da vegetação nativa – BRASIL, 2012). Deste modo, você deverá elaborar um plano de adequação ambiental da propriedade, incluindo também as técnicas necessárias para manutenção dos aspectos produtivos (culturas anuais e pastagem)

da fazenda. Neste contexto, você teve que realizar uma inspeção in loco, com intuito de diagnosticar a situação da propriedade. E, portanto, durante a visita, imagine que você verificou que as áreas de pastagens estavam com alta intensidade de plantas daninhas, além do mais, segundo relato do proprietário, a área de produção do milho vem diminuindo sua produtividade ao longo dos anos. Deste modo, ao analisar o solo, você verificou que este apresenta aspecto bem seco, com indícios de compactação. E por fim, o curso d'água presente na propriedade apresenta parte de sua mata ciliar desmatada. Para essa situação, considere que as atividades agrossilvipastoris da propriedade foram consolidadas até julho de 2008, e, leve em conta também que a área total da propriedade é de 9 módulos fiscais; e a largura do curso d'água é de 8 m entre suas margens. No entanto, somente 5 m de cada margem do rio tem sua vegetação original conservada.

Portanto, após fazer o diagnóstico da propriedade você deverá incluir no plano de recuperação as estratégias necessárias para recuperação da área degradada. Diante desse quadro, quais são as principais técnicas de recuperação que podem ser adotadas para recuperação da área de pasto bem como do cultivo na propriedade? Como realizar a adequação da propriedade através da recuperação da Área de Reserva Legal? Qual a largura da faixa de proteção da Área de Preservação Permanente – APP (mata ciliar) que deve ser recomposta?

Diante desses questionamentos, você deverá recomendar estratégias e técnicas de recuperação voltadas para áreas degradadas em áreas rurais, portanto, reflita e busque as respostas ao longo desta seção. Boa leitura e bons estudos!

Não pode faltar

As áreas degradadas em áreas agrícolas referem-se principalmente aos aspectos de degradação do solo. Neste sentido, as técnicas de recuperação de atividades em áreas rurais visam o retorno do local a uma forma de utilização, segundo um plano preestabelecido para o uso do solo (KOBIYAMA et al., 2001).

Nota-se que na degradação agrícola o sistema apresenta perda da produtividade econômica, principalmente pela falta de controle de plantas daninhas bem como pela presença de pragas e patógenos, resultando em menor produção da cultura principal. Neste contexto,

a erosão é o principal processo que retira os nutrientes do solo, acarretando degradação biológica em poucos anos. Deste modo, técnicas que visam diminuir a intensidade do processo de erosão são essenciais para a manutenção da cobertura do solo (WADT et al., 2003).

Segundo Kobiyama et al. (2001), quando as atividades relacionadas à agricultura não são manejadas de forma adequada, esta contribui com sérios danos ambientais, como o preparo inadequado do solo, cobertura de solo insuficiente, utilização de monoculturas, irrigação inadequada e o superpastejo:

No sistema de preparo de solo convencional é utilizado um grande número de operações que desagregam e pulverizam o solo, interferindo assim em sua estrutura. O constante processo de revolver o solo promove maiores perdas de matéria orgânica, aumentando a densidade aparente do solo, e desta forma, algumas consequências podem ser verificadas, como diminuição da porosidade e a aeração, prejudicando o enraizamento, a fauna edáfica e a infiltração da água.

A cobertura inadequada do solo pelo uso intensificado de monoculturas ocasiona perda gradativa da matéria orgânica, ressaltando que a presença desta é fundamental, pois aumenta a infiltração de água no perfil do solo e, consequentemente, reduz a ocorrência de escoamento superficial e erosão. Além disso, a camada compactada (oriunda principalmente pelo uso intenso de mecanização) diminui a drenagem interna do solo, devido à menor infiltração e, consequentemente, aumenta o escoamento superficial, proporcionando maiores chances de erosão. Além do mais, o sistema de plantio de monocultura não apresenta indícios de sustentabilidade econômica e ambiental em longo prazo, pois a cada ano necessita-se de uma maior quantidade de insumos para manutenção dos níveis de produtividade, além desse sistema causar degradação ambiental pela contaminação dos recursos hídricos e do solo pelo uso de agrotóxicos e adubos químicos.

Em relação à pecuária, pode ocorrer o superpastejo, principalmente em sistemas extensivos mal manejados, onde os bovinos são mal distribuídos na área de pastagem, proporcionando o revolvimento da camada superficial do solo, e consequentemente a desagregação dele. Dessa maneira, as pequenas áreas descobertas mantêm o solo arenoso exposto, facilitando a ação do vento (erosão eólica), desenfreando assim o processo de desertificação.

Diante desse quadro de degradação em áreas rurais, faz-se necessário o uso de meios de recuperação. Portanto, iremos abordar especificamente neste livro acerca das técnicas voltadas para recuperação de solos degradados pela agricultura, silvicultura e pastagem, bem como a recuperação de matas ciliares. Deste modo, práticas sustentáveis devem ser adotadas nesses tipos de atividades com a finalidade de recuperar os ambientes, bem como torná-los viáveis e produtivos ao longo dos anos. Além disso, quando falamos em recuperação de áreas degradadas, também nos referimos à adequação ambiental da propriedade rural, onde devem ser cumpridos os aspectos legais referentes à proteção da vegetação nativa.

Neste sentido, várias estratégias podem ser abordadas para viabilizar a recuperação de áreas degradadas, tais como: regeneração natural sem manejo, regeneração natural com manejo, plantio em área total, e utilização de sistemas diversificados como os Sistemas Agroflorestais – SAFs (Quadro 3.1). É importante ressaltar que antes da escolha da estratégia a ser adotada, algumas características do local devem ser consideradas, tais como a declividade e fertilidade do terreno, presença de erosão e/ou compactação, dentre outros.

Quadro 3.1 | Estratégias de recuperação de áreas degradadas

Estratégias de Recuperação
Regeneração natural sem manejo Consiste em deixar os processos naturais atuarem livremente, no qual a área pode ser isolada por meio de cercas para o retorno da vegetação.
Regeneração natural com manejo Algumas técnicas de manejo são adotadas para contribuir com o processo de regeneração natural, dentre estes, controle de plantas invasoras (competidoras), controle de formigas, adubação, entre outras.
Plantio em área total Consiste no plantio de espécies vegetais (herbáceas, arbustivas e arbóreas) por meio de semeadura (direta) ou mudas, através da utilização de uma ou mais espécies (nativa ou exótica).

Sistemas Agroflorestais (SAFs)

São sistemas produtivos baseados na sucessão ecológica em que árvores exóticas/nativas são consorciadas com outros tipos de plantas (culturas agrícolas, forrageiras, frutíferas, entre outras), estabelecendo alta diversidade de espécies e interações entre elas.

Fonte: adaptado de <https://www.embrapa.br/en/codigo-florestal/estrategias-e-tecnicas-de-recuperacao>. Acesso em: 21 nov. 2017.

A regeneração natural pode ser compreendida como uma alternativa mais simples e barata de recuperação, porém, apresenta desvantagem pelo fato de ser um processo longo e que depende do grau de degradação da área. Além disso, a regeneração natural sem manejo pode não ser eficiente do ponto de vista ecológico, necessitando assim de tratos culturais como adubação e controle de formiga, por exemplo. Levando em conta que as áreas degradadas se encontram em estágio secundário de sucessão, cujos locais já foram povoados anteriormente, o primeiro passo para viabilização da recuperação seria implantar espécies que favoreçam a formação de um substrato favorável à implantação de espécies do estádio final (KOBIYAMA et al., 2001).

Como vimos na Seção 3.1, a recuperação da área degradada pode ser essencialmente adotada através do plantio de espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas, através da semeadura direta ou utilização de mudas, tanto de espécies exóticas quanto nativas. Neste sentido, os Sistemas Agroflorestais são um tipo de técnica de plantio que combina culturas anuais e árvores; pastagens e árvores; e culturas anuais, pastagens e árvores. Além dos sistemas que combinam o componente arbóreo como pastagem e/ou cultivo agrícola, tem-se a modalidade "sistema agropastoril" conhecida também como Integração Lavoura-Pecuária (ILP). Sendo assim, através desses modelos de produção são gerados grandes benefícios nos âmbitos ecológicos, econômicos e sociais, e que por sua vez influenciam de forma positiva na recuperação de áreas degradadas. Dessa maneira, as condições físicas, químicas e biológicas do solo são melhoradas, e o sistema torna-se mais produtivo quando comparado com a monocultura, além de proporcionar maior biodiversidade para o meio ambiente (KOBIYAMA et al., 2001).

Além das estratégias de recuperação de áreas degradadas, algumas práticas agrícolas podem ser empregadas com intuito de diversificar o sistema, e consequentemente tornar os sistemas de produção (alimentos, madeira e criação de animais) mais sustentáveis, uma vez que a diversificação de culturas "quebra" o ciclo de pragas, diminuindo assim a aplicação de inseticidas. Além do mais, a utilização de espécies diferentes proporciona um maior equilíbrio na demanda por nutrientes, bem como adubação através de leguminosas, por exemplo, diminui a dependência de adubos químicos. Portanto, iremos estudar neste livro alguns tipos de cultivos baseados nesses princípios, como rotação e consórcio de culturas, além da agricultura orgânica.

A rotação de culturas tem como objetivo escalonar diferentes culturas, ou seja, trocar as culturas a cada novo plantio, apresentando assim algumas vantagens, como a variação na absorção de nutrientes. Além do mais, a utilização de espécies com características diferentes pode trazer benefícios para o ecossistema, tais como: mobilização e absorção de elementos nutritivos poucos solúveis e em grandes profundidades; conservação dos nutrientes, tornando-os disponíveis para as culturas subsequentes; além de melhorias das condições físicas do solo (estrutura, porosidade e umidade), o que contribui com a diminuição dos riscos de erosão (KOBIYAMA et al., 2001). Deste modo, plantas forrageiras, gramíneas e leguminosas anuais ou semiperenes são viáveis para utilização em rotação de culturas, uma vez que estas plantas produzem grande biomassa e apresentam rápido desenvolvimento.

Exemplificando

Como exemplo de plantas forrageiras podemos citar as espécies dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria*; em relação às gramíneas tem-se aveia, trigo, sorgo, milho, entre outras; e por fim as leguminosas tais como, Crotalária (anual) e Guandu (semiperene).

O consórcio é um tipo de sistema agrícola onde mais de uma espécie pode ser cultivada conjuntamente, ou seja, é cultivado de duas ou mais espécies na mesma safra agrícola (Figura 3.2), em uma mesma área, na qual as culturas não necessitam ser semeadas ao mesmo tempo, e suas épocas de colheita podem ser em

épocas diferentes, desde que realizadas na mesma safra. Dentre os exemplos de consorciação tem-se o cultivo de um cereal com uma leguminosa (milho x soja), cultura de subsistência com uma de alto valor econômico (feijão "caupi" x algodão), ou até mesmo cultura de subsistência com uma forrageira (amendoim x sorgo). Deste modo, a semeadura de diferentes culturas juntas proporciona o uso mais eficiente dos recursos naturais (SANTOS et al., 2007). O consórcio de culturas proporciona uma série de benefícios, como auxílio no controle de plantas invasoras e manutenção da cobertura do solo. Sendo assim, o solo não fica suscetível às intempéries climáticas (radiação, vento e chuva), além de diminuir os riscos de erosão.

Vocabulário

Cultura de subsistência: a produção tem como objetivo principal a alimentação das famílias rurais, bem como da comunidade local, sendo que o excesso da produção pode ser comercializado. Como exemplo tem-se o arroz, batata, feijão, hortaliças, mandioca, milho, entre outras.

Figura 3.2 | Consórcio entre milho e crotalária (adubo verde que auxilia na fixação de nitrogênio)

Fonte: <http://www.adubarofuturo.com.br/tag/crotalaria/page/2/>. Acesso em: 23 nov. 2017.

Para pastagem, uma boa alternativa de manejo sustentável é o plantio de leguminosa forrageira (espécies dos gêneros *Stylosanthes* e o *Arachis*, por exemplo) em consórcio com gramíneas forrageiras (espécies do gênero Brachiaria), acrescentado de rotação de pasto. O uso de leguminosa (fixa o nitrogênio da atmosfera por meio de bactérias presentes nas raízes) em consórcio melhora a qualidade da forragem para o gado, além de fornecer nitrogênio à gramínea, melhorando assim seu desenvolvimento vegetativo (WADT et al., 2003).

A agricultura orgânica engloba os tipos de agricultura "alternativa" em que a produção de alimentos é feita sem o uso de produtos químicos sintéticos (adubos químicos, inseticidas e herbicidas), contribuindo assim para uma melhor manutenção da fauna e da flora edáfica, e do ecossistema (KOBIYAMA et al., 2001). Neste modelo agrícola busca-se mobilizar harmonicamente todos os recursos disponíveis na unidade de produção, baseando-se na reciclagem de nutrientes, além da utilização dos insumos agrícolas gerados in loco, com o objetivo de minimizar a dependência externa de matéria-prima (como insumos derivados de combustíveis fósseis). Nesse sistema evita-se mecanização pesada, com finalidade de conservar o solo, utilizando assim, aração superficial e o plantio direto.

Além do mais, a agricultura orgânica apresenta inúmeras vantagens para o sistema de produção agrícola, podendo ser utilizada adubação verde e plantas de cobertura para evitar a erosão. Neste sistema os fertilizantes podem ser obtidos através da compostagem e biofertilizantes, e o controle de pragas pode ser feito por meio de monitoramento, inseticidas naturais ou controle biológico.

E, por fim, sempre que possível deve-se introduzir uma maior diversidade genética no sistema de produção, como a rotação de culturas, além da importância de preservar as matas nativas, que servem de refúgios destinados aos organismos benéficos (polinizadores e inimigos naturais). Dessa forma, é possível produzir alimentos reduzindo-se os impactos ambientais e a contaminação dos recursos hídricos e do solo, bem como das populações (ROEL, 2002).

Assimile

O plantio direto consiste na semeadura sob a palhada ou restos culturais deixados na superfície do solo, ou seja, o revolvimento do solo não é executado entre a colheita e o plantio do cultivo seguinte (rotação de culturas). Sendo assim, o sistema de plantio direto pode ser desenvolvido sobre diferentes situações de manejo de lavouras, como: plantio sobre culturas submetidas à colheita de grãos; plantios sobre culturas pastejadas; e plantio sobre culturas destinadas à cobertura de solo ou à adubação verde (KOCHHMANN; DENARDIN, 2000).

Como vimos na Unidade 1, a Área de Preservação Permanente - APP (Figura 3.3) é uma área protegida, coberta ou não por vegetação nativa. Ressaltando que, segundo a lei de proteção da vegetação nativa (BRASIL, 2012), é autorizada a continuidade das atividades agrossilvipastoris, ecoturismo e turismo rural em áreas consolidadas até 22 de julho de 2008.

Atenção

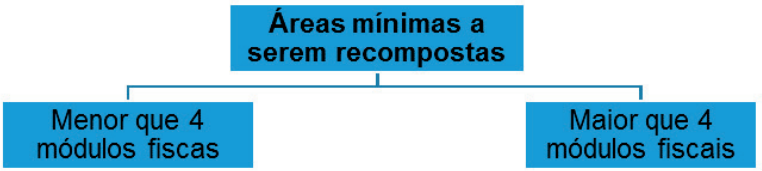
Relembre quais áreas são consideradas APP = curso d'água com margem vegetada, encosta, restinga, manguezal, borda de tabuleiro ou chapada e vereda.

Figura 3.3 | Curso d'água com margem vegetada

Foto: <https://www.embrapa.br/en/codigo-florestal/entenda-o-codigo-florestal/area-de-preservacao-permanente/detalhe-area-pp>. Acesso em: 21 nov. 2017.

No entanto, a continuidade de atividades nessas áreas depende de boas práticas de conservação da água e do solo. Neste sentido, para efeitos da recomposição da área degradada de algumas categorias de APP em área consolidada, implica dimensões mínimas a serem recompostas (Figura 3.4). Deste modo, para fins de recuperação, algumas regras são levadas em consideração, como o tamanho da propriedade em módulos fiscais e as características associadas às APPs, como a largura do curso d'água (PORTAL EMBRAPA, 2017).

Figura 3.4 | Áreas mínimas a serem recompostas em áreas de APP com uso consolidado



Área do Imóvel Rural em Módulos Fiscais	Faixa mínima a ser recomposta			
	Cursos d'água	Nascentes e olhos d'água perenes	Veredas	Lagos e lagoas naturais
Até 1 Módulo Fiscal	5 m	15 m	30 m	5 m
De 1 a 2 Módulos Fiscais	8 m	15 m	30 m	8 m
De 2 a 4 Módulos Fiscais	15 m	15 m	30 m	15 m

Área do Imóvel Rural em Módulos Fiscais	Faixa mínima a ser recomposta		
	Nascentes e olhos d'água perenes	Veredas	Lagos e lagoas naturais
Maior que 4 Módulos Fiscais	15 m	50 m	30 m

Cursos d'água	Faixa marginal a ser recomposta			
Largura dos cursos d'água	até 10 m	De 10,1 até 60 m	De 60,1 até 200 m	Acima de 200 m
De 4 até 10 Módulos Fiscais	20 metros	30 metros	Largura do curso d'água/2	100 metros
Acima de 10 Módulos Fiscais	30 metros	30 metros	Largura do curso d'água/2	100 metros

Fonte: adaptado de <https://www.embrapa.br/en/codigo-florestal/entenda-o-codigo-florestal/area-de-preservacao-permanente>. Acesso em: 22 nov. 2017.

Em se tratando da regularização da Área de Reserva Legal – ARL, dois aspectos principais devem ser levados em conta, a situação da ARL em julho de 2008 bem como o tamanho da propriedade em módulos fiscais. A situação da ARL até julho de 2008 para

propriedades menores que quatro módulos fiscais, corresponde à área constituída com vegetação nativa nessa data. Já no que se referem às propriedades acima de quatro módulos fiscais (como vimos na Unidade 1), se a ARL não atender às dimensões mínimas exigidas no código, pode ser efetuado a recomposição e a compensação. A compensação pode se ser feita por meio de plantio de mudas ou semeadura direta, ou até mesmo através da regeneração natural. Para o plantio pode ser utilizado sistemas com mais de uma cultura agrícola, como os SAFs, bem como a combinação de espécies nativas e exóticas, desde que estas últimas citadas não ultrapassem 50% da área total a ser recuperada. Além disso, pode ser efetuada a compensação (destinação de uma área fora da propriedade para conservação) por meio de aquisição de Cotas de Reserva Ambiental (CRA), arrendamento de áreas sob regime de servidão ambiental ou reserva legal, entre outras (PORTAL EMBRAPA, 2017).

Reflita

A Área de Preservação Permanente pode ser contabilizada como Área de Reserva Legal?

Em algumas situações poderá ser admitida a contagem da APP no cálculo do percentual da Reserva Legal do imóvel, segundo algumas condições, desde que: "o benefício não implique a conversão de novas áreas para o uso alternativo do solo; a área a ser computada esteja conservada ou em processo de recuperação; e o proprietário ou possuidor tenha requerido inclusão do imóvel no Cadastro Ambiental Rural" (BRASIL, 2012, art. 15).

Diante do que vimos nesta seção, o método mais adequado para recuperação de áreas degradadas é aquele que melhor se enquadra nas condições ecológicas, econômicas e sociais do local. Neste contexto, ressalta-se que as práticas e manejos envolvidos devem proporcionar a preservação da matéria orgânica do solo e a manutenção da água no ecossistema. Outro aspecto essencial que deve ser considerado no plano de recuperação são as características não somente do local afetado em si, mas também da região em seu entorno.

Pesquise mais

A restauração florestal em propriedades rurais tem se concentrado principalmente em ambiente ciliar, visto que as microbacias hidrográficas, bem como as matas ciliares possuem papel fundamental para proteção do sistema hídrico. Deste modo, conheça mais sobre os diferentes métodos que podem ser aplicados para recuperação de matas ciliares, como condução da regeneração natural, introdução de mudas, semeadura direta, entre outras.

ATTANASIO, C. M. et al. **Adequação ambiental de propriedades rurais, recuperação de áreas degradadas e restauração de matas ciliares.** Piracicaba: ESALQ, Departamento de Ciências Biológicas, Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal, 2006. p. 15. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/gerd/Recuperacao/ApostilaTecnicoLERFFinal1.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2017.

Sem medo de errar

Caro aluno, após estudar os conteúdos referentes às técnicas de recuperação de atividades agrossilvipastoris, vamos responder aos questionamentos apresentados no início da seção: você trabalha para uma empresa especialista em consultoria ambiental e, no segundo contrato, você deverá propor técnicas de recuperação voltadas para uma propriedade agrícola baseada nos seguintes questionamentos:

Quais são as principais técnicas de recuperação que podem ser adotadas para recuperação da área de pasto, bem como do cultivo na propriedade agrícola? Como realizar a adequação da propriedade através da recuperação da Área de Reserva Legal? Qual a largura da faixa de proteção da Área de Preservação Permanente - APP (mata ciliar) que deve ser recomposta?

Primeiramente, antes da escolha da estratégia de recuperação a ser adotada, algumas características do local devem ser consideradas, tais como a declividade e fertilidade do terreno, presença de erosão e/ou compactação, dentre outras. Realizada esta etapa, algumas estratégias podem ser adotadas para recuperação da área de pasto e da cultura agrícola, como uso de regeneração natural e plantio de espécies vegetais (herbáceas, arbustivas, e/ou arbóreas), as quais

podem ser realizadas tanto pela semeadura direta, quanto pelo plantio de mudas.

Em pontos da propriedade que estiverem muito degradados poder realizado o isolamento da área (cercamento), com intuito de deixar a área se recuperar através da regeneração natural. Umas das primeiras ações que devem ser realizadas é o controle das espécies invasoras (gramíneas, por exemplo), as quais não permitem a regeneração natural. Portanto, posteriormente para maior viabilidade da regeneração é necessário fazer alguns tratos culturais como adubação de regenerantes e controle de formiga, por exemplo.

