

Revitalização e Conservação de Bacias Hidrográficas





REALIZAÇÃO:
INSTITUTO BRASILEIRO DOS RECURSOS AMBIENTAIS
E ACESSORIA RURAL – IBRAMAR

DIRETOR PRESIDENTE

Claudio Antonio Leal

DIRETOR FINANCEIRO

Micael Lincoln Cardoso Paz

DIRETOR ADMINISTRATIVO

Maria Cristina Apolinario Farias Leal

PRESIDENTE DO CONSELHO FISCAL

José Carlos Batista

VICE-PRESIDENTE DO CONSELHO FISCAL

Bruno de Laquila Oliveira

SECRETÁRIA DO CONSELHO FISCAL

Dariene da Silva Oliveira Fortes

CONSELHO EDITORIAL

Cláudio Antônio Leal

Lairson Couto

Maria Cristina Apolinário Farias Leal

Micael Lincoln Cardoso Paz

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Lairson Couto

TÉCNICOS COLABORADORES

Cláudio Antônio Leal

Laércio Couto

Lairson Couto

Márcio da Silva Mendes

Maria Cristina Apolinário Farias Leal

Micael Lincoln Cardoso Paz

Romildo Klippel

PRODUÇÃO EDITORIAL, PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO

Gustavo Binda

REVISÃO

Gustavo Zamproni Gomes

APOIO FINANCEIRO

FUNDO
SOCIOAMBIENTAL

CAIXA

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)

C871r Couto, Lairson.
Revitalização e conservação de bacias hidrográficas / realização Instituto Brasileiro dos Recursos Ambientais e Assessoria Rural – IBRAMAR ; Lairson Couto. – Vitória, ES: Editora Maré, 2023.
152 p. : il. ; 23 x 16 cm.
Inclui bibliografia.

ISBN: 978-65-86358-46-9

1. Bacias hidrográficas. 2. Recursos ambientais. 3. Meio ambiente.
I. Instituto Brasileiro dos Recursos Ambientais Assessoria Rural – IBRAMAR. II. Título.

CDU 556.51

IMPRESSO NO BRASIL | PRINTED IN BRAZIL |2023|

Todos os direitos desta edição reservados à Editora Maré

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta obra pode ser reproduzida ou manuscrita por qualquer forma ou meio eletrônico ou mecânico, inclusive fotocópia, gravação ou sistema de armazenagem e recuperação de informação sem a permissão dos editores.

Revitalização e Conservação de Bacias Hidrográficas

AGRADECIMENTOS

AO COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO MANUEL ALVES DA NATIVIDADE

À SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE
E RECURSOS HÍDRICOS DE TOCANTINS

SUMÁRIO

11		PREFÁCIO
15		INTRODUÇÃO
19		CAPÍTULO 1 Legislação ambiental e de recursos hídricos
39		CAPÍTULO 2 A bacia hidrográfica: conceitos e caracterização
49		CAPÍTULO 3 A bacia hidrográfica e o ciclo hidrológico: balanço hídrico
67		CAPÍTULO 4 Conservação de solo e água na bacia hidrográfica
77		CAPÍTULO 5 Técnicas e práticas de conservação de solo e água
97		CAPÍTULO 6 Restauração florestal
117		CAPÍTULO 7 A bacia hidrográfica e a gestão das águas
123		CAPÍTULO 8 Pagamento por serviços ambientais prestados
137		CAPÍTULO 9 Educação ambiental no Brasil
143		REFERÊNCIAS
151		GLOSSÁRIO

PREFÁCIO

Nas últimas décadas, o homem tem participado como agente acelerador dos processos de desequilíbrios da paisagem, principalmente pelas atividades do setor produtivo e das ações humanas diretamente desenvolvidas no meio ambiente. Proteger, preservar e conservar os recursos hídricos são os princípios fundamentais para a recuperação ambiental. A bacia hidrográfica foi escolhida como unidade territorial para planejamento e gestão dos recursos hídricos, por ser a água elemento fundamental nas formas de vida tanto vegetal como animal. O desafio é tornar essa gestão uma realidade.

Em 2020, foi elaborado um documento base no âmbito do Programa Nacional de Revitalização de Bacias Hidrográficas - PNRBH. O objetivo do PNRBH é formular diretrizes e estratégias, assim como viabilizar um conjunto de ações integradas de preservação, conservação e recuperação das bacias hidrográficas para promover o uso sustentável dos recursos naturais, a melhoria das condições socioambientais e o aumento da disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, para os mais diversos usos.

Sendo assim, foi proposta a seguinte redação para o conceito de revitalização a ser adotado nesse documento: “A revitalização de bacias hidrográficas consiste na recuperação, conservação e preservação ambiental por meio de ações integradas e permanentes que promovam o uso sustentável dos recursos naturais, a melhoria das condições socioambientais e o aumento da disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, para os usos múltiplos.”

De maneira geral observa-se que os projetos de revitalização de bacias hidrográficas, tanto a nível nacional como internacional, se caracterizam como uma importante ferramenta de conexão entre as políticas ambiental e de recursos hídricos, com intuito de, por meio de ações integradas de preservação, conservação e recuperação ambiental, promover o uso sustentável dos recursos naturais, à melhoria das condições socioambientais e da disponibilidade de água em quantidade e qualidade para os usos múltiplos, bem como à melhoria da qualidade de vida da população. Além disso, tais projetos também podem subsidiar a gestão pública e privada dos recursos naturais. (2020-MDR-Bases para o PNRBH).

As bacias hidrográficas são elementos naturais de extrema importância para o meio natural, pois são responsáveis pela manutenção dos biomas brasileiros e mundiais, além de, serem responsáveis por uma função primária e vital no abastecimento e uso das águas nas cidades e no campo para consumo humano e dessementação animal. Elas são a base para o desenvolvimento das atividades econômicas e produtivas da sociedade, ligadas ao setor primário da economia, como a pecuária e a agricultura e contribuído fortemente nos setores secundário e terciário.

Rotineiramente as bacias hidrográficas, no Brasil, são afetadas por diversas atividades antrópicas, como o desmatamento, a agricultura intensiva e a mineração, entre outras. Essas atividades têm gerado impactos ambientais significativos, como a perda de biodiversidade, a degradação do solo e a contaminação dos recursos hídricos.

Este livro objetiva disseminar conceitos importantes relacionados aos processos de gestão e desenvolvimento sustentável na conservação e revitalização de bacias hidrográficas, o que reflete o cabedal de temas nele contidos: Legislação Ambiental e de Recursos Hídricos, Conceitos e Caracterização da bacia hidrográfica, Interfaces do Ciclo Hidrológico e Balanço Hídrico com a bacia hidrográfica, Conceitos de Conservação de solo e água, Contexto hidrológico na bacia e na Produção de água, Restauração Florestal em Áreas de Preservação Ambiental e Reserva Legal, Pagamentos por Serviços Ambientais Prestados e Educação Ambiental no Brasil.

Nesse livro são ressaltados os principais objetivos da conservação e revitalização de bacias hidrográficas, a promoção e melhoria da qualidade da água e das condições socioeconômicas e ambientais e a importância de aumentar a quantidade de água e o seu uso de forma sustentável; reduzindo os processos erosivos que causam perda de solo e assoreamento dos rios, córregos e nascentes.

Como Presidente do Instituto Brasileiro dos Recursos Ambientais e Assessoria Rural - IBRAMAR e como geólogo, participei de vários projetos abordando bacias hidrográficas e sinto-me honrado e gratificado de prefaciá-la e perceber que a equipe multidisciplinar do IBRAMAR, conseguiu realizar uma boa interface conceitual com a realidade identificadas *in loco* nas bacias hidrográficas.

Esse livro possibilitará ampla utilização pelos vários segmentos relacionados direta e indiretamente nos processos de gestão das bacias hidrográficas, deferência especial aos Comitês das Bacias hidrográficas e a todos aqueles interessados nesse importante tema.

Vila Velha, fevereiro de 2023

Claudio Antonio Leal
Diretor Presidente – Instituto IBRAMAR





INTRODUÇÃO

Os autores desse livro, intitulado “Revitalização e Conservação de Bacias Hidrográficas”, são os técnicos que participaram do Projeto: “Revitalização e Conservação da Bacia Hidrográfica do Rio Manuel Alves da Natividade”, elaborado e executado pelo IBRAMAR – Instituto Brasileiro dos Recursos Ambientais e Assessoria Rural. Este livro foi concebido e elaborado para atender um público bem diversificado em termos de área de conhecimento, em conformidade com as demandas desses técnicos e demais especialistas que trabalham na revitalização e conservação de bacias hidrográficas, no Brasil, além dos usuários de água e demais “stakeholders”. Portanto, não seria possível e apropriado aprofundar muito em cada capítulo para não extrapolar no tamanho do livro. Consultando e pesquisando a literatura sobre os temas que são aqui tratados percebe-se que para cada tópico ou capítulo existem dezenas de livros que tratam desses assuntos com muita profundidade. A ideia principal deste livro é dar ao leitor uma visão holística dos principais problemas ambientais, principalmente a poluição e a degradação da qualidade da água e a sua disponibilidade na Bacia Hidrográfica. Contextualizando a interligação entre esses temas no âmbito do território da Bacia. Ao mesmo tempo discutir as práticas e técnicas de conservação do solo e da água e da regeneração florestal. Tentou-se estabelecer uma sequência lógica dos temas na organização dos capítulos.

O capítulo 1 trata da legislação ambiental e da legislação sobre os recursos hídricos. Foram discutidos os fundamentos e os princípios básicos dessa legislação, ressaltando as diretrizes e os programas para a conservação, revitalização e os regulamentos visando também a “Gestão das Águas”, na Bacia. No capítulo 2 foram apresentados e discutidos os conceitos e a caracterização de uma bacia hidrográfica, ressaltando a questão definida pela Lei 9433/97, na qual a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Geren-

ciamento de Recursos Hídricos. Em seguida, no capítulo 3 foram abordadas as questões relacionadas com o ciclo hidrológico e o balanço hídrico na bacia hidrográfica ou numa região. Enquanto o capítulo 4 apresentou e discutiu a conservação do solo e da água.

O território rural mereceu destaque no capítulo 5, no Contexto Hidrológico da Bacia, descrevendo as principais técnicas e práticas mais utilizadas para alcançar esses objetivos.

O capítulo 6 tratou da Restauração Florestal em Áreas de Proteção Permanente e Reserva Legal. A Restauração Florestal nessas áreas protegidas pela legislação ambiental brasileira é tão ou mais importante que outras medidas de Conservação de Solo e Água no processo de Revitalização e Conservação de Bacias Hidrográficas.

Outro tema muito importante para conciliar o uso da água na Bacia Hidrográfica, dirimindo conflitos entre os usuários e ainda se responsabilizando pela qualidade e disponibilidade da água é a “Gestão da Água” associada ao Gerenciamento Administrativo e Institucional dos Recursos Hídricos. Para tratar dessa temática o capítulo 7 apresentou e discutiu esse assunto, abordando os aspectos técnicos, administrativos e legais desse tema e destacando o Comitê de Bacias como uma das principais instituições atuando nessa área. Foi discutido também nesse capítulo, a “Gestão da Oferta” e a “Gestão da Demanda” de água na bacia e como se chega na “Gestão Integrada”. O capítulo 8 discutiu a questão do Pagamento por Serviços Ambientais Prestados, PSA, e uma de suas variantes o PSA Hídrico, como uma forma de premiar os produtores rurais, por atuarem nessa linha de revitalização e conservação das bacias. Durante décadas no Brasil foram utilizadas as medidas de “*comando e controle*”, como forma de penalizar os infratores. Já o Pagamento por Serviços Ambientais, PSA, trata-se de uma estratégia inovadora, voluntária e negociada. Nesse aspecto foi ressaltado a utilização do PSA pela ANA, em seu Programa Produtor de Água. Foi também apresentado um Programa que tem alcançado bons resultados, na linha do PSA, o “Bolsa Verde” criado e incentivado em Minas Gerais pelo Governo Estadual, e por fim comentou-se o Programa Reflorestar do estado de Espírito Santo, mais uma iniciativa PSA que vem obtendo aceitação pelos produtores rurais e bons resultados na conservação do meio ambiente.

Para concluir o conteúdo do livro foi incluído no capítulo 9 um dos mais importantes componentes nesse processo “*o ser humano*”, por meio da Educação

Ambiental. Em se tratando de uma bacia hidrográfica e considerando que, de maneira geral, a parte formal da Educação Ambiental já é bem-atendida pela Educação na esfera Municipal em atendimento às diretrizes federais e estaduais, recomenda-se que, nos projetos de revitalização e conservação de bacias hidrográficas, sempre seja prevista uma proposta de caráter não-formal.

Por fim os nossos agradecimentos à Caixa Econômica Federal, por meio do Fundo SÓCIOAMBIENTAL que disponibilizou os recursos financeiros para o Projeto: “Revitalização e Conservação da Bacia Hidrográfica do Rio Manuel Alves da Natividade”.



CAPÍTULO 1

Legislação ambiental e de Recursos Hídricos

1.1 Legislação Ambiental Brasileira

A legislação ambiental no Brasil é considerada uma das mais completas e avançadas do mundo. As leis ambientais foram criadas com a intenção de proteger o meio ambiente e reduzir ao mínimo as consequências de ações devastadoras. São fiscalizadas por órgãos ambientais e definem regulamentações e atos de infração em casos de não-cumprimento. Aplicam-se às organizações de qualquer modalidade e ao cidadão comum.

A Constituição Federal de 1988, em seu Artigo 225, apresentado abaixo (“Das Leis Ambientais”) define a importância de manter o ecossistema estabilizado, através da preservação e recuperação ambiental, tendo como principal objetivo a qualidade de vida que todo indivíduo é digno de ter. Desse modo, com o avanço das indústrias e da tecnologia, tornou-se essencial debater o desenvolvimento sustentável nas empresas, conciliando com as práticas adequadas ao uso dos recursos naturais. A partir disso, surge a expressão “*Compliance Ambiental*”, que significa estar de acordo com a legislação, adotar práticas e ações rotineiras, com o intuito de evitar danos ambientais, colaborando com a sustentabilidade do país.

Artigo 225 da Constituição Federal de 1988.

Capítulo VI – Do Meio Ambiente:

“Art. 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 para as presentes e futuras gerações.

§ 1º – Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao poder público:

I – preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas;

- II – preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético;
- III – definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção;
- IV – exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade;
- V – controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente;
- VI – promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente;
- VII – proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais à crueldade.

§ 2º. Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei.

§ 3º. As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados.

Até o advento da atual Constituição Federal, o cuidado com Meio Ambiente era garantido por disposições comuns e caracterizava-se pela tutela da segurança ou higiene do trabalho, na forma de proteção a alguns aspectos sanitários ou de cuidados com algumas atividades industriais insalubres e perigosas. O conceito jurídico de Meio Ambiente, tal qual referido na Lei Federal n. 6.938/81 (que instituiu a “Política Nacional do Meio Ambiente”), em seu art. 3º, define-o como “[...] conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”.

A feição pública dada ao Meio Ambiente veio somente com a adoção pela Carta Magna da moderna concepção social do Estado e dos direitos do cidadão perante sua função essencialmente social. Com base nessa nova visão constitucional do Estado, tornou-se possível, por exemplo, estabelecer limites a determinados direitos fundamentais (especialmente os que cuidam da propriedade e da livre iniciativa econômica), com base na defesa de uma melhor qualidade de vida.

O Meio Ambiente é tratado pela atual Constituição, de maneira inédita, como um direito de todos, um bem de uso comum do povo e essencial à sadia quali-

dade de vida. Essa tendência é notável até mesmo no preâmbulo do documento, quando institui um Estado democrático destinado a assegurar à sociedade brasileira, entre outros direitos, o de bem-estar. Isso implica um Estado promotor de atividades que contribuam para o homem se sentir em perfeita condição física ou moral, com conforto, exigindo-se, para tanto, que o Meio Ambiente esteja livre de poluição e de outras situações que lhe causem danos, condição possível a partir da obrigatoriedade de protegê-lo de tais riscos. Consta expressamente do artigo 225 da Constituição Federal que é dever do poder público e da coletividade defender e preservar o Meio Ambiente para as presentes e futuras gerações.

Nesse sentido, a Constituição Federal elenca medidas e providências cabíveis (tanto à União quanto aos Estados e municípios) que se destinam a assegurar a efetividade do Meio Ambiente em condição equilibrada, as quais encontram-se presentes nos incisos de I a VIII do referido artigo 225. A inserção de um capítulo tratando, especificamente, das questões ambientais na Constituição é reflexo, já nesse tempo, de uma consciência de preservação, em decorrência dos problemas ambientais emergentes e das pressões populares que se iniciaram a partir da década de 1970, com a organização da sociedade civil brasileira. Isso tendo em vista ainda a amplitude das questões ambientais, no tempo contemporâneo:

“Os acidentes responsáveis por danos ambientais ocorridos nas últimas décadas certificam por si só que a poluição ambiental não se limita às fronteiras de um país. Chernobyl, o acidente da Sandoz que contaminou o Rhin, a população marítima devido a acidentes de navios petroleiros ou a ações deliberadas de guerra, com os incêndios de postos petrolíferos causados pelos exércitos iraquianos ao se retirarem do Kuwait, a degeneração da camada de ozônio, para citar alguns fatos, ainda estão presentes na memória da comunidade internacional e lhe recordam constantemente a independência dos Estados em matéria de proteção ao meio ambiente” (JIMENEZ, apud. ROLDÃO, 2009).

Assim, para entender o Meio Ambiente, é preciso inserir o ser humano em uma perspectiva harmônica em relação a ele, além de participativa, integrada e, de certa maneira, humilde, configurando-se a participação cidadã como respeito para com os recursos da natureza e, também, para com a cultura, as relações sociais, econômicas e as que se estabeleçam entre os diferentes seres vivos (ROLDÃO, 2009).

De todo modo, apesar das conquistas favorecidas a partir de 1988, e não obstante as leis ambientais brasileiras serem, de maneira geral, bem-elaboradas, estas ainda apresentam lacunas em sua aplicação, o que inviabiliza o alcance de suas

propostas e objetivos. Um exemplo típico é retratado na fauna brasileira, que, de acordo com dados do IBAMA, devido à exploração crescente, tem perdido várias de suas espécies para a extinção, em um processo intenso relacionado, dentre outros fatores, ao avanço da fronteira agrícola, à perda de habitats, à caça esportiva, de subsistência ou com fins econômicos (ex.: venda de peles e animais vivos).

Dada a importância das leis ambientais para a qualidade do Meio Ambiente, dedicou-se o tópico seguinte à explicação das principais integrantes da legislação ambiental no Brasil, comentando-se também seus objetivos.

Lei de Proteção à Fauna (Lei n. 5.197/1967)

Essa lei proporcionou medidas de proteção à fauna. Ela classifica como crime o uso, a perseguição e a captura de animais silvestres, além das práticas de caça profissional e do comércio de espécies da fauna silvestre e de produtos originários de sua caça, proibindo também a importação de espécie exótica e a caça amadora sem autorização do IBAMA. Criminaliza ainda a exportação de peles e couros de anfíbios e répteis.

Dispondo sobre a proteção da fauna e dando outras providências, a lei assim se encontra enunciada:

“Art. 1º - Os animais de quaisquer espécies, em qualquer fase do seu desenvolvimento e que vivem naturalmente fora do cativeiro, constituindo a fauna silvestre, bem como seus ninhos, abrigos e criadouros naturais são propriedades do Estado, sendo proibida a sua utilização, perseguição, destruição, caça ou apanha.

§ 1º. Se peculiaridades regionais comportarem o exercício da caça, a permissão será estabelecida em ato regulamentador do Poder Público Federal.

§ 2º. A utilização, perseguição, caça ou apanha de espécies da fauna silvestre em terras de domínio privado, mesmo quando permitidas na forma do parágrafo anterior, poderão ser igualmente proibidas pelos respectivos proprietários, assumindo estes a responsabilidade de fiscalização de seus domínios. Nestas áreas, para a prática do ato de caça é necessário o consentimento expreso ou tácito dos proprietários, nos termos dos arts. 594, 595, 596, 597 e 598 do Código Civil” (BRASIL, 1967).

Área de Proteção Ambiental (Lei n. 6.902/1981)

Estabelece as diretrizes para a criação das Estações Ecológicas e as Áreas de Proteção Ambiental (APAs). As Estações Ecológicas são áreas representativas de diferentes ecossistemas do Brasil, as quais precisam ter 90% de seu território

inalterado, podendo apenas 10% sofrerem alterações, para fins acadêmicos. Já as APAs, compreendem propriedades privadas sujeitas a regulamentação por órgão público competente, a qual versará acerca das atividades econômicas possíveis de se realizarem, considerando a proteção do Meio Ambiente.

Dispondo sobre a criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental e dando outras providências, assim se encontra enunciada a lei:

“Art. 1º - Estações Ecológicas são áreas representativas de ecossistemas brasileiros, destinadas à realização de pesquisas básicas e aplicadas de Ecologia, à proteção do ambiente natural e ao desenvolvimento da educação conservacionista.

§ 1º. 90% (noventa por cento) ou mais da área de cada Estação Ecológica será destinada, em caráter permanente, e definida em ato do Poder Executivo, à preservação integral da biota.

§ 2º. Na área restante, desde que haja um plano de zoneamento aprovado, segundo se dispuser em regulamento, poderá ser autorizada a realização de pesquisas ecológicas que venham a acarretar modificações no ambiente natural.

§ 3º. As pesquisas científicas e outras atividades realizadas nas Estações Ecológicas levarão sempre em conta a necessidade de não colocar em perigo a sobrevivência das populações das espécies ali existentes.

Art. 2º - As Estações Ecológicas serão criadas pela União, Estados e Municípios, em terras de seus domínios, definidos, no ato de criação, seus limites geográficos e o órgão responsável pela sua administração.

Art. 3º - Nas áreas vizinhas às Estações Ecológicas serão observados, para a proteção da biota local, os cuidados a serem estabelecidos em regulamento, e na forma prevista nas Leis n.º 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 5.197, de 3 de janeiro de 1967.

Art. 4º - As Estações Ecológicas serão implantadas e estruturadas de modo a permitir estudos comparativos com as áreas da mesma região ocupadas e modificadas pelo homem, a fim de obter informações úteis ao planejamento regional e ao uso racional de recursos naturais.

Art. 5º - Os órgãos federais financiadores de pesquisas e projetos no campo da ecologia darão atenção especial aos trabalhos científicos a serem realizados nas Estações Ecológicas.

Art. 6º - Caberá ao Ministério do Interior, através do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, zelar pelo cumprimento da destinação das Estações Ecológicas, manter organizado o cadastro das que forem criadas e promover a realização de reuniões científicas, visando à elaboração de planos e trabalhos a serem nelas desenvolvidos

Art. 7º - As Estações Ecológicas não poderão ser reduzidas nem utilizadas para fins diversos daqueles para os quais foram criadas.

§ 1º. Na área reservada às Estações Ecológicas será proibido:

- a) presença de rebanho de animais domésticos de propriedade particular;
- b) exploração de recursos naturais, exceto para fins experimentais, que não importem em prejuízo para a manutenção da biota nativa, ressalvado o disposto no § 2º do art. 1º;
- c) porte e uso de armas de qualquer tipo;
- d) porte e uso de instrumentos de corte de árvores;
- e) porte e uso de redes de apanha de animais e outros artefatos de captura.

§ 2º. Quando destinados aos trabalhos científicos e à manutenção da Estação, a autoridade responsável pela sua administração poderá autorizar o uso e o porte dos objetos mencionados nas alíneas c, d e do parágrafo anterior.

§ 3º. A infração às proibições estabelecidas nesta Lei sujeitará o infrator à apreensão do material proibido, pelo prazo de 1 (um) a 2 (dois) anos, e ao pagamento de indenização pelos danos causados.

§ 4º. As penalidades previstas no parágrafo anterior serão aplicadas pela Administração da Estação Ecológica.

Art. 8º - O Poder Executivo, quando houver relevante interesse público, poderá declarar determinadas áreas do Território Nacional como de interesse para a proteção ambiental, a fim de assegurar o bem-estar das populações humanas e conservar ou melhorar as condições ecológicas locais.

Art. 9º - Em cada Área de Proteção Ambiental, dentro dos princípios constitucionais que regem o exercício do direito de propriedade, o Poder Executivo estabelecerá normas, limitando ou proibindo:

- a) a implantação e o funcionamento de indústrias potencialmente poluidoras, capazes de afetar mananciais de água;
- b) a realização de obras de terraplenagem e a abertura de canais, quando essas iniciativas importarem em sensível alteração das condições ecológicas locais;
- c) o exercício de atividades capazes de provocar uma acelerada erosão das terras e/ou um acentuado assoreamento das coleções hídricas;
- d) o exercício de atividades que ameacem extinguir na área protegida as espécies raras da biota regional.

§ 1º. O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis, ou órgão equivalente no âmbito estadual, em conjunto ou isoladamente, ou mediante convênio com outras entidades, fiscalizará e supervisionará as Áreas de Proteção Ambiental.

§ 2º. Nas Áreas de Proteção Ambiental, o não cumprimento das normas disciplinadoras previstas neste artigo sujeitará os infratores ao embargo das iniciativas irregulares, à medida cautelar de apreensão do material e das máquinas usadas nessas atividades, à obrigação de reposição e reconstituição, tanto quanto possível, da situação anterior e a imposição de multas graduadas de Cr\$200,00 (duzentos cruzeiros) a Cr\$2.000,00 (dois mil cruzeiros), aplicáveis, diariamen-

te, em caso de infração continuada, e reajustáveis de acordo com os índices das ORTNs - Obrigações Reajustáveis do Tesouro Nacional.

§ 3º. As penalidades previstas no parágrafo anterior serão aplicadas por iniciativa do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis ou do órgão estadual correspondente e constituirão, respectivamente, receita da União ou do Estado, quando se tratar de multas.

§ 4º. Aplicam-se às multas previstas nesta Lei as normas da legislação tributária e do processo administrativo fiscal que disciplinam a imposição e a cobrança das penalidades fiscais.

Art. 10 - Esta Lei entrará em vigor na data de sua publicação.

Art. 11 - Revogam-se as disposições em contrário” (Brasil, 1981)

Política Nacional do Meio Ambiente (Lei n. 6.938/1981)

Dispondo sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, dando ainda outras providências, tem como objetivo a preservação, a melhoria e a recuperação da qualidade ambiental benéfica à vida, pretendendo garantir boas condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da qualidade da vida humana. Também proíbe a poluição e obriga ao licenciamento, além de regulamentar a utilização adequada dos recursos ambientais.

A lei se encontra assim enunciada:

“Art. 1º - Esta Lei, com fundamento nos incisos VI e VII do art. 23 e no art. 235 da Constituição, estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, constitui o Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA e institui o Cadastro de Defesa Ambiental. (“Caput” do artigo com redação dada pela Lei n.º 8.028, de 12/4/1990) DA POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE.

Art. 2º - A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os seguintes princípios: I - ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo; II - racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar; III - planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais; IV - proteção dos ecossistemas, com a preservação de áreas representativas; V - controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras; VI - incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos res-

ursos ambientais; VII - acompanhamento do estado da qualidade ambiental; VIII - recuperação de áreas degradadas; IX - proteção de áreas ameaçadas de degradação; X - educação ambiental a todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente.

Art. 3º - Para os fins previstos nesta Lei, entende-se por:

I - meio ambiente: o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas; II - degradação da qualidade ambiental: a alteração adversa das características do meio ambiente; III - poluição: a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos; IV - poluidor: a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental; V - recursos ambientais: a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo, os elementos da biosfera, a fauna e a flora. (Inciso com redação dada pela Lei n.º 7.804, de 18/7/1989)” (BRASIL, 1981).

Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei n. 9.433/1997)

Institui a política e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Define a água como recurso natural limitado, provido de valor econômico e dotado de diversas possibilidades de uso: consumo humano, produção de energia, transporte, lançamento de esgotos e outros. Essa lei prevê a criação do Sistema Nacional com a finalidade de que este se-ocupe, dentre outras coisas, da coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores que interferem na sua preservação e no cumprimento de sua função social.

Lei de Crimes Ambientais (Lei n. 9.605/1998)

Trata das questões penais e administrativas, no que diz respeito às ações nocivas ao Meio Ambiente, concedendo aos órgãos ambientais mecanismos para punição de infratores, como em caso de crimes ambientais praticados por organizações. A pessoa jurídica, autora ou coautora da infração pode ser penalizada, chegando à liquidação da empresa, se ela tiver sido criada ou usada para facilitar ou ocultar um crime ambiental. A punição pode ser extinta, caso se comprove a recuperação do dano.

A Lei n. 9605/1998 tem por objetivo regular a responsabilidade ambiental,

que é dividida em três esferas: civil, administrativa e penal. Como crimes ambientais, consideramos todas as condutas previamente previstas em lei que atentem contra a qualidade do meio ambiente.

Dispondo sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, com outras providências, a lei assim se enuncia:

“Capítulo I - DISPOSIÇÕES GERAIS

[...]

Art. 2 - Quem, de qualquer forma, concorre para a prática dos crimes previstos nesta Lei, incide nas penas a estes cominadas, na medida da sua culpabilidade, bem como o diretor, o administrador, o membro de conselho e de órgão técnico, o auditor, o gerente, o preposto ou mandatário de pessoa jurídica, que, sabendo da conduta criminosa de outrem, deixar de impedir a sua prática, quando podia agir para evitá-la.

Art. 3 - As pessoas jurídicas serão responsabilizadas administrativa, civil e penalmente, conforme o disposto nesta Lei, nos casos em que a infração seja cometida por decisão de seu representante legal ou contratual, ou de seu órgão colegiado, no interesse ou benefício da sua entidade. Parágrafo único. A responsabilidade das pessoas jurídicas não exclui a das pessoas físicas, autoras, coautores ou partícipes do mesmo fato.

Art. 4 - Poderá ser desconsiderada a pessoa jurídica sempre que sua personalidade for obstáculo ao ressarcimento de prejuízos causados a qualidade do meio ambiente” (BRASIL, 1998).

Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (Lei n. 9.985/2000)

Dentre seus objetivos, estão a conservação de variedades de espécies biológicas e dos recursos genéticos, a preservação e restauração da diversidade de ecossistemas naturais e a promoção do desenvolvimento sustentável, a partir conservação dos recursos naturais.

Política Agrícola (Lei n. 8.171/1991)

Essa lei objetiva a proteção do Meio Ambiente e estabelece para as empresas que exploram economicamente águas represadas e para as concessionárias de energia elétrica a obrigação de compensar os impactos por elas causados sobre os recursos naturais. Define que o poder público deve disciplinar e fiscalizar o uso racional do solo, da água, da fauna e da flora, realizar zoneamentos agroecológicos para ordenar a ocupação de diversas atividades produtivas, desenvolver programas de educação

ambiental, fomentar a produção de mudas de espécies nativas, entre outras ações.

Novo Código Florestal Brasileiro (Lei n. 12.651/2012)

Dispõe sobre a preservação da vegetação nativa e revoga o Código Florestal Brasileiro de 1965, determinando aos proprietários de terras que se configurem como Área de Preservação Permanente (APP) ou Reserva Legal (RL) a responsabilidade por preservar e proteger os ecossistemas que as integrem. Em virtude desse e de outros fatores, o Novo Código Florestal levanta questões polêmicas entre os interesses ruralistas e ambientalistas até os dias de hoje (IBF, s.d.).

Legislação sobre a Política Nacional da Educação Ambiental no Brasil - Lei n. 9.795/1999

Dispõe sobre a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), tendo-se criado, a partir dessa lei, a Coordenação-Geral de Educação Ambiental (CGEA), no MEC, e a Diretoria de Educação Ambiental (DEA), no MMA. Em 2000, a Educação Ambiental integra, pela segunda vez, o Plano Plurianual (2000-2003), agora na dimensão de um Programa, identificado como “0052 – Educação Ambiental”, institucionalmente vinculado ao Ministério do Meio Ambiente (NUNES, 2015).

Cabe comentar que, em 2002, a Lei n. 9.795/99 foi regulamentada, pelo Decreto n. 4.281, o qual define, entre outras coisas, a composição e as competências do órgão gestor da PNEA, lançando, assim, as bases para sua execução. Esse foi um passo decisivo para a realização das ações em Educação Ambiental no Governo Federal, tendo como primeira tarefa a assinatura do “Termo de Cooperação Técnica” para a realização conjunta da “Conferência Infantojuvenil pelo Meio Ambiente”.

No Capítulo 9 deste livro, que trata da Educação Ambiental no Brasil, tratar-se-á mais sobre este tema.

A Lei do PSA (Pagamento por Serviços Ambientais) Lei nº 12.727/2012

A Lei do PSA de 2012 que criou a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais e foi posteriormente complementada e aprimorada pela Lei n.14.119, de janeiro de 2021. Elas têm como objetivo incentivar a conservação e a recuperação dos ecossistemas por meio do pagamento de serviços ambientais prestados por proprietários rurais e outros detentores de áreas com cobertura vegetal nativa. A Lei 14.119/2021 cria o Fundo Nacional de Pagamento por

Serviços Ambientais, que tem como objetivo captar recursos financeiros para o pagamento pelos serviços ambientais prestados pelos proprietários rurais e outros detentores de áreas com cobertura vegetal nativa; cria o Programa Floresta+ para incentivar a conservação, a recuperação e o uso sustentável das florestas nativas brasileiras, por meio do pagamento por serviços ambientais; entre outras regulamentações. Esta Lei é considerada um avanço na política de pagamento por serviços ambientais no Brasil, fortalecendo a proteção dos ecossistemas e incentivando a conservação da biodiversidade.

1.2 Gestão de Recursos Hídricos no Brasil

A gestão de recursos hídricos no Brasil teve um longo processo histórico de evolução, que começou na década de 1930, com a criação do Código de Águas, que estabeleceu as regras para o uso das águas no país. No entanto, foi somente a partir da década de 1970 que o tema começou a ganhar maior destaque, em decorrência da crise hídrica enfrentada na época e da necessidade de se estabelecer políticas públicas mais efetivas para o gerenciamento dos recursos hídricos. Assim, em 1974, foi criada a Secretaria Especial de Meio Ambiente, que passou a ser responsável pela gestão dos recursos hídricos no país. Na década seguinte, foi criado o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), órgão consultivo e normativo que tem como objetivo promover a gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos no país. Em 1997, foi instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), que estabeleceu diretrizes e instrumentos para a gestão dos recursos hídricos, como a criação dos Comitês de Bacias Hidrográficas, responsáveis pela gestão das águas em cada uma das bacias hidrográficas do país.

Desde então, a gestão de recursos hídricos no Brasil tem sido aprimorada, com a implementação de novas tecnologias e políticas públicas, visando à preservação e ao uso sustentável dos recursos hídricos, bem como à garantia do acesso à água para toda a população.

A Lei Federal n.9.433/1997 (também conhecida como “Lei das Águas”) estabelece, em seu Título I, “Da Política Nacional de Recursos Hídricos”, Capítulo I:

“Dos Fundamentos:

Art. 1º - A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:

- I - a água é um bem de domínio público;
- II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do poder público, dos usuários e das comunidades” (BRASIL, 1997).

Levando em conta o que foi estabelecido na Lei n. 9.433/97, quanto aos pressupostos fundamentais para o exercício de suas atividades, a Agência Nacional de Águas (ANA) definiu a água disponível na natureza conforme descrito a seguir:

“A água é um recurso natural limitado de valor econômico, essencial para a vida de todos os seres vivos. Por ser um bem de domínio público, o governo federal e os governos estaduais e o distrital são os responsáveis por regular o seu acesso e implementar uma série de instrumentos de gestão, promovendo o uso múltiplo e sustentável em benefício das atuais e futuras gerações” (ANA, 2022).

É perceptível a relação existente entre a água e o desenvolvimento de uma região. Os países economicamente mais desenvolvidos (outrora chamados “de primeiro mundo”) alcançaram tal nível utilizando-se de água, passando a valorizá-la como recurso e a trabalhar pela gestão desse bem (CARVALHO, 2014). “Entretanto, somente na década de 60, países como os Estados Unidos, a França, a Grã-Bretanha e a própria Alemanha renovaram suas leis e instituições, à procura de maior eficácia na recuperação e conservação dos recursos hídricos” (BORSOI; TORRES, 1997).

Carvalho (2014) afirma que “[...] o desenvolvimento econômico acelerado remete a altos volumes de consumo de água [...]”, apontando, conforme Setti et al. (2000), que “[...] as crescentes demandas de água estão ocasionando problemas aos recursos hídricos em muitas partes do mundo”. Setti et al. abordam, ainda, o uso ineficiente de grande parte da água captada para os diversos usos humanos.

Os múltiplos usos da água, conciliados à ineficiência das estruturas e sistemas de abastecimento de água e a altos consumos, propiciam o surgimento de

conflitos entre os usuários de recursos hídricos. Uma característica peculiar dos países europeus, nesse sentido, é a extrapolação de seus limites físico-territoriais pelos principais cursos hídricos, o que pode ampliar as incidências de conflitos (CARVALHO, 2014). “Os conflitos entre países usuários de uma mesma bacia, que envolvem cerca de 40% da população mundial, costumam ser resolvidos através de tratados internacionais” (BANCO MUNDIAL, 1994 apud. BORSOI; TORRES, 1997).

Tundisi (2003) alertou para o grande número de problemas políticos complexos que resultam da disputa pelos recursos hídricos, em contextos de bacias hidrográficas internacionais. O autor afirma que, “[...] à medida que ocorre uma percepção cada vez mais acentuada sobre os recursos hídricos e seu valor econômico e social, mais acirrada se torna a disputa por recursos hídricos internacionais” (TUNDISI, 2003).

Setti et al. (2000) argumentam que apenas medidas conservacionistas, em situações de escassez, podem impulsionar a gestão de recursos hídricos, indicando os autores que, de forma gradual, isso começou a ocorrer somente a partir da década de 70, através dos ambientalistas. As primeiras preocupações com relação à falta de água surgiram nos grandes usuários, provocando debates em conjunto com os órgãos gestores de políticas públicas e a sociedade, de maneira integrada.

“Para atingir este objetivo, os responsáveis pela política da água no mundo industrializado compreendem que devem ter em conta as preocupações sociais, ambientais e econômicas, bem como as características físicas das bacias hidrográficas. Esta abordagem ficou conhecida como Gestão Integrada dos Recursos Hídricos (*Integrated Water Resource Management - IWRM*). Esta é a filosofia atual da gestão dos recursos hídricos, que exige a participação de todas as partes envolvidas (utilizadores da água, sociedade civil, governos e setor privado) nas negociações e uma política transparente que legitime as decisões adotadas” (EUWI, 2006).

Gestão das Águas

A gestão das águas é um processo fundamental para garantir a disponibilidade e a qualidade dos recursos hídricos, bem como para promover a sua utilização de forma sustentável. A gestão das águas envolve diversos aspectos, tais como a conservação dos ecossistemas aquáticos, a proteção das nascentes, a gestão dos usos múltiplos dos recursos hídricos, o controle da poluição e o monitoramento da qualidade da água.

No Brasil, a gestão das águas é regida pela Política Nacional de Recursos Hí-

dricos, criada em 1997, que estabelece as diretrizes e os instrumentos para a gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos. Entre os principais instrumentos previstos na PNRH, destacam-se os comitês de bacias hidrográficas, que são responsáveis pela gestão das águas em cada uma das bacias hidrográficas do país.

Os comitês de bacias hidrográficas são compostos por representantes dos diversos setores usuários das águas, bem como da sociedade civil, e têm como principal atribuição a elaboração do Plano de Bacia Hidrográfica, que estabelece as diretrizes e as ações necessárias para a gestão dos recursos hídricos na respectiva bacia.

Além dos comitês de bacias hidrográficas, outros instrumentos previstos na PNRH incluem o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos, o enquadramento dos corpos d'água em classes de qualidade, o estabelecimento de outorgas para uso da água, entre outros.

Em resumo, a gestão das águas é um processo complexo e fundamental para garantir a disponibilidade e a qualidade dos recursos hídricos, bem como para promover a sua utilização de forma sustentável. A Política Nacional de Recursos Hídricos e seus instrumentos são fundamentais para a implementação dessa gestão de forma integrada e participativa, envolvendo todos os setores usuários das águas e a sociedade civil.

“A água é um recurso natural limitado de valor econômico, essencial para a vida de todos os seres vivos. Por ser um bem de domínio público, o governo federal e os governos estaduais e o distrital são os responsáveis por regular o seu acesso e implementar uma série de instrumentos de gestão, promovendo o uso múltiplo e sustentável em benefício das atuais e futuras gerações” (ANA, 2022).

Conforme Setti et al. (2000), a gestão das águas “[...] é uma atividade analítica e criativa, voltada à formulação de princípios e diretrizes [...]”, e tem por finalidade promover o gerenciamento de recursos hídricos. Diante das diversas demandas e da preocupação de escassez de água, o planejamento deve ser a estratégia principal para a elaboração de políticas favoráveis à proteção da água. Silva (2010) define planejamento como “a forma de conciliar recursos escassos e necessidades abundantes”. Por sua vez, o conceito de planejamento apresentado por Barth (1987), direcionado aos recursos hídricos, define-o como um “[...] conjunto de procedimentos organizados que visam o atendimento das demandas de água, considerada a disponibilidade restrita desse recurso”.

No Brasil, a discussão sobre a necessidade de se elaborarem políticas de re-

cursos hídricos surgiu devido a dois principais usos da água: geração de energia e irrigação, tendo como gestores os setores responsáveis por cada uso. Com o crescimento do país, esse modelo necessitava de mudança, o que foi observado por Tundisi (2006), quando expressou o autor que “[...] um dos principais avanços conceituais foi o da mudança de paradigma quanto à gestão”. Assim, nos últimos dez anos do século XX, iniciou-se o período de transição, consistindo em passar de um gerenciamento “[...] setorial, local e de resposta a crises e impactos, para um sistema integrado, preditivo e no âmbito de ecossistema (bacia hidrográfica)” (TUNDISI, op. cit.).

A inserção da bacia hidrográfica no âmbito da gestão de recursos hídricos, segundo Tundisi, “[...] possibilita integrar ações de pesquisa e gerenciamento em uma unidade física bem estabelecida e que pode agregar atividades multi e interdisciplinares”. O Brasil possui considerável extensão territorial, que abrange múltiplos usos da água, regiões com diferentes culturas e distintas características físicas e climáticas, por isso demanda um modelo de gestão que aborde as especificidades regionais. Para atingir este objetivo o conceito de bacia hidrográfica é o mais adequado para representar uma unidade de planejamento e gestão de recursos hídricos.

A gestão de recursos hídricos, com o conceito de bacia hidrográfica e por meio da elaboração de políticas públicas (disciplinamento legal e ordenamento institucional), estabelece as diretrizes para o gerenciamento (base técnica) desses recursos, delimitando, de forma clara, o nível de abrangência de cada ferramenta. O gerenciamento, amparado pelos instrumentos disponibilizados pela gestão, é a forma de colocar em prática as leis estabelecidas, visando preservar os recursos hídricos, através de fiscalização, planejamento, controle e cobrança pelos múltiplos usos da água (CARVALHO, 2014).

1.2.1 Cronologia da legislação ambiental com foco em recursos hídricos no Brasil

Os debates sobre o tema da água perduraram durante anos no Brasil, a partir de 1916 (em face do Código Civil Brasileiro), envolvendo diversos setores, entidades nacionais e internacionais, bem como a sociedade civil, até resultarem no marco federal em 1997, que foi a Lei Federal n. 9.433/97 (“Lei das Águas”). Os principais marcos encontrados na legislação que abordam recursos hídricos podem ser organizados como se dispõe abaixo:

- 1916 Primeira referência no Código Civil Brasileiro
- 1934 Foi decretado o Código das Águas
- 1978 Criação do “Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas” (CEEIBH)
- 1980 Criado o Conselho Nacional de Recursos Hídricos que estabeleceu as diretrizes para Criação de uma Política Nacional de Recursos Hídricos
- 1988 Constituição Federal do Brasil
- 1997 Lei Federal 9.433/1997 – “Lei das Águas”
- 2000 Lei Federal 9.984/2000 – Criação da Agência Nacional das Águas (ANA)

O primeiro marco legal que inseriu a água no escopo das discussões de maior projeção foi o Código Civil Brasileiro de 1916, quando este declarou as águas como bem público de uso comum (CARVALHO, 2014). Posteriormente, em 1934, foi decretado o Código das Águas, discriminando a dominialidade das águas. Já, em 1978, foi criado o primeiro órgão imbuído da ideia de a bacia hidrográfica ser a unidade adotada para o planejamento e gestão, denominado “Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas” (CEEIBH), impulsionado pelos problemas de poluição das águas de rios em área densamente povoadas.

“No Brasil, o reconhecimento da crescente complexidade dos problemas relacionados ao uso da água levou ao estabelecimento, em 1976, de acordo entre o Ministério das Minas e Energia e o governo do Estado de São Paulo para a melhoria das condições sanitárias das bacias do Alto Tietê e Cubatão. O êxito dessa experiência fez que, em seguida, fosse constituída, em 1978, a figura do Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas (CEEIBH), e a subsequente criação de comitês executivos em diversas bacias hidrográficas, como no Paraíba do Sul, no São Francisco e no Ribeira de Iguape. Esses comitês tinham apenas atribuições consultivas, nada obrigando a implantação de suas decisões, e dele participavam apenas órgãos do governo. Mesmo assim, constituíram-se em experiências importantes e foram importantes embriões para a evolução futura da gestão por bacia hidrográfica” (PORTO; PORTO, 2008).

Em 1980, foi criado o Conselho Nacional de Recursos Hídricos que estabeleceu as diretrizes para uma Política Nacional de Recursos Hídricos fixado junto ao “III Plano Nacional de Desenvolvimento” que explicita os principais objetivos e linhas de atuação governamental para o período 1980-1985. E, em 1988, com

a publicação da nova Constituição Federal, foi apresentado como competência da União, no artigo 21, inciso XIX, “[...] instituir sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos de seu uso” (BRASIL, 1988). Mais tarde, o uso das águas viria a ser regulamentado pela atual Política Nacional de Recursos Hídricos.

A dominialidade das águas é alterada pela Constituição Federal de 1988, preconizando-se que as águas superficiais pertencem ao Estado - quando estas tiverem suas surgências e descargas dentro de seus limites territoriais - ou à União - quando abrangerem mais de um estado -, sendo as águas subterrâneas de domínio dos estados. No artigo 26, inciso I, integram, entre os bens dos estados e do Distrito Federal, “[...] as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União” (BRASIL, 1988).

A Lei n. 9.433/1997 “[...] institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal [...]”. A partir de sua entrada em vigor, os estados com leis de recursos hídricos regulamentadas passaram a revisar tais leis de acordo com o marco regulatório federal, e outras ações foram iniciadas. Também estabeleceu diretrizes para a descentralização da gestão dos recursos hídricos, de forma a viabilizar a participação de todos os entes envolvidos, dentre eles usuários de água, organizações civis e comitês de bacias hidrográficas (estes, criados a partir das necessidades de gerir as bacias, então definidas como unidade para planejamento e gestão dos recursos hídricos no artigo 1º, inciso V).

Além dos instrumentos supracitados, a Lei n. 9.433/1997 ainda define, como instrumentos de gestão, no artigo 5º: “o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água”, “a compensação a municípios” e “o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos”. E, no artigo 32, são apresentados os objetivos do “Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos” (SINGREH): “coordenar a gestão integrada das águas”, “arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos”, “implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos”, “planejar, regular e controlar o uso, preservação e a recuperação dos recursos hídricos” e “promover a cobrança pelo uso de recursos hídricos.”

E, mais recentemente, acresce à legislação sobre recursos hídricos a Lei Federal n. 9.984 (de 17 de julho de 2000), que dispõe sobre a criação da Agência Na-

cional de Águas (ANA, posteriormente renomeada para Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico), entidade federal responsável por implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos e coordenar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e que detém o poder outorgante de fiscalização e de cobrança pelo uso da água.

Porto e Porto (2008) escrevem que, com a criação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), “concretiza-se a modernização do setor e a Lei n.º 9.433 coloca o Brasil entre os países de legislação mais avançada do mundo no setor de recursos hídricos”.

Embora possa ser considerada uma das melhores leis, em termos de gestão desses recursos, alguns aspectos foram tratados de forma superficial em seu texto, do que se poderiam citar as diretrizes relativas a regiões de escassez de recursos hídricos. Schwartzman (2007) argumenta que,

“[...] apesar da Lei Federal n.º 9.433/97 tratar, genericamente, da gestão dos recursos hídricos em regiões de escassez, ela estabelece em suas diretrizes gerais de ação que deverão ser respeitadas as diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do país”.

Essas diretrizes devem ser levadas em consideração quando da aplicação dos instrumentos da PNRH, em particular nos planos de recursos hídricos e na outorga e cobrança (SCHVARTZMAN, 2007).

A adoção da bacia hidrográfica como unidade territorial para o planejamento da gestão de recursos hídricos é um conceito utilizado no PNRH e amplamente defendido por diversos autores, como por exemplo, defendida por Tundisi (2006), mediante a ideia de que “a bacia hidrográfica possibilita integrar ações de pesquisa e gerenciamento em uma unidade física bem estabelecida e que pode agregar atividades multi e interdisciplinares”. Ainda de acordo com Fonseca (2010), “entender a bacia hidrográfica como um sistema dinâmico aberto, possibilita a análise dos seus subsistemas, os quais podem ser entendidos como unidades geomorfológicas, uma vez que apresentam formas, processos e evolução, em muitos casos, de forma diferenciada.”

Porto e Porto (2007) expressam que a competitividade entre os usuários de água em uma bacia hidrográfica se acirra à medida que a disponibilidade hídrica diminui. Os autores afirmam que os Comitês de Bacia Hidrográfica, instâncias de decisão local, são a forma de dar sustentabilidade e equidade a tal competição. O

Capítulo III da Lei n. 9.433/1997 discorre sobre as áreas de atuação dos comitês, a competência deles no âmbito da sua área de atuação, bem como os representantes e dirigentes que os compõem.

“Art. 39. Os comitês de Bacia Hidrográfica são compostos por representantes:

I - da União;

II - dos Estados e do Distrito Federal, cujos territórios se situem, ainda que parcialmente, em suas respectivas áreas de atuação;

III - dos Municípios situados, no todo ou em parte, em sua área de atuação;

IV - dos usuários das águas de sua área de atuação;

V - das entidades civis de recursos hídricos com atuação comprovada na bacia”
(BRASIL, 1997)” (BRASIL, 1997).



CAPÍTULO 2

Bacia hidrográfica: conceitos e caracterização

Pode-se definir bacia hidrográfica de muitas maneiras, de acordo como ela é percebida e reconhecida por determinado setor da sociedade. Do ponto de vista legal e do gerenciamento dos recursos hídricos, na Lei 9.433/97, “[...] bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos” (BRASIL, 1997). Considerar esse entendimento é de grande relevância, visto que, com a criação da ANA, em 2000, e a tomada de outras medidas governamentais a partir desse marco, a questão da política nacional e do gerenciamento dos recursos hídricos tomou grande impulso no Brasil.

A gestão dos recursos hídricos é importante para garantir que a água esteja disponível de forma equilibrada e sustentável a todos os usos atuais. A gestão inclui a proteção das bacias hidrográficas contra a poluição e outros impactos negativos, como a degradação dos ecossistemas aquáticos e a diminuição da biodiversidade. A criação e a regulamentação dos Comitês de Bacias Hidrográficas de rios de primeira e segunda ordem em todo o País surgem com essa prerrogativa, isto é, de auxiliar na referida proteção às bacias.

2.1 Conceituação de Bacia Hidrográfica

A bacia hidrográfica consiste em uma área de captação natural na qual toda a água que provém das chuvas converge para um único ponto de saída, conhecido como exultório. Trata-se de uma região geográfica delimitada em função do relevo (colinas, morros ou montanhas) onde todas as águas que escoam para fora da bacia seguem um caminho (córregos, riachos, rios e lagos) para chegar ao exultório. A bacia hidrográfica possui uma dimensão que lhe é característica, além de forma e localização. Ela pode ser de pequeno porte ou grande porte, e ter formas variadas

As águas que escoam dentro da bacia hidrográfica incluem rios, lagos, córre-

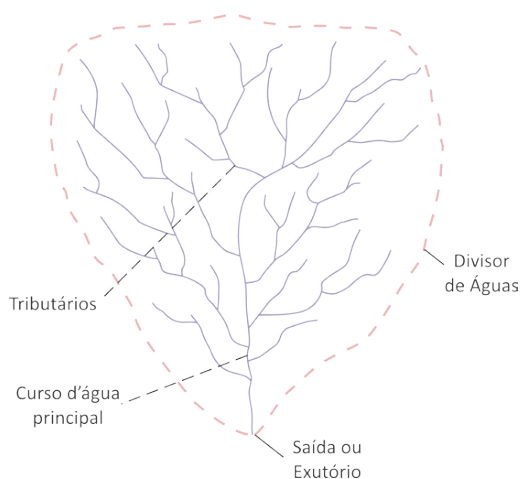
gos, arroios e outros corpos d'água, os quais, em conjunto, compreendem os “recursos hídricos”. Cada elemento desse conjunto é importante para a vida humana e para a biodiversidade, pois fornece água para beber, irrigar os campos, manter as indústrias e ainda possibilitar vários outros usos.

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2014), bacia hidrográfica é o “[...] espaço geográfico delimitado pelo respectivo divisor de águas, cujo escoamento superficial converge para seu interior, sendo captado pela rede de drenagem que lhe concerne” (ANA, 2014). Por essa definição, portanto, bacia hidrográfica é a porção do território delimitada pela linha dos divisores de água (cumeeira), que recebe a água das precipitações e a conduz para o curso d'água principal, até a saída dessa área assim demarcada. A saída, também chamada de “exultório”, é o ponto mais baixo da bacia.

A bacia hidrográfica pode incluir um grande rio (como o Amazonas, o São Francisco ou o Tocantins), mas pode também representar o território de um ribeirão, córrego ou pequeno curso de água. Nesse caso, é comum usar a denominação de “sub-bacia”. No passado, utilizava-se muito o conceito de “microbacia”. Hoje, porém, esse termo caiu em desuso. Assim, podemos dizer sobre “a bacia do rio São Francisco”, “a sub-bacia do rio das Velhas”, “a sub-bacia do ribeirão Jequitibá”, “a sub-bacia do córrego do Diogo” etc.

A figura abaixo representa graficamente uma bacia hidrográfica, com a delimitação do divisor de águas, as curvas de nível, os cursos de água e a saída da bacia (exultório).

Figura 1 - Desenho representativo de uma bacia hidrográfica



Fonte: Wikipedia (2022).

A área da bacia hidrográfica é limitada por um divisor de águas que a separa das bacias adjacentes e que pode ser determinado nas cartas topográficas. As águas superficiais, originárias de qualquer ponto da área delimitada pelo divisor, saem da bacia passando pela seção definida, e a água que precipita fora da área da bacia não contribui para o escoamento na seção considerada. Desse modo, percebe-se a importância de o conceito de “bacia hidrográfica” ser entendido através de dois aspectos: “rede hidrográfica” e “relevo”. De fato, quaisquer mapas topográfico que representam o relevo de um determinado território podem abranger mais de uma bacia de rios e sub-bacias (bacias menores) de seus afluentes.