Além do mais, para recuperação do cultivo agrícola e do pasto, algumas práticas agrícolas podem ser empregadas com intuito de diversificar o sistema (produção de alimentos e criação de animais), e consequentemente torná-lo mais sustentável, uma vez que a diversificação de culturas "quebra" o ciclo de pragas, diminuindo assim aplicação de inseticidas. Além disso, a utilização de espécies diferentes proporciona um maior equilíbrio na demanda de nutrientes, bem como a adubação através de leguminosas, por exemplo, diminui a dependência de adubos químicos. Portanto, para diversificação do sistema pode ser feita a rotação ou consórcio de culturas.

A rotação de culturas visa escalonar diferentes culturas, ou seja, trocar as culturas a cada novo plantio, apresentando assim algumas vantagens como a variação na absorção de nutrientes. Sendo assim, a utilização de espécies com características diferentes pode trazer benefícios para o ecossistema, tais como: mobilização e absorção de elementos nutritivos poucos solúveis e em grandes profundidades; conservação dos nutrientes, tornando-os disponíveis para as culturas subsequentes; além de melhorias das condições físicas do solo (estrutura e umidade, por exemplo), o que contribui com a diminuição dos riscos de erosão. Plantas forrageiras, gramíneas e leguminosas anuais ou semiperenes são viáveis para utilização em rotação de culturas, uma vez que estas plantas produzem grande biomassa e apresentam rápido desenvolvimento.

O consórcio apresenta os mesmos benefícios da rotação de culturas, sendo que estas plantas utilizadas não necessitam ser semeadas ao mesmo tempo, e suas épocas de colheita podem ser em épocas diferentes, desde que realizadas na mesma safra. Dentre os exemplos de consorciação que podem ser utilizados na

propriedade, seria o uso do cereal com uma leguminosa (milho x soja) ou (milho x crotalária). Além do mais, o consórcio irá proporciona auxílio no controle das plantas invasoras, bem como a manutenção da cobertura do solo.

Para pastagem, uma boa alternativa de manejo também é o plantio de leguminosa em consórcio com gramíneas forrageiras, bem como a rotação de pasto. O uso de leguminosa (fixa o nitrogênio da atmosfera por meio de bactérias presentes nas raízes) em consórcio melhora a qualidade da forragem para o gado, além de fornecer nitrogênio à gramínea, melhorando assim seu desenvolvimento vegetativo.

Para recuperação da Área de Reserva legal deve ser feito o plantio de vegetação com intuito de adequar o mínimo exigido conforme lei ambiental, ou seja, para a região em questão corresponde a 20% da área total. A recuperação da área pode ser feita pela compensação por meio de plantio de mudas ou semeadura direta, ou até mesmo através do isolamento da área para induzir a regeneração natural. Para o plantio pode ser utilizado sistemas com mais de uma cultura agrícola, como os Sistemas Agroflorestais - SAFs, bem como a combinação de espécies nativas e exóticas, desde que estas últimas citadas não ultrapassem 50% da área total a ser recuperada. Além disso, pode ser efetuada a compensação (destinação de uma área fora da propriedade para conservação) por meio de aquisição de Cotas de Reserva Ambiental (CRA), arrendamento de áreas sob regime de servidão ambiental ou reserva legal, entre outras. E por fim, para a recuperação da Área de Preservação Permanente deve ser feita a recomposição com vegetação da mata ciliar que circunda o curso d'água, podendo ser feita a recomposição da área por meio do plantio de mudas nativas. Para cursos d'águas de até 10 m de largura presentes em propriedades de até 10 módulos fiscais, a extensão da faixa marginal a ser recomposta deve ser de 20 m (Figura 3.4). Portanto, para adequação da mata ciliar da propriedade agrícola, deverá ser recomposto 15 m em cada faixa que se encontra no entorno do curso d'água, visto que a propriedade só conta com 5 m de vegetação remanescente.

Ao finalizar esta seção, sugerimos que você inclua no seu plano de recuperação os principais aspectos voltados para a recuperação de áreas degradadas presentes na propriedade rural.

Avançando na prática

Recuperação de Áreas de Reserva legal

Descrição da situação-problema

Você trabalha em uma empresa de gestão ambiental que atua no ramo de adequação de paisagens e recuperação de áreas degradadas. Neste contexto, uma empresa de reflorestamento de Pinus acabou de adquirir novas terras onde irá realizar o plantio dessa árvore. Porém, a nova propriedade necessita de um Plano de recuperação de áreas degradadas, visto que a sua Área de Reserva Legal (ARL) encontra-se fora dos padrões exigidos pela legislação ambiental. Deste modo, sua empresa é contratada e você deverá elaborar um plano de recuperação de áreas degradadas contendo os aspectos referentes à recuperação da ARL. Portanto, levando em conta que a propriedade possui 10 módulos fiscais, quais fatores devem ser considerados para regularização da ARL? Quais são as opções de recuperação para a área de reserva legal?

Resolução da situação-problema

Em se tratando da regularização da Área de Reserva Legal dois aspectos principais devem ser levados em conta: a situação da ARL em julho de 2008, bem como o tamanho da propriedade em módulos fiscais. Como a nova propriedade adquirida pela empresa de reflorestamento de Pinus possui tamanho acima de quatro módulos fiscais, neste caso, a regularização da ARL pode ser efetuada através da recomposição ou compensação.

Deste modo, a compensação pode ser feita por meio de plantio de mudas ou semeadura direta, ou até mesmo através da regeneração natural. Para o plantio pode ser utilizado sistemas com mais de uma cultura agrícola, como os SAFs, bem como a combinação de espécies nativas e exóticas, desde que estas últimas citadas não ultrapassem 50% da área total a ser recuperada. Ou então, pode ser sugerido à empresa que realize a regularização da ARL por meio da compensação (destinação de uma área fora da propriedade para conservação) e por meio de aquisição de Cotas de Reserva Ambiental (CRA).

Faça valer a pena

1. É uma medida que tem como objetivo maximizar o espaço por meio do cultivo simultâneo de duas ou mais espécies vegetais, e no mesmo local. Estas por sua vez devem apresentar características diferentes em relação aos hábitos de crescimento e exigência nutricional, deste modo, o desenvolvimento de uma planta não impede o crescimento da outra.

No que se refere às estratégias ou práticas agrícolas sustentáveis, marque a alternativa que melhor define o texto-base:

a) Plantio direto
b) Regeneração natural
c) Rotação de cultura
d) Consórcio de culturas
e) Sucessão ecológica

2. Avalie as assertivas a seguir marcando Verdadeiro (V) ou Falso (F):

( ) A rotação de culturas tem como objetivo escalonar diferentes culturas, ou seja, trocar as culturas a cada novo plantio, apresentando assim algumas vantagens, como a variação na absorção de nutrientes.
( ) O consórcio apresenta os mesmos benefícios da rotação de culturas, sendo que as plantas necessitam ser semeadas ao mesmo tempo para maior equilíbrio do sistema de produção, e suas épocas de colheita podem ser em épocas diferentes.
( ) Plantas forrageiras, gramíneas e leguminosas anuais ou semiperenes são viáveis para utilização em rotação de culturas, uma vez que estas plantas produzem grande biomassa e apresentam rápido desenvolvimento.

Com relação às assertivas acima, assinale a alternativa a seguir que corresponde apenas à sequência correta:

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

3. Analise as assertivas abaixo a respeito da Área de Reserva legal (ARL) e Área de Preservação Permanente (APP):

I. A Área de Preservação Permanente é uma área protegida, necessariamente coberta por vegetação nativa.
II. A situação da ARL até julho de 2008 para propriedades menores que quatro módulos fiscais, corresponde à área constituída com vegetação nativa nessa data.
III. Em propriedades acima de quatro módulos fiscais, se a ARL não atender às dimensões mínimas exigidas, pode ser efetuada apenas a recomposição para recuperação da área.
IV. São consideradas áreas de APP curso d' água com margem vegetada, encosta, restinga, manguezal, entre outras.

Baseado no texto-base, marque a alternativa composta apenas das assertivas corretas:

a) Apenas I está correta.
b) Apenas II e IV estão corretas.
c) Apenas III e II estão corretas.
d) Apenas II está correta.
e) I, II, III e IV estão corretas.

Seção 3.3

Indicadores para monitoramento de áreas em recuperação

Diálogo aberto

Aprendemos nas seções anteriores vários parâmetros que abordam o estudo da recuperação de áreas degradadas, como a avaliação da degradação, planejamento da recuperação, e indicação das técnicas adequadas para cada tipo de atividade. Portanto, nesta seção iremos conhecer acerca do monitoramento e avaliação de áreas em situação de recuperação através do uso de indicadores, verificando assim a eficácia das medidas definidas na recuperação.

De acordo com Brancalion et al. (2012), a avaliação e monitoramento da restauração ecológica não são tarefas simples, visto que ainda não se tem conhecimento suficiente sobre a importância relativa de cada atributo que deve ser avaliado para que uma área degradada apresente seus processos ecológicos recuperados e a sua biodiversidade estabelecida ao longo do tempo.

Diante desse quadro, vamos aplicar os conhecimentos acerca do monitoramento de áreas em recuperação relembrando a situação apresentada no contexto de aprendizagem, apresentada no início da unidade, sendo descrito a seguir: você trabalha em uma empresa de consultoria ambiental, na qual recentemente assinou dois contratos para recuperação de áreas degradadas. O primeiro contrato trata-se do trabalho com mineração de extração da areia, enquanto o outro é sobre a recuperação de uma propriedade rural. Portanto, até aqui você já propôs as melhores técnicas de recuperação para cada atividade em questão e, a partir de agora, deverá realizar o monitoramento de ambos os projetos, os quais têm prazo de 5 anos, para saber se as atividades propostas implantadas foram eficientes.

Dessa maneira, considere que para ambas as situações foi realizada a recuperação através das técnicas de revegetação (plantio de mudas e semeadura direta), e, portanto, durante a avaliação e monitoramento deverão ser verificadas a viabilidade das técnicas aplicadas para recuperação. Nesse contexto, imagine que na área de mineração, após cinco anos, as plantas plantadas

se encontram vigorosas, com pouca taxa de mortalidade, além de haver a presença de polinizadores. Já na propriedade agrícola, onde foi empregado o método de isolamento da área dos fatores de degradação (com intuito de induzir a regeneração natural), houve pouco desenvolvimento de indivíduos regenerantes.

Desse modo, você deverá analisar para ambas as situações, atividade de mineração e atividade desenvolvida na propriedade rural, se as técnicas de recuperação empregadas foram eficientes. Portanto, quais os tipos de indicadores que podem ser utilizados? Quais indicadores podem ser empregados para verificação das áreas em recuperação? Quais indicadores podem ser utilizados após os cinco anos? De acordo com os dados disponíveis da área, as técnicas de recuperação estão sendo bem-sucedidas?

Para responder a esses questionamentos, estudaremos nesta seção os aspectos necessários para acompanhamento de restauração de áreas degradadas, além de indicadores utilizados para o monitoramento de áreas em recuperação.

Boa leitura e bons estudos!

Não pode faltar

O monitoramento e a avaliação são ferramentas gerenciais que permitem o levantamento e a análise da situação de projetos de recuperação de áreas degradadas. Deste modo, através do uso dessas ferramentas é possível avaliar a trajetória de áreas que estão passando pelo processo de recuperação. Por meio do monitoramento é possível avaliar diferentes momentos entre o início e o final de determinado projeto, além deste fornecer subsídio para verificação da sustentabilidade da área que se encontra em processo de recuperação (ANDRADE, 2014).

A partir da avaliação é possível determinar se os objetivos propostos para recuperação estão sendo atingidos, sendo que para alcance dos mesmos devem ser propostas metas. Como exemplo, se um dos objetivos específicos do planejamento da restauração for o aumento contínuo da densidade e da riqueza de indivíduos regenerantes no sub-bosque, durante as avaliações deve ser verificado se os valores representativos desses indicadores estão aumentando ou não ao longo do tempo (BRANCALION et al., 2012).

Deste modo, os objetivos do projeto de recuperação orientam a escolha dos indicadores para verificar se os condicionantes da restauração estão sendo seguidos ou não. Como exemplo, se o objetivo da recuperação for voltado para a recuperação do solo, devem ser usados indicadores que enfocam as características físicas, químicas ou biológicas deste (ANDRADE, 2014).

Assimile

Os indicadores são variáveis ambientais ou populacionais que servem de suporte para avaliar a evolução da área recuperada ao longo do tempo, servindo de suporte para tomada de decisões gerenciais (ANDRADE, 2014).

Sendo assim, após a execução das medidas de recuperação, são essenciais inspeções periódicas com intuito de verificar se os objetivos estabelecidos no início do projeto estão sendo cumpridos. Em caso de resultados insatisfatórios, será preciso reavaliar a área degradada, bem como a reformulação das medidas empregadas, e se necessário sua complementação ou substituição (BITAR, 1997).

Reflita

Além da aplicação das técnicas de recuperação de áreas degradadas em si, é necessário fazer o acompanhamento das medidas empregadas, portanto, qual a função do monitoramento? Este procedimento é obrigatório?

Em se tratando de restauração obrigatória, ou seja, oriunda de processo de licenciamento (mineração) ou quando se trata de reparação de dano ambiental (desmatamento de mata ciliar, por exemplo), um agente público precisará atestar que a restauração ocorreu de forma adequada, desonerando o empreendedor ou o autuado da obrigação. Portanto, o empreendedor ou autuado terá que comprovar que a vegetação atingiu um estágio no qual não requer mais manutenção. Já em casos de restauração voluntária, o monitoramento funciona como uma espécie de orientação técnica, tendo três funções básicas: evitar autuação pela polícia ambiental em caso de intervenções em áreas de preservação permanente;

estabelecer um canal de comunicação através da publicação dos resultados da recuperação, incluindo o que não deve ser feito, como o plantio de espécies exóticas invasoras, por exemplo; e, por fim, a realização do cadastramento da área em recuperação para acompanhamento (GLEHN et al., 2011).

Um dos fatores que devem ser considerados no acompanhamento de áreas restauradas é o tipo de público, o qual vai ser apresentado os dados oriundos do monitoramento. Por exemplo, quando a avaliação e o monitoramento são requisitados por órgãos ambientais e empresas que contratam serviços de restauração, a atenção deve ser voltada para chances de sustentabilidade e uso futuro da área que se encontra em processo de restauração, requerendo, portanto, informações acerca da composição, estrutura e o funcionamento da área (BRANCALION et al., 2012).

Além do mais, outro aspecto importante que deve ser considerado para implantação do monitoramento é a comparação entre a área que se deseja avaliar com áreas que apresentam uma restauração bem-sucedida para determinada condição ou região ecológica. Portanto, devem ser buscados ecossistemas de referência baseados nas características específicas da região. Como exemplo, no estado de São Paulo, segundo a Resolução SMA-08 de 2008, ficou estabelecido que áreas restauradas de Floresta Estacional, Floresta Ombrófila Densa e Cerradão devem apresentar pelo menos 80 espécies florestais nativas regionais para serem consideradas restauradas (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2008).

Assimile

Na avaliação de áreas em processo de recuperação não é indicado utilizar um mesmo ecossistema de referência para comparar situações muito distintas, como comparar projetos de restauração de ecossistemas após atividade agrícola com projetos de reabilitação de áreas mineradas (DURIGAN, 2011).

A viabilidade da restauração em larga escala depende de recomendações técnicas adequadas para o acompanhamento destas. Diante desse quadro, conheceremos alguns indicadores que servem de suporte para o acompanhamento de restauração de área degradada.

Exemplificando

O número de indicadores que podem ser utilizados é bastante extenso, tais como: densidade de espécies nativas, diversidade genética das mudas, serviços ecossistêmicos, interação planta-animal, entre vários outros que conheceremos ao longo desta seção.

Os indicadores podem ser qualitativos ou quantitativos, e devem ser escolhidos de acordo com a área que se deseja analisar. Sendo assim, neste livro abordaremos especificamente sobre os indicadores ecológicos e universais, por envolverem principalmente aspectos que regem a análise de parâmetros da vegetação principalmente, além do solo e da fauna.

Segundo Brancalion et al. (2012), os indicadores qualitativos são obtidos de forma não mensurável, ou seja, são descritos conforme observação e julgamento do observador. Como exemplo, pode-se verificar visualmente se a área apresenta problemas de conservação de solos. Já os indicadores quantitativos são aqueles que podem ser mensurados a partir de determinados parâmetros oriundos da área em processo de restauração, tais como densidade de indivíduos regenerantes, diversidade de espécies, mortalidade de plantas, entre outros. Ainda segundo estes autores, as avaliações quantitativas podem ser feitas por meio da atribuição de notas para diferentes classes de valores obtidos para um mesmo indicador, baseado em referência previamente estabelecida. Além disso, pode-se também atribuir diferentes pesos a esses indicadores, criando grupos de indicadores com alta, média e baixa importância para o sucesso da restauração.

O método quantitativo apresenta maior segurança e transparência por ser baseado em números em vez de opiniões pessoais, e nota-se que alguns atributos não podem ser verificados apenas com uma visão geral da área, necessitando assim de uma abordagem quantitativa, como a determinação da riqueza de espécies de um reflorestamento.

Os indicadores ecológicos são usados para avaliar ecossistemas em restauração, sendo que estes devem possuir alguns requisitos fundamentais, como facilidade de medição e clareza. No contexto da recuperação de áreas degradadas, os indicadores ecológicos indicam as características ambientais das áreas em restauração, sendo um método simples e eficaz para analisar a composição

ecológica, a estrutura e a função de sistemas ecológicos complexos (ANDRADE, 2014).

Neste contexto, segundo Durigan (2011), vários indicadores ecológicos podem ser utilizados para monitoramento de ecossistemas em restauração ou reabilitação, segundo a composição, estrutura e funcionamento da área analisada. Desta forma, a **composição** abrange as espécies e os grupos que integram a comunidade vegetal, sendo representada pelos seguintes indicadores: número e proporção entre espécies vegetais nativas com populações persistentes; presença e abundância de espécies de gramíneas e árvores exóticas invasoras e não invasoras; presença e proporção de grupos funcionais (classes sucessionais, tolerância à sombra, entre outras); e presença de árvores, arbustos, ervas, trepadeiras, etc.

Ainda segundo o mesmo autor, a **estrutura** refere-se à forma como a comunidade vegetal encontra-se organizada espacialmente. Dentre alguns indicadores podemos citar: altura média do dossel, cobertura do solo pela copa das árvores; biomassa por área; densidade de plantas; e estratificação (distribuição vertical das plantas). E por fim os indicadores que se referem ao **funcionamento** da área, dos quais envolvem o restabelecimento de processos ecológicos que permitem a autoperpetuação da comunidade vegetal. Como exemplos, tem-se: taxa de fixação de carbono; polinização; dispersão de sementes; sucessão secundária; ciclagem de nutrientes, formação de serrapilheira; capacidade de infiltração da água no solo; restabelecimento da fauna, entre outros.

Além dos indicadores ecológicos têm-se os indicadores "universais" que têm como vantagem a facilidade da execução de um monitoramento simples. Conforme Durigan (2011), estes indicadores representam os parâmetros ecológicos mais importantes e podem ser utilizados independentemente da estratégia de recuperação empregada. Dentre estes indicadores universais têm-se:

- Cobertura do solo por espécies lenhosas – consiste em avaliar a porcentagem da linha de plantio com cobertura de copa.
- Estratificação – é realizada a avaliação visual dos estratos.
- Fitofisionomia – consiste na análise da aparência apresentada por uma comunidade, como arquitetura das copas, tamanho, forma, entre outras características.

- Presença de espécies lenhosas invasoras – espécies lenhosas invasoras não podem estar presentes em áreas de restauração, por isso faz-se necessário verificar a presença destas.

A cobertura do solo, a estratificação e a presença de espécies invasoras são quantificáveis, enquanto a fitofisionomia é descrita baseada em características do solo, do clima e da vegetação de determinada região.

Pesquise mais

Na literatura também são encontrados vários bioindicadores que são usados no monitoramento de áreas em processo de recuperação: abundância de formigas, estrutura da comunidade de borboletas, mudança na densidade de minhocas em áreas de regeneração, microrganismos associados às características físico-químicas do solo, meso e macrofauna edáfica, entre outros (BRANCALION et al., 2012).

No que se refere à frequência do monitoramento, em cada fase da restauração devem ser considerados indicadores específicos. Para os indicadores universais anteriormente descritos, geralmente o monitoramento é realizado após 3, 5 e 10 anos (DURIGAN, 2011).

De acordo com Brancalion et al. (2012), o monitoramento deve ser baseado em três fases: Implantação (1-12 meses); Pós-implantação (1-3 anos); e Fase de vegetação formada (4 ou mais anos). Nota-se que para cada fase são exigidos indicadores específicos, como exemplo, a estratificação não pode ser analisada no início do monitoramento.

Na fase de implantação, nos três primeiros meses as avaliações devem ser mensais, e posteriormente a cada três meses, devendo se fazer uso de alguns indicadores, tais como: cobertura vegetal do solo, cobertura da área por gramíneas exóticas agressivas, taxa de mortalidade do plantio, índices de herbivoria e de deficiência de nutrientes nas mudas ou regenerantes, número de espécies por área (riqueza), indivíduos por hectares plantados ou regenerantes (densidade).

Já na fase de pós-implantação recomenda-se inspeções semestrais, sendo recomendado duas avaliações por ano. Nessa fase são realizadas algumas avaliações referentes à identificação

taxonômica, altura do indivíduo e cobertura da copa, classificação das espécies em grupos sucessionais, fenologia (floração e frutificação), entre outros.

E por fim a fase de vegetação formada, que através de indicadores aponta o sucesso ou não da restauração de determinada área. Nesta fase a comunidade vegetal pode então ser avaliada em relação aos seus aspectos fisionômicos, como estratificação (presença ou não de estratos da floresta restaurada), levantamento florístico de espécies não arbóreas, regeneração natural, cobertura de gramíneas, ciclagem de nutrientes, acúmulo de biomassa e avaliação da fauna.

Pesquise mais

O projeto Pacto pela Restauração da Mata Atlântica surgiu em 2009 e tem como objetivo realizar articulação com instituições públicas e privadas, comunidade científica e proprietários de terras, visando integrar seus esforços e recursos na geração de resultados para restauração e conservação da biodiversidade nos 17 estados do bioma. Este pacto tem como meta viabilizar a recuperação de 15 milhões de hectares até o ano de 2050, mas com metas e monitoramento dos resultados anuais. Portanto, pesquise mais para saber acerca dos indicadores utilizados nas diferentes fases do projeto.

RODRIGUES, R. R. (Coord.) et al. **Protocolo de Monitoramento para Programas e Projetos de Restauração Florestal.** Disponível em: <http://docs.wixstatic.com/ugd/5da841_c228aedb71ae4221bc95b909e0635257.pdf> Acesso em: 3 dez. 2017.

Como vimos ao longo desta seção, vários indicadores podem ser utilizados para monitorar os ambientes em processo de recuperação. Mas cabe ressaltar que os indicadores devem ser usados no momento correto da fase de recuperação, bem como devem ser baseados no objetivo da recuperação. Como exemplo, se o objetivo for o estabelecimento da vegetação nativa, a avaliação deverá conter dados de diversidade de espécies, já para o plantio de espécies arbóreas de corte para uso madeireiro serão necessários dados de produção de biomassa ou densidade de plantas.

Em estudo realizado por Almeida e Sánchez (2005), em áreas revegetadas em uma bacia de disposição de rejeitos e mata ciliar em vias de recuperação, ambas oriundas da extração de areia, foi

realizada a observação in situ e elaboração de perfis-diagrama das áreas revegetadas. Neste trabalho, os indicadores utilizados foram o aspecto visual, densidade de plantas, altura média de plantas, número de espécies arbóreas e mortalidade de mudas. Segundo os autores, os indicadores usados foram eficazes, por serem de baixo custo, demandarem pouco tempo, e não necessitarem de conhecimento especializado, representando satisfatoriamente o estado da área revegetada (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 | Indicadores de desempenho aplicáveis na avaliação de áreas revegetadas em minerações de areia no estado de São Paulo

Tipo de indicador	Subtipo	Indicador	Parâmetros para monitoramento	Aplicação	Valores de referência
Vegetação	Implantação	Mortalidade de mudas	Nº de mudas mortas / nº total de mudas plantadas	Todos	10%
	Pós-implantação	Altura média de planta	Altura da planta	Arbóreas	3 m
		Densidade	Número de indivíduos/área	Arbóreas	1.480 indivíduos/ ha*
		Serrapilheira	Acumulação de serapilheira	Arbóreas	9.400 kg/ ha/ano
		Diversidade de espécies nativas	Nº de espécies nativas	Matas ciliares	30 espécies/ há
Solo	Físicos-Químicos	Permeabilidade	Taxa de infiltração de água	Todos	> 5 cm/ hora
		Compactação	Densidade aparente	Todos	1,2-1,3 g/
		Perfil de enraizamento	Comprimento de raízes	Solos	150 cm
		Erosão laminar	Perda do solo	Plantios jovens	6 t/ha/ano
		Carbono orgânico (%)	Matéria orgânica do solo	Todos	5-10%
		pH	pH	Todos	5,5-6,5
Bioindicador	Fauna do solo	Diversidade de formigas	Número de espécies	Arbóreas nativas	> Espécies

*ha = hectare. Fonte: adaptado de Almeida e Sánchez (2005, p. 51).

Ressaltando tanto a avalição quanto o monitoramento de áreas em processo de restauração são etapas fundamentais e decisivas de todo e qualquer projeto de restauração, e para que estes sejam

empregados de forma eficiente, alguns aspectos devem ser levados em conta como a forma de se planejar a restauração, incluindo os objetivos e metas a serem atingidos para eficiência da recuperação da área (BRANCALION et al., 2012).

Embora na literatura tenha diversos indicadores que servem de suporte para a avaliação dos resultados da recuperação de áreas degradadas, vários destes necessitam de coleta de dados extensivos, ou sua aplicação necessita de conhecimentos específicos, o que pode encarecer o processo e que nem sempre origina dados que permitam chegar a um bom diagnóstico da área. Deste modo, é muito importante fazer uma análise cautelosa da escolha do indicador a ser utilizado, considerados também os aspectos econômicos para aplicação do mesmo.

Ao finalizar esta unidade, concluímos o estudo dos principais conteúdos referentes à recuperação de áreas degradadas pela extração de substâncias minerais, bem como as desenvolvidas em propriedades rurais como a agricultura e pecuária. Além disso, aprendemos que ferramentas como o monitoramento e avaliação de áreas em processo de recuperação são essenciais para verificar se as técnicas empregadas foram bem-sucedidas ou não para efetivação da restauração/reabilitação/recuperação da área que encontrava-se degradada.

Sem medo de errar

Olá, aluno, a partir de agora você deverá responder aos questionamentos apresentados no início da seção. Deste modo, relembre a proposta apresentada: você trabalha em uma empresa que assinou um contrato para realização do projeto de recuperação de duas áreas degradadas, (área de mineração de areia e propriedade rural). Na situação imagine que se passaram cinco anos e você deverá monitorar as áreas para saber se as técnicas de recuperação aplicadas foram bem-sucedidas. No entanto, vale ressaltar, como vimos anteriormente, que o monitoramento deve ser iniciado ainda com seis meses, ou seja, durante a fase de implantação.

Antes de propor as medidas de monitoramento, vamos considerar que as técnicas de recuperação aplicadas para a atividade minerária e propriedade rural, se deram principalmente pela correção do solo e aplicação da técnica de revegetação através do plantio de mudas

e semeadura direta. Além do mais, imagine também que, na área de mineração, após cinco anos, as mudas plantadas se encontram vigorosas, com pouca taxa de mortalidade, além de haver presença de polinizadores. Na propriedade agrícola, onde foi empregado o método de isolamento da área dos fatores de degradação com intuito de induzir a regeneração natural, houve pouco desenvolvimento de indivíduos regenerantes.

Portanto, quais os tipos de indicadores que podem ser utilizados? Quais indicadores podem ser empregados para verificação das áreas em recuperação? Considerando a época da realização do monitoramento, quais indicadores podem ser utilizados após os cinco anos? De acordo com os dados disponíveis da área, as técnicas de recuperação estão sendo bem-sucedidas?

Aprendemos ao longo desta unidade que as principais técnicas de recuperação estão voltadas principalmente para o estabelecimento da paisagem e aplicação de técnicas de revegetação. Deste modo, vários indicadores ambientais podem ser utilizados para analisar se as técnicas utilizadas estão sendo eficientes ou não.

Para o monitoramento pode ser utilizado tanto indicadores quantitativos quanto qualitativos, este último citado pode ser feito pela observação do aspecto de conservação do solo, desde que realizado por um profissional experiente. Já os indicadores quantitativos, no entanto, são mais precisos, por serem baseados em números e não em opiniões pessoais.

Vários indicadores quantitativos podem ser utilizados ao longo do processo de monitoramento, tais como aqueles que se referem à composição, estrutura e funcionamento das áreas analisadas. Estes indicam as características ambientais das áreas em restauração, pois refletem o estado de complexidade da diversidade biológica do ecossistema em questão.

Os indicadores referentes à composição abrangem as espécies e os grupos que integram a comunidade vegetal, sendo citados a seguir: número e proporção entre espécies vegetais nativas com populações persistentes; presença e abundância de espécies de gramíneas e árvores exóticas invasoras e não invasoras; presença e proporção de grupos funcionais (classes sucessionais, tolerância à sombra, entre outras); e presença de árvores, arbustos, ervas, trepadeiras, etc.

Já a estrutura refere-se à forma como a comunidade vegetal encontra-se organizada espacialmente. Dentre alguns indicadores podemos citar: altura média do dossel, cobertura do solo pela copa das árvores; biomassa por área; densidade de plantas; e estratificação (distribuição vertical das plantas).

E por fim, em relação ao funcionamento da área analisada, envolve o restabelecimento de processos ecológicos que permitem a autoperpetuação da comunidade vegetal. Como exemplos, tem-se: taxa de fixação de carbono; polinização; dispersão de sementes; sucessão secundária; ciclagem de nutrientes, formação de serrapilheira; capacidade de infiltração da água no solo; restabelecimento da fauna, entre outros.

Não somente a escolha dos indicadores é um fator essencial, mas também a época de análise em que cada um deve ser utilizado. Após os cinco anos, deverão ser utilizados indicadores adequados para a fase de vegetação formada, ou seja, neste momento, por meio de indicadores é possível avaliar o sucesso ou não da restauração da área. Nesta fase a comunidade vegetal pode então ser avaliada em relação aos seus aspectos fisionômicos, como estratificação (presença ou não de estratos da floresta restaurada), levantamento florístico de espécies não arbóreas, regeneração natural, cobertura de gramíneas, ciclagem de nutrientes, acúmulo de biomassa e avaliação da fauna.

De acordo com os dados fornecidos das áreas, pode-se verificar que as técnicas de aplicação voltadas para a área de mineração estão apresentando aspectos positivos, tanto pelo vigor das plantas apresentado, como pela presença de polinizadores. No entanto, na propriedade agrícola, a técnica de indução da regeneração natural através do isolamento da área, deve ser revista, necessitando de interferência, tratos culturais (adubação e controle de gramíneas invasoras, por exemplo), ou até mesmo a mudança da estratégia aplicada, podendo ser feito o enriquecimento da área com plantio de herbáceas, arbusto ou até mesmo espécies arbóreas.

Bem, concluímos o estudo da terceira da unidade deste livro, e não se esqueça de incluir em seu relatório todas as técnicas recomendadas para recuperação de áreas degradadas pela mineração e propriedade rural, bem como os meios de monitoramento indicados para análise de ambas as áreas.

Avançando na prática

Monitoramento de recuperação de mata ciliar

Descrição da situação-problema

Imagine que você foi contratado para fazer a primeira inspeção em uma área de mata ciliar que se encontra em estado de recuperação. Portanto, para avaliar a área você deve selecionar alguns indicadores ambientais. Nesta situação considere que foi realizado o plantio de mudas arbóreas para recuperação da área e que tenha se passado um ano desde o início do processo de recuperação. A área apresenta alguns aspectos, como mudas com aspectos de desnutrição, além do ataque de formigas; o que ocasionou morte de algumas plantas. Deste modo, a partir da situação apresentada faça um relatório incluindo as seguintes observações: quais indicadores ambientais devem ser utilizados nesta fase? Deverá ser tomada alguma medida para manutenção da área?

Resolução da situação-problema

Na primeira inspeção devem ser utilizados indicadores ambientais indicados para o período de implantação, e que venham caracterizar a situação da área em processo de recuperação. Entre os indicadores disponíveis, têm-se: a cobertura vegetal do solo, cobertura da área por gramíneas exóticas agressivas, taxa de sobrevivência do plantio, índices de herbívora e de deficiência de nutrientes nas mudas ou regenerantes, número de espécies por área (riqueza), indivíduos por hectares plantados ou regenerantes (densidade), bem como a altura das mudas que foram plantadas.

O processo de monitoramento é essencial, pois a partir deste, é possível verificar alguns problemas que podem ocorrer ao logo da recuperação. Diante da situação apresentada, deverá ser feita adubação das mudas, bem como o controle de formigas para a manutenção da área em recuperação. Além do mais, deverá ser calculada a taxa de sobrevivência para determinar se será necessário fazer o replantio.

Portanto, as informações descritas acima deverão ser utilizadas para compor o relatório da primeira inspeção da mata ciliar que se encontra em estado de recuperação.

Faça valer a pena

1. Os indicadores ecológicos são usados para avaliar ecossistemas em restauração, sendo que estes devem possuir alguns requisitos fundamentais como facilidade de medição e clareza. Deste modo, vários indicadores ecológicos podem ser utilizados para monitoramento de ecossistemas em restauração ou reabilitação, segundo a composição, estrutura, e funcionamento da área analisada.

Marque a alternativa que contém um indicador ecológico que se refere à estrutura da área:

a) Gramíneas invasoras.
b) Taxa de fixação de Carbono.
c) Altura média do dossel.
d) Árvores exóticas.
e) Formação de serrapilheira.

2. O sucesso da implantação de um projeto de recuperação envolve vários parâmetros que devem ser avaliados em diversas fases, como planejamento, execução da recuperação, além do monitoramento e avaliação da área após início da recuperação. Neste contexto, não somente aplicar as técnicas de recuperação é importante, mas também a verificação da eficiência dos métodos empregados, sendo o monitoramento essencial para o acompanhamento da situação da recuperação.

Sobre o monitoramento de áreas que estão sendo recuperadas assinale a alternativa correta:

a) É exigido monitoramento da recuperação da área degradada somente para projetos oriundos de licenciamento, como atividade minerária.
b) Na restauração obrigatória um agente público precisará atestar que a restauração ocorreu de forma adequada.
c) Não cabe ao empreendedor ter que comprovar se a vegetação atingiu um estágio no qual não requer mais manutenção.
d) Em caso de reparação de dano ambiental não é obrigatório o monitoramento da área que se encontra em processo de recuperação.
e) Em casos de restauração obrigatória não é de responsabilidade do empreendedor ou do autuado o monitoramento.

3. Analise as afirmativas a seguir:

I. O monitoramento deve ser baseado em três fases: Implantação (1-12 meses), Pós-implantação (1-3 anos), e Fase de vegetação formada (4 ou mais anos).
II. Na fase de pós-implantação da área em recuperação recomenda-se inspeções semestrais, onde são realizadas algumas avaliações referentes à identificação taxonômica.
III. Os indicadores quantitativos, como análise visual da conservação do solo, apresentam maior segurança e transparência por serem baseados em números em vez de opiniões pessoais.
IV. Os indicadores "universais" incluem cobertura do solo por espécies lenhosas, estratificação, fitofisionomia e presença de espécies lenhosas invasoras.

Marque a alternativa que exibe somente as afirmações corretas.

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

Referências

ALMEIDA, R. O. P. O.; SÁNCHEZ, L. E. Revegetação de áreas de mineração: critérios de monitoramento e avaliação do desempenho. **Revista Árvore**, v. 29, n. 1, p. 47-54, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v29n1/24234>. Acesso em: 30 nov. 2017.

ANDRADE, G. F. de. **Proposta Metodológica de indicadores para Recuperação de Áreas Degradadas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro, 2014. 116 p.

ANDRADE, M. G. de et al. Metais pesados em solos de área de mineração e metalurgia de Chumbo. I – fitoextração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1879-1888, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832009000600037&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 7 mar. 2018.

ANJOS, J. A. S. A.; SÁNCHEZ, L. E.; BERTOLINO, L. C. Remediação de áreas contaminadas: proposições para o sítio da Plumbum em Santo Amaro da Purificação - BA. In: **Projeto Santo Amaro - BA, aglutinando ideias, construindo soluções:** diagnósticos. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2012. Cap.10, p.103-130.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13030: Coletânea de normas de mineração e meio ambiente**. Rio de Janeiro: ABNT/CVRD, 1993. 58 p.

BITAR, O. Y. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na Região Metropolitana de São Paulo**. São Paulo, 1997. 185 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mineral) – Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo.

_____. et al. Indicadores geológicos-geotécnicos na recuperação ambiental de áreas degradadas em regiões urbanas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 7, 1993, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: ABGE, 1993, v. 2, p. 177-183.

BRANCALION, P. H. S. et al. Avaliação e Monitoramento de Áreas em Processo de Restauração. In: MARTINS, S.V. (Org.). **Restauração Ecológica de Ecossistemas Degradados**. Viçosa: UFV, Cap. 9, p. 262-278, 2012.

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 30 set. 2017.

CORRÊA, R. S. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração no Cerrado**: Manual para revegetação. Brasília: Universa, 2006. 187 p.

DURIGAN, G. O uso de indicadores para monitoramento de áreas em recuperação. In: GLEHN, H. C. V. et al. Monitoramento de áreas em recuperação: subsídios à seleção de indicadores para avaliar o sucesso da restauração ecológica. **Cadernos da Mata Ciliar**, São Paulo, n. 4, p. 11-39, 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/292612146_Monitoramento_de_areas_em_recuperacao>. Acesso em: 30 nov. 2017.

FANTINATI, M. R.; NOGUEIRA, P. L. Proposta de recuperação de uma área degradada pela extração de areia na região metropolitana de São Paulo. **Anais...** SIMPOI 2015.

FARIAS, Y. P.-T. M. M; LEMOS, J. L. S. Aplicação de microorganismos na remediação de áreas contaminadas por metais pesados. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 16, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008.

FERREIRA, J. M. C.; VIEIRA, D. L. M.; WALTER, B. M. T. **Transposição de "Topsoil" (camada superficial do solo) para a restauração ecológica no Cerrado**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2015. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Comunicado Técnico, 197). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1033829/1/comunicadotecnico197.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2017.

GLEHN, H. C. V. et al. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo – SMA. Monitoramento de áreas em recuperação: subsídios à seleção de indicadores para avaliar o sucesso da restauração ecológica. **Cadernos da Mata Ciliar**, São Paulo, n. 4, 2011. 63 p. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/292612146_Monitoramento_de_areas_em_recuperacao>. Acesso em: 30 nov. 2017.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Resolução SMA - 8, de 31 de janeiro de 2008**. Fixa a orientação para o reflorestamento heterogêneo de áreas degradadas e dá providências correlatas. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/2008_Res_SMA_08.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2017.

_____. Secretaria de estado do meio ambiente. Resolução SMA nº 32, de 03 de abril de 2014. **Estabelece as orientações, diretrizes e critérios sobre restauração ecológica no Estado de São Paulo, e dá providências correlatas**. Disponível em: <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/legislacao/2016/12/Resolu%C3%A7%C3%A3o-SMA-032-2014-a.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO – IBRAM. Técnica de Meio Ambiente. Grupo de Trabalho de Redação. **Mineração e meio ambiente**. Brasília: Ibram, 1992, 114 p.

KOBIYAMA, M.; MINELLA, J. P. G.; FABRIS, R. Áreas degradadas e sua recuperação. **Informe Agropecuário**, v. 22, n. 210, p. 10-17, 2001.

KOCHHMANN, R. A.; DENARDIN, J. E. **Implementação e manejo do sistema de plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 36 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 20). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/850206/1/CNPTDOCUMENTOS20IMPLANTACAOEMANEJODOSISTEMAPLANTIODIRETOFL13398.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2017.

LAUS, R. et al. Microesferas de quitosana reticuladas com tripolifosfato utilizados para remoção da acidez, Ferro (III) e Manganês (II) de águas contaminadas pela mineração de carvão. **Química Nova,** v. 29, n. 1, p. 34-39, 2006.

LIMA, H. M. de; FLORES, J. C. do C.; COSTA, F. L. Plano de recuperação de áreas degradadas versus plano de fechamento de mina: um estudo comparativo. **Rem: Revista Escola de Minas**, v. 59, n. 4, p. 397-402, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rem/v59n4/v59n4a064.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2017.

NAVE, A. G. et al. **Manual de restauração ecológica**: técnicos e produtores rurais no extremo sul da Bahia. São Paulo: LERF/ESALQ/USP: Bioflora Tecnologia da Restauração, 2015. 58 p. Disponível: <http://www.viveirobioflora.com.br/files/file_texto_123.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2017.

NEPOMUCENO, A. N.; NACHORNICK, V. L. **Estudos e técnicas de recuperação de áreas degradadas**. Curitiba: InterSaberes, 2015. 221 p.

PIMENTA, I. L. de A. A. **Fechamento de mina**. 2012. 50 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Recursos Minerais) – Curso de Especialização em Engenharia de Recursos Minerais, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012. Disponível em: <http://www.ceermin.demin.ufmg.br/monografias/51.PDF>. Acesso em: 30 nov. 2017.

PORTAL EMBRAPA. **Forest Code**: contributions for rural environmental compliance. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/codigo-florestal>. Acesso em: 23 nov. 2017.

RODRIGUES, R. R. (Coord) et al. **Protocolo de Monitoramento para Programas e Projetos de Restauração Florestal.** Disponível em: <http://docs.wixstatic.com/ugd/5da841_c228aedb71ae4221bc95b909e0635257.pdf>. Acesso em: 7 mar. 2018.

ROEL, A. R. A agricultura orgânica ou ecológica e a sustentabilidade da agricultura. **Revista Internacional de Desenvolvimento Local**, v. 3, n. 4, 2002.

SANTOS, H. P. dos et al. **Princípios básicos da consorciação de culturas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 28p.

SOUZA, P. A. de et al. Estabelecimento de espécies arbóreas em recuperação de área degradada pela extração de areia. **Cerne**, v. 7, n. 2, p. 43-52, 2001. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74470205>. Acesso em: 15 nov. 2017.

TAVARES, S. R. da L. et al. **Curso de recuperação de áreas degradadas**: a visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 228 p. (Série Documentos, 103).

WADT, P. G. S. et al. **Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2003. 29 p. (Embrapa Acre. Documentos, 90). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/498802/1/doc90.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2017.

WILLIANS, D. D.; BUGIN, A.; REIS, J. L. B. C. (Coords.). **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação**. Brasília: WILLIANS et al., 1990. 96 p.