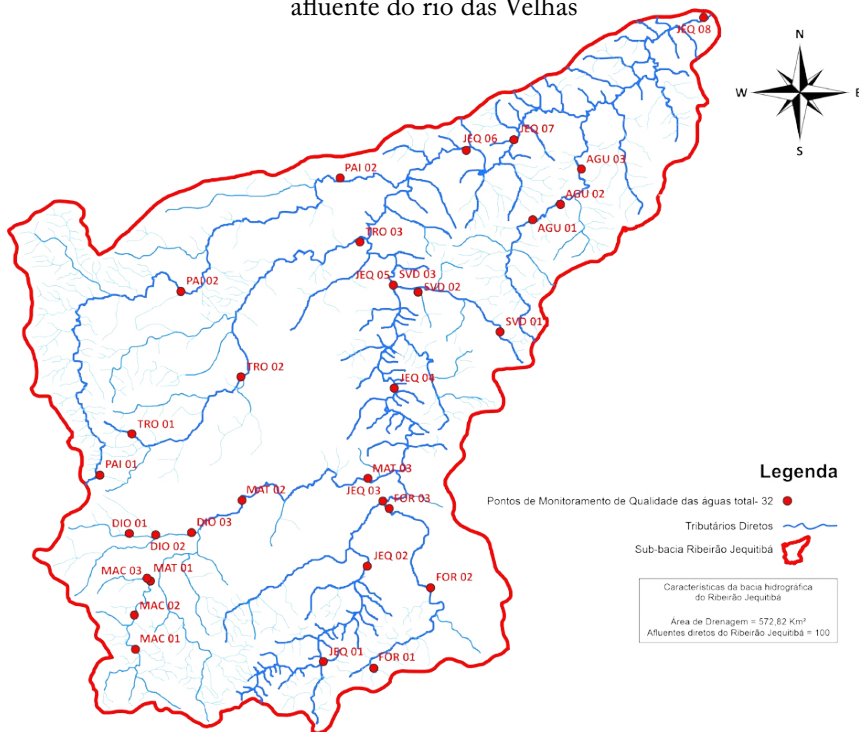
De acordo com a Lei Federal n. 9433/1997, em seu artigo 1º, inciso V, a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, como anteriormente visto. Um grande avanço na gestão das águas, sem dúvida. Segundo Carvalho (2002), esse paradigma introduz um novo ingrediente na questão do federalismo no Brasil, uma vez que possui caráter estratégico:

“A bacia hidrográfica foi então adotada como unidade única e indivisível para fins de gestão dos recursos hídricos por apresentar uma capacidade de interação entre todos os elementos ali presentes, desde sua parte mais alta até a parte mais baixa. Qualquer tipo de ação que provoque um aspecto ou impacto ambiental em um determinado ponto na bacia irá sempre interagir com algum recurso hídrico. Vamos elucidar: se você está na parte mais alta da bacia e gera efluente líquido de qualquer natureza, ao lançar diretamente no curso hídrico mais próximo ele irá interagir com uma parcela da bacia correspondente à capacidade de autodepuração daquele determinado rio ou córrego. Por outro lado, se você lançar o efluente direto no solo, ele irá em um determinado momento interagir com a água subsuperficial (lençol) ou subterrânea (aquífero). Esse aspecto ambiental poderá provocar impactos e afetar os usuários a jusante do seu ponto de lançamento ou no local onde ocorre o impacto direto, além de interagir com todos os outros fatores existentes e pertencentes à bacia hidrográfica, sejam eles bióticos (fauna e flora), físicos (ar, água e solo) e sociais (cultura, pessoas, economia). Diante da verificação dessas interações, a solução mais eficiente para fazer como o uso dos recursos hídricos seja igual entre todos os usuários e que ninguém seja prejudicado é que surgiu a necessidade de se criar os comitês de bacia hidrográfica. O comitê é composto por representantes de cada setor usuário: sociedade civil (comunidades), sociedade privada (empresas, indústrias), sociedade pública (instituições de ensino, instituições de pesquisa, instituições de regularização e fiscalização). Cada representante apresenta suas demandas, necessidades, dificuldades, dando início a debates e alinhamentos para o uso equitativo entre os diversos usuários. Podem

ser criadas regras, penalizações e cobranças. O objetivo final é sempre o bem da bacia hidrográfica que, por fim, envolve tudo e todos” (BRASIL, 1997).

A título de exemplo e ilustração segue o mapa de uma bacia hidrográfica mostrando o curso d'água principal, ribeirão Jequitibá, afluente do rio das Velhas com seus afluentes principais, em Minas Gerais. A linha divisória da bacia, em vermelho, no mapa representa o divisor de águas.

Figura 2 – Mapa da Bacia Hidrográfica do ribeirão Jequitibá, afluente do rio das Velhas



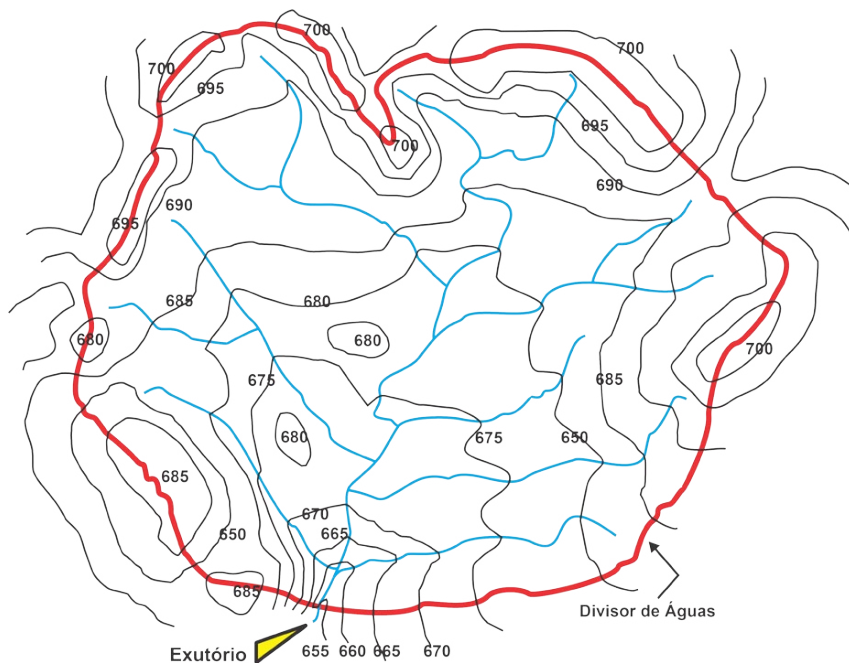
Fonte: (COUTO, L. , UNIFEMM, 2018)

2.2 A Bacia Hidrográfica como Unidade Fisiográfica

Segundo Naghettini (2016), a bacia hidrográfica é uma unidade fisiográfica, que é limitada por divisores topográficos, recolhe a precipitação, age como reser-

vatório de água e sedimentos, defluindo-os em uma seção fluvial única. Os divisores de água são as cristas das elevações do terreno, que separam a drenagem da precipitação entre duas bacias adjacentes, como ilustrado na figura 3.

Figura 3 - Representação Gráfica de uma Bacia Hidrográfica



Fonte: Naghettini (2016).

A figura acima é a representação gráfica de uma bacia hidrográfica, com a delimitação do divisor de águas, as curvas de nível, os cursos de água e a saída da bacia (exutório). Segundo o autor, a bacia hidrográfica, associada a uma dada seção fluvial ou exutório, é individualizada pelos seus divisores de água e pela rede fluvial de drenagem. Essa individualização pode ser visualizada por meio de mapas topográficos.

2.3 Individualização de uma Bacia Hidrográfica e o Hidrograma

A bacia hidrográfica integra as conformações de relevo e drenagem em um sistema. A parcela da chuva que cai sobre a área da bacia e que irá transformar-se em escoamento superficial (chamada “precipitação efetiva”) esco a partir das maiores

elevações do terreno, formando enxurradas em direção aos vales. Estes, por sua vez, concentram o escoamento em córregos, riachos e ribeirões, os quais confluem e formam o rio principal da bacia.

O volume de água que passa pelo exultório, por unidade de tempo, é a vazão (ou descarga) da bacia. Na sequência de um evento chuvoso significativo, a vazão, simbolizada matematicamente por “ Q ”, varia com o tempo, de uma forma característica, em cada bacia. O gráfico de “ $Q(t)$ ” (com “ t ” simbolizando o tempo), ao longo de uma ocorrência chuvosa isolada, é chamado “hidrograma” (COUTO, 2018).

2.4 Microbacias e Pequenas Bacias de Cabeceiras

O termo “microbacia” foi muito utilizado nas décadas de 70 e 80, quando foram criados e implementados os programas governamentais de irrigação “PRO-FIR” e “PROVÁRZEAS”. Durante muitos anos, esse termo foi empregado por instituições públicas, como universidades, institutos de pesquisa, extensão e assistência técnica. A palavra “microbacia” deixa o entendimento de que se trata de uma bacia muito pequena. Entretanto, a depender do relevo em que está inserida, a “microbacia” poderia ser uma bacia, por exemplo, com área de 1 ou até 1.000 hectares. Assim, esse termo foi caindo em desuso e, gradativamente, foi substituído por “bacia” e “sub-bacia”, conforme sua posição na bacia hidrográfica principal.

Além disso, com os avanços trazidos pela Lei Federal n. 9433/97 e com a criação da ANA, motivaram-se novos paradigmas e conceitos. Assim, a partir do início da década de 2000, muitos questionamentos surgiram sobre o termo “microbacia”. Entendeu-se, por exemplo, que classificar as bacias em função de sua área, seu tamanho (quilômetros quadrados ou hectares) tem pouco objetivo prático, sendo mais interessantes os critérios com base em comportamentos hidrológicos (GOMES; VALENTE, 2015). Surgiu, então, em meados dessa mesma década, o conceito de “pequenas bacias de cabeceiras” (ver figuras 3 e 4), que descreve muito bem as bacias menores e ressalta sua importância na conservação do solo e da água, na bacia maior em que se insere.

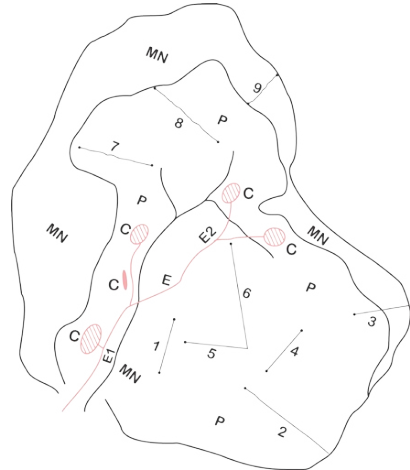
Segundo Gomes e Valente (2015), as grandes bacias hidrográficas são formadas pelo ajuntamento de pequenas bacias. De acordo com eles, essas pequenas bacias, quando posicionadas nas extremidades (geralmente em áreas de maior declividade), são também conhecidas como “bacias hidrográficas de cabeceiras ou simplesmente bacias de cabeceiras”.

Figura 4 - Pequena Bacia Hidrográfica (imagem de satélite)



Fonte: Gomes e Valente (2015).

Figura 5 - Pequena Bacia Hidrográfica (representação gráfica)

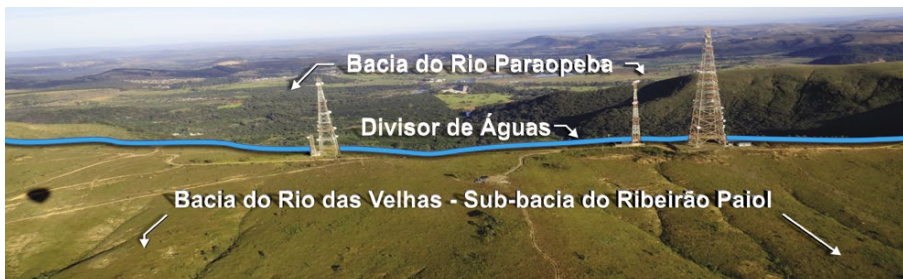


Fonte: Gomes e Valente (2015).

2.5 O Divisor de Águas na Bacia Hidrográfica

O divisor de águas é definido pela ANA como limite topográfico referente à linha contínua de todos os pontos de maior altitude local, a qual separa as bacias hidrográficas e delimita subdivisões de bacias maiores em bacias menores (sub-bacias), caracterizado pelas direções divergentes de escoamento superficial de um lado e de outro dessa mesma linha (ANA, 2014). A foto a seguir ilustra, como exemplo, a materialização do divisor de águas, delimitando o perímetro entre duas bacias hidrográficas adjacentes.

Figura 6 - Divisor de águas entre as bacias dos rios Paraopeba e das Velhas, na Serra Santa Helena (Sete Lagoas-MG)



Fonte: Couto (2015).

Quanto ao caso ilustrado, cabe dizer que, aproximadamente, 70% do território do município de Sete Lagoas está situado na bacia do rio das Velhas, encontrando-se os 30% restantes na bacia do rio Paraopeba. E, como ambos são afluentes do rio São Francisco, constituem sub-bacias da bacia hidrográfica do rio São Francisco.

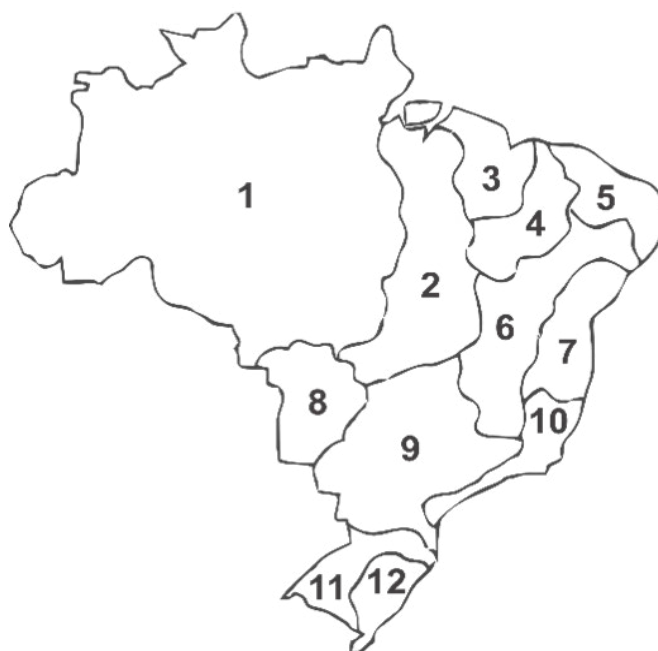
2.6 Bacias Hidrográficas no Brasil

O Brasil possui uma ampla rede de bacias hidrográficas. As bacias presentes no país são divididas em dois tipos: internas - que são aquelas que têm suas nascentes e cabeceiras no Brasil e não deságuam em outros países - e externas - que têm origem (nascentes e cabeceiras) em países limítrofes e/ou deságuam em outros países. Seguem algumas das principais bacias brasileiras:

- Bacia do Amazonas: a maior bacia hidrográfica do mundo, localizada na Região Norte. Abrange uma área de 7 milhões de km² e possui o rio Amazonas como seu principal curso d'água;
- Bacia do Tocantins-Araguaia: localizada nas regiões Norte e Centro-Oeste. É a maior bacia totalmente em território nacional, sendo os dois principais rios os que dão nome a bacia, com aproximadamente 1 milhão de km². Desagua no Oceano Atlântico.
- Bacia do São Francisco: localizada nas regiões Sudeste (cabeceiras em Minas Gerais) e Nordeste, abrange uma área de 2 milhões de km². É formada pelo rio São Francisco, que deságua no Oceano Atlântico;
- Bacia do Parnaíba: localizada na Região Nordeste, abrange uma área de 344 mil km². É formada pelo rio Parnaíba, que deságua no Oceano Atlântico;

Essas são apenas algumas das bacias hidrográficas do Brasil. Na Figura 7, trazida abaixo, observa-se a divisão atualmente utilizada pela ANA.

Figura 7 - Bacias Hidrográficas Brasileiras



- 1 - Bacia Hidrográfica Amazônica
- 2 - Bacia Hidrográfica do Tocantins - Araguaia
- 3 - Bacia Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental
- 4 - Bacia Hidrográfica do Parnaíba
- 5 - Bacia Hidrográfica do Atlântico Oriental
- 6 - Bacia Hidrográfica do São Francisco
- 7 - Bacia Hidrográfica do Atlântico Leste
- 8 - Bacia Hidrográfica do Paraguai
- 9 - Bacia Hidrográfica do Paraná
- 10 - Bacia Hidrográfica do Atlântico Sudeste
- 11 - Bacia Hidrográfica do Uruguai
- 12 - Bacia Hidrográfica do Atlântico Sul

Fonte: sítio eletrônico da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).

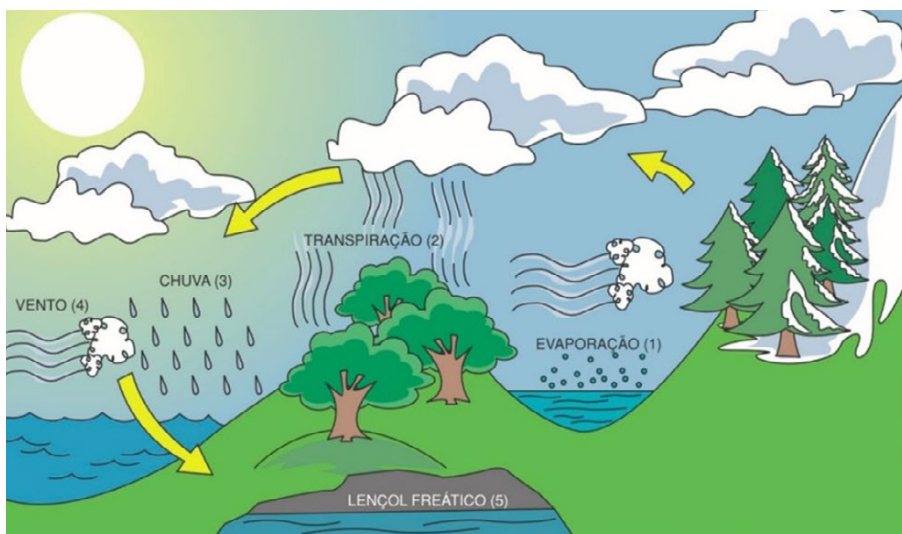


CAPÍTULO 3

A bacia hidrográfica e o ciclo hidrológico: balanço hídrico

As bacias hidrográficas incluem águas superficiais e águas subterrâneas. Compreendê-las, portanto, implica considerar o movimento da água na terra e na atmosfera. O ciclo hidrológico (que é o conceito pelo qual, em conjunto, essa dinâmica pode ser abordada) se inicia quando a água evapora da superfície da Terra e se transforma em vapor, que é, então, transportado pela atmosfera até que se condense novamente, formando as nuvens. As nuvens se deslocam para outras áreas, levadas pelas correntes atmosféricas e, quando as gotas de água se tornam pesadas o suficiente, ocorrem as precipitações, fazendo com que a água retorne à superfície da Terra. A água proveniente das chuvas pode se infiltrar no solo e formar os lençóis freáticos ou pode, através do escoamento superficial, alcançar os rios, lagos e oceanos. Esse processo é conhecido como ciclo hidrológico. Na figura 8 abaixo, observe um esquema do ciclo hidrológico:

Figura 8 - O ciclo hidrológico e seus principais componentes



Fonte: Mundo Ecologia (2019).

3.1 Balanço Hídrico

O balanço hídrico é o processo pelo qual a água é distribuída e redistribuída na Terra. Ele é medido em termos de quantidade de água que entra e sai de uma dada região durante um determinado intervalo de tempo. É importante que ele seja compreendido, em virtude de a água consistir em um recurso vital para a vida no planeta, sendo necessária para diversos processos naturais.

Muitos fatores influenciam o balanço hídrico, incluindo a quantidade de chuva e neve que precipita em uma região, a evaporação da água da superfície da Terra, a transpiração das plantas, o escoamento superficial e a infiltração da água no solo. Ele também é influenciado pelo uso humano da água, como na irrigação, no consumo doméstico e na indústria, além de outros usos.

O ciclo hidrológico e o balanço hídrico estão interligados, pois o primeiro fornece a água considerada no segundo. O ciclo hidrológico é responsável por transportar a água através da atmosfera e da superfície da Terra, enquanto o balanço hídrico mede o volume de entrada e saída, em um local específico. Desse modo, juntos, o ciclo hidrológico e o balanço hídrico, quando adequados, ajudam a garantir que haja água disponível suficiente para atender às necessidades humanas e preservar a vida nos ecossistemas.

3.1.1 A Equação do Balanço Hídrico

Na definição praticada pela ANA (2014), “balanço hídrico” é a “[...] operação que quantifica, durante um certo intervalo de tempo, as afluências totais a uma bacia ou formação aquática, o total das saídas mais a variação, positiva ou negativa, do volume de água armazenado nessa bacia ou massa de água”. A seguir, na Figura 9, que ilustra o ciclo hidrológico, apresentam-se algumas informações necessárias para entender a equação do balanço hídrico.

Observando a figura, temos que a equação do balanço hídrico pode ser expressa como descrito a seguir:

$$P + I + D + Ev + ET + \Delta\Theta + q_{sup.} + q_{sub-sup.} + q_{subt.} + \dots + \dots = 0$$

Onde:

P – precipitação

I – infiltração de água no solo

D – drenagem profunda

Ev – evaporação

ET – evapotranspiração

$\Delta\Theta$ – variação da umidade no solo

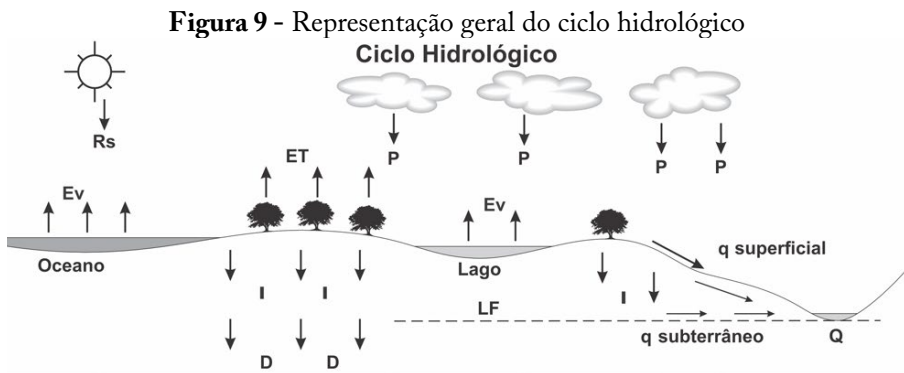
$q_{sup.}$ – escoamento superficial

$q_{sub-sup.}$ – escoamento subsuperficial

$q_{subt.}$ – escoamento subterrâneo

... - fatores que interferem no balanço hídricos com pouca expressão

quantitativa



Fonte: Couto (2018).

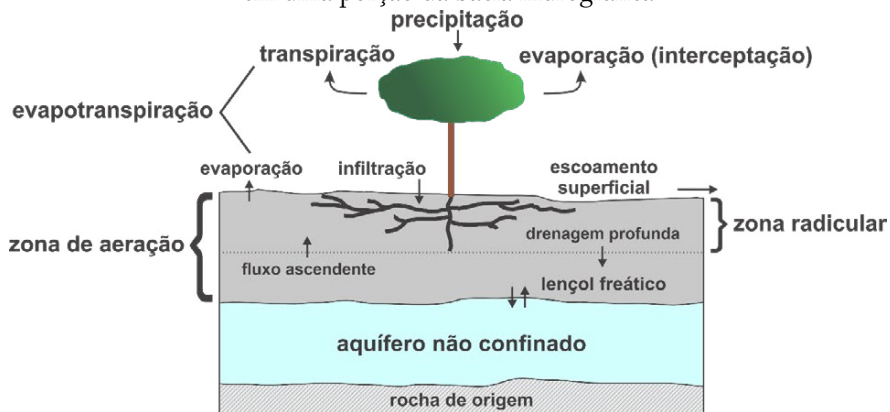
3.1.2 Parâmetros Meteorológicos e Componentes do Ciclo Hidrológico

Dentre os principais parâmetros meteorológicos utilizados para cálculo do balanço hídrico, têm-se:

- “Precipitação total” (“P”, em mm);
- “Intensidade de precipitação” ou “de chuva” (“I”, em mm/hora);
- “Evaporação” (“Ev”, em mm/dia);
- “Evapotranspiração” (“ET”, em mm/dia).

Alguns parâmetros são medidos diretamente, enquanto outros são estimados por meio de equações teóricas ou empíricas. Observar a Figura 10, trazida a seguir, ajuda a visualizar a que se referem os ditos parâmetros.

Figura 10 - Principais componentes do ciclo hidrológico em uma porção da bacia hidrográfica



Fonte: Rennó (2015).

3.1.3 Precipitação

Entende-se por precipitação a água proveniente do vapor de água da atmosfera que retorna à superfície terrestre, de qualquer forma, como em chuva, granizo, orvalho, neblina, neve ou geada. A água que escoar nos rios ou que de outro modo está armazenada na superfície terrestre pode ser vista como resultado da precipitação.

Para efeitos dos estudos hidrológicos, a precipitação considerada é a chuva.

A chuva, na definição da ANA, é a “[...] precipitação de água limpa, seja sob a forma de gotas de diâmetro superior a 0,5 mm, seja sob a forma de gotículas menores, largamente dispersas”.

◆ Processo de Precipitação

Embora todas as nuvens contenham água, algumas conduzem à precipitação e outras não. Isso acontece devido às diferenças de tamanho das partículas nelas presentes e à quantidade de gotículas. E, para que ocorra a precipitação, é necessário: resfriamento do ar, condensação, transformação do vapor de água e crescimento das partículas (nucleação).

A atmosfera pode ser considerada um vasto reservatório, além de um sistema de transporte e distribuição de água. Todas as transformações que ocorrem com a água na atmosfera são ocasionadas por radiação e da energia solar.

Atualmente, com grau de acerto bastante elevado, pode-se prever a ocorrência de precipitações, graças a imagens de satélite. Tais imagens são representadas por mapas sinóticos e cartas atmosféricas de altitude, que expressam os

processos e as mudanças do tempo, oferecendo informações sobre os fenômenos meteorológicos e suas correlações.

A formação das precipitações está ligada à ascensão das massas de ar, que pode ocorrer devido aos seguintes fatores: (a) convecção térmica; (b) relevo; (c) ação frontal de massas de ar. A ascensão do ar provoca um resfriamento que pode fazê-lo atingir o ponto de saturação, ao que se seguirá a condensação do vapor de água, na forma de minúsculas gotas que são mantidas em suspensão, como nuvens ou nevoeiros. Para ocorrer uma precipitação, é necessário que essas gotas cresçam a partir de núcleos (que podem ser gelo, poeira ou outras partículas), até atingirem peso suficiente para vencerem as forças de sustentação e caírem.

◆ Tipos de Precipitação

As precipitações são assim classificadas, em tipos, de acordo com o fator responsável pela ascensão da massa de ar:

- **Frontais:** que ocorrem ao longo da linha de descontinuidade, separando duas massas de ar de características diferentes. São conhecidas também como “Chuvas de Sistemas”;
- **Orográficas:** que ocorrem quando o ar é forçado a transpor barreiras de montanhas;
- **Convectivas:** que são provocadas pela ascensão do ar devido às diferenças de temperatura na camada vizinha da atmosfera. São, em geral, tempestades, têm curta duração e são independentes das “frentes”, caracterizadas por fenômenos elétricos (“trovoadas”), rajadas de vento e forte precipitação. Interessam quase sempre a pequenas áreas.

Os dois primeiros tipos ocupam grandes áreas, têm intensidade de baixa a moderada e são relativamente homogêneos. Do ponto de vista da engenharia, eles interessam aos trabalhos de obras hidrelétricas, controle de cheias e navegação. As precipitações convectivas, por sua vez, interessam mais às obras em pequenas bacias, como o cálculo de bueiros, galerias de águas pluviais, drenagem urbana etc.