Identificação e estratégias de controle de impactos ambientais

Convite ao estudo

Olá, aluno! Na unidade anterior aprendemos algumas das principais técnicas de recuperação e manejo de áreas degradadas por atividades agropecuárias, visando à sustentabilidade ambiental. Além disso, estudamos os indicadores comumente utilizados para monitorar a recuperação de áreas degradadas. Agora, nesta última unidade, você conhecerá conteúdos relativos a degradação do solo e bacias hidrográficas, seu controle e manejo por meio de técnicas de bioengenharia, bem como compreender o plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD). Para tanto, vamos supor a seguinte situação: o munícipio de Lisbela faz parte da mesorregião de um grande centro urbano e está localizado em uma importante bacia hidrográfica. Nos últimos anos, o crescimento urbano duplicou criando uma demanda por infraestrutura no município. Uma construtora interessada na construção de um condomínio de alto padrão e também responsável pelas obras de infraestrutura, contratou você para incluir nos seus projetos soluções ambientalmente sustentáveis, além de participar no processo de licenciamento. Na primeira vistoria da região, você verificou a existência de um solo completamente exposto à ação das chuvas, o que provocou o surgimento de uma voçoroca, além do assoreamento de um dos rios da região. A fim de cumprir com a necessidade da construtora para a qual você trabalha e ainda sanar o os problemas ambientais diagnosticados, seu estudo permitirá a elaboração de um relatório que será dividido em três etapas:
I - A primeira se refere a ampliação e pavimentação de um sistema viário existente, no qual você deverá propor formas para contenção da voçoroca sem onerar demais o projeto,

visto que seu orçamento é restrito, e ainda melhorar o aspecto final da obra; II – Em seguida, com vistas à conservação da bacia hidrográfica, você indicará uma estratégia de infraestrutura verde para o empreendimento do condomínio. III – Na última etapa você deverá apresentar os elementos necessários para elaborar um Plano de Recuperação de Área Degradada que fará parte da documentação para a solicitação da licença ambiental da obra do condomínio, que fica localizado em uma antiga fazenda de gado, adjacente em toda sua maior extensão a um curso d'água e, ainda, vizinho a uma unidade de conservação. Após a realização das três etapas, o seu serviço será concluído e você deverá entregar a seu supervisor um relatório contendo o diagnóstico ambiental e uma proposta de PRAD, documento técnico que contemple todas as informações necessárias para execução da obra e melhoria da qualidade ambiental do município de Lisbela.

Nesse momento, você deve estar se questionando: o que será Bioengenharia? Como esse assunto corrobora com Planos de Recuperação Ambiental de Bacias Hidrográficas? Você verá as respostas no decorrer desta unidade, por isso, aproveite ao máximo os conteúdos apresentados. Você está no caminho certo, bons estudos!

Seção 4.1

Degradação de solo e técnicas de controle

Diálogo aberto

Como visto no início desta unidade, o município de Lisbela está preocupado com as obras de desenvolvimento urbano que estão iminentes a acontecer. A empresa que contratou você irá aumentar e pavimentar uma via de terra que passa por antigas fazendas de gado da região. O uso indiscriminado do solo pelas pastagens provocou a diminuição da qualidade do pasto e, por consequência, a diminuição gradativa da produção pecuária, o que levou os fazendeiros da região a abandonarem grandes extensões de terra. O solo exposto às intemperes climáticas formaram uma voçoroca próxima à estrada de terra que sua empresa pretende ampliar e pavimentar. O tipo de erosão predominante é o ravinamento, porém, em um trecho, o mesmo evolui para uma voçoroca que apresenta dimensões de tamanho médio (no seu maior comprimento 67 m e na largura 37 m) com profundidade de 8 metros e taludes de declividade máxima de 45%. Quais são as técnicas de bioengenharia apropriadas para a contenção dessa voçoroca? Quais critérios para escolha das espécies vegetais utilizadas nas técnicas de bioengenharia para recuperação de voçorocas? Quais os pontos principais para planejar adequadamente a contenção da voçoroca em questão?

Não pode faltar

O solo é um recurso natural fundamental para a vida na terra, tanto quanto a água e a atmosfera. Algumas das principais funções do solo são dar sustentação mecânica e substrato para o desenvolvimento da vegetação (água e nutrientes), controlar do fluxo da água e ação protetora da qualidade da água subterrânea e é responsável pelos principais ciclos biogeoquímicos, como o da água, o do carbono e o dos nutrientes.

Assimile

Segundo o Embrapa (1999), o solo é uma coleção de corpos naturais constituídos por partes sólidas (matéria viva e estruturas), líquidas (água) e gasosas (ar e outros gases), tridimensionais, presentes ao longo da crosta terrestre e que podem ser utilizados para produção de vegetais.

Existem vários tipos de degradação de solos, bem como diferentes causas, alguns exemplos são a desertificação que podem ser antrópicas ou naturais, acidificação (solos lixiviados com pH < 0,7), salinização (solos onde ocorre a irrigação e os sais ficam na superfície) e a erosão dos solos. A erosão ocorre principalmente em solos expostos e em áreas rurais, não é comum dar-se em locais com declividade muito acentuada. Isso diferencia a erosão do movimento de massas, por exemplo, um escorregamento onde é necessário haver uma forte inclinação (maior que 20o) e que é agravado em solos demasiadamente rasos. Entre os fatores que desencadeiam a erosão, podemos destacar: propriedades químicas e físicas, erosividade da chuva (energia cinética da chuva no solo), forma, comprimento e declividade da encosta e uso e manejo do solo.

Pesquise mais

Entenda melhor o que é Pedologia, ciência que estuda os solos, um pouco de sua história, sua importância para a vida na Terra. Saiba qual o papel das pesquisas sobre solo no Brasil e como são feitas as análises e a classificação. Conheça o Manual de Técnico de Pedologia editado pelo IBGE em 2015, trabalho de mais de 30 anos dos pesquisadores do instituto. Assista o vídeo "IBGE Explica – Pedologia". Canal oficial do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Disponível em: <https://youtu.be/fjfI6YOifBc>. Acesso em: 11 nov. 2017

O conceito de bioengenharia remete a técnicas as quais podem estar relacionadas a inserção de matérias inertes e estruturas físicas, consorciadamente a matérias vegetais, visando a recuperação de áreas degradadas (DURLO, SUTILI, 2012). No entanto, tais técnicas de engenharia natural também podem ser associadas a técnicas convencionais (CAMPBELL et al. 2008), principalmente em casos

de processos erosivos de grande magnitude que possam levar a situações catastróficas. Segundo Dias, Santos e Gomes (2012), conhecimentos de pedologia, geologia, biologia, engenharia, ecologia, dentre outros, são necessários para aplicação da bioengenharia, perfazendo uma disciplina multidisciplinar.

As intervenções que usam a bioengenharia apresentam um custo relativamente baixo, isso devido, principalmente, a requisitos técnicos simples para instalação e manutenção. Em regiões tropicais e semitropicais, essa técnica tem encontrado largo campo de aplicação, visto que nessas regiões as condições climáticas são favoráveis para crescimento da vegetação na maior parte do ano. O monitoramento de sistemas de bioengenharia de solos demostra um alto desempenho inicial, sua capacidade de suporte aumenta com o tempo e conforme a vegetação se estabiliza, mesmo que plantas morram, raízes e superfícies orgânicas continuam tendo um papel importante durante o restabelecimento de outras plantas (LEWIS, 2000).

Pesquise mais

Conheça um pouco mais sobre a "Evolução histórica e estado da arte da bioengenharia de solos" no site do Instituto de Pesquisas Tecnológicas.

BIOENGENHARIA DE SOLOS: Técnicas para recuperar, estabilizar ou restaurar áreas degradadas por processos erosivos. Disponível em: <http://www.ipt.br/centro_de_tecnologia_de_recursos_florestais/coluna/19-13-bioengenharia_de_solos.htm>. Acesso em: 12 dez 2017

De acordo com Araújo, Almeida e Guerra (2005), os benefícios dos métodos de bioengenharia podem ser descritos em quatros grupos: vantagens técnicas, ecológicas, econômicas e estéticas. Dentre os principais benefícios, podemos citar o aumento na estabilidade das encostas por meio de reforço e drenagem do solo pelas raízes, a regulação da umidade e temperatura próximas à superfície, a utilização de materiais biodegradáveis, a criação de áreas agricultáveis e de lazer que se integram à paisagem reduzindo da poluição visual.

Em relação aos materiais utilizados nas técnicas de bioengenharia, verifica-se desde pedras até estruturas robustas construídas com ferro

e concreto, em conjuntos com materiais naturais e/ou vegetativos. Isso ocorre uma vez que, em alguns casos, os materiais atuam como suporte para aplicação de técnicas naturais (DURLO, SUTILI, 2012).

Ainda, de acordo com Durlo e Sutili (2012), as formas das estruturas, bem como a utilização dos materiais dependerá das condições do local e seus aspectos, podendo ser empregada técnicas utilizando mantas geotexteis, hidrosemeadura, entre outros. Em áreas de instabilidade do solo, como em talvegue e locais de declividade acentuada, faz-se jus o uso de técnicas de bioengenharia para evitar processos erovisos.

Reflita

As técnicas convencionais de contenção de encostas podem ser consideradas mais seguras que as técnicas da bioengenharia?

A vegetação tem sido utilizada na engenharia há séculos no controle de processos erosivos e como proteção e reforço em obras civis Dentre as técnicas de bioengenharia, destacam-se estacas e feixes vivos, ramos envelopados ou em camadas, paliçadas, hidrosemeadura, mantas de arbustos ou geotexteis, técnicas combinadas e/ou adaptadas, dentre outras (ARAÚJO et al, 2013). No Quadro 4.1 a seguir, são apresentadas algumas das principais técnicas utilizadas com uma breve descrição de suas principais característica e função.

Quadro 4.1 | Algumas das principais técnicas de Bioengenharia de solos

Técnica	Breve descrição	Característica e função
Estacas vivas	Estacas de aproximadamente 40 cm.	Fácil aplicação, manuseio, elaboração e transporte. Podem ocorrer o surgimento de brotos, condicionando o desenvolvimento de uma planta.
Feixes (*brushlayering*)	Utilizados nos leitos fluviais ou encostas menores, é constituído de ramos amarrados, sendo fixados por meio de pedras e estacas.	Uma vez que recobrem os leitos fluviais, fornecem proteção física, evitando os processos erosivos. Ocorre o desenvolvimento da vegetação.

Esteiras	Ramos alocados no talude utilizando bambu ou arame e fixados dentro da água, com sua base presa por pedras e/ou troncos. É coberto por uma fina camada de solo.	Utilizados em taludes fluviais, tem função parecida com o feixe, porém em maiores proporções. Suportam altas tensões provenientes do impacto frontal da água.
Tranças	Assim como as esteiras são constituídos de ramos longos, com bases encravadas no solo e são trançados entre pilotos.	Inadequados para áreas onde há impacto frontal da água. Em geral, aplica-se em pequenos cursos hídricos.
Banquetas	Consiste de degraus transversais à inclinação do talude, constituídos de estacas presas com madeira e/ou pedras e cobertas com solo.	Utilizadas em áreas de rodovia (talude artificial), proporcionando a retenção de sedimentos.
Bermalonga	Cilindros de fibras vegetais, prensadas e envolvidas por uma rede resistente de polipropileno.	Retentores de sedimentos provenientes do escoamento superficial.
Solo envelopado verde	Biomanta aplicada em camada de solo previamente compacto, fixado por meio de estacas vivas.	Recomposição de taludes, contenções de erosões e envelopamento de aterros.
Geotêxteis	Malhas elaboradas com restos ou fibras vegetais degradáveis. Constituídos de sementes e adubos, são fixadas no talude.	De rápida estabilização, não ocasiona a impermeabilização do solo como outras técnicas.
Hidrossemeadura	Uma mistura de sementes, água, cola e adubo. São inseridas no talude.	Aplica-se por meio de maquinário, o qual "dispara" sementes no talude.
Plantio de mudas	Mudas de viveiros com, no mínimo 1 metro de comprimento. Opta-se por leguminosas e são dispostas ao longo do talude.	Deve-se escolher as espécies de acordo com a formação vegetal do local, evitando espécies exóticas e/ou exóticas invasoras.

Fonte: adaptado de Durlo e Sutili (2005).

Alguns fatores são críticos e devem ser considerados em projetos que utilizam técnicas da bioengenharia de solos, isso por se tratarem de técnicas que em sua maioria utilizam vegetais vivos para contenção e estabilização de voçorocas. Os fatores edáficos (inerentes às características do solo) são os primeiros a serem observados. Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1999), o conhecimento das características físicas do solo, como cor, textura, estrutura e porosidade auxiliam nos processos de controle de erosão.

A compactação do solo é determinada pelas características de suas estruturas, influenciando na infiltração, desenvolvimento de raízes e susceptibilidade a processos erosivos (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008). Entre os fatores abióticos, a temperatura é muito importante, pois regula as atividades fisiológicas das plantas ao controlar a velocidade das reações químicas. O aumento da temperatura no solo acarreta o aumento da respiração no sistema radicular, elevando a demanda de oxigênio e isso pode provocar **anoxia** no solo (COUTO et al., 2010). Quando associadas ao estresse hídrico e a altas taxas de luminosidade, as plantas apresentam maiores danos em decorrência das elevadas temperaturas do ambiente, reduzindo a sobrevivência.

Vocabulário

Anoxia é o termo usado para indicar a completa ausência de oxigênio em um ambiente.

Outro fator importante a ser considerado é a precipitação, pois ao atingir o solo, a chuva infiltra de acordo com propriedades físicas dele. Se a taxa de precipitação exceder a taxa de infiltração, ocorrerá o escoamento superficial, sendo o excesso de água drenado para os cursos d'água. Embora seus efeitos sejam favoráveis à vida das plantas, a água da chuva em solos expostos exerce forte erosão, removendo enorme quantidade de terra. Além disso, a acidez ou alcalinidade (pH) relativa do solo é importante tanto para indicar a necessidade de correção, quanto para a escolha das espécies que serão sugeridas para plantio. Segundo Pereira (2008), apesar da maioria dos indivíduos vegetais possuírem melhores indicies de desenvolvimento nas faixas de pH entre 5,5 e 7,0, existem espécies adaptadas a ambientes com maior acidez ou salinidade, consideradas plantas chave em um PRAD. A quantidade de matéria orgânica no solo interfere na quantidade de nutrientes disponíveis para as plantas. Solos desprovidos ou com baixo aporte de matéria orgânica necessitam de inclusão de fertilizantes para o bom desenvolvimento das plantas que serão inseridas no sistema.

Por último, mas não menos importante, o fogo também deve ser considerado, pois áreas degradadas estão na maioria das vezes

expostas a incêndios na época mais seca do ano. O fogo pode estressar as plantas individualmente por consumir reservas que sustentam o seu crescimento, bem como comunidades inteiras por reduzir a fertilidade e a umidade do solo. A resposta individual das plantas ao fogo envolve alterações morfológicas e fisiológicas individuais, enquanto, na comunidade, pode ocorrer uma variedade de situações, desde aceleradas taxas de extinção até a introdução de novas espécies de plantas (HERINGER; JACQUES, 2001). Segundo Couto et al (2010), a ocorrência de queima na parte das arvores não ocasionará problemas em áreas impactadas, desde que o sistema radicular não seja comprometido, pois auxilia na proteção e estabilidade do solo e possibilitará a recuperação e rebrota da planta.

As raízes das plantas associadas à vida existente nos solos podem promover sua estabilização em camadas superficiais até 1,5 metros (DIAS; SANTOS; GOMES, 2012). Contudo, a seleção das espécies de plantas utilizadas nas técnicas de bioengenharia é de extrema importância para o sucesso do projeto. A vegetação quando não for bem selecionada e implantada pode causar efeitos indesejáveis, por exemplo, se são plantadas espécies que necessitam de muita água, ocorrerá redução da umidade no solo, que pode causar trincas na superfície, no caso do plantio de algumas espécies de árvores muito altas e pesadas, elas aumentam as forças atuantes e podem acarretar um novo escorregamento. Por outro lado, a escolha correta das plantas permite obter sucesso na estabilidade.

No controle da erosão, as plantas mais eficientes são as de folhas curtas e espessas, raízes profundas que apresentam altos níveis de tolerância e aumentam os efeitos do atirantamento do solo (PEREIRA, 2008). Este mesmo autor descreve mais de 20 espécies de leguminosas e 30 espécies de gramíneas que podem ser utilizadas em projetos de contenção de estabilização de voçorocas. As **Leguminosas** apresentam raízes com arquitetura e profundidade extremamente apropriadas para estabilização de solos, além disso, nas raízes de algumas leguminosas pode-se observar a ocorrência de nódulos, que são as estruturas especiais que abrigam as bactérias fixadoras de nitrogênio da atmosfera em compostos orgânicos que são utilizados pelas plantas. Essas plantas desempenham uma importante função na incorporação de matéria orgânica e como adubo verde na recuperação de áreas degradadas.

Exemplificando

São exemplos de espécies de **Leguminosas** utilizadas como adubo verde: Crotalária (*Crotalaria ochroleuca* e C. *juncea*), Guandu-arbóreo (*Cajanus cajan*), Estilosantes (*Stylosantes capitata*), Mata-Pasto (*Senna alata*), Piteira (*Senna pendula*) e Sesbania virgata

As gramíneas possuem um sistema fotossintético muito eficiente, produzem grande quantidade de sementes, e ainda um sistema radicular fasciculado em que as raízes secundárias são ramificadas e numerosas, alcançando pelo menos 1 metro de profundidade no solo. Além disso, essas plantas são apontadas como o grupo vegetal mais bem adaptado à queima em função de sua rápida capacidade de regeneração (COUTINHO, 1994). O conjunto dessas características as tornam muito apropriadas para o uso em projetos de recuperação de áreas degradadas por processos erosivos do solo utilizando técnicas de bioengenharia.

Vocabulário

Raiz fasciculada: caracterizada por vários eixos, ramificados ou simples. As ramificações tendem a apresentar pouca variação em espessura e comprimento, sem distinção dos eixos (principal e secundários). Plantas como o milho, trigo, arroz e todas as gramíneas apresenta essa estrutura.

As principais variáveis para determinação do mix de espécies, isto é, do conjunto de sementes de espécies vegetais a serem utilizadas nos projetos são objetivo, tipo de impacto, topografia, fertilidade do solo, biodiversidade do local e prazo para desenvolvimento. Essas variáveis permitem determinar as espécies a serem utilizadas, verificando a tolerância, a profundidade da raiz, a longevidade, a proteção requerida, entre outros (PEREIRA, 2008).

O planejamento de recuperação de voçorocas utilizando técnicas de bioengenharia requer o plano, as ações e as técnicas propostas, bem como os desenhos em plantas, seções e detalhes, além de relatório e memorial de cálculo, cronograma físico e orçamentos de todo o processo. O planejamento inicial de cada etapa, bem como

as especificações técnicas de execução das obras e materiais, é fundamental para o êxito do projeto.

Dessa forma, a execução do projeto poderá ser conseguida com sucesso em todas as etapas e o processo de controle e qualidade serão assegurados e garantidos (DIAS; SANTOS; GOMES, 2012).

Em escala regional, é necessário avaliar aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos e de uso da terra, o que pode ser feito utilizando mapas temáticos, topográficos, imagens de sensores orbitais ou obtidas operando câmeras alocadas em Drones e VANTS. Alguns fatores devem ser levados em consideração para a elaboração de projeto utilizando a bioengenharia de solos: condições climáticas (precipitação e temperatura), topografia (declividade, formato do terreno, elevação da área), tipo de solo (substrato subjacente, permeabilidade das raízes e da água), locação de canais naturais de drenagem de água e áreas de escoamento superficial do pavimento, tipo da vegetação no local e adjacências e tipo e origem do processo de erosão que provocou o surgimento da voçoroca (LEWIS, 2000).

O cadastro das erosões lineares, que incluem ravinas e voçoroca, constitui o primeiro passo para o controle e recuperação delas e tem como objetivo diagnosticar cada uma das feições erosivas para registrar em ficha de cadastro apropriada (PEREIRA NETO, 2012). Nesta ficha devem ser registradas informações sobre os dados regionais, tais como bacia hidrográfica que a voçoroca se encontra, feições do solo, dados geométricos e caraterização da voçoroca, vegetação predominante, presença de corpo d'água, histórico de uso e ocupação da área e previsão de evolução. A partir dessas informações será possível determinar as medidas de controle, a correção e a recuperação da voçoroca.

Em um plano de contenção e recuperação de uma voçoroca de grande extensão podem ser propostas diferentes técnicas, dependendo da variação de situações encontradas em todos os trechos registrados na ficha de cadastro. Nos trechos de cabeceira, onde o ângulo de inclinação for maior que 80° e comprimentos da ordem maior que 20 metros, são recomendadas técnicas convencionais de contenção de taludes associados a bioengenharia, como muros de gravidade flexíveis em gabião de rochas com drenos para captação do fluxo de água infiltrada no solo. O plantio

de espécies vegetais herbáceas e arbustivas é recomendado entre os degraus do gabião.

Em trechos onde os taludes de voçoroca apresentam menor comprimento e menor inclinação, e existe alguma vegetação, porém com ravinas que geram instabilidade, deve-se propor o preenchimento de cavidades erosivas com retentores de sedimentos. Estes recebem o nome comercial de bermalonga e apresentam diversos comprimentos e diâmetros. As bermalongas devem ser fixadas às camadas de solo mais coeso, finalizando com o preenchimento e a compactação com solo. O cobrimento do solo poderá ser feito com biomantas antierosivas (geotêxtil) confeccionada de diversos materiais, por exemplo, com folhas de palmáceas (BEZERRA, 2013), fibra de coco beneficiada e palha composta por restos de culturas agrícolas (COUTO et al., 2010).

Saiba Mais

Para recuperação de áreas degradadas por obras em rodovias, o Instituto de Pesquisas Rodoviárias, do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (IPR/DNIT), elaborou uma série de Normas Técnicas que especificam procedimentos para execução de serviços referentes a revegetação e contenção de taludes e utilizam técnicas de bioengenharia descritas nas Normas NORMA DNIT 071 a 075/2006 – ES. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/especificacao-de-servico-es>. Acesso em: 10 abr. 2018.

Conduzir a drenagem do curso d'água no interior da voçoroca é essencial para evitar a ocorrência de novos processos erosivos. Assim sendo, devem ser recomendadas canaletas de interceptação no entorno da voçoroca com o escoamento para o interior dela por meio de escadas hidráulicas, conduzindo para a parte inferior do talude em velocidade adequada para não haja desgaste dos canais revestidos com biomantas antierosivas, sob as quais deverá ser semeada uma mistura de sementes de espécies de herbáceas de sistema radicular denso e profundo e para evitar danos de erosão na zona de deságue.

Em projetos de bioengenharia, o material usado, ou parte dele, é vivo (desenvolve, cresce e morre). Isso confere a essas obras

um caráter dinâmico, existindo dois conjuntos de fatores, os desestabilizadores e os estabilizadores. É função da bioengenharia contribuir para que as forças favoráveis à estabilidade prevaleçam sobre as forças desfavoráveis.

Sem medo de errar

Caro aluno, chegou o momento de buscar as respostas para a situação-problema apresentada no *Diálogo aberto*. Vamos relembrar.

A empresa que você trabalha realizará obras de infraestrutura no município de Lisbela. O solo exposto às intemperes climáticas formaram uma voçoroca próxima à estrada de terra que sua empresa pretende ampliar e pavimentar. Então, a primeira etapa do seu trabalho será propor a utilização de métodos da Bioengenharia, a fim de conter e estabilizar a voçoroca existente próxima ao percurso da estrada. Para tanto, você precisa responder às seguintes questões: quais são as técnicas de bioengenharia apropriadas para contenção dessa voçoroca? Quais os critérios para escolha das espécies vegetais utilizadas nas técnicas de bioengenharia para recuperação de voçorocas? Quais os pontos principais para planejar adequadamente a contenção da voçoroca em questão?

As seguintes técnicas de bioengenharia são comumente utilizadas para contenção de voçorocas: I retentores de sedimentos - que podem ser bermalongas utilizadas tanto na detenção e retenção do fluxo de sedimentos, como para preenchimento de cavidades provocadas pelas erosões. II solo envelopado verde - neste caso, a área deverá ser preparada para distender a biomanta (geotêxtil) que formará um envelope, no final, deve-se colocar a bermalonga para evitar o escape de solo, sendo aplicadas estacas vivas de plantas entre uma camada e outra do envelopamento, após proceder à semeadura de espécies vegetais na superfície externa da biomanta. III estacas vivas – são estacas de caules com cerca de 40 cm cravadas no talude para fixarem e se desenvolverem em uma nova planta. IV banquetas – são degraus transversais à inclinação do talude preenchidos com estacas com capacidade de enraizamento e brotação. VI hidrossemeadura – um mix de sementes é lançado mecanicamente sobre o talude junto com uma mistura de água, cola e adubo. V plantio – mudas de espécies de leguminosas

produzidas em viveiros com tamanho acima de um metro de altura e que são plantadas no talude.

Os fatores edáficos, como textura, estrutura e porosidade do solo são de grande importância, pois irão definir a capacidade de retenção da água, com isso a disponibilidade de água para a planta, bem como as condições de desenvolvimento de suas raízes. A temperatura regula as atividades fisiológicas dos vegetais ao controlar a velocidade das reações químicas. O aumento de temperatura associado ao estresse hídrico e a altas taxas de luminosidade reduz a proporção de sobrevivência das plantas. A acidez e a salinidade do solo também são críticos na escolha das espécies vegetais, pois existem plantas tolerantes a níveis elevados as quais são de grande interesse para projetos de recuperação de áreas degradadas. Outro fator importante é a resposta das plantas ao fogo, que envolve principalmente alterações individuais morfológicas e fisiológicas das espécies. As gramíneas são apontadas como a família vegetal melhor adaptada à queima em função de sua rápida capacidade de regeneração após um incêndio.

O planejamento de recuperação de voçorocas utilizando técnicas de bioengenharia requer um projeto descrevendo as ações propostas, especificações técnicas de execução das obras e materiais, desenhos técnicos em plantas e seções, bem como relatório e memória de cálculo, cronograma físico e orçamentos. Dessa forma, a execução poderá ser conseguida com sucesso em todas as etapas e o processo de controle e qualidade serão assegurados e garantidos. Será necessário avaliar em escala regional e local aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos e de uso da terra, o que pode ser feito utilizando mapas temáticos e topográficos. Os fatores que devem ser levados em consideração são: as condições climáticas (precipitação e temperatura), locação de canais naturais de drenagem de água e de áreas de escoamento superficial do pavimento, tipo da vegetação no local e adjacências, tipo e origem do processo de erosão que provocou o surgimento da voçoroca. Esses dados deverão ser cadastrados em uma ficha apropriada, em adição às informações sobre a bacia hidrográfica que a voçoroca se encontra, o histórico de uso e ocupação da área e previsão de evolução do impacto ambiental provocado. A partir dessas informações será possível determinar as medidas de controle, a correção e a recuperação da voçoroca.

Agora, caro aluno, você precisa organizar as informações levantadas, pois farão parte do relatório que será entregue aos seus supervisores ao final do trabalho

Avançando na prática

Manejo de cursos d'água utilizando técnicas de bioengenharia

Descrição da situação-problema

Caro aluno, diversas modificações na dinâmica fluvial acentuaram os processos erosivos no leito e nas margens de um riacho afluente do principal rio do município de Lisbela. Você deverá avaliar situação e propor uma ou mais técnicas da bioengenharia para conter a erosão marginal desse riacho. Então, você deverá responder às seguintes questões: quais serão as informações que deverão ser coletadas inicialmente no campo? Que técnicas de bioengenharia podem ser recomendadas no caso desse riacho? Chegou a hora de praticar!

Resolução da situação-problema

O talude marginal será identificado no campo por meio do reconhecimento do local, sendo levantada as seguintes informações:

- Degradação aparente, utilizando dados qualiquantitativos (cobertura vegetal incipiente, estágio e tipo do processo erosivo).
- Identificação da proximidade do talvegue do leito do rio.
- Dimensões e vazão média do curso d'água.
- Características física como, declividade, textura e estrutura do solo.

Após o diagnóstico inicial, deverá ser realizada a limpeza do leito, o material retirado com pedras e troncos poderão ser reutilizados, portanto, precisam ser depositados em algum lugar adequado próximo ao local da intervenção. Para o tratamento na linha de água, pode-se empregar o arranjo de rochas (enrocamento), esteiras e tranças vivas. As camadas de rochas deverão ser colocadas acima e abaixo do nível da água para atingir a cota máxima e mínima do riacho. A construção do enrocamento de pedras com diâmetro

maior (até 0,60 m), abaixo do nível da água e na parte superior rochas com diâmetro um pouco menor (de até 0,30 m) poderá ser realizada com auxílio de retroescavadeira hidráulica. As esteiras são ramos de espécies vegetais no seu máximo comprimento, são dispostos acompanhando a inclinação do talude e com as suas bases dentro da água, fortemente presas por pedras. Pilotos de madeira com varas de bambu ou arame são usados para fixar os ramos contra o talude, sendo tudo coberto por uma fina cama da de solo. As esteiras costumam ser bem eficientes em taludes nos quais a força da água é de impacto frontal. As tranças, assim como as esteiras, são ramos longos têm suas bases encravadas no solo e são trançados entre pilotos (vivos ou inertes). Essas últimas produzem ótimos efeitos quando utilizadas para proteger a linha d'água em pequenos cursos e para reter sedimentos em taludes que não sofram impacto frontal da água. Os efeitos da proteção são rápidos e logo após a implantação já suportam tensões muito altas. Na parte superior do talude, na margem do riacho, deverão ser realizados os plantios com mudas de espécies arbóreas típicas de florestas ribeirinhas do local.

Faça valer a pena

1. Segundo Dias, Santos e Gomes (2012), conhecimentos de pedologia, geologia, biologia, engenharia, ecologia, dentre outros, são necessários para aplicação da bioengenharia, perfazendo uma disciplina multidisciplinar.

Marque a alternativa correta acerca das técnicas de bioengenharia.

a) A bioengenharia de solo consiste no uso de materiais vegetais em combinação com materiais de suporte que devem ser sempre naturais.
b) As técnicas de engenharia natural não podem ser associadas às técnicas convencionais.
c) Bermalongas podem ser utilizadas tanto na detenção e retenção do fluxo de sedimentos.
d) As estacas vivas são feitas de madeira tratada com fácil implantação e transporte
e) Geotêxteis são biomantas contínuas de fibras vegetais, flexíveis e impermeáveis.

2. Segundo a FAO, "aproximadamente 33% dos solos globais estão degradados. Em nota, o organismo da ONU e a Parceria Global do Solo, lembram que as práticas inapropriadas e a pressão do ser humano estão a intensificar a degradação dos solos, apesar do papel essencial que ele desempenha para a subsistência humana. "
Fonte: Disponível em: <https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/agronegocio/204250-fao-alerta-para-aumento-da-degradacao-dos-solos-a-nivel-mundial.html#.WjJVrd-nG00>. Acesso em: 10 abr. 2018.

Dentre as alternativas sobre solo degradado, marque aquela que é correta.

a) Entre os fatores que desencadeiam a erosão, podemos citar as propriedades químicas e biológicas do solo.
b) Para ocorrer um movimento de massa (escorregamento), é necessário haver uma forte inclinação e é agravado em solos profundos.
c) O solo degradado por salinização ocorre principalmente em áreas irrigadas e com aplicação de fertilizantes em baixa quantidade
d) A erosão ocorre principalmente em solos expostos e em áreas urbanas.
e) Não é comum ocorrer erosão em locais com declividade extremamente acentuada.

3. O que se pretende com implante da vegetação em projetos de engenharia natural é acelerar a sucessão ecológica em solos erodidos ou com perigo de erosão, com o fim de alcançar, o mais rápido possível os efeitos de proteção (DURLO; SUTILI, 2005).

Considerando o enunciado, marque a alternativa correta que possua um conjunto de fatores de seleção de espécies de plantas adequadas a projetos de bioengenharia.

a) Plantas que apresentam raízes profundas com um eixo principal do qual se ramificam as raízes secundárias.
b) Plantas com folhas curtas e delgadas, raízes profundas que apresentam altos níveis de tolerância ao fogo.
c) Plantas com raízes que abrigam bactérias fixadoras de nitrogênio da atmosfera em compostos orgânicos que são utilizados pelo próprio metabolismo das plantas.
d) Plantas com um sistema radicular e caulinar adaptado para sobreviver ao fogo, mas que produzem sementes em quantidade pequenas.
e) Plantas que não possuem um sistema fotossintético muito eficiente.

Seção 4.2

Degradação e manejo de bacias hidrográficas

Diálogo aberto

Olá, aluno. Você viu na seção anterior algumas técnicas da bioengenharia para recuperar impactos ambientais causados pelo uso inadequado do solo e consequente aporte de terra para os cursos d'água na cidade de Lisbela. O município se localiza em uma região de relevo montanhoso, com fragmentos de vegetação em diferentes estágios sucessionais. Agora, na segunda etapa do seu estudo, você vai conhecer algumas das medidas que podem ser tomadas na tentativa de proteger outro bem natural imprescindível para a vida na terra, a água. Você foi contratado por uma construtora para planejar uma estratégia de infraestrutura verde para um condomínio de alto padrão. A área onde o empreendimento está localizado é próxima a um dos riachos e sua nascente, que fazem parte da sub-bacia do município. Portanto, seu trabalho nessa etapa será analisar o zoneamento ambiental da sub-bacia hidrográfica para a elaboração uma proposta de restauração de uma área verde, com vistas à criação de uma zona de amortecimento e/ou corredor ecológico e assim contribuir com a conservação da nascente e seu curso d'agua na área do empreendimento da empresa em que você trabalha. Então, nesta seção, você deve ter em mente as seguintes questões norteadoras: qual a importância da proteção de nascentes para uma bacia hidrográfica? Qual a função dos corredores e áreas de amortecimento? Quais são as estratégias de restauração de uma Bacia Hidrográfica?

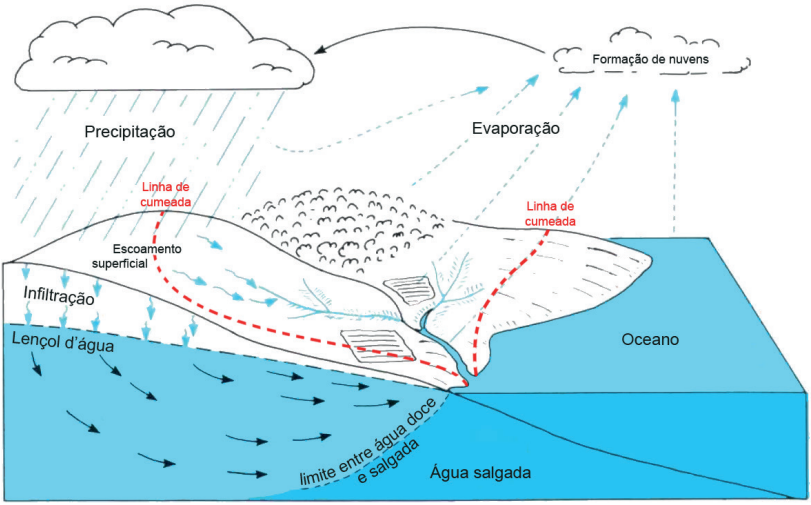
Aproveite ao máximo seus estudos e amplie seus conhecimentos sobre conservação e manejo em bacias hidrográficas.

Não pode faltar

A água é sem dúvida um dos elementos fundamentais para a vida na Terra, a partir dela se formam os nossos rios, lagos, planícies inundáveis e reservatórios, os quais transportam, captam

e armazenam toda a água que necessitamos para continuarmos vivos. Nesse contexto, a atividade voltada para a gestão de recursos hídricos é estrutural para formular princípios e diretrizes, organizar sistemas gerenciais, orientar as políticas públicas para o uso, controle e proteção dos mananciais. Assim, a bacia hidrográfica funciona para os gestores como uma unidade administrativa, com limites definidos pela topografia superficial em que a chuva, ali precipitada, escoa para o rio e seus afluentes (Figura 4.1). A legislação brasileira considera a bacia hidrográfica como territórios de atuação de políticas públicas, destinados ao planejamento e à gestão do uso recursos hídricos.

Figura 4.1 | Representação de uma bacia hidrográfica formada por dois rios e seus afluentes



Fonte: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ciclo_hidrol%C3%B3gico_da_%C3%A1gua.png>. Acesso em: 10 abr. 2018.

Assimile

Barella (2001) define que o conjunto de terras delimitado pelas áreas de maior altitude (divisores de água), onde as aguas proveniente da precipitação escoam, ocasionando a formação de riachos e rios, convergindo para a mesma direção (áreas de menor altitude) é denominada bacia hidrográfica. Ainda, a infiltração da água, abastece os lençóis freáticos, ocasionando o surgimento de nascentes.

O planejamento ambiental dos recursos hídricos é essencial para a organização dos territórios (LANDIM NETO et al., 2014). Nesse sentido, o zoneamento ambiental é um instrumento técnico de apoio à criação do planejamento ambiental (SILVA; RODRIGUES, 2014). A Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Federal 6.938/81) estabeleceu, entre seus instrumentos de execução, o zoneamento ambiental. No entanto, foi regulamentado apenas em 2002, segundo Decreto nº 4.297, quando o Zoneamento Ambiental passou a ser denominado Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE). Por meio das diretrizes metodológicas do ZEE, o decreto estabeleceu os objetivos, as diretrizes, os produtos e as condições para execução de projetos em Território Nacional (MMA, 2006).

O zoneamento é uma ferramenta para o administrador que permite delimitar áreas concretas para a gestão ambiental, facilitando a definição e a espacialização de impactos e tarefas gerenciais (SILVA; SANTOS, 2011). No entanto, é necessário considerar que a definição das zonas deve ser produto de um parecer interdisciplinar, que examina o território de forma integral.

Outra questão importante é perceber que as zonas não são completamente homogêneas, o que ocorre na realidade é que seus componentes apresentam um alto grau de similaridade na paisagem. Mas, quando observamos a paisagem, em um determinado tempo e escala, podemos perceber a diversidade nos seus componentes.

Sendo assim, o que não se deve esquecer é a existência do **continuum** das relações funcionais, que se expressam diversamente em diferentes escalas de observação (SILVA; SANTOS, 2011).

Vocabulário

Continuum, do latim (kon'tinuum), condiz a processos, ações ou sequencias com variações imperceptíveis ou indefinidas. Ainda, pode ser associada a áreas de transição de comunidades ecológicas (ecótonos), sem a distinção do local de início e/ou termino da mesma (Michaelis, 2018).

Dessa forma, o zoneamento ambiental não pode ser visto como um simples mapeamento de questões ambientais por imagem de satélite ou fotos aéreas, bem como as zonas não podem ser

interpretadas como um controle ou uma restrição excessiva a qual imobiliza a ação gerencial do administrador. Também é necessário atentar para que o zoneamento ambiental não se torne apenas um apanhado de dados que caracterizam o meio, como relevo, vegetação e uso da terra, é preciso uma melhor análise integrada entre os dados ambientais e sua relação com as necessidades do homem. Então, ao analisar um determinado espaço geográfico, é indispensável não se restringir apenas aos seus elementos e para não cometer o erro de apenas se manter na descrição, é necessário relacionar o conjunto de seus elementos (incluindo as ações antrópicas) para definir e caracterizar corretamente a paisagem.

> **O zoneamento exige uma rigorosa organização dos procedimentos da pesquisa integrada, considerando o tempo para discussão, o calendário de execução e os níveis de abordagem. O trabalho coletivo deve organizar-se de maneira que todos compartilhem de um conjunto de hipóteses de trabalho e de objetivos que definam um delineamento comum (SILVA; SANTOS, 2011, p. 36).**

Um projeto de zoneamento ambiental, de acordo com o MMA (2006), deve ser desenvolvido em cinco etapas: planejamento, diagnóstico, prognóstico, integração das análises e implementação do zoneamento. Bononi (2004) enfatiza que na proposta de zoneamento ambiental deve-se considerar além das questões ambientais, como relevo e características da drenagem, os seus aspectos socioculturais e econômicos para que, assim, as zonas sejam diferenciadas pela capacidade de suporte e pelos moldes de possíveis usos futuros.

Uma gama enorme de parâmetros pode ser estudada e inserida no zoneamento ambiental de uma bacia hidrográfica, esses parâmetros devem ser orientados para o atendimento dos objetivos pactuados. Contudo, um padrão mínimo deve ser considerado e deverão contemplar uma integração sistematizada das análises setoriai, com informações sobre os ambientes naturais, a organização social e o ordenamento institucional e legal.

Dentro dos parâmetros ambientais, são geralmente considerados relevo, solos, litologia (descrição das rochas), tipo vegetação, diversidade de fauna e clima (temperatura, pressão, vento e chuvas). Os parâmetros

socioeconômicos são embasados nos conhecimentos relativos aos processos de ocupação territorial e uso dos recursos naturais, os quais permitem entender a influência história no surgimento das relações sociais, bem como os estudos demográficos, econômicos, urbano-regionais e de condições e qualidade de vida (MMA, 2006).

Por último, a organização jurídico-institucional do zoneamento ambiental é determinante, já que propõe conduzir as ações dos homens sobre o uso do solo, além das próprias relações entre si. A política concebida como reguladora de intenções e de práticas aparece como uma vertente fundamental de análise das malhas administrativa e ambiental, assim como dos planos, programas e projetos que influenciam o uso atual e futuro do território e das formas jurídicas e institucionais de implementação do zoneamento (MMA, 2006). O aspecto legal em todas as esferas governamentais, bem como a organização da administração pública devem ser identificados. Além disso, as ações das organizações da sociedade civil corroboram para criar uma base de propostas que estejam de acordo com a realidade regional.

Reflita

O zoneamento ecológico econômico tem como princípios ser: participativo, holístico, equitativo, sustentável e sistêmico. Considerando esses princípios, de que maneira você pode se inserir profissionalmente no processo de criação de políticas públicas para o desenvolvimento sustentável da sua região?

Ainda sobre a metodologia para realização de qualquer tipo de zoneamento, as técnicas de geoprocessamento, particularmente, o uso do Sistema de Informações Geográficas (SIG) é uma das principais ferramentas utilizadas para estudos de zoneamento ambiental. Porém, é importante ressaltar que um trabalho de campo buscando retratar a realidade deverá sempre fazer parte do conjunto de informações que formará o banco de dados para análise. Os critérios para coleta e os métodos devem ser bem planejados, visto que há grande variedade de áreas de conhecimento e técnicos responsáveis. No caso de dados ambientais, só terão validade se coletados em uma mesma escala, ou em escalas adequadas e arranjadas em mapas, tabelas e matrizes integradas. Por último, são aplicadas às variáveis do banco de dados análises numéricas, que

podem ser modelos matemáticos (lógica Booleana ou Fuzzy) ou estatísticos (análise multivariada) além de outros. Vale enfatizar que, independente da análise numérica adotada, elas não constituem o objetivo do zoneamento em si, mas é uma ferramenta aplicada às informações quantitativas e que deve abranger cada temática ou fase do estudo (CADAVID GARCÍA, 1991, apud SILVA; SANTOS, 2011). Por fim, é importante destacar que o processo decisório, com base no uso de SIG, requer uma metodologia adequada para a escolha dos critérios propostos por equipes multidisciplinares, as quais apresentam diferentes dimensões e alternativas para um determinado projeto de zoneamento.

Um aspecto importante que deve ser considerado é que bacias hidrográficas podem ser ocupadas de diferentes formas, assim sendo, existem diferentes abordagens quando tratamos de uma área urbana e outra rural. Finkler (2012) reafirma que a principal causa de alagamentos e deslizamentos nas áreas urbanas é em decorrência da impermeabilização do solo, canalização ou aterramento dos corpos hídricos, modificando a dinâmica natural do local.

Por outro lado, o uso e a ocupação do solo em bacias hidrográficas de áreas rurais deve considerar aspectos como desmatamento, solos expostos, atividades de extração e irrigação que possam ter influência sobre os recursos hídricos, causando, em casos extremos, a desertificação de grandes extensões de terra. Outra situação muito comum, atualmente, é a expansão urbana sob a área rural, nesses casos devem ser considerados documentos importantes, tais como Lei de uso e ocupação, Lei de parcelamento do solo e o Plano Diretor do município. Assim, a abertura de loteamentos necessita de um planejamento que considere uma infraestrutura adequada para abrigar os novos moradores sem impactar o ambiente. Muitos empreendedores usam da boa qualidade de vida que áreas verdes podem proporcionar para atrair compradores em potencial. Dentro de um contexto urbano, planejar uma infraestrutura verde deve somente agregar valor ao empreendimento devido aos seus atributos de melhoria ambiental. Além disso, a criação e a reserva de áreas permeáveis possibilitam condições para o escoamento das chuvas, permitindo a manutenção do ciclo d'água com menor alteração possível.