◆ Medições da Precipitação

Exprime-se a quantidade de chuva pela altura (lâmina) de água caída e acumulada sobre uma superfície plana e impermeável. Ela é avaliada por meio de medidas executadas em pontos previamente escolhidos, utilizando instrumentos chamados pluviômetros ou pluviógrafos.

Os pluviômetros são receptáculos da água precipitada e, geralmente, têm forma cilíndrica, ou parte cônica. Podem ser feitos de plástico, alumínio ou aço inoxidável. E os pluviógrafos registram a lâmina de água precipitada por unidade de tempo. Tanto um como outro colhem uma pequena amostra da precipitação, pois têm uma superfície horizontal de exposição de 500 e 200 cm², respectivamente, pluviômetro e pluviógrafo. Eles são usualmente instalados a uma altura de 1,5 metros da superfície do terreno.

A seguir, nas figuras 11 e 12, apresenta-se um pluviômetro tipo “Ville de Paris”, confeccionado em aço inox, e, na sequência, são trazidas fotos de um pluviógrafo (figuras 13 e 14):

Figura 11 - Pluviômetro: mede a Precipitação Total “P” em mm



Fonte: Couto (2018).

Figura 12 - Altura da borda superior do pluviômetro: 1,50 m acima da superfície do terreno



Fonte: Couto (2018).

Figura 13 - Pluviógrafo: compartimentação interna



Fonte: Couto (2018).

Figura 14 - Pluviógrafo: mede a Precipitação Total “P” em mm e a Intensidade da Precipitação em mm/hora



Fonte: Couto (2018).

3.1.4 Outros Parâmetros Meteorológicos

Dados meteorológicos são medidos e disponibilizados para todo o Brasil, principalmente pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), em seu site. Até pouco tempo, o mais comum era obter dados meteorológicos diários e mensais oriundos das “estações convencionais”, que coletavam esses parâmetros em três horários padrão por dia. Porém, atualmente, o INMET vem substituindo-as por “estações automáticas”, que coletam os parâmetros meteorológicos também diariamente, mas a toda hora.

Outras instituições (públicas e privadas) também coletam parâmetros meteorológicos, referentes a locais específicos e para uso próprio, como a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) e a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), além de universidades, institutos de pesquisa e ainda outros.

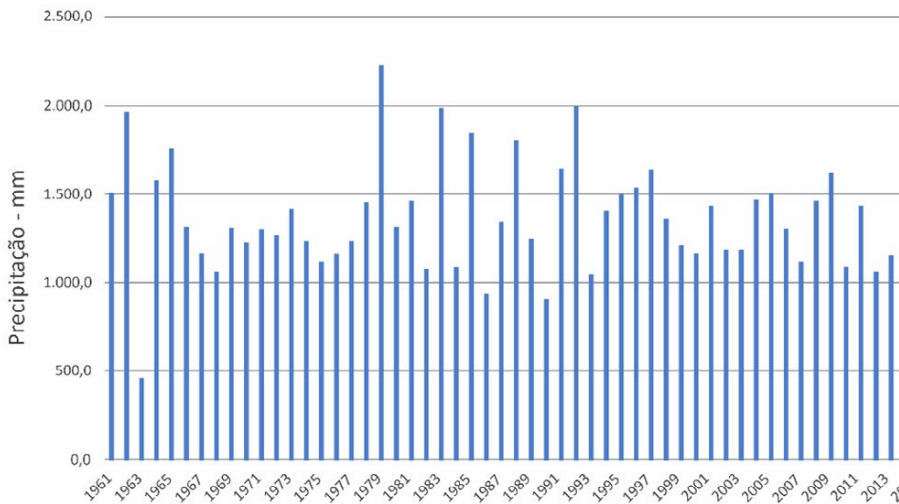
3.1.5 Exemplo de Compilação e Distribuição da Precipitação em um Município ou Região

A precipitação mensal para uma dada localidade ou região é muito variável de ano para ano. A distribuição das chuvas depende de um grande número de variáveis, como o clima da região, as correntes atmosféricas e a proximidade em relação a massas de água significativas, como oceanos e grandes lagos, entre outros fatores. No passado, a previsão da distribuição e da ocorrência de chuvas era muito complexa e difícil, menos detalhada, com muitos erros. Atualmente, com as imagens de satélite, radares e outros meios e instrumentos tecnológicos, a previsão do tempo e das precipitações ficou facilitada e com notável precisão.

A seguir, nas figuras 15, 16 e 17, são apresentados dados de precipitação mensal no município de Sete Lagoas (MG), a fim de exemplificar a variabilidade na distribuição dos valores mensais e totais anuais, em uma série anual histórica. Os dados de precipitação foram disponibilizados pela Embrapa Milho e Sorgo, coletados na estação meteorológica padrão do INMET, instalada e operada pela Embrapa. Essa série histórica abrange um período de 55 anos. Analisando os gráficos nas figuras, pode-se chegar a interessantes conclusões.

Na Figura 15, observa-se que os valores da precipitação anual podem ser muito baixos, em torno de 500 mm, como ocorreu nos anos de 1963 e 2015. Em outros anos, ao contrário, o valor da precipitação anual se aproximou de 2.000 mm, como observado em 1962, 1984 e 1993, ou até ultrapassou o valor de 2.000 mm, como ocorreu no ano de 1979. Esses dois extremos dos valores das precipitações, tanto o mínimo quanto o máximo, foram muito diferentes do valor da precipitação anual média calculada para o período considerado em, que gira em torno de 1.350 mm.

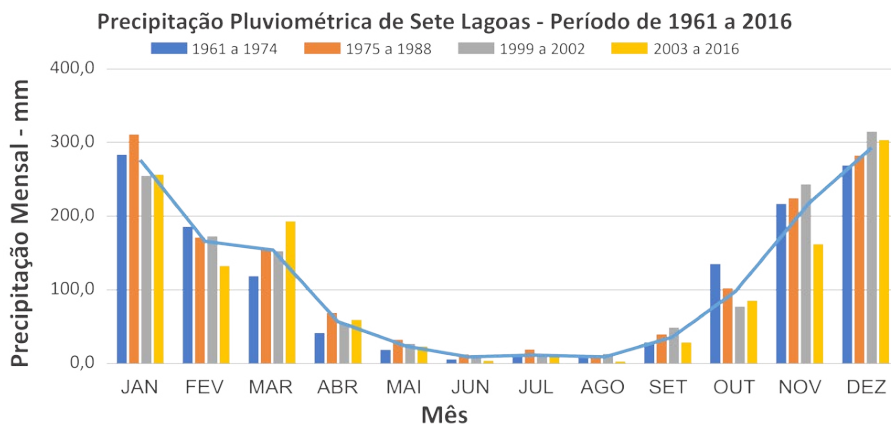
Figura 15 - Precipitação anual, em Sete Lagoas (MG), no período 1961-2016



Fonte: Couto (2018).

Já a Figura 16, apresenta a precipitação mensal agrupada por período. Pode-se observar como a distribuição mensal define claramente dois períodos: (1) o início da estação chuvosa ocorre em setembro de um ano e se estende até abril do ano seguinte, sendo que o mês de maio ainda apresenta alguma chuva; (2) o período seco se inicia em maio/junho e vai até o mês de agosto, inclusive, sendo que, nos meses de junho, julho e agosto, a precipitação mensal é muito próxima de zero.

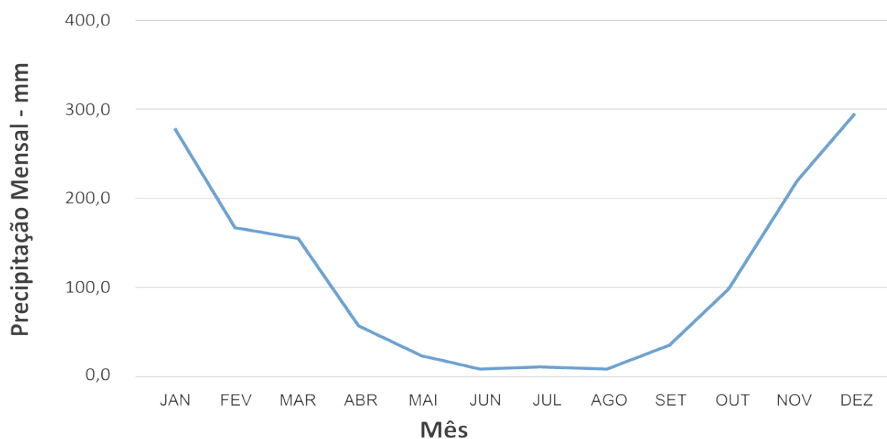
Figura 16 - Média Mensal da Precipitação em Sete Lagoas (MG), em grupos



Fonte: Couto (2018).

Por último, na Figura 17, apresenta-se a precipitação média mensal, para o período 1961-2016. Pode-se observar, como na figura anterior, a existência de dois períodos bem distintos com relação à estação chuvosa (setembro a abril do ano seguinte), o período seco ocorrendo de maio a agosto.

Figura 17 - Precipitação Média Mensal, Sete Lagoas (MG), no período 1961-2016



Fonte: Couto (2018).

Analisando os dados pluviométricos do município de Sete Lagoas nas figuras acima, no período estudado, conclui-se que os dados mensais e anuais de precipitação variam muito de ano para ano, ou por período (isto é, em grupos de anos subsequentes). Esse padrão de comportamento da ocorrência de chuvas total e de sua distribuição é cíclico, ocorrendo em outras regiões do Brasil e do mundo, embora com as devidas especificidades. Portanto, para se fazer consideração acerca do regime de chuvas de um dado lugar, muito cuidado deve ser tomado, sempre usando dados obtidos de uma série anual, com um generoso período de observação, como no exemplo de Sete Lagoas. É comum trabalhar com uma série histórica abrangendo pelo menos os últimos dez anos de observações meteorológicas.

3.1.6 Evaporação

A evaporação é o processo físico pelo qual a água, na forma líquida, é convertida em vapor de água (“vaporização”) e removida da superfície evaporativa (“remoção de vapor de água”). A água evapora da superfície da vegetação, mas também de diversos outros tipos de superfície, como lagos, rios, pavimentos e solos (Crop Evapotranspiration, Paper 56, FAO, 1998).

O processo de evaporação depende de condições meteorológicas como vento e umidade relativa do ar, além de fatores que se responsabilizam pelo fornecimento da energia necessária para que ele aconteça. Essa energia é suprida pela radiação solar direta e, em menor intensidade, pela temperatura ambiente do ar. A força motora para remover o vapor d'água da superfície evaporativa é a diferença da pressão de vapor nesta superfície e naquela da atmosfera do entorno.

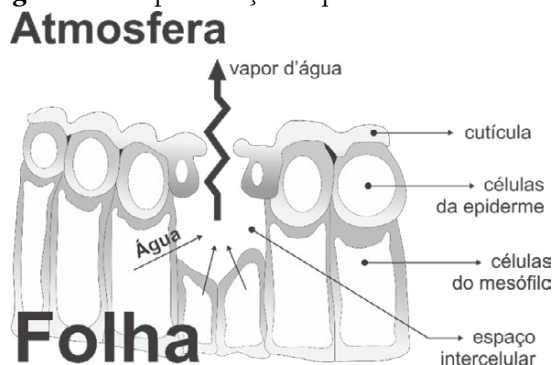
No passado, a evaporação era medida nas estações meteorológicas pelo uso do equipamento chamado “Evaporímetro de Piché”. Entretanto, nos cálculos para projeto e manejo de irrigação, o método preferido sempre foi o que utiliza o equipamento “Tanque Classe A”. Esse equipamento tem sido muito utilizado também nas estações meteorológicas padronizadas (INMET).

3.1.7 Transpiração

A transpiração consiste na vaporização da água líquida contida nos tecidos da planta e na remoção do vapor d'água para a atmosfera. As plantas, de forma predominante, perdem sua água através dos estômatos. Estômatos são pequenas aberturas, microscópicas, presentes nas folhas das plantas, pelas quais o vapor d'água passa (Figura 18).

A água, juntamente com nutrientes, é absorvida pelas raízes e transportada através da planta, passando pelas raízes, caules e galhos, até alcançar o interior das folhas. A vaporização da água ocorre no interior da folha, no denominado “espaço intercelular”, enquanto a troca de vapor d'água com a atmosfera é controlada pela abertura estomatal. Quase a totalidade da água absorvida pela planta é perdida pela transpiração e somente uma pequena fração dessa água é usada no interior da planta nos processos metabólicos, geralmente abaixo de 5% (traduzido e adaptado do Paper 56 da FAO, 1998).

Figura 18 - Representação esquemática do estômato



Fonte: FAO (1998).

3.1.8 Evapotranspiração (ET)

A evapotranspiração (ET) combina dois processos que ocorrem separadamente. No primeiro, a água é perdida pela evaporação da superfície do solo, do dossel das plantas, e, no segundo, pela transpiração da cultura ou vegetação (FAO, 1998).

A evapotranspiração tem sido estudada e pesquisada há décadas, devido à sua importância para a agricultura - principalmente, para estimar as necessidades de água, tanto para projetos quanto para manejo da irrigação -, estando sua importância também no cálculo do balanço hídrico de uma região ou bacia. Ao longo desses anos, surgiram termos específicos para caracterizá-la com maior precisão, tais quais “Evapotranspiração Potencial” (ETP), “Evapotranspiração de Referência” (ET_0) e “Evapotranspiração da Cultura” (ETc), cada um deles utilizado em condições particulares.

Várias fórmulas teóricas e empíricas foram desenvolvidas e utilizadas no passado e até a presente data, a respeito desse processo. Algumas são mais simples e utilizam alguns parâmetros meteorológicos, dependendo de sua disponibilidade. A mais utilizada pela FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura) para a estimativa da Evapotranspiração de Referência (ET_0), no momento, é a Penmann - Monteith.

O método Penman - Monteith tem sido considerado como um padrão universal para estimar a ET_0 , por mais de duas décadas. Esse método considera muitos parâmetros relacionados com o processo da evapotranspiração: radiação líquida (R_n), temperatura do ar (T), déficit de pressão de vapor (Δe) e velocidade do vento (U). Os valores estimados para a evapotranspiração de referência ET_0 pelo método de Penman - Monteith têm apresentado bons resultados quando comparados com lisímetros cobertos por alfafa ou capim (mantidos com pequena altura da superfície do solo). De todo modo, em algumas condições, pode haver restrições ao uso desse método, por falta de parâmetros meteorológicos necessários para o seu cálculo (FAO, 1998).

Evapotranspiração de Referência

A taxa de evapotranspiração de uma superfície, sem déficit de água, é denominada “evapotranspiração de referência da cultura” ou, simplesmente, “evapotranspiração de referência”, sendo representada por “ ET_0 ”. A superfície de referência é hipoteticamente considerada como a superfície de uma cultura de grama, com características específicas.

O uso de outras denominações, como “evapotranspiração potencial” (ETP), é fortemente desencorajado, devido às ambiguidades em sua definição. O conceito da

evapotranspiração de referência foi introduzido para estudar a demanda evaporativa da atmosfera, independentemente do tipo de cultura, do seu desenvolvimento e das práticas de manejo. Desde que a água seja abundante na superfície da evapotranspiração de referência, os fatores do solo não afetam a ET, relacionando ET a uma superfície específica, que fornece uma referência para a qual ET de outras superfícies possam ser relacionadas. Torna-se óbvia a necessidade de definir um nível separado de ET para cada cultura e estágio de desenvolvimento (COUTO, FAO, 1998).

3.1.9 Escoamento Superficial

O escoamento superficial é o segmento do ciclo hidrológico que contempla o deslocamento das águas na superfície da Terra. Ele considera o movimento da água a partir da menor porção de chuva que, caindo sobre um solo saturado de umidade ou impermeável, caminha pela superfície deste, podendo vir a formar enxurradas (ou torrentes), córregos, ribeirões, rios e lagos ou reservatórios de acumulação (COUTO, 2018).

O escoamento superficial tem origem, fundamentalmente, nas precipitações. Parte da água é interceptada pela vegetação e outros obstáculos, de onde se evapora posteriormente. Do volume de água que atinge a superfície do solo, parte é retida em depressões do terreno, parte se infiltra, e o restante escoar pela superfície logo que a intensidade da precipitação supere a capacidade de infiltração no solo e os espaços nas superfícies retentoras tenham sido preenchidos.

As trajetórias descritas pela água no seu movimento são determinadas, pelas linhas de maior declive de terreno, influenciadas pelos obstáculos existentes. Nessa fase, temos o movimento das águas livres. À medida que a água atinge os pontos mais baixos do terreno, passa a escoar em “canalículos”, que formam a “microrrede de drenagem”. Sob a ação da erosão, aumenta-se a dimensão dos “canalículos”, e o escoamento se processa, cada vez mais, por caminhos preferenciais.

Chama-se “rede de drenagem” o conjunto dos cursos de água, desde os pequenos córregos formadores até o rio principal.

3.1.10 Componentes do Escoamento dos Cursos de Água

As águas provenientes das chuvas atingem o leito do curso de água por quatro vias diversas: (1) escoamento superficial; (2) escoamento subsuperficial (hipodérmico); (3) escoamento subterrâneo; e (4) precipitação direta sobre a superfície livre. Relacionado a isso, cabe elencar ainda os fatores que presidem o afluxo da água em uma dada seção em estudo:

- área da bacia de contribuição;
- conformação topográfica da bacia (declividades, depressões acumuladoras e retentores de água);
- condições da superfície do solo e constituição geológica do subsolo, dentre as quais:
 - o existência de vegetação;
 - o vegetação natural, floresta;
 - o vegetação cultivada;
 - o capacidade de infiltração no solo;
 - o natureza e disposição das camadas geológicas;
 - o tipos de rochas presentes;
 - o condições de escoamento da água através das rochas;
- obras de controle e utilização da água a montante da seção, dentre as quais:
 - o irrigação ou drenagem do terreno;
 - o canalização ou retificação de cursos de água;
 - o derivação de água da bacia ou para a bacia;
 - o construção de barragem.

3.1.11 **Drenagem (D)**

A drenagem (ou “drenagem profunda”) é o termo da equação do balanço hídrico que se refere à água que infiltra no solo e atravessa todo o seu perfil, inclusive as camadas semipermeáveis, alcançando os aquíferos semiconfinados ou confinados. A drenagem profunda tem mais importância nos estudos de águas subterrâneas, como, por exemplo, nas áreas de recarga de aquífero.

3.1.12 **Variação da Umidade do Solo ($\Delta\Theta$)**

A variação da umidade do solo, na zona vadosa (é aquela que está situada entre a superfície freática e a superfície do terreno, e nela os poros estão parcialmente preenchidos por gases (ar e vapor d’água) e por água) do perfil, geralmente é expressa na umidade em volume (Θ). Tal variação pode ser para mais ou para menos, dependendo de se o solo está umedecendo ou secando.

O valor da umidade, expresso na base de volume, pode ser determinado por amostragem e por análise em laboratório. Ele pode também ser definido através de equipamentos instalados no perfil do solo, que o determinam por medição direta ou indireta.

3.1.13 Infiltração de Água no Solo

A “Infiltração de Água no Solo” (parâmetro “ I ”) é um componente muito importante na equação do balanço hídrico. Para sua determinação, existem na literatura equações científicas e empíricas. Entretanto, para a natureza dos trabalhos de conservação de solo e água e para a irrigação, é mais prático e representativo fazer sua determinação no campo, utilizando o teste do “Cilindro Infiltrômetro” (figuras 19 e 20).

Figura 19 - Cilindro ou Anel Infiltrômetro



Fonte: COUTO (2018).

Figura 20 - Teste de Infiltração realizado em Latossolo Vermelho Amarelo, com alto grau de compactação



Fonte: COUTO (2018).

Muitos fatores influenciam a infiltração de água no solo. Dentre eles, temos características do solo (textura, estrutura, umidade, profundidade, estado de compactação, presença de camadas impermeáveis ou de rocha) e do terreno (declividade).

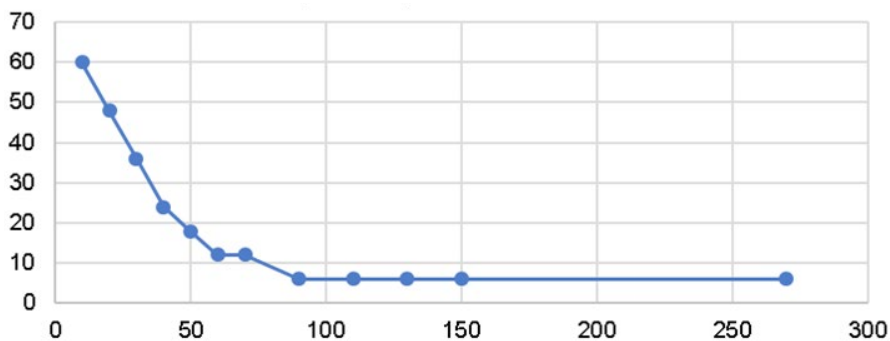
Os valores de infiltração são representados pela Velocidade de Infiltração Básica (VIB) no solo que variam de 0 a mais de 120 mm/hora. A VIB é assim considerada, em função de seu valor:

- se abaixo de 5 mm/hora – baixa ou muito baixa;
- se de 5 a 10 mm/hora – média;
- se de 10 a 20 mm/hora – alta;
- se acima de 20 mm/hora – muito alta.

A título de exemplo, acrescenta-se que latossolos bem-estruturados podem apresentar valores de VIB acima de 100 mm/hora, enquanto, na areia quartzo-

sa (acima de 90% de areia), a VIB pode alcançar valores acima de 80 mm/hora (COUTO, 2018). Na Figura 21, trazida na sequência, exemplifica-se como se pode representar em gráfico a dinâmica da infiltração em função do tempo:

Figura 21 - Curva de Infiltração de Água no Solo



Fonte: COUTO (2018).

A velocidade de infiltração básica de água no solo (VIB) é obtida quando o valor da infiltração de água no solo se estabiliza, como visto no exemplo da figura anterior, em que a VIB foi de 6 mm/hora. De forma aproximada, o valor da VIB pode ser considerado como o da condutividade hidráulica saturada da água no solo.

3.1.14 A distribuição da água da chuva na superfície e no perfil do solo

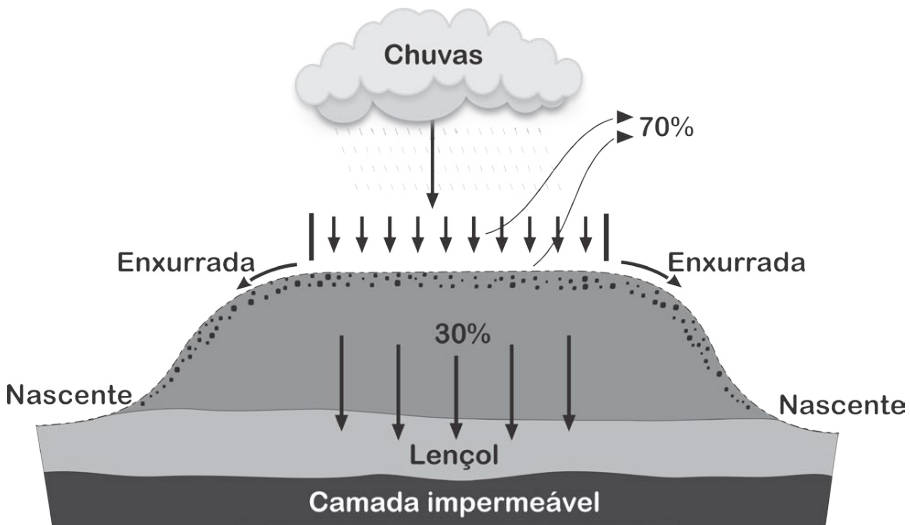
Como descrito anteriormente sobre o ciclo hidrológico, a água proveniente das chuvas, ao alcançar a superfície do solo, pode se infiltrar no perfil do solo e formar os lençóis freáticos (e subterrâneos), ou pode, através do escoamento superficial, nas enxurradas (“runoff”), alcançar os rios, riachos, córregos, lagos e oceanos. A quantidade de água que segue um ou outro desses caminhos irá depender de muitos fatores, como cobertura do solo, tipo de solo, topografia e declividade, dentre outros fatores edáficos (relativos ao solo). Dependerá também da intensidade da chuva, de sua duração e outros fatores edafoclimáticos (relacionados ao solo e ao clima).

Gomes e Valente (2015) descrevem o que foi tratado no parágrafo anterior como sendo “os caminhos das águas de chuva”. Segundo esses autores, a água da chuva que penetra no perfil do solo irá encontrar, em determinada profundidade, uma camada semipermeável, ou impermeável. Então, o fluxo descendente da água será interrompido, dando início a um processo de acumulação de água, e este, por sua vez, formará o lençol freático.

Parte da água que infiltra no perfil do solo, porém, poderá continuar sua trajetória descendente e atravessar a camada semipermeável. Irá, dessa forma, constituir um lençol de água subterrâneo, o qual alimenta os aquíferos.

A Figura 22 ilustra como o processo de infiltração de água no solo e o escoamento superficial ocorrem. Os autores nela apresentam uma participação hipotética de 70% para o escoamento superficial e de 30% para a infiltração no perfil do solo. Como já mencionado, trata-se de uma estimativa, uma vez que essa distribuição vai depender das condições edafoclimáticas, da intensidade da chuva e de sua duração.

Figura 22 - A Chuva e o perfil do solo

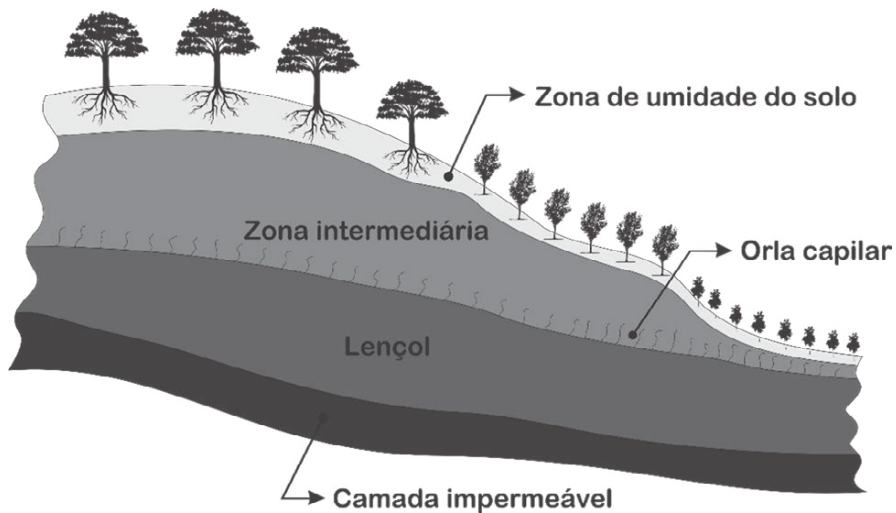


Fonte: Gomes e Valente (2015).

Como pode ser observado na Figura 23, a água da chuva (ou mesmo no caso da irrigação), ao infiltrar no perfil do solo, cria zonas de umidade que possuem valores e características distintas e recebem nomes específicos, de acordo com seu posicionamento ao longo do perfil. A região mais próxima da superfície do solo, onde o sistema radicular está mais concentrado, principalmente nas culturas anuais, é denominada “zona de umidade do solo”. A camada do solo que vem logo abaixo da zona de umidade recebe o nome “zona intermediária”. E a camada que fica abaixo da zona intermediária, logo acima do lençol freático, é chamada de “orla capilar” (ou “franja capilar”). Na

orla capilar, a umidade do solo está muito próxima da saturação. A espessura e a característica dessas camadas, que determinam a zona de umidade do solo, dependem da gênese e do tipo de solo, bem como das características físico-hídricas do solo nas respectivas camadas.