De maneira geral, o sistema organizacional de gestão existente para bacias hidrográficas é bem estruturado, tanto pelo zoneamento

ambiental (atualmente denominado Zoneamento Ecológico Econômico), como pelo embasamento legal em vigor no âmbito Federal, Estadual, e, muitas vezes, Municipal, pois ambos fornecem instrumentos suficientes para o gerenciamento dos recursos naturais e planejamento territorial. Entretanto, apesar de todo esse aparato do Estado, a degradação de ambientes aquáticos tem refletido cada vez mais em constantes problemas de escassez de água para o uso humano. A criação de áreas protegidas tem sido uma medida bastante difundida no sentido de mitigar a degradação de habitats e conservação dos recursos naturais. Porém, essas unidades de conservação muitas vezes permanecem formando fragmentos remanescentes de florestas, isolados uns dos outros e mergulhados em uma paisagem alterada pelo homem. A fim de minimizar essa situação, estabeleceram-se as zonas de amortecimento e os corredores ecológicos, os quais podem potencializar a função das áreas protegidas, se implementados estrategicamente.

Por meio da Lei 9.985, foi instituído o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC (BRASIL, 2000). O mesmo dispões que a zona de amortecimento é delimitada pelas áreas no entorno das unidades de conservação em que existem restrições e normas para realização de atividades humanas, visando minimizar os impactos negativos provenientes das mesmas. Esta zona pode ser definida pelo plano de manejo da unidade de conservação, exceto Áreas de Proteção Ambiental (APAs) e Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs), considerando os resultados dos estudos, a caracterização do meio biofísico e dos aspectos socioeconômicos da região onde a unidade está inserida.

Os corredores ecológicos, embora não sejam unidades de conservação propriamente ditas, também são previstos pela Lei do SNUC (Brasil, 2000) e os define como:

> porções de ecossistemas naturais ou seminaturais, ligando unidades de conservação, que possibilitem entre elas o fluxo de genes e o monitoramento da biota, facilitando a dispersão de espécies e a recolonização de áreas degradadas, bem como a manutenção de populações que demandam para sua sobrevivência áreas com extensão maior do que aquelas das unidades individuais. (BRASIL, 2000, [s.p])

Segundo Brito (2012), a função principal do corredor ecológico é planejar a conservação da biodiversidade em uma escala compatível com as perspectivas de um ordenamento territorial para melhor assegurar a conectividade, não somente entre unidades de conservação, mas também em áreas naturais. A escala para o estabelecimento de um corredor deve ser compatível com a unidade de planejamento que se procura conservar. No caso de bacias hidrográficas, o próprio curso d'água entremeado à extensão das encostas são corredores ecológicos, portanto, escalas entre 1:50.000 a 1:100.000 devem ser usadas em regiões de matas ripárias (ciliares), ribeirões, córregos e nascentes. Outro fator importante na determinação da escala que definirá o espaço de um corredor é a capacidade de gestão e condições socioeconômicas da região para estabelecer bases para o desenvolvimento sustentável e possibilitar a aplicação de tecnologias ambientalmente adequadas (BRITO, 2012).

Exemplificando

O Projeto Corredores Ecológicos do Ministério do Meio Ambiente (MMA), por meio de uma abordagem inovadora, contribuiu de forma efetiva para a conservação da biodiversidade nacional nos biomas Amazônia e na Mata Atlântica. A conectividade proporcionou vias de intercâmbio e ampliação das possibilidades de movimento de indivíduos de espécies separadas em populações isoladas. Além disso, mostrou que é possível conciliar a conservação dos recursos naturais com alternativas econômicas para as populações locais. Conheça mais sobre esse importante projeto no site do MMA. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/programas-e-projetos/projeto-corredores-ecologicos>. Acesso em: 11 abr. 2018.

A necessidade de salientar as relações entre o homem e a natureza e a sua dependência dos recursos hídricos estabelece um modelo de gestão ambiental em que o planejamento de atividades que visam à implantação de corredores ecológicos não é exclusivo do Estado, mas podem ser executados por entidades não governamentais e do setor privado. Nesse sentido, a mobilização dos atores sociais, usuários dos recursos naturais, são fundamentais nos processos de decisão na gestão de zonas de amortecimento e iniciativas de implantação de corredores ecológicos. Para Brito (2006), a importância do corredor ecológico é promover a conservação da biodiversidade da região,

aliada a implantação de um modelo de desenvolvimento sustentável que possibilite a melhoria da qualidade de vida da população e que, ao mesmo tempo, impulsionem melhores usos da terra com atividades de baixo impacto, como um manejo florestal apropriado e com sistemas agroflorestais (NOVELLI; CARNEIRO; SILVA, 2011).

Então, ao pensarmos em recuperação e restauração ambiental para bacias hidrográficas devemos ter em mente que existe uma imensa gama de processos, circunstâncias e tecnologias que devem ser considerados, desde a recuperação da vegetação nas margens dos rios e nascentes até a viabilidade de moradia digna para as populações ribeirinhas que habitam o território da bacia hidrográfica em questão. Sendo assim, o termo que vem sendo utilizado é "Revitalização de Bacia Hidrográfica", em função da sua extrema complexidade, este passa a ser um programa que é o conjunto de projetos coordenados entre si de forma articulada e dinâmica e que visam objetivos em comum.

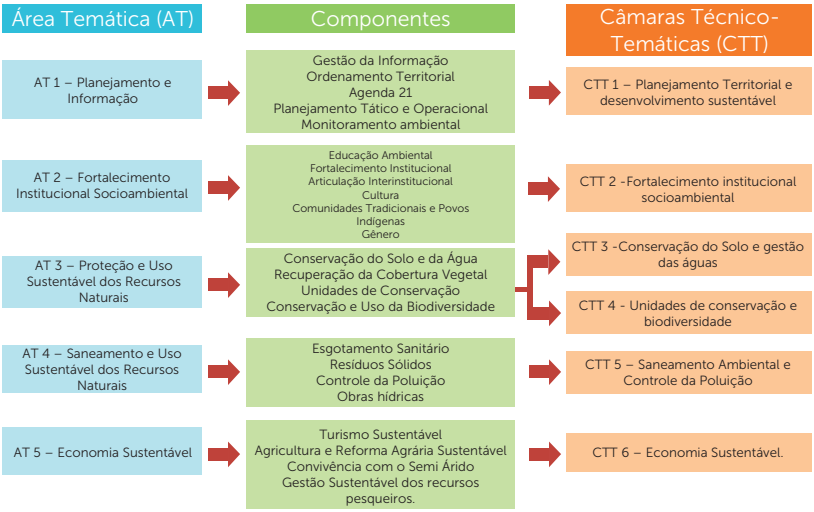
Pesquise mais

As políticas públicas do Ministério do Meio Ambiente (MMA) incluem Programas voltados para a recuperação, conservação e sustentabilidade. Para conhecê-los, acesse o site do MMA.

Ministério do Meio Ambiente - Programas do MMA. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/programas-mma>. Acesso em: 11 abr. 2017.

Como um exemplo, citamos o Programa de Revitalização da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, que desde 2004 faz parte de um processo de articulação contínua com diversos setores da sociedade civil e do Governo Federal por meio do Ministério do Meio Ambiente, em parceria com o Ministério da Integração, buscando estabelecer condições técnicas e financeiras para desenvolvê-lo. O programa de revitalização dessa importante bacia hidrográfica no nosso país, em sua atual versão, é constituído por elementos conceituais e diretrizes que regem sua nova concepção. Com o objetivo de aperfeiçoar a sua operacionalização, foi estabelecido um novo arranjo técnico temático a partir de uma estrutura matricial estabelecida para o Departamento de Revitalização de Bacias Hidrográficas (DRB), onde foram definidas as áreas temáticas, seus componentes e câmaras técnicas responsáveis (Figura 4.2).

Figura 4.2 | Arranjo técnico temático do Programa de Revitalização de Bacias Hidrográficas em situação de vulnerabilidade ambiental



Fonte: <http://www.mma.gov.br/agua/bacias-hidrograficas/revitaliza%C3%A7%C3%A3o-de-bacias-hidrogr%C3%A1ficas>. Acesso em: 11 abr. 2018

Saiba Mais

Você sabia que as audiências na câmara são gravadas e transmitidas ao vivo, o que permite a participação interativa do cidadão? No link a seguir, você poderá acessar a transmissão de uma audiência pública que ocorreu no dia 21 de novembro de 2017, sobre situação do Programa de Revitalização da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco. As apresentações dos estudos realizados pela Agência Nacional de Águas (ANA), da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba CODEVASP, entre outras, são muito esclarecedoras. Disponível em: <https://edemocracia.camara.leg.br/audiencias/sala/572> Acesso em: 11 abr. 2017.

Apesar de todos os eixos temáticos de um programa de revitalização de uma determinada bacia hidrográfica sejam essenciais, neste livro vamos focar na restauração da floresta ripária, ou mata ciliar, que faz parte do eixo de Proteção e Uso Sustentável dos Recursos Naturais. A vegetação ao longo de cursos d'água tem um papel estratégico, funcionando como um corredor ecológico, desempenhando a função de conservação da biodiversidade de flora e fauna e na preservação da qualidade da água. Isso porque

as matas ripárias funcionam como filtros naturais que retêm sedimentos e substâncias químicas, como defensivos agrícolas e fertilizantes, que são comumente carregados pelas chuvas até os cursos d'água. A função desses corredores fica evidente, visto que proporcionam a ligação de fragmentos florestais e, portanto, facilitam o deslocamento da fauna e o fluxo gênico entre as populações de espécies de animais e vegetais.

Quando a questão trata de florestas ripárias (ciliares), é necessário ter em mente que estamos falando sobre Áreas de Proteção Permanente (APP), então, a questão de conservação da vegetação passa também a ser questão de legalidade ambiental, a qual é tratada na resolução CONAMA 429/2011 que dispõe sobre a metodologia de recuperação das Áreas de Preservação Permanente - APP. Como foi visto nas unidades anteriores, as metodologias para recomposição da vegetação em uma área degradada podem variar desde o isolamento da área para estimular a regeneração natural, até a execução de plantios de mudas e sementes de espécies nativas em área total, isto onde não existe vegetação remanescente. Além disso, é possível o plantio de espécies nativas conjugado com a condução da regeneração natural dessas espécies, executando o plantio para adensamento (aumento no número de indivíduos) ou enriquecimento de espécies vegetais. O enriquecimento consiste na introdução de diversas espécies de plantas com o objetivo de aumentar a diversidade e, consequentemente, aumentar o número de interações entre planta, polinizador e dispersores. Esse método é adotado em áreas que apresentam algum tipo de regeneração natural e que mantêm algumas das feições bióticas e abióticas da vegetação original.

As atividades denominadas Sistemas Agroflorestais (SAFs) podem ser praticadas na pequena propriedade ou posse rural familiar, conforme previsto no código florestal, desde que sejam seguidos alguns procedimentos básicos, tais como: controle dos insumos químicos utilizados, controle de espécies ruderais e exóticas invasoras, optando-se pela não utilização, o controle do uso da área para criação de animais domésticos, a consorciação com espécies agrícolas de cultivos anuais, bem como de espécies perenes, nativas ou exóticas não invasoras, quando destinadas à produção e coleta de produtos não madeireiros (CONAMA 429, 2011). A manutenção das

mudas estabelecidas neste sistema deverá ser realizada mediante coroamento (retirada manual das plantas invasoras ao redor da muda), o controle de fatores de perturbação, como espécies competidoras, insetos, fogo ou outros e isolamento da área quando necessário. Vale lembrar que como prática de apoio à recuperação de APP's, o plantio associado a espécies nativas perenes produtoras de frutos, sementes, castanhas e outros produtos vegetais é permitida por lei para sua utilização para extração sustentável não madeireira (CONAMA 429, 2011).

Segundo Barbosa (2001) apesar de existirem vários modelos para restauração florestal com espécies nativas, nenhum deles pode ser considerado ideal para todos os casos diante da enorme quantidade de variáveis que podem interferir no crescimento e na maturação das espécies em um determinado local ou modelo. Outros problemas advêm da insuficiência de critérios técnicos, fundamentados em investigações científicas, no conhecimento da dinâmica de florestas naturais ou ainda, na tecnologia de colheita de sementes ou da produção de mudas (Barbosa, 2001). Dessa forma, vale destacar que a escolha das espécies com base no conhecimento técnico-científico pode minimizar as falhas e aumentar o sucesso de projetos de recuperação de matas ripárias. A caracterização detalhada da área (solo, limites do leito de inundação e de estiagem), a escolha das espécies (espécies adaptadas para ambientes úmidos) e a forma como serão plantadas são essenciais para o sucesso de um projeto de revegetação da mata ripária, bem como uma boa manutenção e monitoramento.

Sem medo de errar

Após seu estudo sobre manejo de bacias hidrográficas, chegou a hora de resolver a situação-problema apresentada no início desta seção.

Você foi contratado por uma construtora para planejar uma estratégia de infraestrutura verde para um condomínio de alto padrão que ela pretende construir. Lembrando que a área onde o empreendimento está localizado é próxima a um dos riachos e sua nascente, que fazem parte da sub-bacia do município localizada em uma região de relevo montanhoso, com fragmentos de vegetação em diferentes estágios sucessionais. Portanto, seu trabalho nessa etapa

será de analisar o zoneamento ambiental da sub-bacia hidrográfica para a elaboração uma proposta de restauração de uma área verde, a fim de criar uma zona de amortecimento e/ou corredor ecológico. Para tanto, você deve responder às seguintes perguntas: qual a importância da proteção de nascentes para uma bacia hidrográfica? Qual a função dos corredores e áreas de amortecimento? Quais são as estratégias de restauração de uma bacia hidrográfica?

Uma proposta de zoneamento ambiental deve considerar, além das questões ambientais, os aspectos socioculturais e econômicos, para que assim as zonas sejam diferenciadas pela capacidade de suporte e pelos moldes de possíveis usos futuros. Uma gama enorme de parâmetros pode estar inserida no Zoneamento Ambiental de uma bacia hidrográfica e devem ser orientados para o atendimento dos objetivos pactuados com todos os envolvidos: sociedade civil e instituições governamentais e não governamentais. Contudo, um padrão mínimo deve ser considerado e deve contemplar uma integração sistematizada das análises setoriais, com informações sobre os ambientes naturais, a organização social e o ordenamento institucional e legal. Dentro dos parâmetros ambientais são geralmente considerados: relevo, solos, litologia (descrição das rochas), tipo de vegetação, diversidade de fauna, clima (temperatura; pressão, vento e chuvas). Os parâmetros socioeconômicos consistem em entender a dinâmica da ocupação territorial e o uso dos recursos naturais. Essa análise reconstrói as tendências históricas das formas de aparecimento das relações sociais e de produção no território, bem como estudos demográficos, econômicos, urbano-regionais e de condições de vida. Por último, a organização Jurídico-Institucional do zoneamento ambiental é determinante, já que propõe conduzir as ações dos homens sobre o uso do solo. Em casos de projetos, expansão urbana sob a área rural, devem ser consultados documentos importantes, tais como a Lei de uso e ocupação, Lei de parcelamento do solo e o Plano Diretor do município ou Lei municipal (para municípios que não tenham plano diretor elaborado). Esses documentos são norteadores sobre os usos permitidos e índices urbanísticos de parcelamento e ocupação do solo.

Além disso, você deve considerar a criação de Zonas de Amortecimento e/ou Corredores Ecológicos. Estes são mecanismos que despontam em uma tentativa de potencializar a função das áreas protegidas com objetivos em comum de protegerem a diversidade

biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.

Zona de amortecimento consiste em mecanismos que utilizam da delimitação das áreas no entorno das unidades de conservação, nas quais existem restrições e normas para realização de atividades humanas, visando minimizar os impactos negativos provenientes das mesmas. Já os Corredores ecológicos, embora não sejam unidades de conservação propriamente ditas, são regiões lineares ou não de áreas naturais ou seminaturais que conectam unidades de conservação, possibilitando entre elas o fluxo de genes e o monitoramento da biota, facilitando a dispersão de espécies e a recolonização de áreas degradadas. Vimos que podemos salientar as relações entre o homem e a natureza e a sua dependência dos recursos hídricos, estabelecendo um modelo de gestão ambiental em que o planejamento de atividades que visam a implantação de corredores ecológicos não é exclusivo do Estado, e podem ser executados por entidades não governamentais e do setor privado.

Sendo assim, a criação de um corredor ecológico às margens do riacho e uma área verde que proteja a nascente, que estão inseridos na área do empreendimento, não só cumprem uma importante função de proteção ambiental, mas também valorizam o projeto pela boa qualidade ambiental oferecida para os novos proprietários. Para tanto, as metodologias para recomposição da vegetação em áreas de preservação permanente, como margens de cursos d'água e nascentes, devem ser contempladas no projeto. Podem ser citadas desde o isolamento da área a fim de estimular a regeneração natural, até a execução de plantios de mudas e sementes de espécies nativas em área total, isso onde não existe vegetação remanescente.

Na condução da regeneração natural, devem ser consideradas, além do isolamento da área, ações de correção do solo e manejo de espécies invasoras. Também, é possível o plantio de espécies nativas conjugado com a condução da regeneração natural dessas espécies, executando o plantio para adensamento (aumento no número de indivíduos) ou enriquecimento de espécies vegetais. O enriquecimento consiste na introdução de diversas espécies de plantas com o objetivo de aumentar a diversidade e, consequentemente, aumentar o número de interações entre planta, polinizador e dispersores. Esse método é adotado em áreas que apresentam algum tipo de regeneração natural e que mantêm

algumas das feições bióticas e abióticas da vegetação original. Vale lembrar que a escolha das espécies é de suma importância para o sucesso do projeto de revegetação de margem do rio devido as peculiaridades ambientais (alta umidade e sujeito a inundações periódicas). Na sua proposta, também podem ser inclusos o plantio consorciado de espécies nativas perenes produtoras de frutos, sementes, castanhas e outros produtos vegetais.

Assim, você poderá apresentar para seus supervisores um relatório completo sobre a situação ambiental da área onde o empreendimento está localizado, as perspectivas para o desenvolvimento ambientalmente sustentável para a região, envolvendo um plano de recuperação e conservação da nascente e nas margens do curso d'água, que poderá criar um corredor ecológico com outras áreas preservadas adjacentes à área do novo condomínio.

Avançando na prática

Zoneamento ecológico econômico

Descrição da situação-problema

Nesse momento, você trabalha em uma empresa de consultoria ambiental que ganhou uma licitação para fazer o zoneamento ecológico econômico de uma sub-bacia hidrográfica. A sua equipe é multidisciplinar e nas reuniões de planejamento você ficou encarregado de levantar e organizar os dados sobre o diagnóstico ambiental da região. Sendo assim, você se questiona? Quais dados fazem parte do diagnóstico ambiental? Quais ferramentas utilizará para armazenar esses dados para uma posterior análise?

Resolução da situação-problema

Em um zoneamento ecológico econômico pode estar contemplado uma série de parâmetros ambientais que devem ser delimitados conforme o objetivo pactuado durante o planejamento integrado com as demais áreas de atuação (por exemplo, socioeconômico e jurídico). Esse planejamento deve considerar o tempo para discussão, o calendário de execução da coleta dos dados e os níveis de abordagem. Geralmente são considerados dados sobre relevo, solos, litologia (descrição das rochas), tipo

de vegetação, diversidade de fauna (espécies de abelhas, aves, morcegos, pequenos e grandes mamíferos) e características do clima (temperatura, pressão, vento e chuvas). Um grande desafio do zoneamento, considerando os parâmetros ambientais, é diagnosticar e avaliar a estrutura ecológica que mantém o funcionamento e a integridade ecológica de cada unidade natural no território.

Técnicas de geoprocessamento, como o uso do Sistema de Informações Geográficas (SIG) é uma das principais ferramentas utilizadas para estudos de Zoneamento Ambiental. No entanto, é importante ressaltar que um trabalho de campo buscando retratar a realidade deverá sempre fazer parte do conjunto de informações que formará o banco de dados para análise. No caso de dados ambientais, só terão validade se coletados em uma mesma escala, ou em escalas adequadas e arranjadas em mapas, tabelas e matrizes integradas. Também é aplicada às variáveis do banco de dados uma análise numérica, que podem ser modelos matemáticos (lógica Booleana ou Fuzzy) ou estatísticos (análise multivariada) e outros. Para finalizar, é importante destacar que o processo decisório com base no uso de SIG requer uma metodologia adequada para a escolha dos critérios propostos pela equipe, as quais apresentam diferentes dimensões e alternativas para cada projeto de Zoneamento.

Faça valer a pena

1. A Ciência da Geoinformação é a construção de representações computacionais do espaço. Essa ciência utiliza o Sistema de Informações Geográficas (SIG) como principal ferramenta, a qual é fundamental na elaboração de zoneamento ambiental.

Considerando SIG, marque a opção correta.

a) O trabalho de campo buscando descrever a realidade do objeto de análise nem sempre precisa fazer parte do conjunto de informações que formará o banco de dados do zoneamento ambiental.
b) O processo decisório com base no uso de SIG requer uma metodologia adequada para a escolha dos critérios propostos por equipes especificas em ciências da geoinformação.
c) Os dados ambientais coletados podem apresentar escalas distintas, sempre que adequadas e arranjadas em mapas, tabelas e matrizes integradas.

d) Uma análise numérica é aplicada às variáveis do banco de dados, que podem ser lógica Booleano ou Análise Multivariada.
e) Devido a grande variedade de áreas de conhecimento, os critérios para coleta e os métodos devem ser planejados por uma equipe especializada na área ambiental.