Figura 23 - Regiões de água no solo



Fonte: Gomes e Valente (2015).



CAPÍTULO 4

Conservação de solo e água na bacia hidrográfica

A conservação do solo e da água na bacia hidrográfica é muito importante para manter a qualidade da água, preservar a fertilidade do solo, conservar as nascentes e preservar as matas ciliares. A APP a ferramenta para conservação das nascentes e consequentemente dos mananciais de água das bacias hidrográficas.

O agro e o ecossistema agrícola são fundamentais para a manutenção ou revitalização dos aquíferos, bem como para a hidrologia da bacia (SANTOS, 2013). É no território rural, nas áreas de floresta e vegetação nativa que acontece, com maior intensidade, o processo de “produção de água”. Durante a ocorrência das chuvas nesses ambientes, ocorre a maior parte do processo de interceptação, infiltração, evaporação, evapotranspiração e escoamento superficial e subterrâneo, contemplando os componentes do ciclo hidrológico, nos quais o balanço hídrico se baseia. Cabe, então, ao produtor rural essa grande e nobre missão de contribuir para a conservação e a revitalização de suas terras e dos recursos hídricos nelas existentes, pelo que, de maneira simbólica, ele atua como “produtor de água”, a Figura 24, abaixo, exemplifica as paisagens rurais mais comuns, áreas de cultivo, reserva florestal, área sem vegetação, campo com gramíneas.

Figura 24 – Paisagem rural

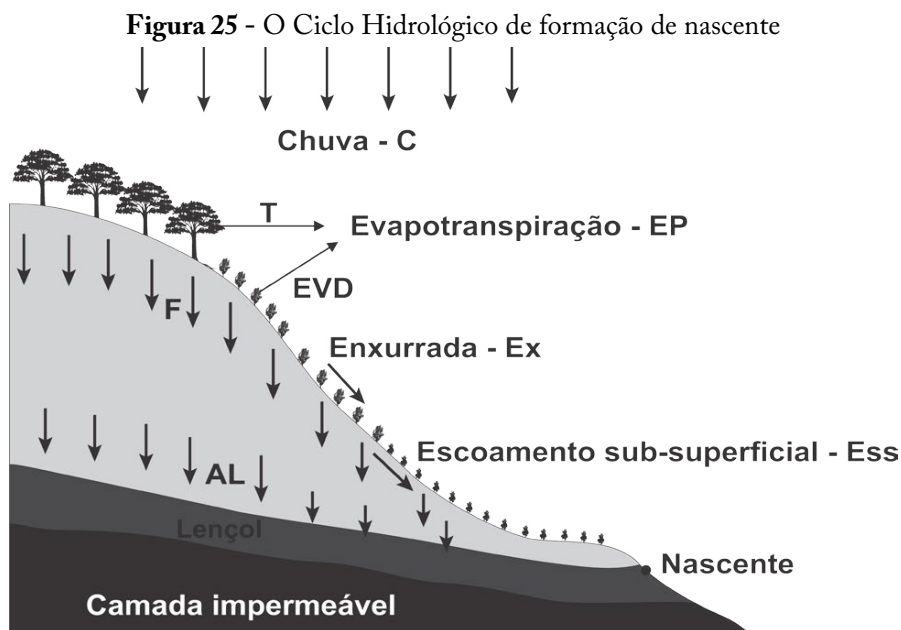


Fonte: Santos (2013).

4.1 Nascentes e Veredas

Nascentes são manifestações superficiais de lençóis subterrâneos. Elas dão origem aos cursos d'água. Podem ser formadas tanto por lençóis freáticos (depositados sobre as camadas impermeáveis ou semipermeáveis) quanto por lençóis artesianos (confinados entre duas camadas impermeáveis), podendo surgir por contato das camadas impermeáveis com a superfície, por afloramento dos lençóis em depressões de terreno, por falhas geológicas ou por canais cársticos (GOMES; VALENTE, 2015). De acordo com Valente e Gomes, “[...] conhecer bem as relações possíveis entre chuvas, solos, vegetação e sistemas de exploração é condição essencial para o sucesso de qualquer trabalho de conservação de nascentes para produção de água em quantidade e qualidade”.

A Figura 25, trazida na sequência, apresenta os componentes do ciclo hidrológico em uma pequena bacia de cabeceira. A figura mostra o destino das águas da chuva na encosta de uma bacia e a partição do volume de água para cada componente do processo. Quando a água infiltrada alcança uma camada semipermeável ou impermeável, ela forma o lençol freático e, então, flui, seguindo a declividade natural do lençol no terreno. Em determinado ponto do terreno, ela irá aflorar na superfície do solo, formando assim uma nascente.



Fonte: Gomes e Valente (2015).

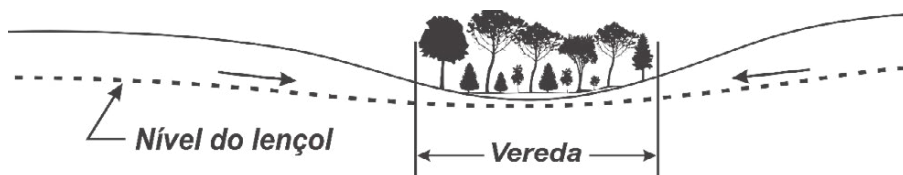
É comum, na literatura e na crença popular, as veredas serem tratadas como se fossem nascentes (GOMES; VALENTE, 2015). Veredas (Figura 26) são depressões existentes em chapadas típicas do Cerrado, onde emergem os lençóis freáticos de forma difusa, formando uma região úmida ou saturada, dependendo das condições locais e da época do ano. Se saturadas, dão origem a cursos d'água e tornam-se importantes para regimes hídricos de pequenas e grandes bacias.

Existe uma crença popular, principalmente do produtor rural da região do Cerrado (mas também disseminada entre os profissionais técnicos), acerca de que o buriti é o responsável pela formação da vereda (GOMES; VALENTE, 2015). Alguns acreditam inclusive que, plantando buriti nas veredas e no seu entorno, aumenta a produção de água no local. Entretanto, essa afirmativa não é correta. O buriti não é o responsável pela formação das veredas, mas cresce e se desenvolve ali em função da presença da umidade, motivada esta pela elevação do lençol freático. Por se tratar de uma espécie totalmente adaptada às condições de solo e de umidade em questão, o buriti é recomendado para plantio junto a veredas nessas condições.

Além disso, a condição de umidade do solo nessa região dá origem a solos hidromórficos e turfosos, com grande concentração de matéria orgânica, resultante da deposição e decomposição da vegetação presente. Essa condição do solo na vereda, com elevada quantidade de matéria orgânica e alta capacidade de retenção de água pelos solos hidromórficos, constitui mais um fator para o bom desenvolvimento do buriti.

Além do buriti, existem espécies arbustivas e herbáceas de Cerrado que são típicas das veredas e compõe essa fitofisionomia (vegetação característica de um local ou região)

Figura 26 - Representação genérica de uma vereda



Fonte: VALENTE e GOMES (2015)

A figura acima representa o perfil de uma vereda, contribuindo para entender seu comportamento e seu papel na bacia hidrográfica. “O importante, como conclusão sobre o conceito de vereda, é que ela não produz água. Ela é apenas área de emergência de lençol freático que é abastecido pelas áreas de chapadas adjacentes”.

A seguir (figuras 27 e 28), são apresentadas fotografias de veredas na bacia hi-

drográfica do rio Manuel Alves, no estado de Tocantins. Inclusive, é muito comum a presença de veredas no Cerrado de Tocantins. As veredas apresentam um tipo peculiar de vegetação, adaptada a solos hidromórficos (solos inundados, encharcados e definidos pelo excesso de umidade), com predominância do já comentado buriti.

Figura 27 - Vereda no Rio da Conceição (TO), com buritis - 15/03/2022



Fonte: Ibramar (2022).

Figura 28 - Cachoeira do Cavalo Queimado, no Rio da Conceição (TO) - 15/03/2022



Fonte: Ibramar (2022).

4.2 Áreas de Preservação Permanentes e a regeneração florestal

A legislação que regulamenta as APPs e reservas legais no Brasil é o Código Florestal Brasileiro, Lei n. 12.651/2012. Essa lei estabelece as regras para conservação, uso e gestão dos recursos naturais. Nela define-se -se que uma Área de Preservação Permanente (APP):

Art. 3, Inciso II

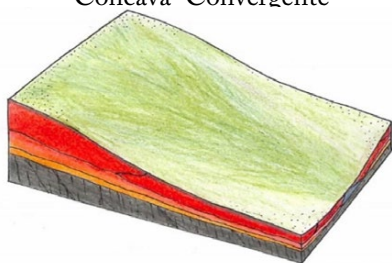
“área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas” (Código Florestal Brasileiro).

As APPs desempenham inúmeras funções ecológicas, tanto na conservação quanto na regeneração florestal. No entanto, a APP de nascente exerce ainda uma importante atividade: ela ajuda na filtragem de sedimentos que possam ser carreados por erosão dos ambientes a montante, principalmente em áreas cultivadas com agricultura ou pastagem.

Em termos territoriais, as APPs de nascentes perenes devem possuir um raio de 50 metros ao redor da surgência hídrica, garantindo minimamente as funcionalidades essenciais à preservação dos recursos hídricos. Essa área com 50 m de raio deve ser cercada e conservada com espécies florestais nativas da região.

A seguir, na Figura 29, representa-se uma área de preservação permanente numa rampa convexa-côncava-convergente. E, na Figura 30, uma área de preservação permanente numa rampa convexa-côncava-convergente, indicando os tipos de solo presente e a APP contendo a nascente.

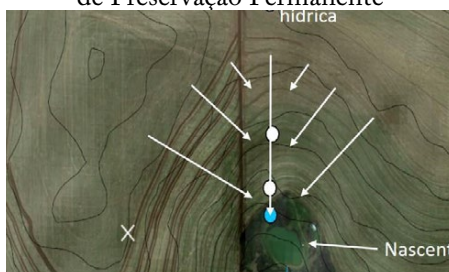
Figura 29 - Rampa Convexa-Côncava-Convergente



Fonte: Gúrcio

(PRONASOLOS PARANÁ, 2022).

Figura 30 - Representação de Área de Preservação Permanente

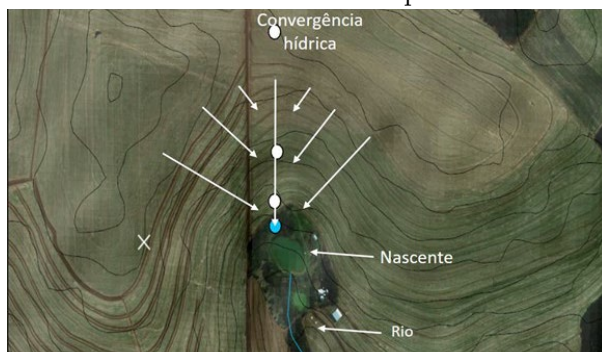


Fonte: Gúrcio

(PRONASOLOS PARANÁ, 2022).

Já a Figura 31, na sequência, apresenta uma pequena bacia de cabeceira, indicando a confluência de fluxos hídricos em uma rampa. Mostra também a localização da nascente na bacia e o curso d'água por ela gerado e alimentado.

Figura 31 - Confluência de fluxos hídricos em rampa convexa-côncava-convergente



Fonte: Gúrcio (PRONASOLOS PARANÁ, 2022).

Se as pequenas bacias de cabeceiras apresentadas nas figuras anteriores não forem adequadamente manejadas, com cobertura vegetal apropriada e espécies nativas, podem ocorrer erosões, até com formação de voçorocas (Figura 32), causando carreamento de sedimentos e assoreando os cursos d'água a jusante. A Figura 33, nesse sentido, retrata uma pequena bacia de cabeceira bem-conservada, munida de cobertura florestal ao redor da nascente principal e com uma agricultura que demonstra manejo adequado de seu entorno. É possível afirmar que essa área de APP está contribuindo para aumentar a produção de água com melhor qualidade, para, de maneira adequada, alimentar os corpos d'água a jusante.

Figura 32 - Voçoroca em área de nascente (manejo inadequado)



Fonte: Gúrcio (PRNASOLOS PARANÁ, 2022).

Figura 33 - Nascente protegida por floresta fluvial



Fonte: Gúrcio (PRNASOLOS PARANÁ, 2022).

As APPs, além de contribuírem para a conservação do solo e da água na bacia hidrográfica, também formam excelentes corredores ecológicos para a movimentação dos animais silvestres e para a disseminação de sementes de espécies nativas.

4.3 Comportamento Hidrológico de uma Pequena Bacia

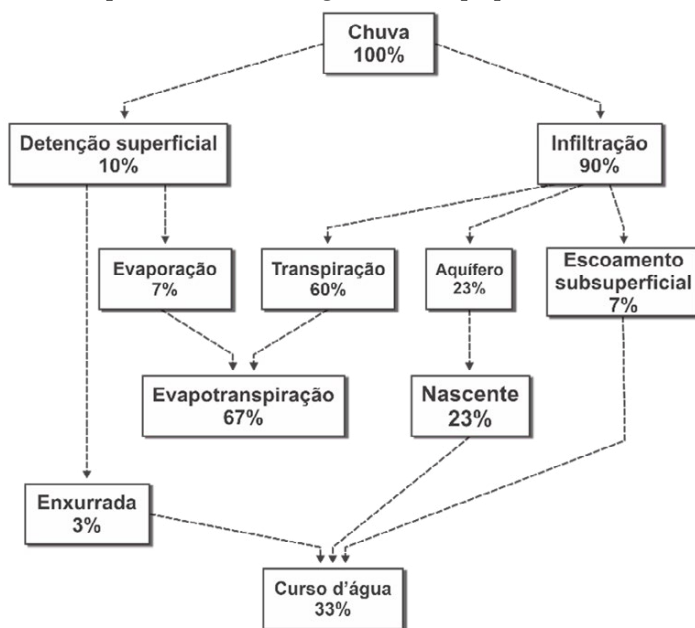
Numa pequena bacia hidrográfica de cabeceira, um dos objetivos básicos é a produção de água. Entretanto, quando se trata de uma pequena propriedade localizada nesse tipo de bacia, é necessária também uma exploração econômica da área agricultável na geração de renda para o produtor. Portanto, é preciso conciliar as duas atividades: a proteção das nascentes e de outras APPs e um sistema de

produção agropecuária sustentável (GOMES; VALENTE, 2015).

Segundo Gomes e Valente (2015), “[...] o objetivo econômico, portanto, será recuperar a qualidade das culturas ou das pastagens para melhorar a produtividade e a renda da propriedade”. Entretanto, um dos objetivos principais da conservação e revitalização desse tipo de bacia é a “produção de água”.

Hewlett (1982) apud. Gomes e Valente (2015), trabalhando com pequenas bacias bem-conservadas, nos Estados Unidos, elaborou um sistema para avaliar seu comportamento hidrológico. Com base em seu estudo, foi esquematizado o fluxograma da Figura 34, que vem a seguir.

Figura 34 - Comportamento hidrológico de uma pequena bacia bem-conservada



Fonte: Hewlett (1982) apud. Gomes e Valente (2015).

A bacia selecionada pelo mencionado autor possui boa cobertura florestal, ficando comprovado que o valor do escoamento subsuperficial, no exemplo, foi de 7%. Ficou comprovado também que o volume de enxurrada ocorrido nessa bacia foi também muito baixo (apenas 3%). O escoamento subsuperficial de 7% pouco contribuiu para o armazenamento de água no lençol. Desse modo, o pesquisador concluiu que, numa pequena bacia, o volume de água do escoamento subsuperficial, em poucas horas, já teria alcançado o córrego, após cessada a chuva que lhe deu origem.

Isso significa que esse escoamento atua como se fosse uma “enxurrada escondida”.

Para o produtor que está preocupado com a conservação do solo, esse comportamento atende bem a seus propósitos, pois o objetivo principal, nesse caso, é combater a erosão. Ao mesmo tempo, isso evita o aporte de sedimentos ao córrego, embora não garanta aumento das vazões no período de estiagem.

Outra conclusão muito importante que pode ser inferida nesse estudo de caso é que apenas 33% da água precipitada na área da pequena bacia pesquisada, mesmo sendo bem-conservada, alcança o curso d’água principal. Os 67% da água restantes retornam para a atmosfera pelo processo da evapotranspiração.

4.4 Degradação do Solo e da Água na Bacia Hidrográfica

Avaliando a degradação do solo na agricultura e pecuária, considera-se as principais causas no âmbito da agricultura e pecuária são o desmatamento e a erosão do solo. Geralmente, o primeiro é realizado sem observar a legislação ambiental, ao se abrirem novas áreas para exploração com agropecuária, ou outra atividade. Enquanto isso, a erosão do solo ocorre, principalmente, pela não-utilização das práticas de conservação do solo e da água recomendadas (mecânicas ou vegetativas), o que configura o manejo inadequado de lavoura.

Com a evolução da agropecuária nas últimas décadas, e em face das novas tecnologias que chegam ao campo via extensão rural e assistência técnica, os agricultores dispõem de muitas opções, quanto às técnicas para conservação do solo e da água. Cabe ressaltar o plantio direto e o plantio na palha, por exemplo, que surgiram na Região Sul, na década de 70, difundiram-se no Sudeste e, posteriormente, favoreceram a “conquista” do Cerrado.

A degradação das águas (e das bacias hidrográficas), de todo modo, ocorre também por outras causas, ligadas às áreas urbanas, como a falta de um sistema de drenagem pluvial (ou sua ineficiência). As enxurradas nas áreas urbanas arrastam sedimentos, lixos e detritos, poluindo os cursos d’água e afetando a qualidade da água. Além disso, grandes fontes poluidoras são o esgoto doméstico e os efluentes industriais, muitas vezes lançados diretamente nos cursos d’água.

Erosão

Souza (2016) destaca que a erosão é o processo responsável pelo desgaste e empobrecimento dos solos agrícolas, reduzindo a produtividade das culturas e

exigindo cada vez mais o uso de fertilizantes e corretivos. Embora seja um processo natural, ela culmina em perda progressiva do solo, com a intervenção humana. Segundo o autor, “[...] a erosão é um processo natural que se torna um problema, quando é acelerada em níveis danosos ao ambiente” (SOUZA, 2016). Além do mais, os processos erosivos, muito comuns no meio rural, levam ao assoreamento dos corpos d’água, principalmente nos rios e ribeirões, causando enchentes e outros problemas ambientais correlatos.

Na área urbana, por sua vez, a falta de um (ou as deficiências no) sistema de drenagem é responsável pelas enxurradas que causam erosões nas ruas não-pavimentadas, abrindo sulcos e valas, arrastando os sedimentos para os cursos d’água, de modo que há seu consequente assoreamento. O resultado dos processos erosivos são danos econômicos e prejuízos sociais e ambientais.

Desmatamento

As medidas preventivas e corretiva relacionadas ao desmatamento e as práticas de conservação e restauração florestal em áreas de APP são instrumentos legais e técnicos extremamente importantes para um equilíbrio ambiental numa bacia hidrográfica. Ressalta-se que a manutenção da vegetação nativa associada a técnicas de conservação de solo e água permitem ampliar a capacidade de rugosidade na bacia hidrográfica. Possibilitando uma maior infiltração da água no solo e diminuindo o assoreamento de sedimentos nos rios córregos.

“As nascentes são enquadradas tecnicamente como Área de Preservação Permanente (APP) e são áreas protegidas pelo novo Código Florestal (Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012). Essas áreas, cobertas ou não por vegetação nativa, estão localizadas ao longo das margens dos rios, córregos, lagos, lagoas, represas e nascentes, e têm a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. Esses sistemas vegetais são essenciais para o equilíbrio ambiental. Devem representar uma preocupação central para o desenvolvimento rural sustentável.” (Plano Nascentes São Francisco, CODEVASF, 2016, pag. 47)



CAPÍTULO 5

Técnicas e práticas de conservação de solo e água

As principais técnicas e práticas para controle da erosão encontradas na literatura especializada e utilizadas em campo podem ser agrupadas em: edáficas, vegetativas e mecânicas.

As práticas edáficas são empregadas com o objetivo de melhorar as condições físicas e de fertilidade do solo. Uma das técnicas utilizadas há décadas na agricultura é a elaboração de um mapa da capacidade de uso da terra. Esse planejamento procura selecionar os tipos de exploração da terra, levando-se em conta a declividade do terreno, o tipo de solo, as características das culturas e outros fatores edáficos e climáticos da região e da propriedade. Dentre essas práticas, algumas já são usadas por décadas e merecem destaque, tais como: adubação verde; adubação orgânica; e seleção das glebas, levando-se em conta a capacidade do solo em suportar aquela cultura e o sistema de produção. Outra prática a ser considerada é o controle do fogo, principalmente nas áreas de pastagem.

Nas práticas vegetativas, a vegetação é utilizada para a cobertura do solo e redução dos efeitos da erosão hídrica. As principais técnicas e práticas vegetativas para reduzir ou evitar a erosão são: culturas em faixas; renques de vegetação; reflorestamento; recuperação de pastagens; restauração florestal; e melhoria do sistema de manejo das culturas.

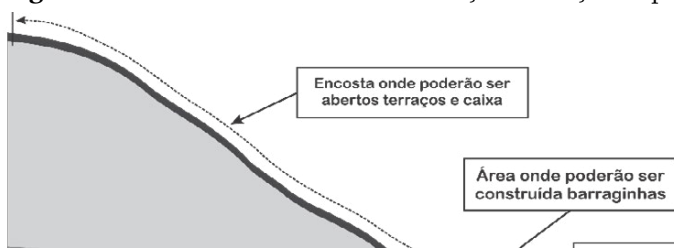
As práticas mecânicas para controle da erosão também são utilizadas há décadas na agricultura brasileira, e, nesse tempo, modernizaram-se as máquinas e implementos usados na construção das estruturas criadas para proteção do solo inseridas neste grupo. Dentre as principais técnicas e práticas mecânicas, devem ser mencionadas: o preparo do solo em contorno ou curvas de nível; o plantio em nível; os sulcos; os terraços; as bacias de captação e infiltração de água das chuvas (“barraginhas”); e outras instalações, como caixas secas, coxinhos etc.

Cabe comentar que as bacias de captação e infiltração das águas de chuva, tal como outras estruturas construídas com o mesmo propósito, vêm sendo utilizadas tanto nas áreas agrícolas e pastagens quanto na adequação e conservação das estradas rurais ou vicinais sem pavimentação.

5.1 O terraceamento como prática conservacionista para a captação de água

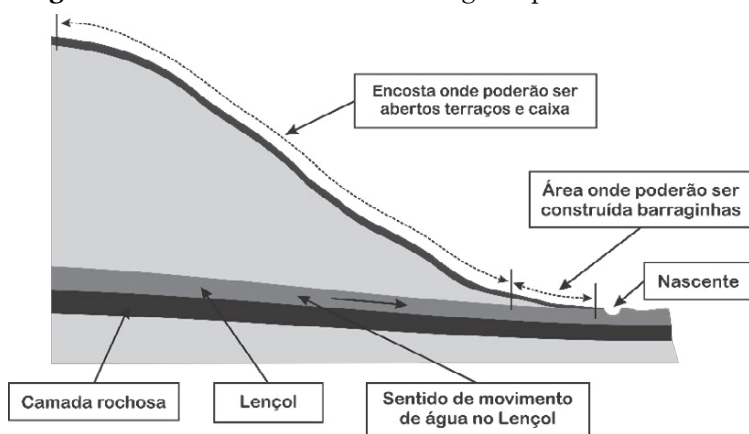
O terraceamento é a mais importante prática mecânica de controle da erosão, desde que bem-planejado. Consiste na alocação e na construção de estruturas no sentido transversal à declividade do terreno, com o objetivo de reduzir a velocidade da enxurrada e seu potencial de destruição dos agregados (mitigando a erosão), como também o de subdividir o volume do escoamento superficial, a fim de possibilitar a infiltração da água no solo. Impede-se, desse modo, a formação de sulcos e, posteriormente, de voçorocas, além de aumentar a retenção de água na propriedade rural em que for aplicado o terraceamento (RESCK, 2002). Na figura 35, baixo, pode-se observar um perfil transversal de terraceamento, enquanto a figura 36 mostra a distribuição de práticas mecânicas ao longo de um declive.

Figura 35 - Corte transversal de um terraço com seção trapezoidal



Fonte: Resck (2002).

Figura 36 - Posicionamento de tecnologias e práticas mecânicas



Fonte: Gomes e Valente (2015).

Essa prática deve ser utilizada em paralelo com outras práticas edáficas (como calagem, adubação fertilizante e cobertura do solo com palha, esta última vista na Figura 37) e vegetativas (como rotação de culturas com plantas de cobertura e cultivo em nível ou em contorno). A combinação das práticas de controle da erosão compõe o planejamento conservacionista da lavoura, resumem os autores.

Figura 37 - Palha de braquiária como cobertura em lavoura de arroz (Santo Antônio de Goiás, GO), com terraço em nível ao fundo



Fonte: Machado e Wadt (2021).

5.2 Plantio Direto

O plantio direto é uma inovação no preparo do solo, alterando etapas de plantio tradicionais da agricultura convencional. Neste sistema a palhada e outros resíduos vegetais da colheita anterior não são removidos e a área não é revolvido, resultando na preservação de uma camada de material orgânico (palhada) que protege o solo da erosão, de perda de nutrientes e melhora a umidade do solo.

Notadamente, a técnica do plantio direto contribui economicamente pois proporciona custos menores com equipamentos como tratores, combustível, redução nos volumes de corretivos de solo, entre outros. Reduz os impactos ambientais pois possibilita a maior infiltração de água e com isso reduz a erosão do solo, e minimiza o assoreamento dos rios.

O sistema de plantio direto (figuras 38 e 39) é uma técnica conservacionista bastante difundida entre os agricultores. Chegou ao Brasil no início da década de 70, na Região Sul e, hoje, é praticado por boa parte dos grandes produtores do país. O sistema mostrou-se efetivo de tal forma, que foram desenvolvidas diferentes técnicas para implantá-lo, dependendo da região de implantação (INOUE, 2019).

Figura 38 - Plantio de sementes sob palhada (Plantio Direto)



Fonte: Inoue (2019).

Figura 39 - Plantadeira moderna usada no sistema plantio direto



Fonte: (Sensix, 2022)

Segundo Resck (2002), nas áreas recém-desmatadas do Cerrado, nos primeiros anos, não há condições de se cultivar em sistema de plantio direto, devido à pobreza em bases dos Latossolos e das Areias Quartzosas. Esses tipos de solo apresentam alta acidez e alta saturação de alumínio, além de baixa capacidade de armazenamento de água. E, geralmente, na região dos Cerrados, a distribuição de chuvas é irregular, com a ocorrência frequente de “veranicos”. Portanto, é recomendável iniciar as práticas conservacionistas desde o desmatamento até o início do primeiro cultivo em sistema convencional, utilizando arado com discos e grade niveladora (RESCK, 2002).

O engenheiro agrônomo norte-americano Norman Ernest Borlaug, admirador dos trabalhos de pesquisa agrícola no Cerrado, dedicou grande parte de sua vida também à pesquisa, no Centro Internacional de Milho e Trigo (CIMMIT), no México. Ficou mundialmente notório por seu trabalho com a cultura do trigo, culminando no que ficou conhecido como “Revolução Verde” (“Green Revolution”). Por esse trabalho, foi agraciado em 1970 com o Prêmio Nobel da Paz. Borlaug tinha proximidade e parceria com a Embrapa Milho e Sorgo, em pesquisa no Brasil e na África. Em suas visitas à Embrapa de Sete Lagoas (MG), durante a década de 90, declarou em congressos e simpósios internacionais que “a Con-

quista do Cerrado pela Agricultura Brasileira poderia ser considerada a Segunda Revolução Verde no Mundo”.

Outra tecnologia que foi grande responsável por transformar os solos do Cerrado em terras apropriadas para a agricultura foi o manejo da química e fertilidade desses solos. A pesquisa agropecuária aprofundou os estudos de química e fertilidade nas décadas de 60 e 70. Pouco antes da introdução do sistema de plantio direto, no bioma, de modo que se pode afirmar que essas pesquisas contribuíram de forma definitiva para o sucesso da agricultura e da aplicação do plantio direto no Cerrado.

De acordo com Inoue (2019), além dos benefícios já citados, a utilização do sistema de plantio direto possui como vantagens: “diminuição da emissão de gases de efeito estufa”; “manutenção da microflora do solo”; “recuperação de pastagens degradadas”; e “redução da compactação do solo”.

5.2.1 Histórico do Plantio Direto no Brasil

O Plantio Direto teve origem nos Estados Unidos, na década de 40, no estado de Ohio, quando um agricultor, preocupado com a perda de qualidade do solo, iniciou testes em busca de melhores métodos de plantio aliado a busca de soluções para os seus problemas relacionados a conservação de solo e água. A partir desse conjunto de experimentação de técnicas e manejo de solo, O agricultor Edward H. Faulkner relatou toda essa experiência no seu livro “Ploughman’s Folly”, publicado em 5 de julho de 1943

A Exemplo da experiência relatada pelo agricultor americano, no Brasil, foi também um agricultor, que motivado por problemas de erosão em suas terras, procurou apoio técnico junto Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária Meridional, entidade criada em Colombo (PR), na década de 60.

A Partir desse primeiro contato, teve conhecimento da existência de uma técnica denominada de “notill”, que consistia na abertura de sulcos no solo para semeadura e inclusão de fertilizantes sem o revolvimento do solo. Após sucessivas experimentações dessa técnica, esse agricultor com o nome de Herbert Arnold Bartz, é considerado o pioneiro na introdução e divulgação do Plantio Direto no Brasil.

Segundo dados da Federação Brasileira do Sistema Plantio Direto (FEBRAPDP), entre os anos de 1972 e 1973, havia somente 220 hectares utilizando a técnica do plantio direto no país. A evolução da área com utilização desse sistema de plantio seguiu segundo o padrão:

na década de 72 a 82 o crescimento foi de 0,025 milhões de hectares/ano;
na década de 82 a 92 de 0,102 milhões de hectares/ano;
na década de 92 a 2002 de 1,998 milhões de hectares/ano;
entre 2002 a 2006 de 2,15 milhões de hectares/ano.

Antes de 1979, os equipamentos eram ainda inadequados para uso da técnica. Havia muita carência de conhecimento e capacitação específica dos profissionais que atuavam nessa área. As semeadoras, pulverizadores para dessecação de plantas, apresentavam limitações operacionais. Certas plantas daninhas eram apenas desfolhadas, por exemplo, rebrotavam e se tornavam perenes. Além disso, herbicidas tinham custo elevado. As tecnologias para sua aplicação eram pouco desenvolvidas e, para que eles funcionassem, era necessário aplicar o dobro da dose normalmente aplicada no preparo convencional. (FEBRAPDP, 2022)

Segundo a Embrapa, diante do cenário evolutivo do “plantio direto” (ou “semeadura direta”) e do “sistema plantio direto” no Brasil, e em face dos avanços tecnológicos alcançados (frutos de parcerias entre pesquisa, ensino, extensão, agroindústria, produtores rurais e organizações), a expansão da área cultivada com uso de tais técnicas no país tem sido muito significativa, nos últimos anos, se comparada a outros países (EMBRAPA, 2012).

A partir dos anos 70 até 2020, a área plantada utilizando o sistema de plantio direto no Brasil alcançou 33 milhões de hectares. E permanece em crescente expansão de área. O agrônomo Ronaldo Trecenti conta que a partir de 1992 verificou-se uma grande aceleração do plantio direto no Brasil, e também foi neste período que foram criadas a Federação Brasileira do Plantio Direto na Palha e da Associação do Plantio Direto no cerrado. (SEAPA-MG, 2022)

5.2.2 Sistema Plantio Direto em Terraços

A conquista do Cerrado (fruto do trabalho incansável dos pesquisadores, técnicos e profissionais da área, produtores rurais e empresas do campo) possibilitou a entrada do sistema plantio direto nesse bioma, contribuindo para o desenvolvimento e a difusão do referido sistema, a partir da década de 70, como anteriormente colocado. Outra tecnologia que foi a grande responsável por transformar os solos de Cerrado em solos apropriados para a agricultura foi o manejo da química e fertilidade desses solos. As figuras 40, 41 abaixo mostram exemplos de terraços com plantio direto onde podemos observar a palhagem entre as linhas da cultura, enquanto a

Figura 42 apresenta a foto de preparação dos sulcos para plantio direto.

Figura 40 - Terraço de base larga e Sistema Plantio Direto



Fonte: Embrapa (2014).

Figura 41 - Sistema Plantio Direto



Fonte: Embrapa (2014).

Figura 42 - Sistema Plantio Direto



Fonte: Embrapa (2014).

5.3 Florestamento e reflorestamento

Os termos “florestamento” e “reflorestamento” são distintos, mas ambos são usados referindo-se ao plantio de árvores de espécies florestais em áreas degradadas. “Florestamento” significa o plantio em áreas onde, no passado, não havia floresta ou área verde. Já “reflorestamento”, corresponde ao plantio em áreas que, no passado, possuíam vegetação florestal natural, as quais foram então desmatadas (ou, de maneira mais

ampla, degradadas). Como será descrito no Capítulo 6 deste livro (“Promover o reflorestamento e o florestamento”), o plantio de árvores pode contribuir para a absorção do dióxido de carbono da atmosfera, mitigando os impactos da mudança climática.

Relacionado ao assunto, ainda se tem a chamada “restauração florestal”, que visa a recuperar áreas degradadas naturalmente ou pela ação humana, fazendo-as retornarem à sua forma original de floresta. Isso pode incluir a plantação de árvores e outras plantas nativas, a remoção de espécies exóticas invasoras e a gestão adequada das áreas restauradas para garantir que elas se desenvolvam de forma saudável e sustentável. Em algumas situações, a vegetação consegue se regenerar por meio de processos naturais. Entretanto, a maioria dos ecossistemas são tão explorados e degradados, que, sem interferência externa, eles perdem tal capacidade.

A confusão entre os três referidos termos é comum, mas suas diferenças são claras, segundo o Instituto Brasileiro de Florestas (IBF, ano?): por exemplo, no reflorestamento, o objetivo é plantar árvores para formar uma floresta que, não necessariamente, terá a mesma estrutura florestal original da área e que, ao mesmo tempo, sendo opção, poderá ser utilizada com fins comerciais (IBF, s.d.). Enquanto isso, na restauração, o intuito é recuperar o ecossistema florestal original da área devastada tal como ele era, preservando-o.

Os projetos de restauração florestal, com frequência, incidem sobre áreas próximas a corpos hídricos e possuem diversos benefícios, dentre os quais assegurar a qualidade da água e diminuir os custos com seu tratamento (IBF, s.d.).

No Brasil, vive-se um momento de expansão de florestas comerciais. O clima e o solo de diversas regiões do Brasil são propícios ao crescimento destas espécies, o que coloca o país como um dos maiores produtores de madeira de reflorestamento do mundo. Os reflorestadores são empresas de grande porte na área de celulose, ou também siderúrgicas que produzem carvão vegetal. As principais espécies utilizadas são Eucalipto (70,8%) e Pinus (22%), principalmente, e em quantidades pouco expressivas (7,2%) seguem espécies como a Acácia, Seringueira, Paricá, Teca, Populus e Mogno Africano.

5.4 Plantas para cobertura do solo

De acordo com o portal eletrônico Agro Inovadores (2020), “plantas de cobertura” (Figura 43) são espécies de gramíneas, leguminosas e outras utilizadas para cobrir o solo, principalmente na entressafra, diminuindo o risco de lixiviação de nutrientes e perdas de solo pela erosão. Algumas dessas espécies podem até ser utilizadas para

pastoreio, produção de grãos e sementes, silagem e feno. Esse tipo de prática conservacionista tem sido bastante recomendado para proteção de solo na entressafra, propiciando melhor preparo do solo para receber os cultivos subsequentes. Além das vantagens ambientais, esta prática melhora as propriedades físico, química e biológica do solo, e são importantes para incrementar a quantidade de matéria orgânica no solo. Algumas espécies como por exemplo milho e braquiária, reciclam nutrientes do solo fundamentais para o bom desenvolvimento das culturas subsequentes.

Segundo Lamas (2017) não existe espécie de planta de cobertura que se adeque a toda e qualquer condição ecológica. Para cada ambiente, e a depender da cultura sucessora, deverá haver um conjunto de espécies mais apropriadas. Assim, o diagnóstico das limitações atuais do sistema de produção é um esforço necessário e estratégico para auxiliar na escolha das espécies com maior potencial de agregar benefícios para o conjunto.

Figura 43 - Cobertura do Solo com Crotalária



Fonte: Fidalgo et al. (2017) - foto de Clênio Araújo (2017).

Alguns exemplos de espécies utilizadas como plantas de cobertura são o sorgo, milho, feijão de porco, feijão guandu, azevém, aveia branca, aveia preta, mucuna, entre outras. As qualidades necessárias para que a planta possa ser utilizada como planta de cobertura são: fácil estabelecimento, boa cobertura do solo, crescimento rápido, não ser hospedeira de doenças e pragas, apresentar boa estrutura radicular e produção de matéria seca.

5.5 Integração entre agricultura, silvicultura e pecuária (SAF)

“Sistemas Agroflorestais” (ou apenas “SAFs”), de acordo com a Embrapa (s. d.), “[...] são sistemas produtivos que podem se basear na sucessão ecológica, análogos aos ecossistemas naturais, em que árvores exóticas ou nativas são consorciadas com culturas agrícolas, trepadeiras, forrageiras, arbustivas, de acordo com um arranjo espacial e temporal preestabelecido”. Segundo indicado por Macedo (2013), na cartilha “Sistemas Agroflorestais - Princípios Básicos”, os SAFs vêm sendo classificados por diferentes critérios, como pela estrutura espacial, pela importância relativa e pela função de seus componentes, bem como pelos objetivos da produção e as características sociais e econômicas envolvidas. Na classificação mais adotada atualmente, procuram-se considerar, ao mesmo tempo, os aspectos funcionais e estruturais (composição e arranjo dos componentes).

De acordo com o portal eletrônico Agro Insight (s.d.), considerando a composição os SAFS podem ser classificados em:

- agrossilvicultura (Figura 44): consórcios entre culturas agrícolas anuais e espécies florestais.
- sistemas agropastoris: combinação da agricultura com a criação de animais (agricultura + pecuária).
- sistemas silvipastoris: voltados para a criação de animais por meio da associação entre pastagens e árvores.
- sistemas agrossilvipastoris (Figura 45): presença de espécies agrícolas e florestais de forma simultânea ou sequencial à criação de animais.

Figura 44 - Sistema Agrossilvicultura:
Soja e Eucalipto (Vazante, MG)



Fonte: Couto (2019).

Figura 45 - Sistema
Agrossilvipastoril



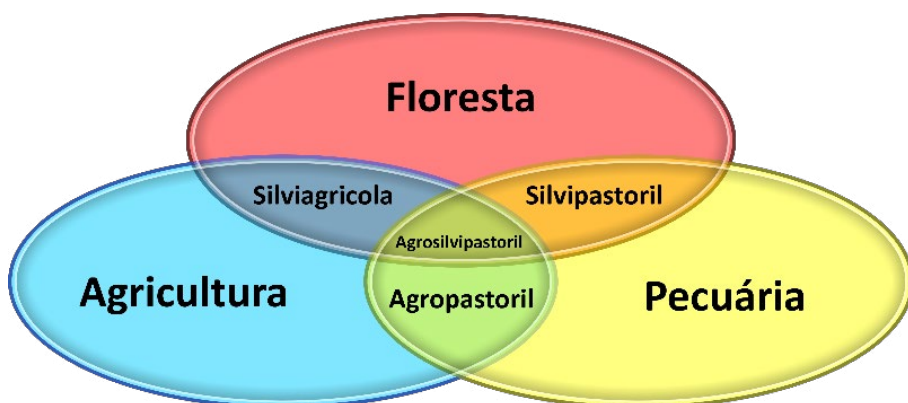
Fonte: Couto (2014).

No mesmo portal, apresenta-se a classificação adotada para diferenciar os SAFs quanto à distribuição no espaço e no tempo:

- sistemas agroflorestais sequenciais: cultivos agrícolas anuais e produtos arbóreos sucedendo-se no tempo. Há uma relação cronológica entre as colheitas anuais e os produtos arbóreos. Ex.: “Sistema Taungya”, sistema de cultivo anual consorciado apenas temporariamente com árvores, durante os primeiros anos de implantação;
- sistemas agroflorestais simultâneos: ocorrem mediante integração simultânea e contínua com cultivos anuais ou perenes, árvores de interesse madeireiro, frutífero ou de uso múltiplo. Ex.: cultivo em faixas ou aleias;
- sistemas complementares (cercas vivas e cortinas quebra-vento): fileiras de árvores utilizadas para delimitar uma propriedade, gleba ou servir de proteção para outros componentes e sistemas. São considerados complementares às duas categorias anteriores, pois podem estar associados a sistemas sequenciais ou simultâneos. Ex.: implantação de faixas de eucalipto em torno de uma plantação de café ou de uma lavoura de milho.

A seguir, na Figura 46, apresenta-se um diagrama da classificação dos Sistemas Agroflorestais em função da composição e arranjo dos componentes “agricultura”, “pecuária” e “floresta”.

Figura 46 - Classificação dos SAFS de acordo com os componentes



Fonte: Macedo (2013) apud. Couto (2018).

Figura 47 - Sistema Agroflorestal: Feijão e Eucalipto no Estado de São Paulo



Fonte: (COUTO, L. 2019)

Figura 48 - Sistema Agrossilvicultura: Trigo e Eucalipto, Rio Grande do Sul



Fonte: (COUTO, L. 2019)

5.6 Estruturas mecânicas para conservação do solo e da água

As estruturas de conservação do solo e da água são utilizadas para captar e infiltrar a água da chuva nas propriedades rurais e às margens das estradas vicinais, como as barraginhas, as caixas secas, os bigodes, os terraços e outras. De maneira geral, elas requerem que o terreno possua uma taxa de infiltração de água no solo de média a alta.

O grande objetivo dessas estruturas é captar a água da chuva nas linhas preferenciais de drenagem, armazenar por um certo período e permitir que a água captada infiltre no perfil do solo e alcance o lençol freático. A ideia, além disso, é que, após uma chuva de boa intensidade, essas estruturas possam receber a água e, com rapidez, permitir sua infiltração no solo, em seguida, de modo que se esvaziem com agilidade e estejam aptas para desempenhar o mesmo trabalho nas próximas chuvas, sem se sobrecarregarem.

5.6.1 **Bacias de captação e infiltração das águas das chuvas: “Barraginhas”**

O engenheiro agrônomo Luciano Cordoval de Barros, da Embrapa Milho e Sorgo, é um dos pioneiros na área de projeto e construção de “barraginhas” em Minas Gerais e, também, no Brasil. Em relato pessoal seu, concedido ao IBRAMAR em novembro de 2022, Luciano declarou que iniciou esse trabalho em 1982, na Fazenda Colonial, em Janaúba (MG). Mais tarde, ao ingressar na Embrapa como Especialista em Irrigação, dedicou parte de seu tempo à pesquisa e elaboração de projetos de implantação de lagos lonados e “barraginhas”. E, nas últimas décadas, o engenheiro desenvolveu e executou projetos de “Sistemas de Barraginhas” em Minas Gerais, expandindo posteriormente para outros estados e regiões do Brasil.

Com a criação do programa “Produtor de Água” em 2001 pela ANA, a utilização da “barraginha” foi adotada em sua linha de atuação. Barros (2009) viabilizou a execução dos projetos do referido Programa captando recursos em instituições como: CODEVASF, ANA, Fundação Banco do Brasil, Petrobras e outras. Ao longo das últimas décadas, construiu milhares de “barraginhas” em Minas Gerais e em outros estados.

O termo “barraginhas” vem sendo utilizado há muitas décadas, para denominar as estruturas construídas no meio rural com o objetivo de captar e infiltrar as águas que escoam nas encostas, durante as chuvas. Esse nome foi tão divulgado e utilizado pelos técnicos que atuam na área, que se consagrou. No entanto, a palavra em si significa “pequenas barragens”, o que pode gerar dúvida para os leigos e para os profissionais de outras áreas. Em alguns casos, algumas instituições, apesar de reconhecerem esse termo, preferem utilizar “bacias de captação e infiltração de água de chuva”.

Em 2012, a Embrapa obteve o registro do termo “Barraginhas”, junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), destinada a dois grupos de atividades: estudos para projetos técnicos, pesquisas geológicas e técnicas, análises de material e de solo, hidrologia e pesquisas agropecuárias; e utilização em em colóquios, conferências e congressos, além de treinamentos via oficinas de trabalho. A Figura 49, apresenta uma barraguinha.

Figura 49 - “Barraginha” construída na bacia do rio Gorutuba

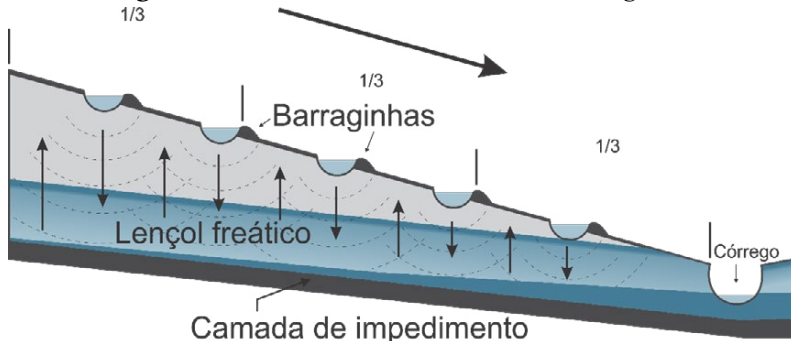


Fonte: Couto (2003).

As “barraginhas” devem ser construídas transversalmente nas linhas principais de drenagem, nas encostas do terreno com sinais claros de erosão do solo. Geralmente, armazenam em torno de 100 a 200 m³ de água, possuindo forma circular ou elíptica, com profundidade aproximada de 2 a 3 m em sua parte central, podendo ser também construídas com diâmetros de 6, 8, 10 ou 12 m, de acordo com a disposição do terreno, adotando profundidade média de 1,20 m.

A água da chuva captada pelo sistema infiltra no solo durante o período chuvoso. Ao proporcionar, dessa forma, o abastecimento e a elevação do nível do lençol freático, umedece as partes mais baixas do terreno. Na figura 50, a seguir, pode-se observar o desenho de um sistema de barraginhas em declive, com a orientação da infiltração da água que foi retida nas chuvas em direção ao lençol freático.

Figura 50 - Funcionamento do Sistema Barraginhas



Fonte: Barros (2009).

Segundo Barros (2015), o “sistema barraginhas” pressupõe a construção de pequenos barramentos à água superficial das chuvas, à frente de cada enxurrada perceptível nas pastagens, nas lavouras e à beira de estradas. O sistema se aplica bem na recuperação de solos degradados (compactados, erodidos) que resultem da não-observação de práticas conservacionistas. Ainda segundo o autor, as “barraginhas” são cavidades construídas em concha, no formato de meia-lua (em terrenos com até 6% de declividade) ou de arco de flecha (nas encostas entre 6 e 12%). Em terrenos com declividade acima de 12%, não é recomendável a sua construção.

Ainda segundo Barros (2015), cabe destacar que, na região do Cerrado, onde predominam solos porosos e profundos, latossolos vermelhos e amarelos, o sistema de “barraginhas” tem função maior, no controle da erosão e na contenção de assoreamentos, além da recarga do lençol freático, na revitalização de mananciais e na amenização de enchentes. Couto (2018) reafirma que, em solos com altas taxas de infiltração, as “barraginhas” são mais eficientes, de fato. Nos solos mais porosos, elas podem inclusive ser menores, com 15 m de diâmetro e, aproximadamente, 100 a 150 m³ de volume útil. Enquanto isso, na região do Vale do Jequitinhonha em Minas Gerais e em alguns locais do Piauí (dentre outros), onde predominam solos rasos e mais argilosos, com baixa e média permeabilidade, as “barraginhas” devem ter dimensões maiores, 20 m de diâmetro, por exemplo, com capacidade de armazenamento de água maior, até 300 m³, possibilitando assim maior tempo de oportunidade para a infiltração da água ali armazenada (BARROS, 2009). Na Figura 51, abaixo, observa-se um exemplo de barraginha circular de pequena dimensão.

Figura 51 - Barraginha em formato circular



Fonte: Márcio Menegussi Menon.

Figura 52 - Bacias de captação de água de chuva (“barraginhas”)



Fonte: Barros (2009).

É comum o produtor rural (e até os profissionais técnicos) distorcer o conceito e a finalidade das “barraginhas”. Muitas pessoas consideram essas estruturas como se fossem um tanque para armazenar água de chuva, ignorando sua principal finalidade, que é a de captação e infiltração da água. Essa confusão pode também ser explicada pelo fato de que, em certas situações, as estruturas aparentam ser utilizadas apenas como reservatórios de água mesmo, com destaque para quando aplicadas em solos pouco permeáveis.

5.6.2 Caixas Secas

Para a contenção da erosão e do intenso assoreamento que impacta as nascentes e córregos, também são utilizadas as chamadas “caixas secas” (Figura 53). As caixas secas são escavações feitas no terreno, de modo geral, na margens de estradas e caminhos para retenção de água e sedimentos de chuvas e enxurradas. Desta forma elas impedem a erosão, retêm os sedimentos evitando assoreamento e propiciam a infiltração da água da chuva.

Para a correta construção de caixas secas, deverão ser analisados e escolhidos apropriadamente os locais a serem implantadas as caixas secas, tendo em vista os padrões técnicos previamente estabelecidos em visitas técnica ao terreno. De maneira geral, as caixas são construídas a montante das nascentes e córregos mais impactados (levantados em diagnóstico prévio). Elas devem ter dimensão média de 2 x 2 x 3 m, podendo ser redimensionadas de acordo com a necessidade que sua loca-

lização pode demandar. Em todo caso, para calcular o volume correto da escavação de cada caixa, é necessário obedecer a critérios técnicos que levem em consideração o regime de chuvas da região, textura do solo, impacto nas nascentes e córregos.

Para evitar acidentes com animais de médio e grande porte, as caixas secas devem ser protegidas por cercamento. Também é necessária manutenção periódica para evitar o assoreamento da própria caixa seca e perda da sua função.

Figura 53 - Caixa seca utilizada no Projeto “Uruçu Capixaba” em Domingos Martins/ES



Fonte: Ibramar (2021).

5.6.3 Mulching Vertical

O Mulching Vertical é uma estrutura cujo conceito é bastante similar ao da caixa seca. No entanto, o espaço é preenchido por material poroso em vez de solo. Dessa forma, ocorre um aumento do fluxo da água para o interior do solo, aumentando o conteúdo de matéria orgânica e melhorando sua aeração, com o tempo. Para que isso ocorra, é necessário que o referido “mulching” atinja a superfície do solo, ficando em contato com a atmosfera. A abertura de furos no solo após o preenchimento com areia é chamada também de “mulching” vertical.

Trata-se de uma prática alternativa, na qual o cultivo em profundidade não é possível devido à presença de poucas raízes ou outros impedimentos. Segundo Rocha (2020), ela consiste na aplicação, à superfície do solo, de qualquer cobertura que possa constituir-se como barreira física à transferência de energia e vapor d’água entre o solo e a atmosfera.

Intercalados aos “Mulchings Verticais” (que são sulcos em nível), podem ser utilizados terraços em nível com bandas de rotação e bandas laterais de pneus inservíveis, dando, assim, uso nobre a um material difícil de reciclar. Esse tipo de ação promove a contenção de águas de chuva e a redução da velocidade destas, com consequentes controle da erosão e mitigação do assoreamento das várzeas.

A Universidade Federal da Paraíba (PB) trabalhou com essa técnica no semiárido nordestino (Cariri), obtendo sucesso. A metodologia foi desenvolvida pelo professor José Geraldo de Vasconcellos Baracuh, da UFPB, em parceria com o professor José Sales Mariano da Rocha (ROCHA, 2020).

5.6.4 Coxinhos

O “coxinho” (Figura 54) também é uma estrutura que vem sendo utilizada para contenção do escoamento de água de chuva nas encostas, na agricultura e nas pastagens. Ele é construído em nível (ou com pequena declividade), transversalmente ao declive do terreno, de forma similar ao terraço, e não corta continuamente toda a extensão do terreno. Parte é construída como um “coxo” (ou vala), e outra parte (entre os “coxos”) permanece sem escavação. Da mesma forma que as barraginhas e as caixas secas, os coxinhos retêm a água e os sedimentos, evitando erosão e contribuindo para infiltração de água de chuva.

Figura 54 - Coxinhos em nível sendo construídos no município de Atilio Vivacqua (ES)



Fonte: Menon (2020).

5.7 Controle de processos erosivos em estradas vicinais

Estradas rurais (ou vicinais) são muito suscetíveis à erosão hídrica. Isso porque, geralmente, são construídas de forma inadequada e malconservadas. Estudos conduzidos pela RURALMINAS (em Minas Gerais) e pela CODASP (Companhia de Desenvolvimento Agrícola de São Paulo) indicam que, aproximadamente, 50% dos sedimentos que causam o assoreamento dos cursos d'água na zona rural são procedentes de estradas vicinais.

A RURALMINAS e a CODASP desenvolveram técnicas e práticas para melhorar a qualidade das estradas, do ponto de vista de sua conservação, a fim de evitar ou reduzir os processos erosivos e o arraste de sedimentos. Dentre as técnicas recomendadas, têm-se: o abaulamento do leito; a construção de “travessieiros” transversais ao leito; a drenagem lateral às margens; e os terraços laterais, conhecidos como “bigodes” (Figura 55). Os técnicos recomendam ainda a construção de bacias de captação de água de chuva (“barraginhas”) nos terrenos lindeiros à estrada.

A construção de caixas secas para captação e infiltração das águas das chuvas é outra técnica muito utilizada para evitar erosão nas estradas vicinais.

Figura 55 - Vista aérea de “bigode” e bacia de captação de água de chuva (“barraginhas”), em obra na bacia do Rio Verde Grande (MG)



Fonte: Santos (2013).

A obra de recuperação de estrada vicinal apresentada na Figura 50 é de um projeto da ANA executado pela CODASP em Minas Gerais. Além dos “bigodes” e da “barraginha”, deve-se observar na foto o abaulamento do leito da estrada.