2. De acordo com a Lei 12.651/2012, as áreas de preservação permanente (APP) são áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Com base no texto acima, referente a Lei que do dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, é correto afirmar que:

a) A recuperação de qualquer APP deve ser realizada com plantio de espécies nativas da região.
b) A mata ciliar funciona como corredor ecológico, pois promove a manutenção da diversidade genética por meio da comunicação entre áreas remanescentes florestais.
c) Nas áreas de preservação permanente não é permitido o plantio consorciado de espécies nativas perenes produtoras de frutos.
d) Nos plantios de espécies nativas para recuperação de APP poderão ser cultivadas, na entrelinha, espécies herbáceas ou arbustivas exóticas de adubação verde, espécies agrícolas exóticas ou nativas somente em áreas de Reserva Legal.
e) A recuperação de APP poderá ser feita pelo plantio de espécies nativas sempre associado à eliminação da regeneração natural.

3. Portal Brasil (2017) cita que o programa intitulado Revitalização de Bacias Hidrográficas, tem como objetivo recuperar, conservar e preservar as bacias em situação de vulnerabilidade ambiental, promovendo o uso sustentável dos recursos naturais. Isso é condicionado por meio de ações permanentes e integradas ocasionando a melhoria das condições socioambientais e disponibilidade de água em quantidade e qualidade para os diversos usos.

Em relação ao Programa de Revitalização da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco do governo federal aponte a afirmativa correta:

a) Faz parte do eixo temático Proteção e Uso Sustentável dos Recursos Naturais o controle da poluição e esgotamento sanitário.

b) Um programa representa um esforço comum de articulação e integração para implementar um conjunto de projetos coordenados entre si de forma articulada e dinâmica e que visam objetivos em comum.
c) O Programa de Revitalização da Bacia do rio São Francisco é uma política pública de articulação e integração permanente que envolve os governos federal, estadual e municipal.
d) O Programa de Revitalização da Bacia do rio São Francisco foi criado no âmbito do ICMBio, Ministério do Meio Ambiente, em parceria com o Ministério da Agricultura.
e) A Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba CODEVASP financia importantes atividades nas comunidades ribeirinhas.

Seção 4.3

Elaboração e avaliação de projetos de recuperação ambiental

Diálogo aberto

Caro aluno, estamos chegando ao final de mais uma unidade da disciplina Recuperação e Manejo Sustentável de Áreas Degradadas. Nas unidades anteriores, você pôde aprender mais sobre a identificação e as estratégias de controle de impactos ambientais, conhecendo as técnicas de Bioengenharia na recuperação de solos degradados e as medidas para revitalização de bacias hidrográficas. Nesta última etapa, você estudará os elementos necessários para elaborar um Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) que faz parte da documentação para a solicitação da licença ambiental de empreendimentos que causem algum impacto ambiental ou explorem recursos naturais, como a mineração, e, na maioria das vezes, compõem o Termo de Ajuste Ambiental ou de Compensação Ambiental por um agente causador de danos ou crimes ambientais.

Vamos relembrar agora o seu trabalho junto à Construtora, responsável por um grande loteamento para construção de um condomínio, bem como pelas obras de infraestrutura no município de Lisbela. Nas duas primeiras etapas do seu trabalho, você redigiu uma proposta para contenção de uma voçoroca e outra para criar uma infraestrutura verde no projeto do condomínio. Agora, você apresentará os elementos necessários para elaborar um Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) que fará parte da documentação para a solicitação da licença ambiental da obra do condomínio, visto que a empresa que você trabalha tem uma política ambiental extremamente rígida em relação à sustentabilidade dos seus projetos. Então, neste momento, você deverá responder às seguintes questões: Quais os procedimentos e os métodos para elaboração de um PRAD? Quais são os diagnósticos necessários para elaboração de um PRAD? Quais informações básicas que devem constar no roteiro para elaboração de um PRAD? Não se esqueça que após o fim desta seção, você deverá consolidar os três relatórios técnicos elaborados durante os seus estudos gerando um único documento a ser entregue para seus supervisores na construtora.

Então, vamos aos estudos!

Não pode faltar

A sigla PRAD é comumente utilizada para designar o Plano ou Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas que tem como principal função elaborar um roteiro sistemático, com as informações e procedimentos técnicos estruturados em um planejamento que irá orientar a metodologia de recuperação ambiental ou restauração ecológica de uma área impactada pela ação antrópica. Para Almeida (2016), o objetivo de um PRAD é a recuperação ambiental de uma área degradada, preconizando as obrigações legais, aspectos sociais e econômicos.

A maioria dos projetos de recuperação ambiental, provenientes de PRAD, tem início nas exigências da legislação brasileira. Inicialmente, teve sua origem no artigo 225, da Constituição Federal de 1988 e no Decreto Lei nº 97.632/89, que regulamentou a Lei nº 6.938/81, obrigando a recuperação da área degradada como parte do Relatório de Impacto Ambiental, podendo ser empregado de forma preventiva ou corretiva, como obrigatoriedade em atividades relacionadas à mineração. A partir da Lei Federal nº 9.605/98, foi ampliado como condicionante e ajustes de conduta ambiental, para várias atividades causadoras de impacto ambiental, sendo incluído como um objeto integrante em boa parte dos Estudos de Impacto Ambiental, Relatórios de Impacto Ambiental e em Termos de Ajuste de Conduta (TAC), acordados entre empresas e os órgãos competentes (públicos).

Uma forma de mitigar os impactos da degradação das florestas é a recuperação de áreas de preservação permanente (APP) e de reserva legal (RL). Todas as áreas classificadas como APP e RL deverão ser recompostas integralmente, segundo o novo código florestal brasileiro (Lei da Proteção da Vegetação Nativa, nº 12.651/2012). Para o cumprimento desta lei, deverão ser apresentados os seus respectivos PRADs.

A Instrução Normativa ICMBio nº 11 de 2014 (MMA, 2014) orienta sobre a elaboração, a análise, a aprovação e o acompanhamento de um PRAD para fins de cumprimento da legislação ambiental. Em seu artigo 4º, salienta que, deverão ser elencadas medidas que assegurem a proteção das áreas degradadas ou alteradas de quaisquer fatores que possam dificultar ou impedir o processo de recuperação.

Reflita

O PRAD deve ser elaborado e acompanhado de Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) emitida por profissional habilitado, devidamente registrado em seu conselho de classe. Você sabe como funciona seu conselho profissional? O que é necessário para emissão de uma ART?

Esta instrução informa que, no caso de pequenas propriedades rurais ou posse rural familiar, aceita-se a elaboração de um "PRAD simplificado". O mesmo faz-se para imóveis em áreas urbanas cuja gravidade do dano e a capacidade econômica do interessado assim o justifiquem. O interessado que optar pela simplificação do PRAD, deixará de realizar os itens considerados dispensáveis ou não cabíveis ao seu caso (MMA 2013). Nessa situação, é conveniente inserir uma justificativa para cada ponto que não será elaborado.

Na mesma instrução normativa são apresentados como anexos os modelos a seguir: Termos de Referência para apresentação do PRAD ou PRAD simplificado, Relatório de Monitoramento e de Avaliação de Projeto de Recuperação de Área Degradada. Para que todas as etapas do PRAD sejam realizadas com sucesso, será necessário integrar informações e estudos que permitam a avaliação do impacto, consequente à definição de medidas adequadas à recuperação da área. Para tanto, é necessário que seja feito um diagnóstico detalhado na área, identificando os passivos ambientais presentes no local (OLIVEIRA, 2012).

Como qualquer outro planejamento, o PRAD deve ter inicialmente as metas a serem alcançadas bem definidas, adequando fatores como as imposições jurídicas, aspectos sociais e econômicos e interesse do dono da terra ou empreendedor. Deve-se sempre considerar que o objetivo principal é promover a recuperação ambiental da área degradada em um prazo pré-definido no PRAD. Almeida (2016) ressalta que o PRAD não deve exclusivamente comtemplar apenas aspirações do empreendedor, sendo necessário atender os aspectos biológicos, físicos, socioculturais, econômicos e políticos do local que será recuperado.

Ainda, devem constar as especificidades, por meio dos objetivos específicos de cada área, relatando particularidades do local. Dentre

as mesmas, podemos citar a contenção de processos erosivos, reflorestamento, identificação e substituição de espécies exóticas e exóticas invasoras, recuperação de nascentes, entre outros.

As metodologias e os modelos para a recuperação de uma área degradada são os mais variados, portanto, a técnica utilizada deve estar condicionada ao grau de degradação da área e da capacidade de regeneração do ambiente impactado. Sendo assim, deve-se ter em mente que, para cada caso, existe um tipo de PRAD específico. Além disso, é preciso considerar que cada órgão ambiental responsável pelo licenciamento do empreendimento emite seu próprio termo de referência, que normalmente é adequado para as condições do local e podem ou não ter alterações de acordo com o tamanho da área ou do tipo de atividade do empreendimento.

A recuperação do ambiente que foi alterado é um processo bastante complexo, pois necessita de tempo, recursos financeiros, equipe treinada, tecnologia adequada e informações dos vários aspectos relativos à área que será recuperada. A seleção da técnica de recuperação para a área degradada deve ser descrita e alinhada com cada um dos objetivos específicos propostos, além disso, cada método deve ser justificado, indicando a relação com o diagnóstico da área e com o objetivo da recuperação da área degradada.

O diagnóstico ambiental é comumente interpretado como sendo o entendimento de todos os elementos ambientais utilizados para a caracterização da qualidade ambiental de uma área definida, a qual pode ser uma bacia hidrográfica, um município ou uma propriedade rural. Sendo assim, ao realizar um diagnóstico ambiental, estamos considerando a situação ambiental dessa área, a partir da interação e da dinâmica de seus componentes, os quais podem estar relacionados aos elementos físicos e biológicos ou aos fatores socioculturais (ROSA, 2005). A descrição da situação ou da qualidade ambiental pode ser efetuada com objetivos distintos, por exemplo, para ser utilizado como base para a análise da situação ambiental, objetivando planejar políticas ambientais e/ou programas de gestão ambiental, que corroborem para prevenir, controlar e corrigir problemas ambientais.

Assim sendo, o diagnóstico ambiental deve ser o primeiro passo para elaboração de um PRAD. O conhecimento do histórico de degradação ajuda no delineamento de estratégias para recuperação.

Revisões bibliográficas, levantamentos históricos e referências sobre a vegetação original, características e impactos do solo, hidrografia e impactos das atividades humanas são essenciais para definição de métodos de recuperação ambiental. Algumas das técnicas utilizadas para obter informações históricas são: entrevista com antigos moradores, vizinhos, proprietário, comparação com áreas vizinhas, levantamentos em bibliotecas locais de registros históricos documentais e fotográficos (ALMEIDA 2016) e banco de imagens de sensores remotos alocados em satélites, tais como do Google Earth que possui excelentes imagens ao longo do tempo de diversas regiões do Brasil. A identificação da causa da degradação ou alteração e descrição da atividade causadora do impacto e seus efeitos são o início do diagnóstico. Em sequência, devem-se caracterizar o meio físico: clima, solo, topografia, hidrografia e o meio biótico.

Os dados climáticos dizem respeito a informações sobre a precipitação e sua distribuição ao longo do ano, déficit hídrico, temperaturas máximas, mínimas e médias anuais e umidade relativa (Almeida, 2016). Essas informações são fornecidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) e/ou por órgãos de pesquisa meteorológica de cada estado. Dados obtidos nas estações meteorológicas regionais são suficientes para tomada de decisões em projetos de pequena escala. Essas informações são importantes para seleção de espécies a serem utilizadas, época ideal de plantio, para realização de obras de engenharia e desenho de modelos apropriados de recuperação (ALMEIDA 2016).

Para realizar os estudos sobre o solo, é necessário a planta da propriedade ou fotografias aéreas do local, onde serão demarcados os diferentes tipos de solos. Durante o trabalho de campo, deverá ser realizada a coleta de solo para, além das análises físicas, as seguintes análises químicas:

- NPK (Nitrogênio, fosforo e potássio).
- Micronutrientes.
- Acidez.
- Capacidade de troca catiônica (CTC).
- Alumínio (Al).

Os resultados fornecem informações básicas para o preparo do terreno, por exemplo: aração, gradagem, sub-solagem, quais quantidades e formulação de adubação, correções, bem como a seleção de espécies apropriadas para aquele local.

Os dados sobre a topografia se referem ao relevo da área que se pretende recuperar, muitas vezes sendo necessária a confecção de uma planta planialtimétrica contendo pontos de maior declividade e áreas, onde podem ser necessárias obras de Bioengenharia e/ou **retaludamento** do terreno. É com base nesses dados do diagnóstico que métodos de contenção de encostas combinados à revegetação são sugeridos no PRAD.

Assimile

Retaludamento – Retaludamento, também denominado Remodelamento ou reafeiçoamento topográfico, comumente aplicado para estabilização de encostas (taludes) por meio de técnicas de engenharia. É realizado por meio do recorte da encosta em bancadas denominadas bermas e complementado com revestimento superficial e com um sistema de drenagem superficial ou estrutura de contenção. Disponível em: <http://www.abge.com.br/glossario/?name_directory_startswith=R> Acesso em: 11 abr. 2018.

A hidrografia, bem como a área de influência da bacia hidrográfica, também deve fazer parte do diagnóstico do meio físico. Informações sobre a degradação dos cursos d'água, como erosão e assoreamento e o uso da água a jusante da área degradada é básico para propor um bom plano de recuperação de uma área degradada. Essas informações podem auxiliar na tomada de decisão sobre a necessidade de obras de dragagem, construção de drenos, muretas e canaletas, bem como a definição de métodos específicos para recuperação de matas ripárias, nascentes e topos de morro (ALMEIDA 2016).

Em relação à vegetação, o diagnóstico irá determinar as características fitofisionômicas e espécies vegetais existentes na área perturbada e seus arredores. Os dados devem ser coletados em campo, detalhando os métodos empregados, indicando os estágios sucessionais no momento do diagnóstico, bem como a fitofisionomia original com base no manual técnico da vegetação

brasileira do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE 2012). Essas informações serão muito valiosas quando pensarmos em recuperar a composição e o funcionamento de um ambiente natural, pois poderemos utilizar uma boa referência sobre a vegetação local. Uma lista de espécies encontradas na área deve ser incluída no documento do diagnóstico, especificando se as espécies vegetais amostradas são nativas ou exóticas, o grupo ecológico a qual pertencem, modo de dispersão, condição quanto à ameaça de extinção e se está dentro da área degradada ou nas adjacências. Essas informações, quando coletadas em fragmentos adjacentes a área degradada, servem como uma referência presente e futura, indicando as espécies ocorrentes na região e o caminho da sucessão secundária, inferindo possíveis intervenções para manutenção, como de infestações de cipós e morte de espécies arbóreas. Almeida (2016), afirma que é necessário diagnosticar a capacidade de regeneração da área degradada, para avaliar os casos em que o banco de sementes presente no local poderá propiciar o recobrimento da área sem a necessidade de intervenção antrópica.

Assimile

Segundo Monquero e Silva (2005), o termo **banco de sementes** é utilizado para referir-se as reservas de sementes no solo em profundidade e na sua superfície. Alvarez-Aquino, Wiliams-Linera e Newton (2005), ressaltam que o mesmo é constituído principalmente por espécies pioneiras, com vasta quantidade de sementes e grande área de dispersão, importantes na sucessão secundária.

Devido à importância dos animais na polinização e na dispersão de sementes, os levantamentos da fauna local, da mesma forma que nos levantamentos da vegetação, podem servir de subsídio para futuros trabalhos de monitoramento e manejo da fauna na área restaurada (por exemplo, reintrodução e translocação de animais). Grupos de animais bioindicadores, tais como avifauna, formigas e roedores, têm sido utilizados para o monitoramento de áreas restauradas na Mata Atlântica. Sendo assim, na análise do meio biótico também deve constar uma lista com as principais espécies da fauna observadas na área e no entorno (fragmentos próximos à área que será recuperada), indicando a existência de espécies endêmicas e ameaçadas de extinção.

Os métodos devem ser definidos depois de cumpridas as seguintes etapas no diagnóstico: I) a identificação dos agentes de degradação que atuaram ou que ainda atuam sobre a área a ser recuperada; II) a delimitação das áreas de influência direta e indireta do impacto ambiental e III) a avaliação do grau de degradação do solo da área e a capacidade de regeneração biótica da vegetação. Conforme o estado da área degradada, podem ser escolhidas distintas propostas para recuperação, que podem ser desde a restauração em ambientes com alta resiliência e pouco perturbado com o simples isolamento da área, até uma reabilitação em ambientes onde o impacto ambiental negativo for de alta magnitude, ajustando a área para outra finalidade. A proposta adotada deverá ser acompanhada de uma justificativa técnica. Para definição sobre qual a melhor estratégia de recuperação a ser adotada para cada caso de degradação estão disponíveis chaves de tomada de decisão elaboradas por alguns grupos de pesquisa.

Exemplificando

Uma chave de tomada de decisão sobre medidas de recuperação em áreas degradadas considera várias condições de degradação e indica a aplicação de diferentes métodos/estratégias aplicáveis em cada situação que pode ser identificada por meio do diagnóstico ambiental da área impactada.

Chave para tomada de decisão Recuperação de Áreas Degradadas. Disponível em: <http://botanica.sp.gov.br/institutodebotanica/files/2014/02/cerad_chave_tomada_decisao_RAD.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2018.

As medidas de recuperação envolvem todo trabalho de restabelecimento das condições físicas e biológicas necessárias para manutenção do ecossistema que, em muitos casos, visa atingir as condições mais próximas às observadas nas áreas de referência. Podemos agrupar as ações de recuperação nos seus diversos componentes, isto é, em relação à paisagem, ao solo, às drenagens, à vegetação e à fauna. O Quadro 4.2 apresenta algumas das metodologias para cada uma dessas ações de recuperação.

Quadro 4.2 | Técnicas de recuperação para os diferentes componentes do ecossistema que podem ser apresentados em um PRAD

Ações para recuperação	Descrição das técnicas que podem ser propostas
Da paisagem	Recomposição topográfica e paisagística e aplicação de técnicas de engenharia na superfície do terreno evitando declives abruptos e taludes (obras de bioengenharia, retaludamento e aterros).
Do solo	O solo é composto por camadas denominadas horizontes, representados por letras, desde que anteriormente retirado e armazenado pelo empreendedor, adequação de propriedades físico-químicas do solo e sistemas de contenção de erosão.
Das drenagens	Aplicação de sistema de drenagem, contenção ou escoamento da água, drenagem de superfície pela aplicação de técnicas de engenharia específicas como taludes de base larga.
Da flora	Técnica proposta de recuperação da vegetação e justificativa, como regeneração natural, enriquecimento, plantio heterogêneo com mudas ou semeadura, técnicas de nucleação e translocação de serapilheira.
Da técnica que envolve plantio	Levantamento das espécies a serem utilizadas por formação vegetal, indicando quantidade, espaçamento, muda ou semente, tamanho, forma de vida e classificação ecológica (pioneira, secundária e clímax).
	Forma de obtenção dos propágulos: prioriza-se o plantio de indivíduos provenientes de populações locais.
	Croqui (planta baixa) em escala compatível, com a disposição das mudas em campo, ressaltando distanciamento, grupo ecológico tipo de plantio (em covas, sulcos, lançamento), necessidade de tutores, entre outros apontamentos.
Da fauna	Manejo da fauna existente, medidas que estimulem a vinda de dispersores de sementes (poleiros artificiais) e polinizadores (introduzir espécies zoofilias)

Fonte: adaptado de Almeida (2016) e MMA (2013).

Uma planta planialtimétrica georreferenciada em escala apropriada deve ser confeccionada para fazer parte do PRAD, indicando a área degradada e os principais procedimentos para recuperação previstas no projeto.

Uma questão importante que deve ser colocada são as "espécies problema", que são aquelas espécies dominantes alelopáticas (que impedem o crescimento de outras espécies na área), na maioria das vezes exóticas. Nestes casos, é necessário planejar a erradicação, o controle ou monitoramento delas, prevendo a possibilidade de uso econômico proveniente do corte ou controle, por exemplo, na supressão de pinus ou eucalipto.

A manutenção das ações de recuperação deve ser prevista para todos os componentes do ecossistema que sofreram alguma intervenção, seja no ajuste de sistemas de contenção de erosão, ou na conservação dos plantios de mudas (adubação, roçada e coroamento, controle de pragas e doenças e replantio).

Ainda na fase de confecção do PRAD, deve-se especificar a metodologia de monitoramento que será utilizada, com o objetivo de informar aos órgãos competentes o andamento da execução das ações propostas e justificar aquelas que não puderam ser cumpridas. Para tanto, devem ser detalhados os indicadores que serão utilizados no monitoramento, bem como os parâmetros e frequência de coleta dos dados e da entrega dos relatórios. Esse relatório acompanhado de uma avaliação deverá comprovar que a área se encontra adequadamente recuperada, podendo então ser feita a requisição de autorização para a conclusão da execução do PRAD.

Saiba Mais

Para o delineamento da metodologia de monitoramento de PRADs na Mata Atlântica você pode acessar o Protocolo de Monitoramento documento que apresenta os princípios, critérios e indicadores que podem ser utilizados como guia para o monitoramento de projetos de restauração ecológica. Disponível em: <http://docs.wixstatic.com/ugd/5da841_c228aedb71ae4221bc95b909e0635257.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2018.

Outros dois tópicos relevantes são: Orçamento e Cronograma Físico e Financeiro. No primeiro devem-se detalhar todos os insumos e serviços, assim como os valores unitários e totais necessários para a execução das medidas de recuperação, manutenção e monitoramento. No segundo deve conter todas as atividades programadas no PRAD,

bem como, custos dos materiais e serviços utilizados em cada etapa, podendo ser detalhado por ano e/ou trimestre.

Existem vários Roteiros para PRAD's que podem apresentar diferenças em relação ao contexto que é apresentado, por exemplo, um PRAD que será executado em uma Unidade de Conservação possui peculiaridades inerentes aos objetivos da conservação da biodiversidade.

Pesquise mais

Consulte a instrução normativa ICMbio nº 11, de 11 de dezembro de 2014.

Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Instrucao_normativa/2014/in_icmbio_11_2014_estabelece_procedimentos_prad.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2018.