CAPÍTULO 6

Restauração florestal

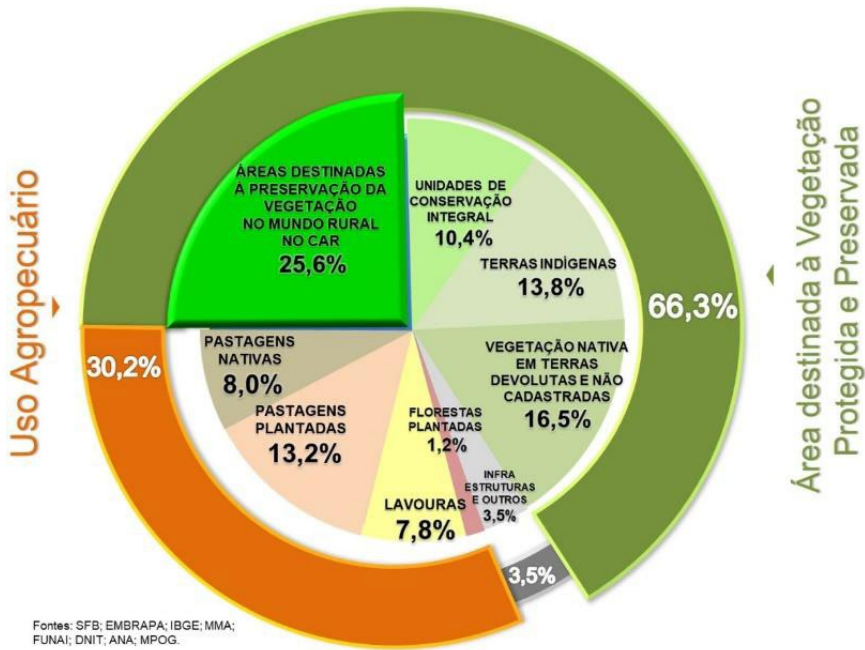
6.1 Introdução

A restauração florestal é o processo de recuperar ecossistemas florestais que foram degradados pelas intervenções humanas tais como: desmatamento, exploração madeireira, mineração, entre outros, ou por eventos naturais, como incêndios florestais provocados por raios. Esse processo tem como objetivos principais a recuperação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos, com a regulação do clima, a proteção do solo e das águas e o sequestro de carbono. Além disso, a restauração florestal pode contribuir para a geração de renda e empregos em comunidades locais, por meio da produção de produtos florestais não madeireiros como frutos, sementes e fibras.

Existem diversas técnicas de restauração florestal, incluindo plantio direto, plantio com mudas, plantio com sementes e restauração natural - esta última consistindo em deixar que a natureza, por si mesma, recupere a área degradada, sem intervenção humana. O método escolhido dependerá da situação específica da área a ser restaurada, quanto ao tipo de solo, à disponibilidade de água e às espécies nativas presentes, por exemplo.

A restauração florestal, em áreas de preservação ambiental e reserva legal é tão ou mais importante que outras medidas de conservação de solo e água no processo de revitalização de bacias hidrográficas. As Áreas de Preservação Permanente (APPs), como visto anteriormente, são aquelas protegidas pela legislação ambiental do Brasil, e definidas no Novo Código Florestal de 2012, Art 3, Inciso II. E do mesmo modo, de acordo com o Novo Código Florestal (2012) Art 3, Inciso III, “Reserva Legal” é uma “[...] área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, delimitada nos termos do art. 12, com a função de assegurar um percentual de área com cobertura vegetal na propriedade”. Como pode-se observar na Figura 55, a soma destas duas áreas de preservação, atualmente correspondem, a cerca de 25,6% do território brasileiro.

Figura 56 – Uso e Ocupação de terra no Brasil



Fonte: Embrapa (2023)

O crescente aumento da demanda por alimento, energia e outros itens e necessidades, no Brasil, tem levado a uma também crescente utilização dos recursos naturais renováveis e não-renováveis. Atualmente, por causa disso, palavra de ordem é a busca da sustentabilidade ambiental nas atividades produtivas, a qual tem como objetivo a conciliação do uso racional dos recursos naturais com o manejo sustentável e a restauração dos ecossistemas (MARTINS; VASCONCELOS; SOUZA 2015). Nesse cenário, a restauração de florestas nativas consolida-se como a principal forma de apoio ao desenvolvimento sustentável, uma vez que pode viabilizar tanto a restauração de áreas já impactadas como a compensação ambiental em outras áreas, que sejam similares do ponto de vista dos atributos ambientais.

Por meio da restauração florestal, é possível atender a legislação vigente recuperando APPs e reservas legais sem, contudo, prejudicar as atividades produtivas de uma determinada propriedade rural. Na verdade, restaurar tende a contribuir para a melhoria da quantidade e qualidade dos produtos e serviços ambientais. Assim, torna-se importante divulgar os conhecimentos sobre técnicas de restauração flo-

restal, as quais hoje têm sido desenvolvidas por intermédio de pesquisas científicas voltadas ao público diretamente envolvido com o meio rural, como produtores e empresas do agronegócio, mineradoras, geradoras de energia, entre outros.

Ao longo dos anos, com a expansão da agropecuária e da urbanização, e em face dos planos diretores municipais, a proteção das APPs e o estabelecimento das reservas legais passaram a se configurar interesse público, em vários segmentos da sociedade. Diante disso, o governo percebeu a necessidade de criar e definir legislação ambiental específica que à demanda em questão atendesse (MARTINS; VASCONCELOS; SOUZA 2015).

Esse movimento se deu também em outros países, seguindo uma tendência mundial. Em alguns deles, nos quais esse processo teve início há mais tempo, foram criados mecanismos para compensar os produtores rurais pela colaboração na manutenção da biodiversidade e na conservação dos recursos naturais. No Brasil, quanto a isso, foi no final da década de 90, que tiveram início programas de Pagamento por Serviço Ambientais (PSA), por iniciativa do Governo Federal e de alguns estados, o que se propagou nas duas últimas décadas.

O avanço na ocupação do território brasileiro para implantação de áreas destinadas a agricultura e pecuária foi caracterizado pela destruição de recursos naturais, mediante a substituição de florestas por esses e outros usos do solo. As matas ciliares, por se encontrarem em locais estratégicos para a ocupação humana, costumam consistir nos ecossistemas mais perturbados e/ou degradados entre os ambientes florestais (RECH; LOEBENS, 2015). Por essa razão, e considerando seu importante papel na manutenção da qualidade da água, na estabilização do solo, na regularização do regime hídrico e na preservação de corredores para movimento da fauna e dispersão vegetal, Alvarenga et al. (2006) afirmam as matas ciliares como áreas prioritárias para regeneração. Eles apontam ainda que a regeneração natural nessas áreas consiste em uma das alternativas mais promissoras para a recomposição da vegetação ciliar, em função dos aspectos ecológicos, silviculturais e econômicos envolvidos.

As matas ciliares são comumente designadas à preservação permanente, e, para tanto, são delimitadas faixas mínimas de não-ocupação, almejando sua proteção - considerações também válidas para as áreas de nascente legalmente protegidas pela legislação (Lei n. 12.651/2012).

Em resumo, a restauração florestal em áreas de APP e Reserva Legal é fundamental para a conservação da biodiversidade, a manutenção dos recursos hídricos e dos serviços ecossistêmicos, além de gerar benefícios socioeconômicos para a população. Por isso, é importante que as políticas públicas incentivem e promo-

vam a restauração florestal nessas áreas, e que os proprietários rurais compreendam a importância e adotem essa prática em suas propriedades.

6.2 Histórico da degradação florestal no Brasil

A história da degradação florestal e do desmatamento no Brasil remonta ao período colonial, no século XVI, quando os colonos europeus começaram a explorar os recursos naturais, principalmente a remoção de árvores de pau-brasil. No séculos XVII, a exploração desenfreada do pau brasil é intensificada e durante o período citado a Mata Atlântica foi o bioma mais afetado devido a sua proximidade com o litoral. A seguir com a vinda de outros povos europeus, houve uma diversificação de interesses e outros biomas também sofreram desflorestamentos, como a Amazônia. No XVIII O aumento de áreas agrícolas, com os adventos dos ciclos do café e da cana de açúcar concorreram para a mudança da paisagem das florestas. Já no final do século XVIII e durante o século XIX, com a revolução industrial veio se somar como causadora de desmatamento, o crescimento da atividade de mineração. Finalmente, o desmatamento realmente se intensificou no século XX, com destaque para as décadas de 70 e 80, quando o governo implementou políticas que encorajaram expandir as atividades agropecuárias mencionadas nas regiões de Floresta Amazônica (FEARNSIDE, 2005). Um dos principais motores do desmatamento no Brasil tem sido a mudança no uso da terra para que esta seja trabalhada com agricultura ou pecuária, portanto. O crescimento da produção de soja e carne bovina, em particular, tem representado um componente importante para a perda de florestas. Mas, além desse fator, há ainda outros relevantes, como a exploração madeireira, o desenvolvimento da infraestrutura urbana e a mineração.

Nas últimas décadas, o governo brasileiro implementou várias políticas e programas destinados a reduzir o desmatamento, a promover o uso sustentável da terra (FEARNSIDE, 2021), e esses esforços têm obtido algum sucesso na diminuição da taxa de desmatamento. Contudo, o problema continua sendo um desafio significativo para o país. Sobretudo nos últimos anos, a preocupação com os impactos do desmatamento sobre o clima, a biodiversidade e as comunidades locais levaram a um aumento da pressão sobre o governo, para que este tome medidas efetivas no enfrentamento do problema.

As principais causas do desmatamento no Brasil são várias, como já comenta-

do, e de diversas origens. Uma série de fatores contribui para a devastação das florestas, e os motivadores específicos podem variar dependendo da localização e do contexto. A seguir, reúnem-se comentários acerca de algumas das referidas causas:

- **desenvolvimento da infraestrutura:** a construção de estradas, dutos e outros projetos de infraestrutura incidindo sobre áreas anteriormente remotas para o desenvolvimento e a mudança no uso da terra;
- **exploração madeireira:** tanto a extração legal quanto a ilegal, em especial na Floresta Amazônica e em outras áreas de notável cobertura florestal;
- **mineração:** a extração de minerais como o minério de ferro e o ouro, particularmente em áreas abundantes em recursos naturais;
- **mudanças climáticas:** que tornam as florestas mais vulneráveis a incêndios, pragas e doenças, o que pode levar à degradação e à perda das florestas.

É importante notar que os vetores de desmatamento comentados estão frequentemente interligados, de modo que enfrentar esse problema, no Brasil, requer uma abordagem multifacetada.

6.3 Importância das florestas no Brasil

As florestas brasileiras são importantes por uma série de razões. Elas fornecem habitat para grande variedade de espécies vegetais e animais, muitas das quais não são encontradas em nenhum outro lugar do mundo. Também desempenham um papel crítico na regulamentação do clima local e global: suas árvores absorvem grandes quantidades do dióxido de carbono presente na atmosfera, o que ajuda a mitigar os efeitos das mudanças climáticas. A Floresta Tropical Amazônica, em particular, é considerada um “sumidouro de carbono” vital.

Além do valor ecológico, as florestas do Brasil possuem valor econômico e social significativo. Elas oferecem uma gama de produtos e serviços importantes para as comunidades que com elas relacionam-se, incluindo madeira, produtos florestais não-madeireiros e água. E contribuem para o sustento de muita gente, seja através de emprego direto no setor florestal ou através da venda de produtos diversos. O setor florestal é um dos principais contribuintes da economia nacional, diga-se de passagem, já que fornece uma gama de serviços ambientais que são importantes para outros setores, como a agricultura e o turismo.

Apesar de sua inegável importância, as florestas brasileiras encontram-se ameaçadas. Nos últimos anos, tem havido um reconhecimento crescente da sua relevância para o país, felizmente, pelo que entraram em andamento esforços para promover o manejo florestal sustentável e a restauração. Esses esforços são críticos para a saúde e sustentabilidade das nossas florestas, a longo prazo, bem como são determinantes para a manutenção dos muitos benefícios que elas proporcionam à sociedade.

6.4 Enfrentar as mudanças climáticas por meio das florestas

Há várias maneiras de lidar com os impactos da mudança climática nas florestas. Para enfrentar a causa que é a raiz da mudança climática, claro, é necessário reduzir as emissões de gases de efeito estufa, o que pode ser feito através de medidas como a transição das fontes de energia convencionais para fontes que sejam renováveis, a melhoria da eficiência energética e a adoção de tecnologias de baixo carbono. Mas há ações que podem ser realizadas através diretamente das florestas, algumas das quais são trazidas a seguir:

- **reflorestamento e florestamento:** pois o plantio de árvores amplifica a absorção do dióxido de carbono da atmosfera;
- **práticas de uso sustentável da terra:** a exemplo da agroflorestação e da agricultura de conservação, que favorecem a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) e aumentam a resiliência das florestas frente aos impactos das mudanças climáticas;
- **manejo florestal:** a exemplo do manejo de incêndios e do controle de pragas;
- **educação e conscientização:** que, direcionadas a divulgar os impactos das mudanças climáticas nas florestas, atuam na construção de rede de apoio e incentivo à adoção de boas práticas.

6.5 Melhores práticas na exploração madeireira

Atentar aos usos econômicos da madeira também é fundamental, no enfrentamento da crise climática. Dentre as estratégias para promover melhores práticas de exploração madeireira (legal e ilegal) no Brasil, temos que é preciso:

- **implementar e aplicar leis e regulamentos:** o que inclui regulamentar adequadamente os zoneamentos, planejar os usos da terra e proceder a avaliações de impacto ambiental. Também se faz necessário melhorar a governança e a aplicação das leis, no sentido de coibir a exploração ilegal da madeira;
- **promover programas de certificação:** a exemplo do Forest Stewardship Council (FSC), pois eles oportunizam às empresas demonstrarem que suas práticas são sustentáveis, o que representa um incentivo baseado no mercado, em prol da disseminação de tais práticas;
- **fornecer incentivos para a exploração madeireira sustentável:** tais como subsídios ou concessões, ou ainda incentivos regulatórios, tais como créditos para práticas sustentáveis de exploração madeireira;
- **promover a educação e conscientização:** acerca da exploração madeireira sustentável e seus benefícios, valendo-se de programas educacionais, atividades de divulgação, oficinas e outras formas de engajamento;
- **trabalhar com comunidades locais e grupos indígenas:** construindo uma rede de apoio cujo envolvimento no planejamento e na implementação das iniciativas pode ajudar a garantir que as medidas adotadas estejam alinhadas com as prioridades e necessidades locais.

É importante observar que as abordagens específicas que são mais eficazes na promoção de melhores práticas de exploração madeireira dependerão do contexto e das necessidades inerentes de cada situação.

6.6 Redução dos impactos da mineração sobre as florestas

A mineração é uma atividade econômica importante para o Brasil, mas que também pode gerar impactos negativos significativos para o meio ambiente, especialmente para as florestas.

Tal como foi sinalizado a respeito da exploração madeireira, para reduzir o impacto da mineração sobre as florestas, é necessário:

- **Restauração florestal:** É importante que as empresas de mineração adotem medidas de recuperação ambiental das áreas degradadas pela mineração, incluindo a restauração florestal, que pode contribuir na recuperação da biodi-

- versidade local, melhorar a qualidade do solo e da água e reduzir a erosão;
- Uso de tecnologias mais limpas: As empresas de mineração podem adotar tecnologias mais limpas, como o uso de energia renovável e a redução do uso de produtos químicos tóxicos. Essas ações podem reduzir a contaminação do solo e da água e minimizar os impactos ambientais;
 - Planejamento e monitoramento: É importante que as atividades de mineração sejam planejadas e monitoradas de forma adequada para minimizar os impactos sobre as florestas e outros ecossistemas. O planejamento adequado pode minimizar e evitar a degradação de áreas protegidas e de alta conservação ecológica, enquanto o monitoramento pode ajudar a identificar e corrigir impactos negativos;
 - Participação da sociedade civil: É importante envolver a sociedade civil na tomada de decisões relacionadas à mineração, especialmente em áreas onde a mineração pode afetar diretamente as comunidades locais e seus modos de vida. A participação e discussão da sociedade civil contribuirá que os impactos negativos sejam minimizados e que os benefícios da mineração sejam compartilhados de forma justa para todos os envolvidos

6.7 Estado atual da restauração florestal no Brasil

O atual estado da restauração florestal no país é complexo e multifacetado. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil tem aproximadamente 4,2 milhões de km² de florestas, o que equivale a cerca de 60% da área total de seu território. Entretanto, a extensão e a qualidade dessas florestas variam muito.

O desmatamento permanece um problema significativo há muitos anos, e suas taxas têm “flutuado” ao longo do tempo. Nos anos 80 e 90, por exemplo, os índices a ele referentes foram particularmente altos, com grandes áreas de floresta sendo desmatadas para agricultura e produção pecuária. Nos últimos anos, porém, as taxas diminuíram um pouco, embora continuem motivando considerável preocupação. Em todo caso, de acordo com dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a taxa de desmatamento na Amazônia aumentou 11% em 2020, em comparação com o ano anterior.

Apesar dos contínuos desafios, há no Brasil esforços em andamento para promover a restauração das florestas. Esses esforços assumem várias formas de notável valor (reflorestamento, florestamento, agroflorestação). Mas, ainda assim, muito precisa ser feito, para reversão do cenário atual.

6.8 Aspectos conceituais da restauração florestal

A restauração florestal pode ter múltiplos objetivos, incluindo a conservação da biodiversidade, a proteção do solo e da água, a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e o aumento da produtividade agrícola e pecuária. Ela também pode ser usada como estratégia para promover a justiça social, mediante a oferta de emprego e renda para as comunidades locais.

Existem diversas técnicas de restauração florestal, incluindo plantio direto, plantio com mudas, plantio com sementes e restauração natural - esta última consistindo em deixar que a natureza, por si mesma, recupere a área degradada, sem intervenção humana. O método escolhido dependerá da situação específica da área a ser restaurada, quanto ao tipo de solo, à disponibilidade de água e às espécies nativas presentes, por exemplo.

Principais métodos de restauração florestal em uso no Brasil

Diante dos diversos métodos e técnicas de recuperação e restauração florestal que podem ser aplicados, a escolha do método mais apropriado depende do objetivo do projeto, bem como do grau de resiliência dado pelas condições locais e de paisagem. Os métodos e as técnicas de restauração podem ser, inclusive, conjugados em uma mesma área, ou podem se suceder no tempo (IBAMA, 2021). Dentre as principais técnicas e práticas, nesse sentido, têm-se:

- **o plantio de mudas:** consiste, basicamente, em plantar mudas de árvores e plantas nativas em áreas degradadas ou desmatadas. É a técnica mais comum e amplamente utilizada no país;
- **a semeadura direta:** consiste em espalhar sementes de plantas nativas diretamente no solo, sem a necessidade de plantio de mudas. Essa técnica é mais econômica e pode ser mais adequada em áreas com solos muito degradados, pois as sementes podem germinar e se desenvolver naturalmente;
- **o plantio em tela:** consiste em proteger o solo e as mudas com uma tela ou cobertura de plástico, de modo a diminuir a pressão de herbívoros e a perda de umidade. Essa técnica é mais adequada em áreas com solos muito degradados ou com alto risco de desmatamento;
- **a recomposição florestal:** consiste em restaurar a floresta por meio da reintrodução de espécies vegetais e animais nativas sem o uso de mudas ou sementes. Essa técnica é mais adequada em áreas onde houve um processo

de degradação leve ou moderado e onde ainda existem espécies vegetais e animais nativos presentes;

- **a integração de atividades agrícolas e florestais:** consiste em combinar a produção agrícola com a restauração florestal, de modo a promover a conservação da biodiversidade e a produção sustentável de alimentos. Essa técnica é mais adequada em áreas onde a agricultura é a principal atividade econômica.

6.9 Técnicas de restauração florestal

Sucessão Ecológica

A sucessão ecológica é o processo de mudança natural que ocorre em um ecossistema ao longo do tempo, resultando em uma série de alterações na composição da flora e da fauna e nas características físicas do ambiente. Existem dois tipos de sucessão ecológica: a sucessão primária e a sucessão secundária.

A sucessão primária ocorre em áreas onde não havia “nenhuma” forma de vida anteriormente, como em rochas nuas, lava vulcânica, dunas de areias,

ou uma área degradada completamente “arrasada” pelo ser humano. Nesse caso, a sucessão começa com espécies ditas “pioneiras”, que são capazes de se estabelecer em condições extremas e tolerar a falta de nutrientes e a forte exposição ao sol. O processo de sucessão começa com a colonização por organismos simples, como algas e líquens, que gradualmente modificam o ambiente, permitindo a chegada de outras espécies, como gramíneas, arbustos e árvores.

Essas espécies, por sua vez, são seguidas por outras, que toleram alguma sombra, mas também resistem à relativa escassez de nutrientes. E, na mesma lógica, novas espécies são incorporadas, com a melhoria das condições à sua sobrevivência, até que a área se torne mais ou menos estável e, portanto, venha a abrigar um ecossistema mais complexo.

Já a sucessão secundária, ocorre em áreas previamente ocupadas por uma comunidade de seres vivos e que foram perturbadas de alguma forma, como por um incêndio, por uma tempestade ou pela ação humana. Nesse caso, a sucessão começa com espécies que são capazes de se estabelecer rapidamente em condições adversas, como ervas daninhas, sendo seguidas por espécies mais exigentes, que só conseguem se desenvolver em condições mais favoráveis.

Os fatores determinantes, na sucessão secundária, incluem a disponibilidade de luz, água, nutrientes e outros recursos, bem como a presença de espécies com-

petidoras ou predadoras. Além disso, a sucessão secundária pode ser influenciada por fatores externos, como o clima e a presença de espécies invasoras.

Segundo Brancalion et al. (2015) e Trentin et al. (2018) apud. IBAMA (2021), as ações restauradoras incluem desde a remoção da perturbação e do isolamento da área (que pressupõem a regeneração natural) até a intervenção mais intensiva, com técnicas para acelerar e influenciar a trajetória da sucessão natural do local. Essas ações (passivas e ativas) demandam diversos graus de intervenção humana, investimento e cumprimento de prazos, que devem ser ponderados quando da elaboração do projeto. Em seu *Manual para Projetos de Recuperação da Vegetação Nativa* (2021), o IBAMA descreve os processos de restauração, denominando-os como “restauração passiva”, “restauração assistida” e “restauração ativa”. A respeito deles, é feito comentário, nos tópicos adiante.

É possível interferir na sucessão ecológica de diversas maneiras, dependendo do objetivo que se deseja alcançar. Por exemplo, na restauração de áreas degradadas, podem-se usar técnicas como o plantio direto ou o plantio com mudas, para acelerar o processo de sucessão e promover a recuperação da área de maneira mais rápida. De todo modo, essas técnicas devem ser usadas com cuidado, pois podem interferir no processo natural de sucessão e levar a resultados indesejáveis.

Restauração Passiva

A “restauração passiva”, conforme consta do referido manual do IBAMA (2021), consiste na regeneração natural da área ou gleba a ser recuperada, não se requerendo intervenção humana. O simples “abandono” dessa área, em face do banco de sementes já existente no solo, bem como da chuva de sementes do entorno e da rebrota de estruturas vegetais subterrâneas, é suficiente para provocar o recobrimento vegetativo da área. Dessa forma, o objetivo proposto pode ser alcançado com baixo custo e menor esforço.

É comum na restauração passiva apenas cercar o perímetro da área em recuperação, principalmente em áreas sujeitas ao pisoteio do gado.

Restauração Assistida

Este tipo de restauração corresponde à condução humana da regeneração natural na área a ser restaurada, mediante: controle de plantas competidoras; combate às formigas; adubação conforme recomendação da análise do solo, dentre outras práticas de manejo. Este método é utilizado em condições em que não há necessidade de plantio por mudas ou semeadura. Ao longo do tempo, se há

obediência às atividades de condução recomendadas, ele proporciona o estabelecimento inicial da vegetação, com posterior ganho estrutural e de diversidade das espécies. Ainda segundo o IBAMA (2021), esse método somente é possível e recomendado em locais onde existe média ou alta densidade de regenerantes de espécies nativas regionais.

O método de restauração assistida (Figura 57), como visto, requer um maior nível de intervenção do que o da restauração passiva.

Figura 57 - Área em processo de restauração pelo método de condução da regeneração natural (Porto Seguro, BA)



Fonte: IBAMA (2021).

Restauração Ativa

Existem diversos níveis de intervenção em projetos de restauração ativa, desde níveis entendidos como intermediários, tais como o uso de técnicas de irradiação de diversidade através da nucleação, até os mais elevados, como o plantio de alta diversidade de espécies arbóreas em área total.

6.10 Desenvolvimento de um projeto de restauração florestal

Desenvolver um projeto de restauração florestal envolve algumas etapas e considerações em especial. Nos itens que seguem, foram reunidos passos importantes a se observarem nos projetos com essa finalidade.

6.10.1 Quanto aos objetivos e ao dimensionamento

Definir objetivos e dimensionar um projeto de restauração florestal é fundamental para garantir que as ações propostas sejam efetivas e alcancem os resultados esperados. Algumas das razões pelas quais é importante definir objetivos e dimensionar um projeto de restauração florestal são:

1. Garantir que as ações propostas sejam adequadas para a área em questão: Cada área possui particularidades que devem ser levadas em consideração na definição dos objetivos e no dimensionamento do projeto de restauração florestal. Por exemplo, uma área que sofreu com incêndios florestais pode precisar de ações específicas para restaurar o solo, enquanto uma área desmatada para a construção de uma estrada pode precisar de ações para recuperar a vegetação ciliar de um rio;
2. Definir as espécies e técnicas de plantio adequadas: Para alcançar os objetivos de restauração florestal é importante selecionar as espécies mais adequadas para a região, considerando as condições climáticas e de solo, bem como as técnicas de plantio mais adequadas para cada situação;
3. Estabelecer metas e prazos: A definição de objetivos claros e específicos para o projeto de restauração florestal é fundamental para estabelecer metas e prazos realistas para a sua execução. Essas metas devem ser monitoradas ao longo do tempo para avaliar a efetividade das ações e fazer ajustes se necessário;
4. Garantir a sustentabilidade do projeto: Ao definir objetivos e dimensionar um projeto de restauração florestal, é possível levar em consideração aspectos de sustentabilidade, como a manutenção da biodiversidade, a conservação dos recursos hídricos e a geração de benefícios econômicos e sociais para as comunidades locais.

O IBAMA (2021) indica que o objetivo do projeto corresponde ao objeto nele desejado, enquanto as metas, aos produtos necessários para que esse objeto seja alcançado. Tais conceitos, colocados de modo claro, guiam a estruturação do projeto, contribuindo para a quantificação dos insumos, a escolha dos métodos a serem empregados, o atingimento dos resultados e o cumprimento dos prazos estabelecidos no cronograma de execução, bem como contribuem para a definição de indicadores adequados à avaliação do sucesso das ações.

Em resumo, a definição de objetivos e o dimensionamento de um projeto de restauração florestal são fundamentais para garantir a efetividade das ações propostas, a seleção adequada de espécies e técnicas de plantio, o estabelecimento de metas e prazos realistas e a garantia da sustentabilidade do projeto.

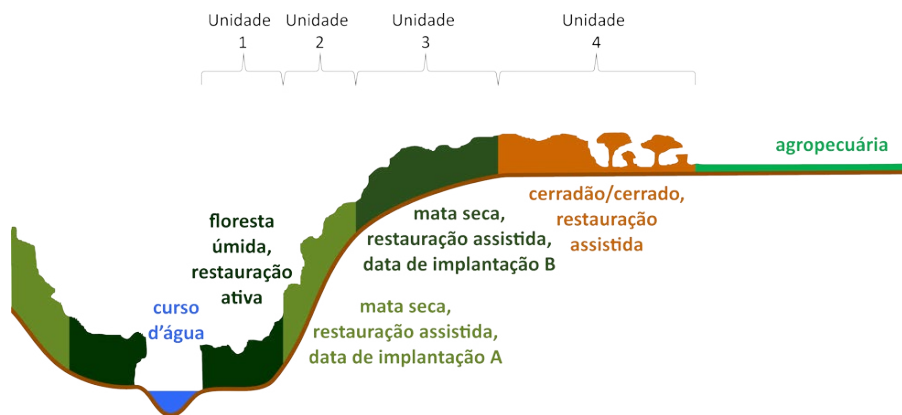
6.10.2 Zoneamento da área

Na sequência, terá lugar o zoneamento da área a recuperar. Esforço que tende a maximizar os resultados do projeto e minimizar seus custos, consiste em dividir a área de interesse em zonas com características semelhantes, para que as técnicas de recuperação possam ser adaptadas de acordo. Uma zona pode ser destinada ao plantio direto, por exemplo, enquanto outra, à restauração natural (dentre outras possibilidades: plantio com mudas, plantio com sementes etc.).