Os impactos ambientais causados por obras de infraestrutura como abertura e pavimentação de vias (estradas) são relacionados principalmente ao desmatamento, terraplanagem, aterros e drenagem. O planejamento dessas obras associados a um Plano de Recuperação de Área Degradada pode, além de minimizar o impacto, aproveitar o material removido para recuperação da vegetação adjacente a via ou em área pré-estabelecida no plano. Em regiões onde o relevo é montanhoso, a recuperação dessas áreas torna-se indispensável para a segurança dos usuários e para evitar a formação de erosões e desmoronamento de encostas, causando prejuízos ambientais e econômicos. A execução de projetos de PRAD promovendo o plantio compensatório decorrente das obras desse tipo, muito mais do que o atendimento à legislação, pode representar o compromisso ambiental do empreendedor firmado mesmo antes do licenciamento ambiental da obra, sendo que a recuperação de áreas degradadas demostra o comprometimento da empresa com as instituições públicas e a comunidade.

Saiba Mais

Conheça na integra o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas - Projeto Técnico de Plantio Compensatório no Parque Estadual Telma Ortegal. Disponível em: <http://www.sgc.goias.gov.br/upload/arquivos/2017-01/prad_telma_ortegal_semarh.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2018.

Sem medo de errar

Caro aluno, agora você está pronto para responder aos questionamentos propostos no início desta seção e assim distinguir os elementos necessários para elaborar um Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD). Então, vamos relembrar as questões. Quais os procedimentos e métodos para elaboração de um PRAD? Quais são os diagnósticos necessários para elaboração de um PRAD? Quais informações básicas que devem constar no roteiro para elaboração de um PRAD?

O PRAD deve ter inicialmente as metas a serem alcançadas bem definidas, adequando fatores como imposições jurídicas, aspectos sociais e econômicos e interesse do proprietário ou do empreendedor. Os objetivos específicos também são importantes e devem ser detalhados no plano, pois discriminam as particularidades adequadas a cada caso, como por exemplo, a contenção de processos erosivos, desassoreamento de corpos d'água, reintrodução da cobertura vegetal do solo, recuperação de nascentes, entre outros.

Para que todas as etapas do PRAD sejam realizadas com sucesso, será necessário integrar informações e estudos que permitam a avaliação do impacto e consequente à definição de medidas adequadas à recuperação da área. Para tanto, é necessário que seja feito um diagnóstico detalhado na área, buscando assim identificar os passivos ambientais ali gerados.

A Instrução Normativa ICMBio n° 11 de 2014 orienta sobre a elaboração, análise, aprovação e acompanhamento de PRAD e são apresentados como anexos os documentos necessários para tramitação do seu PRAD nos órgãos competentes, a saber: termos de referência para apresentação do PRAD, termos de referência

PRAD simplificado e relatório de monitoramento e de avaliação de projeto de recuperação de área degradada.

O diagnóstico ambiental deve ser o primeiro passo para elaboração de um PRAD. O conhecimento do histórico de degradação ajuda no delineamento de estratégias para recuperação. Levantamentos históricos, revisões bibliográficas, referências sobre a vegetação original, características e impactos do solo, hidrografia e impactos das atividades humanas são essenciais para definição de métodos de recuperação ambiental. Algumas das técnicas utilizadas para obter informações históricas são: entrevista com antigos moradores, vizinhos, proprietário, comparação com áreas vizinhas e levantamentos em bibliotecas locais de registros históricos documentais e fotográficos. A identificação da causa da degradação ou alteração, descrição da atividade causadora do impacto e seus efeitos são o início do diagnóstico. Em sequência, devem-se caracterizar o meio físico, que inclui clima, solo, topografia, hidrografia e o meio biótico.

Os métodos devem ser definidos depois de cumpridas as seguintes etapas no diagnóstico: I) a identificação dos agentes de degradação que atuaram ou que ainda atuam sobre a área a ser recuperada, II) a delimitação das áreas de influência direta e indireta do impacto ambiental e III) a avaliação do grau de degradação do solo da área e a capacidade de regeneração biótica da vegetação. A escolha da metodologia para recuperação varia conforme as condições da área degradada, que podem ser desde ambientes com alta resiliência e pouco perturbada, até áreas onde o impacto ambiental negativo for de alta magnitude. A proposta adotada deverá ser acompanhada de uma justificativa técnica.

As informações gerais que devem constar em um PRAD são:

- ✓ Localização da área.
- ✓ Número do processo em trâmite no órgão ambiental.
- ✓ Identificação do Proprietário da Área.
- ✓ Tipo de atividade e descrição do empreendimento.
- ✓ Responsáveis técnicos pela elaboração do PRAD com devida Anotação de Responsabilidade Técnica (ART).
- ✓ Identificação do Órgão ambiental licenciador.
- ✓ Equipe Técnica e Contatos relativos ao PRAD.

Em adição, o PRAD deve conter aos seguintes tópicos fundamentais:

- ✓ Descrição da área degradada e adjacências, além de indicar os motivos responsáveis pela degradação.
- ✓ Definição dos critérios que servirão como referência para as ações de recuperação com base na área de referência.
- ✓ Seleção da técnica (métodos) de recuperação para a área degradada.
- ✓ Descrição dos métodos e intervenções a serem realizadas para a recuperação.
- ✓ Inserção de um plano de monitoramento e avaliação da eficiência da recuperação.
- ✓ Orçamento com a previsão de custos de materiais e mão de obra.
- ✓ Cronograma físico-financeiro referente à execução e consolidação da recuperação.

Avançando na prática

Estudos do meio biótico

Descrição da situação-problema

Caro aluno, suponha que você trabalha em uma empresa de consultoria ambiental que foi contratada para realizar o diagnóstico socioambiental para uma multinacional transportadora de gás natural. Você ficou responsável por coordenar os levantamentos das características do meio biótico em um dos trechos onde passará a ampliação de um gasoduto da empresa. Portanto, você deverá montar uma equipe para realizar esta tarefa. Quais profissionais deverão fazer parte dessa equipe? Quais dados são fundamentais na caraterização do meio Biótico?

Resolução da situação-problema

Na equipe que se dedicará a este trabalho, você poderá incluir diversos profissionais da área Ambiental, tais como agrônomos, biólogos, engenheiros florestais e engenheiros ambientais, gestores

ambientais, geógrafos, sociólogos e zootecnistas. O importante nesse tipo de trabalho é o planejamento adequado visando a integração das expedições a campo e dos profissionais nas suas distintas especializações.

Em relação à vegetação, o diagnóstico irá determinar as características fitofisionômicas e as espécies vegetais existentes na área perturbada e seus arredores. Esses dados devem ser coletados em campo, detalhando os métodos empregados, indicando os estágios sucessionais no momento do diagnóstico, bem como a fitofisionomia original. Uma lista de espécies encontradas na área deve ser incluída no documento do diagnóstico, especificando se as espécies vegetais amostradas são nativas ou exóticas, o grupo ecológico a qual pertencem, o modo de dispersão e condição quanto à ameaça de extinção. Uma análise do banco de sementes presentes no solo, em profundidade e na sua superfície, poderá ser realizada para sinalizar o manejo para uso do mesmo, podendo, dessa maneira, planejar as possíveis ações de recuperação da área degradadas pelo empreendimento. Além disso, os principais grupos de animais, tais como aves, pequenos e grandes mamíferos e no caso de ambientes lacustres, os animais aquáticos, como peixes e insetos também devem ser incluídos nos levantamentos. Sendo assim, na análise do meio biótico deve constar uma lista com as principais espécies da fauna observadas na área e no entorno (fragmentos próximos à área que será recuperada), indicando a existência de espécies endêmicas e ameaçadas de extinção. Estas listas são muito úteis para o monitoramento de áreas que sofrem algum tipo de impacto, bem como no monitoramento de áreas que foram recuperadas após degradação, pois existem alguns grupos de animais que podem ser utilizados como bioindicadores, como as aves, grupos de insetos ou grandes mamíferos.

Faça valer a pena

1. O PRAD teve sua origem no artigo 225 da Constituição Federal de 1988, e no Decreto Lei nº 97.632/89, que regulamentou a Lei nº 6.938/81, obrigando a recuperação da área degradada como parte do Relatório de Impacto Ambiental, podendo ser empregado de forma preventiva ou corretiva, como obrigatoriedade em atividades relacionadas à mineração.

No que diz respeito à elaboração de PRAD, é correto afirmar que:

a) O PRAD tem como principal função elaborar um roteiro sistemático com as informações e procedimentos técnicos para orientar a recuperação ambiental de uma área impactada por desastres naturais como enchentes e escorregamentos de encostas.
b) O objetivo amplo de um PRAD é a garantia da segurança e da saúde pública por meio da reabilitação das áreas perturbadas pelas ações humanas, de modo a retorná-las às condições socialmente aceitáveis.
c) Na recuperação de áreas classificadas como APP e RL, como dispõe a Lei da Proteção da Vegetação Nativa nº 12.651/2012, o proprietário está desobrigado a apresentar o PRAD.
d) Em se tratando de pequena propriedade rural ou posse rural familiar, o proprietário fica eximido de elaborar o PRAD, o que também pode se aplicar aos imóveis em áreas urbanas onde a gravidade do dano e a capacidade econômica do interessado assim o justifiquem.
e) O Termo de Referência para apresentação do PRAD e Relatório de Monitoramento e de Avaliação de Projeto de Recuperação de Área Degradada são documentos que devem ser obrigatoriamente entregues antes de iniciar a obra.

2. O diagnóstico ambiental é comumente interpretado como sendo o entendimento de todos os elementos ambientais utilizados para a caracterização da qualidade ambiental de uma área definida, a qual pode ser uma bacia hidrográfica, um município ou uma propriedade rural.

Sobre o diagnóstico ambiental, assinale a alternativa correta:

a) Os dados edáficos são importantes para seleção de espécies a serem utilizadas, época ideal de plantio e época ideal para realização de obras de engenharia.
b) Informações sobre a degradação dos cursos d'água, como erosão e assoreamento a montante da área degradada, é básico para a proposta de um PRAD.
c) A descrição da situação ambiental pode ser efetuada com diferentes objetivos, por exemplo, para o planejamento de políticas públicas ambientais e definição de programas de gestão ambiental.
d) Análises químicas dos diferentes tipos de solos são importantes para planejar ações de aração, gradagem e sub-solagem.
e) O diagnóstico ambiental considera a situação ambiental a partir da interação e da dinâmica de seus componentes relacionada aos elementos físicos, biológicos e dos fatores econômicos da região.

3. A escolha da metodologia para recuperação de uma área degradada varia conforme o nível de degradação, que podem ser desde ambientes com alta resiliência e pouco perturbada, até áreas onde o impacto é irreversível.

A respeito da escolha dos métodos que farão parte da proposta do PRAD, é correto afirmar que:

a) A listagem das espécies a serem empregadas nos plantios não está sujeita à fitofisionomia de origem das matrizes em relação à área a ser recuperada.
b) Para a adequação de propriedades físico-químicas do solo, o PRAD deve conter uma proposta de implantação de sistemas de contenção de erosão.
c) O plantio heterogêneo com mudas nativas é uma técnica proposta de recuperação da vegetação em ambientes com alta resiliência e áreas pouco perturbadas.
d) As técnicas de nucleação e translocação de serapilheira visam apenas o manejo adequado da fauna ainda existente.
e) Obras de engenharia, como retaludamento e aterros, visam a recomposição da topografia e paisagística da área.

Referências

ALMEIDA D. S. de. **Recuperação ambiental da mata atlântica** 3. ed. Ilhéus: Editus, 2016.

_____. Plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD). In: **Recuperação ambiental da Mata Atlântica** [online]. 3. ed. Ilhéus: Editus, 2016, p. 140-158.

ALVAREZ-AQUINO, C.; WILIAMS-LINERA, G.; NEWTON. A. C. Disturbance effects on the seed bank of Mexican Cloud forest fragments. **Biotropica**, v. 37, n. 3, p. 337-342, 2005

ARAÚJO FILHO, R. N.; HOLANDA, F. S. R.; ANDRADE, K. R. Implantação de técnicas de bioengenharia de solos no controle da erosão no baixo São Francisco, estado de Sergipe. **Scientia Plena**. v. 9, n. 7, 2013.

ARAÚJO, G. H. D.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

BARBOSA, L. M. Considerações gerais e modelos de implantação de recuperação de formações ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2. ed. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2001. p. 209-312

BARRELLA, W.; M. PETRERE JR, W. S.; SMITH, MONTAG, L. F. A. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO; H. F. (Org.) **Matas ciliares**: conservação e recuperação. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. São Paulo: Ícone, 1990. 355 p.

BEZERRA, J. F. R. Reabilitação de áreas degradadas por erosão em São Luís/MA. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. (Orgs.). **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. p. 31-65.

BONONI, V. L. R. Controle ambiental de áreas verdes. In: BRUNA, G. C.; ROMÉRO, M. A.; PHILIPPI Jr., A. (Org.). **Curso de Gestão Ambiental**. Barueri: Manole, 2004. p. 03

BRASIL. **Decreto nº 4340, de 22 de agosto de 2002**. Regulamenta artigos da Lei no 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4340.htm>. Acesso em: 11 abr. 2018.

_____. **Lei federal nº 6938/81, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política nacional do meio ambiente - PNMA. 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 13 abr. 2018

_____. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). Brasília, DF: MMA/SBF, 2000. 32 p.

_____. **Resolução CONAMA nº 429, de 28 de fevereiro de 2011**. Dispõe sobre a metodologia de recuperação das Áreas de Preservação Permanente - APPs. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=644>. Acesso em: 11 abr. 2018.

BRITO, F. **Corredores ecológicos**: uma estratégia integradora na gestão de ecossistemas. Florianópolis: Editora da UFSC, 2006. 273 p.

_____. **Corredores ecológicos**: uma estratégia integradora na gestão de ecossistemas. Florianópolis, 2. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2012. 264 p.

CAMPBELL, S. D. G.; SHAW, R; SEWELL, R.J.; WONG, J. C. F. **Guidelines for soil bioengineering applications on natural terrain landslide scars.** Geo Report nº 227. Geotechnical Engineering Office Civil Engineering and Development Department the Government of the Hong Kong Special Administrative Region. 2008.

CONTINUUM. Dicionário online Michaelis, 13 abr. 2018. Disponível em: <http://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/continuum/>. Acesso em: 13 abr. 2018.

COUTINHO, L. M. O uso do fogo em pastagens naturais brasileiras. In: PUIGNAU, J. P. **Utilizacion y manejo de pastizales**. Montevideo, Uruguay: IICA-PROCISUR (Instituto Interamericano de Cooperacion para la Agricultura), 1994. p.159-168.

COUTO L., W.; et al. Técnicas de bioengenharia para revegetação de taludes no Brasil. **Boletim Técnico CBCN**, Viçosa, n. 1, 2010.

DIAS, D. M.; SANTOS E. C.; GOMES, D. P. P. **Bioengenharia dos solos para estabilização de taludes aplicada nas indústrias nucleares do Brasil.** São Paulo: Instituto de Engenharia. Disponível em: <https://www.institutodeengenharia.org.br/site/2012/02/27/bioengenharia-dos-solos-para-estabilizacao-de-taludes-aplicada-nas-industrias-nucleares-do-brasil/>. Acesso em: 10 abr. 2018.

DURIGAN, G.; NOGUEIRA, J. C. B. **Recomposição de matas ciliares:** orientações básicas. São Paulo: IF, n. 4, 14 p. 1990. (Série Registros).

DURLO, M. A.; SUTILI, F. J. **Bioengenharia**: manejo biotécnico de cursos de água. EST Edições, Santa Maria, 2012.

DURLO, M. A.; SUTILI, F. J. **Bioengenharia**: manejo biotécnico de cursos de água. Porto Alegre: EST Edições, 2005.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 1999.

EUBANKS, C. E.; MEADOWS, D. **A soil bioengineering guide**: for streambank and lakeshore stabilization. Washington: U.S. Department of Agriculture Forest Service, Technology and Development Program, 2002.

GRAY, D. H.; SOTIR, R. B. **Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization**: a practical guide for erosion control. New York: John Wiley e Sons. 1996.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. (Orgs.). **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

HERINGER, I.; JACQUES, A. V. A. Adaptação das plantas ao fogo: enfoque na transição floresta - campo. **Cienc. Rural** [online]. 2001, v. 31, n. 6, p.1085-1090. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782001000600028> Acesso em: 10 abr. 2018.

IBGE **Manual técnico da vegetação brasileira**. Série Manuais Técnicos em Geociências 1. 2. ed. revista e ampliada. IBGE, Rio de Janeiro, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Manual Técnico de Pedologia. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv95017.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2018

LANDIM NETO, F. O., GORAYEB, A., PEREIRA FILHO, N. de S., SILVA, E. V. Zoneamento Ambiental e Funcional da Bacia Hidrográfica do Rio Guaribas, São Gonçalo do Amarante/Ceará: Subsídios para a gestão ambiental local. **Revista Geoaraguaia**, Barra do Garças, v. 4, n. 2, p. 63-80. jul./dez. 2014. Disponível em: <http://revistas.cua.ufmt.br/geoaraguaia/index.php/geo/article/view/99>. Acesso em: 11 abr. 2018.

LEWIS, L. **Soil Bioengineering**: an alternative for roadside management: a practical guide. Technical Report 0077-1801-SDTDC. San Dimas, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, San Dimas Technology and Development Center, 2000.

LIMA, H. M.; FLORES, J. C. C.; COSTA, F. L. Plano de recuperação de áreas degradadas versus plano de fechamento de mina: um estudo comparativo. **Revista da Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 59, p. 397-402, out/dez. 2006.

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares**. Viçosa: Aprenda Fácil/ Centro de Produções Técnicas, 2001.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Diretrizes Metodológicas para o ZEE do Território Nacional. 2006. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/informma/item/7529-diretrizes-metodologicas>. Acesso em: 11 abr. 2018.

MMA. **Instrução Normativa ICMBio nº 11 de 2014**. 2014. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Instrucao_normativa/2014/in_icmbio_11_2014_estabelece_procedimentos_prad.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2018.

MMA. **Roteiro de apresentação para plano de recuperação de área degradada (PRAD) terrestre**. Parque Nacional da Serra da Bocaina. 2013. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/parnaserradabocaina/images/stories/o_que_fazemos/gestao_e_manejo/Roteiro_PRAD_versao_3.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2018.

MONQUERO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Banco de sementes de plantas daninhas e herbicidas como fator de seleção. **Pesquisa e tecnologia,** Bragantia, v. 64, n. 2, 2005.

NAPPO, M. E.; GOMES, L. J.; CHAVES, M. M. F. Reflorestamentos mistos com essências nativas para recomposição de matas ciliares. **Boletim Agropecuário da Universidade Federal de Lavras**, v. 30, p. 1 - 31, 1999.

NOVELLI, F. Z; CARNEIRO, B. M.; SILVA, A. G. Corredores ecológicos na perspectiva de preservação das florestas tropicais no estado do Espírito Santo e no Brasil. **Natureza On Line**, Santa Tereza, v. 9, n. 1, p.7-9, 2011. Disponível em: <http://www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/02_novellifzetal_0709.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2018.

OLIVEIRA, J. D. da S. **Plano de recuperação de área degradada (PRAD) de um trecho das margens do córrego do palmito**. 2012. 34 f. Monografia (Graduação em Gestão Ambiental) - Curso de Gestão Ambiental, Faculdade de Tecnologia Senac Goiás, Goiânia, 2012

PEREIRA NETO, A. F. de. **Bioengenharia no controle de processos erosivos de áreas de hidrelétricas** – o caso da PCH Costa Rica (MS). 2012. 98 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Guaratinguetá, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/120482>. Acesso em: 10 abr. 2018.

PEREIRA, A. R. **Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão**. 2. ed. Belo Horizonte: FAPI. 2008.

Portal Brasil. **Entenda a importância das regiões hidrográficas do Brasil.** Dia Mundial da Água. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2017/03/entenda-a-importancia-das-regioes-hidrograficas-do-brasil>. Acesso em: 13 abr. 2018.

PUIGNAU, J. P. (Ed.). **Utilizacion y manejo de pastizales.** Montevideo: IICA-PROCISUR, 1994. p.159-168. (Serie: Dialogo XL).

ROSA, A. N. **Relatório de Impacto Ambiental da Unidade 3 da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto**. MRS Estudos Ambientais Ltda. 2005. Disponível em: <http://www.eletronuclear.gov.br/portals/0/rimadeangra3/11_equipe.html>. Acesso em: 11 abr. 2018.

SANTANA C. J.; B. L. D.; DE ANGELIS; J. CAVALARO; M. PEGORARO. Estudo da prática de bioengenharia de solo para fundo de vale urbano. In: **Anais do IV Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e I Encontro Nacional de Tecnologia Urbana**, Rio de Janeiro, 2013.

SILVA, E. V. da.; RODRIGUEZ, J. M. M. Planejamento e zoneamento de bacias hidrográficas: agroecologia das paisagens como subsídio para uma gestão integrada. **Caderno Prudentino de Geografia**, n. 36, Volume Especial, Presidente Prudente, p. 4-17, 2014,

SILVA, J. dos S. V. da.; SANTOS, R. F. dos. **Estratégia metodológica para zoneamento ambiental:** a experiência aplicada na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Taquari. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2011. 329 p.

SUTILI, F. J.; DURLO, M. A.; BRESSAN, D. A. Potencial biotécnico do sarandi-branco (*Phyllanthus sellowianus* Müll. Arg.) e vime (*Salix viminalis* L.) para revegetação de margens de curso de água. **Ciência Florestal** v. 14, n. 1. Santa Maria, jun. 2004. p. 13-20.

URI, N.; LARACH, J. O. I.; KAMPF, N.; MONIZ, A. C.; FONTES, L. E. F. **Vocabulário de ciência do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993.

USDA-NRCS. Technical Supplement 14i Streambank Soil Bioengineering. In: **Stream restoration design.** United States Department of Agriculture - National Resources Conservation Service, 2007. Disponível em: <http://directives.sc.egov.usda.gov/viewerFS.aspx?id=3491>. Acesso em: 10 abr. 2018.

Anotações

Anotações

Anotações

Anotações

Anotações

Anotações

Anotações

ISBN 978-85-522-0769-6

9 788552 207696 >