Depois de escolher a técnica de recuperação, elabora-se um plano de manejo detalhado, para garantir que o projeto seja implementado de forma eficaz. O plano deve incluir informações sobre como serão selecionadas as espécies a serem plantadas, como serão realizadas as atividades de plantio e, enfim, como será o manejo, entendido sob outros aspectos relevantes.

Em projetos apresentados ao IBAMA, o controle dos resultados e dos monitoramentos acerca da eficiência de métodos, técnicas e ações aplicados em cada situação costuma ser necessário para verificar o cumprimento das obrigações acordadas e da efetividade da implantação do projeto proposto. (fig-58).

Figura 58 - Projeto de restauração florestal dividido em unidades de implementação, por tipo de vegetação



Fonte: IBAMA (2021).

6.10.3 Avaliação e monitoramento da restauração florestal

A avaliação e o monitoramento da restauração são importantes para garantir o sucesso do projeto e identificar possíveis problemas ou oportunidades de melhoria. Alguns aspectos que demandam atenção nesse sentido incluem:

- regeneração natural: monitora-se o crescimento e estabelecimento de espécies nativas, ao observar a germinação das sementes e a sobrevivência de plantas jovens, além de ao quantificar a biomassa e a diversidade de espécies;
- banco de sementes do solo (conjunto de sementes presentes no solo com potencial para germinar e se desenvolver, em condições favoráveis): monitorá-lo pode ser útil para avaliar a capacidade da área de se regenerar naturalmente, identificando-se as espécies que podem ser utilizadas no projeto de restauração;
- produção de serapilheira (material orgânico decomposto acumulado sobre o solo) e reciclagem de nutrientes: como a serapilheira é importante na reciclagem de nutrientes e na manutenção da fertilidade do solo, o monitoramento de sua produção ajuda a avaliar o funcionamento do ecossistema e a identificar possíveis problemas de degradação do solo.

O monitoramento da restauração florestal pelo agente executor do projeto deverá ser realizado por meio de registros fotográficos periódicos e anotações de campo. As fotos deverão ser feitas nos mesmos pontos, em diferentes épocas, para possibilitar a observação e a comparação do desenvolvimento das plantas e da paisagem como um todo (IBAMA, 2021), como demonstrado nas figuras 59 e 60.

Figura 59 - Foto para monitoramento temporal de área alvo de projeto de restauração (Teresópolis, RJ), após 14 meses de iniciado



Fonte: IBAMA (2021).

Figura 60 - Foto para monitoramento temporal de área alvo de projeto de restauração (Teresópolis, RJ), após 30 meses de iniciado



Fonte: IBAMA (2021).

6.11 Código Florestal Brasileiro e Pagamento por Serviços ambientais

O Código Florestal Brasileiro foi criado pela Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1965. Décadas depois, ele passou a ser regulado pela Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012., e no mesmo ano, foi alterado pela Lei n. 12.727, de 17 de outubro de 2012.

A legislação que regulamenta as APPs e a Reserva Legal, no Brasil, é o Código Florestal Brasileiro aprovado em 2012, como anteriormente dito, que estabelece as regras para conservação, uso e gestão dos recursos naturais em áreas rurais. De acordo com o Código Florestal, os proprietários de imóveis rurais são responsáveis por manter as APPs e a Reserva Legal em condições de conservação e preservação, conforme o caso, e devem apresentar um “Plano de Manejo Ambiental.

A Lei n. 12.651/2012 estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação nativa, incluindo na forma: de “APPs”, “reservas legais” e “áreas de uso restrito”; da exploração e do suprimento de matéria-prima florestal; do controle dos produtos florestais; do controle e da prevenção de incêndios florestais; e da previsão de instrumentos econômicos e financeiros. Como o código anterior (Lei 4.471/1965), em sua vigência, foi caracterizado por notável descumprimento, no território nacional, na prática, o texto da Lei 12.727/2012 foi elaborado com vistas a ser aplicado, na forma de regularização, sobre cerca de 80% das propriedades rurais do país.

As APPs são áreas protegidas por lei e destinadas à conservação da natureza, para preservação de recursos hídricos, paisagem, biodiversidade, solo e clima. Elas incluem rios, lagos, córregos, manguezais, restingas, beiras de rio e lagoas, entre outros. E devem ser mantidas em seu estado natural, sem intervenção humana, sendo proibido qualquer tipo de supressão, alteração ou degradação de sua cobertura vegetal.

Enquanto isso, a “Reserva Legal” é a área de preservação ambiental que deve ser mantida por proprietários de determinados imóveis rurais, com o objetivo de preservar a biodiversidade e os recursos naturais do local. Ela deve ter, pelo menos, 20% da área total do imóvel rural e não pode ser incluída em outra categoria de reserva, como APP ou “Área de Uso Restrito”. Além disso, a Reserva Legal também deve ser mantida em estado de conservação e preservação, sem intervenção humana.

A situação das APPs e reservas legais em propriedades rurais no Brasil é um assunto controverso. Embora existam muitas propriedades que cumprem as exigências do Código Florestal e mantêm áreas de preservação bem-conservadas, há muitas que não cumprem, e, nelas, as referidas áreas encontram-se degradadas ou destruídas. Isso pode ocorrer por diversos motivos, incluindo a falta de conheci-

mento sobre as leis ambientais, a falta de recursos para implementar medidas de conservação e a pressão para expandir a produção agrícola e pecuária.

O fato de o asseguramento das APPs e reservas legais ser de interesse público determinou que o governo, ao longo da história, estabelecesse legislações organizando o uso da terra no sentido de proteger os recursos ambientais (MARTINS, 2020). Essa é uma tendência mundial, certamente irreversível e justificável, diante dos crescentes problemas ambientais globais. A otimização de iniciativas nesse sentido pode ser percebida em grande parte dos países desenvolvidos, como alguns da América do Norte (indiretamente) e da Europa (diretamente), na forma de benefícios dados aos produtores rurais por sua colaboração com a manutenção da biodiversidade e a conservação dos recursos naturais como um todo, dentre incentivos fiscais e remuneração direta. Nas últimas décadas, o governo brasileiro despertou para essa realidade, de modo que também tem criado mecanismos para apoiar essas ações, através de leis específicas. A Lei do PSA (Pagamento por Serviços Ambientais) é a Lei nº 12.727, promulgada em 2012 no Brasil estabelece a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais, que tem como objetivo incentivar a conservação e a recuperação dos ecossistemas por meio do pagamento de serviços ambientais prestados por proprietários rurais e outros detentores de áreas com cobertura vegetal nativa.

Os serviços ambientais são os benefícios que os ecossistemas oferecem às pessoas, como a regulação do clima, a conservação da biodiversidade, a manutenção dos recursos hídricos, entre outros. O pagamento por esses serviços tem como objetivo reconhecer o valor econômico dos serviços ambientais e incentivar a preservação dos ecossistemas.

A Lei do PSA estabelece as diretrizes para a implementação de programas de pagamento por serviços ambientais em todo o território nacional, com a participação dos poderes públicos, da sociedade civil e do setor privado. Ela também prevê a criação de um Cadastro Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais e a definição de critérios para a seleção dos beneficiários do programa.

Recentemente, A Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021, alterou alguns dispositivos da Lei nº 12.727, com o objetivo de aprimorar a política de PSA e ampliar sua abrangência, porém, não substituiu a Lei nº 12.727, de 2012, que estabelece a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA). Na verdade, a Lei nº 14.119 alterou alguns dispositivos da Lei nº 12.727, com o objetivo de aprimorar a política de PSA e ampliar sua abrangência na definição de serviços ambientais, que agora inclui também a restauração de ecossistemas degradados.

Criação do Fundo Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais, que tem como objetivo captar recursos financeiros para o pagamento pelos serviços am-

bientais prestados pelos proprietários rurais e outros detentores de áreas com cobertura vegetal nativa.

Criação do Programa Floresta+ para incentivar a conservação, a recuperação e o uso sustentável das florestas nativas brasileiras, por meio do pagamento por serviços ambientais.

Estabelecimento de critérios para a participação de povos e comunidades tradicionais nos programas de PSA.

Estímulo à criação de parcerias entre os setores público e privado para a implementação de programas de PSA.

Portanto, a Lei nº 14.119 representa um avanço na política de pagamento por serviços ambientais no Brasil, fortalecendo a proteção dos ecossistemas e incentivando a conservação da biodiversidade.

6.12 **Desafios e oportunidades para a restauração florestal no Brasil**

As ações integradas para combater a degradação ambiental e promover a recuperação dos ecossistemas, e o Brasil tem um papel crucial nessa frente, já que é um país com grande extensão territorial e uma das maiores biodiversidades do mundo.

No entanto, existem desafios a serem enfrentados e oportunidades a serem aproveitadas para que a restauração florestal seja efetiva no país. Alguns desses desafios e oportunidades são descritos abaixo:

Desafios:

- Dificuldade em conciliar interesses econômicos e ambientais, especialmente em regiões onde a atividade econômica está diretamente ligada à exploração dos recursos naturais;
- Falta de recursos financeiros e técnicos para implementar e monitorar projetos de restauração florestal em larga escala;
- Necessidade de planejamento estratégico e integrado com a participação da comunidade local para garantir a sustentabilidade dos projetos de restauração florestal;
- Dificuldade em encontrar viveiros que forneçam de sementes e mudas de qualidade e adequadas às condições locais;
- Desafios logísticos para viabilizar a implementação e de projetos em áreas

remotas e de difícil acesso.

Oportunidades:

- Crescente conscientização mundial sobre a importância da restauração florestal para a conservação da biodiversidade e mitigação das mudanças climáticas;
- Existência de diversas iniciativas e oportunidade de negócios no mercado de crédito de carbono e organizações voltadas para a restauração florestal, que podem ser mobilizadas e articuladas para a implementação de projetos em larga escala;
- Potencial de criação de empregos e renda em atividades relacionadas à produção de mudas e sementes com instalação de viveiros, plantio e manutenção de áreas restauradas;
- Incentivos e políticas públicas que podem ser criados para promover a restauração florestal, como o pagamento por serviços ambientais e a exigência de áreas de reserva legal e de preservação permanente em propriedades rurais;
- Avanços tecnológicos que podem ajudar na implementação e monitoramento de projetos de restauração florestal, como o uso de drones e sensores remotos para mapeamento e análise de áreas degradadas e projetos na área de crédito de carbono.

Para concluir, trazendo recomendações para os futuros esforços de restauração florestal no país, faz-se um resumo dos principais pontos levantados neste capítulo. Para começar, cabe lembrar que a restauração de florestas é uma questão crítica, conforme se apontou, e que possui significativas implicações ecológicas, econômicas e sociais. As florestas brasileiras, em especial, bastante ricas, fornecem habitat para uma grande variedade de espécies vegetais e animais e desempenham um papel determinante na regulação do clima local e global. Também proporcionam uma gama de produtos e serviços de importância para as comunidades locais que a elas estão integradas, bem como para a economia nacional. Apesar da relevância das florestas no Brasil, muitas delas estão sob ameaça, por uma variedade de fatores, dentre os quais o desmatamento, as mudanças no uso da terra e as mudanças climáticas.

Os esforços para promover a restauração florestal no território brasileiro têm alcançado algum sucesso, mas é preciso fazer mais para enfrentar os motores subjacentes do desmatamento e promover o uso sustentável da terra.



CAPÍTULO 7

A bacia hidrográfica e a gestão das águas

7.1 A gestão das Águas na Bacia Hidrográfica

O processo de gestão das águas em uma bacia hidrográfica é uma atividade complexa e essencial para a preservação dos recursos hídricos e para garantir o acesso à água para as gerações futuras. envolve ações para proteger, gerenciar e conservar os recursos hídricos, garantindo o acesso sustentável à água para os diversos usos humanos e para o ecossistema.

É fundamental que sejam tomadas medidas para proteger e gerenciar os recursos hídricos de forma integrada e sustentável, envolvendo a participação ativa da comunidade local e dos diversos setores envolvidos na gestão das águas.

A má gestão de uma Bacia Hidrográfica contribui, de forma decisiva, para reduzir a disponibilidade de água aos usuários de água da Bacia. Essa disponibilidade é afetada tanto nos aspectos quantitativos quanto nos qualitativos destacando-se:

- Degradação da qualidade da água;
- Redução drástica da vazão;
- Conflitos pelo uso da água (abastecimento, diluição de efluentes, geração de energia, irrigação, piscicultura, navegação e outros);
- Perdas por evaporação nos reservatórios;
- Sedimentos: falta e presença excessiva.

7.2 O SINGREH e os Comitês de Bacias Hidrográficas

A Lei Federal 9.433/1997 instituiu o “Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos” tendo assim definido seus objetivos e composição:

Art. 32. Fica criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, com os seguintes objetivos: I - coordenar a gestão integrada das águas; II - arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos; III - implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos; IV - planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos; V - promover a cobrança pelo uso de recursos hídricos.

Art. 33. Integram o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. (“Caput” do artigo com redação dada pela Lei nº 9.984, de 17/7/2000).

I - Conselho Nacional de Recursos Hídricos;

I-A. – a Agência Nacional de Águas; (Inciso acrescido pela Lei nº 9.984, de 17/7/2000)

II - os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal;

III - os Comitês de Bacia Hidrográfica

IV - os órgãos dos poderes públicos federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recurso hídricos;

V - as Agências de Água (BRASIL, 1997).

O SINGREH (Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos) é um sistema brasileiro de gestão das águas que tem como objetivo integrar e coordenar as ações de gestão dos recursos hídricos em todo o país. É composto por diversas entidades e órgãos federais, estaduais e municipais, além de conselhos de recursos hídricos e comitês de bacias hidrográficas.

Fazem parte do SINGREH os comitês de bacia, portanto, conforme se observa no artigo 33 da lei, transcrito acima. Enquanto membro desse sistema, eles têm grande importância no gerenciamento dos recursos hídricos (no âmbito institucional e legal deste), bem como na gestão das águas, nas bacias hidrográficas. Segundo a ANA, os comitês são organismos colegiados que, além de fazerem parte do SINGREH, estão previstos na Constituição Federal de 1988. Sua composição diversificada e democrática contribui para que todos os setores da sociedade com interesse sobre a água na bacia tenham representação e poder de decisão sobre a gestão.

Os membros dos comitês são escolhidos em pares, dos diversos setores usuá-rios da água, das organizações da sociedade civil e dos poderes públicos. As principais competências do colegiado por eles constituído são: aprovar o plano de recursos hídricos da bacia; arbitrar conflitos pelo uso da água, em primeira instância administrativa; e estabelecer mecanismos e sugerir os valores da cobrança pelo uso da água. No Brasil, há mais de 230 comitês de bacias em funcionamento, sendo dez deles atuantes sobre rios de domínio da União (interestaduais ou transfronteiriços). As seguintes bacias hidrográficas de domínio federal possuem comitê: Doce; Grande;

Paraíba do Sul; Paranaíba; Parapanema; Parnaíba; Piancó-Piranhas-Açu; Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ); São Francisco; e Verde Grande (ANA, 2022).

A gestão das águas de cada bacia hidrográfica é normatizada pela Lei das Águas (a Lei n. 9433/1997, anteriormente mencionada) e pelas respectivas leis estaduais. Ela deve priorizar o uso múltiplo das águas e obedecer aos instrumentos de gestão constantes da legislação. É pressuposto da gestão o entendimento de que, nos processos produtivos, os usuários da água devem buscar reduzir a demanda através de uso racional (menor quantidade por unidade do produto), priorizando reúso e reciclagem de água, quando possível.

Se a bacia hidrográfica é responsável pelo comportamento hidrológico dos lençóis e nascentes, faz-se necessário que seu uso esteja planejado, para processar adequadamente os volumes de água de chuva recebidos anualmente (GOMES; VALENTE, 2015).

A conservação do solo e da água deve ser buscada principalmente na área rural, visando o aumento da oferta e, portanto, da disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade. Todo e qualquer processo produtivo deve, portanto, buscar o aumento da oferta e a redução da demanda de água (ANA, 2015), como complementado nas figuras de 61 a 64.

Figura 61 - Gestão da oferta de água na bacia hidrográfica



Fonte: Santos (2015).

Figura 61 - Gestão da demanda de água na bacia hidrográfica



Fonte: Santos (2015).

Figura 62 - Gestão da oferta e da demanda de água na bacia hidrográfica



Fonte: Santos (2015).

Figura 63 - Gestão Integrada de Recursos Hídricos



Fonte: Santos (2015).

7.3 Principais problemas ambientais, nos corpos d'água

Os corpos d'água, como rios, lagos nascentes que interagem numa bacia hidrográfica, estão sofrendo com diversos problemas ambientais que afetam sua qualidade e disponibilidade. Alguns dos principais problemas ambientais que afetam e poluem os corpos d'água são:

- **Poluição industrial:** as indústrias lançam efluentes com substâncias químicas, metais pesados, e outros poluentes nos corpos d'água, o que pode afetar a qualidade da água e a vida aquática.
- **Poluição agrícola:** o uso excessivo de fertilizantes, pesticidas e outros produtos químicos nas atividades agrícolas pode levar a contaminação da água e afetar a saúde dos ecossistemas aquáticos.
- **Poluição urbana:** o lançamento de esgotos sem tratamento adequado, resíduos sólidos e outros poluentes urbanos nos corpos d'água pode levar a contaminação da água e a proliferação de doenças.
- **Desmatamento:** a remoção da cobertura vegetal ao longo das margens dos rios e outros corpos d'água pode levar a erosão do solo e sedimentação, o que pode afetar a qualidade da água e a vida aquática.
- **Mudanças climáticas:** as mudanças climáticas podem afetar a qualidade e disponibilidade da água, com impactos por meio de secas, inundações;
- **Mineração:** a mineração pode contaminar os corpos d'água com metais pesados, produtos químicos e sedimentos, afetando a vida aquática e a qualidade da água.
- **Degradação dos ecossistemas:** a degradação dos ecossistemas próximos aos corpos d'água, como a degradação de matas ciliares e manguezais pode afetar a qualidade da água e a vida aquática.



CAPÍTULO 8

Pagamento por serviços ambientais prestados

A partir das décadas de setenta e oitenta os pesquisadores, cientistas e instituições atuantes na área ambiental passaram a se preocupar mais com a degradação ambiental em decorrência do crescimento da população mundial, da forte demanda por alimentos e produtos naturais. Essa demanda vinha sendo atendida, em grande parte, pela expansão da área agrícola em todo o planeta. Para atender essa forte demanda era necessário a expansão da área agrícola e para isso o desmatamento era e ainda continua crescente. Dessa forma, foram realizados muitos estudos e pesquisas para amenizar essa degradação ambiental que vinha ocorrendo em todo o mundo.

Os países passaram então a elaborar e publicar leis ambientais mais rigorosas, aumentando também a fiscalização, mas apenas isso não foi e não é suficiente para reduzir os problemas com a devastação e degradação dos ecossistemas. Nessa ocasião, esses debates e discussões nessa linha de pensamento contribuíram para que muitos desses cientistas e pesquisadores percebessem e descobrissem que existiam “serviços ambientais prestados pelos ecossistemas naturais” em benefício da manutenção da vida no planeta. Contudo, entenderam também que apenas esses serviços ambientais prestados pelos ecossistemas não eram suficientes para contrapor à degradação ambiental pelas atividades exploratórias e produtivas realizadas pelo ser humano. A partir dessas evidências e reflexões esses estudiosos passaram a pensar em mecanismos de incentivos para aqueles, principalmente os produtores rurais, que praticavam ou gostariam de praticar a proteção e a conservação dos ecossistemas e o meio ambiente como um todo. Esses estudos e reflexões levaram aos conceitos e a criação dos Serviços Ecosistêmicos, Serviços Ambientais Prestados e outras variantes, culminando com a criação de mecanismos e programas de compensação e/ou pagamento por esses serviços prestados,

8.1 Conceitos de Serviços ambientais

Os serviços ambientais e os serviços ecossistêmicos são conceitos relacionados, porém distintos. Ambos estão relacionados ao papel que os ecossistemas desempenham em fornecer benefícios para sociedade, mas cada um tem uma abordagem ligeiramente diferente. Os serviços ecossistêmicos são definidos como os benefícios diretos e indiretos que as pessoas obtêm dos ecossistemas, incluindo coisas como alimentos, água, ar limpo, regulação do clima, polinização de plantas, controle de doenças e assim por diante. Esses serviços são divididos em quatro categorias principais: serviços de provisão, serviços de regulação, serviços culturais e serviços de suporte. Já os serviços ambientais se referem à gama completa de benefícios que os ecossistemas fornecem para a qualidade do meio ambiente, incluindo coisas como a melhoria da qualidade do ar e da água, a mitigação de impactos negativos como enchentes e deslizamentos de terra, a conservação da biodiversidade, a estabilidade do solo e muito mais.

Os serviços ambientais são frequentemente vistos como uma forma de proteger e conservar o meio ambiente para as gerações futuras. Em resumo, enquanto os serviços ecossistêmicos são mais focados nos benefícios que as pessoas obtêm diretamente dos ecossistemas, os serviços ambientais são mais amplos e incluem benefícios para o meio ambiente como um todo.

Segundo BRAUMAN (2007) serviços ecossistêmicos são os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas. Ao longo da história da humanidade, as pessoas entenderam que seu bem-estar está relacionado ao funcionamento dos ecossistemas ao seu redor. A intensificação dos impactos humanos nos ecossistemas em todo o mundo trouxe mais reflexões sobre as prestações de serviços que esses ecossistemas propiciam. Com isso, acentuou a necessidade de ir além do simples reconhecimento da dependência humana do ambiente e criar interações mais sustentáveis (BRAUMAN, K. A. et al, 2007). Ainda segundo BRAUMAN o termo “serviços ecossistêmicos” surgiu no início da década de 1980 para descrever um quadro com o objetivo de estruturar e sintetizar a compreensão biofísica dos processos ecossistêmicos em termos do bem-estar humano.

Por outro lado, compreender os ecossistemas a partir da perspectiva dos seres humanos como beneficiários tem um enorme potencial para proteger os ecossistemas e os serviços que eles fornecem. A estrutura de serviços ecossistêmicos vincula conservação e desenvolvimento, relacionando a saúde ambiental com a saúde humana, a segurança e bens materiais necessários ao bem-estar, BRAUMAN

(2007). Sobre essa temática abordada acima merece destaque o estudo conduzido pelo programa “Millennium Ecosystem Assessment”. A seguir serão feitas algumas importantes considerações, resultados e conclusões emanadas desse trabalho.

O “Millennium Ecosystem Assessment” é um programa de pesquisas sobre mudanças ambientais e suas tendências atuais e para as próximas décadas, mais especificamente a avaliação compreensiva global sobre os principais ecossistemas mundiais. Foi lançado em 2001 com o apoio das Nações Unidas. O Programa avaliou de 2001 a 2005, as consequências da alteração dos ecossistemas para o bem-estar humano. Nesse primeiro estudo participaram mais de 1.360 especialistas em todo o mundo. Suas descobertas fornecem uma avaliação científica de última geração da condição e das tendências nos ecossistemas do mundo e dos serviços que eles fornecem, bem como a base científica das ações para conservá-los e usá-los de forma sustentável.

Nesse estudo realizado a partir de 2001, o programa do “Millennium Ecosystem Assessment” sintetizou informações da literatura científica e de conjuntos de dados e modelos relevantes revisados por pares. Incorporou o conhecimento detido pelo setor privado, profissionais, comunidades locais e povos indígenas. O programa não visava gerar apenas novos conhecimentos primários, mas procurava agregar valor às informações existentes, agrupando, avaliando, resumindo, interpretando e comunicando-as de uma forma útil (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2003).

O programa do Millennium Ecosystem Assessments realizado de 2001 a 2005, sumariza os resultados alcançados da seguinte forma: as descobertas dos quatro grupos de trabalho servem como um guia de referência nos quatro volumes principais da série Millennium Assessment. Esses quatro relatórios apresentam as principais conclusões de cada um dos grupos de trabalho, fornecendo uma visão geral da estrutura usada pela avaliação, e serve como um guia para avaliação, planejamento e gerenciamento para o futuro (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005).

Ao mesmo tempo que essas iniciativas estavam acontecendo em diversos países, aqui no Brasil, a Comunidade Científica e Acadêmica estava também se movimentando na busca para definir, conceituar, bem como, formatar essas atividades e ações em prol da conservação e regeneração ambiental. A definição de pagamento por serviços ambientais é apresentada por WUNDER (2005), citado por VEIGA NETO (2008), como uma transação voluntária, na qual um serviço ambiental bem definido, ou em uso da terra que possa assegurar esse serviço, é adquirido por, no mínimo, um comprador, de, no mínimo, um provedor do

serviço. Portanto, o Pagamento por Serviços Ambientais, PSA, trata-se de uma estratégia inovadora, voluntária e negociada. Essa medida se distingue das medidas de comando e controle, isto é, dos instrumentos de gestão ambiental, formais, utilizados por décadas no Brasil. As medidas de “comando e controle” são caracterizadas e utilizadas pelo uso de penalizações como mecanismo para forçar mudanças no comportamento do agente econômico gerador de algum impacto ambiental (VEIGA NETO, 2015).

As medidas de comando e controle, por exemplo, para controlar a poluição ambiental, baseiam-se em penalizações impostas aos agentes poluidores como forma de regular a geração de resíduos por esses empreendedores. Muito diferente, dessas medidas de comando e controle, o pagamento por serviços ecossistêmicos ou ambientais é considerado um instrumento econômico de gestão ambiental. Nesse caso, ele tem como fundamento principal os princípios conhecidos como usuário-pagador e de provedor-recebedor. Para fins do Manual em questão, foi usado o termo pagamento por serviços ambientais (PSA). O que leva em conta essa modalidade de serviço ecossistêmico prestado, considerado como o objeto de interesse para remuneração, ou seja, serviços do ecossistema (VEIGA NETO, 2017).

Para melhor caracterizar os serviços ecossistêmicos o Millenium Ecosystem Assessment (2003) propôs classificá-los em quatro categorias: serviços de regulação, de provisão, culturais e de suporte. Segundo essa categorização, serviços de regulação são aqueles responsáveis por regular os processos, ciclos funções do ecossistema; serviços de provisão são assim chamados por garantirem o abastecimento de alimentos, combustíveis e outros bens de uso e consumo pela sociedade; serviços culturais referem-se a bens considerados intangíveis, como relacionados a valores estéticos, recreativos ou religiosos; por último, os serviços de suporte são o que criam condições para a geração dos demais serviços (MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2003)

8.2 Legislação sobre Pagamento por Serviços Ambientais Prestados – PSA

Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) é uma ferramenta importante para incentivar a conservação e a restauração de ecossistemas florestais. Através do pagamento por serviços ambientais, proprietários rurais e outros detentores de áreas com cobertura vegetal nativa são incentivados a manter ou restaurar a cober-

tura florestal. é um instrumento econômico que recompensa e incentiva aqueles que provêm serviços ambientais, promovendo renda aos detentores de terra, protegendo o ecossistema, contribuindo para a conservação de flora e fauna e clima. As leis reguladoras do PSA (Lei nº 12.727, de 2012 e a Lei nº 14.119/2021), normatizam e orientam estes processos.

A partir delas, os estados precisaram normatizá-las para que possam criar programas com PSA também nesta esfera. Os programas de Pagamento por Serviços Ambientais com foco na conservação da água (PSA Hídricos) têm-se expandido no Brasil nos últimos anos, principalmente a partir do Programa Produtor de Água da Agência Nacional de Águas (ANA).

Atualmente, diversos estados já possuem seus próprios programas PSA implantados, como por exemplo Estado do Espírito Santo – programa Reflorestar; Estado de Minas Gerais – Programa Bolsa Verde; entre outros. Durante o workshop “Metodologias de Apoio aos Programas de PSA Hídricos no Brasil: experiências e desafios”, realizado pela Embrapa Solos, no Rio de Janeiro (RJ), em 2015, foram apresentadas diversas experiências conduzidas em distintas regiões e estados do país, havendo sido dentre elas apresentada a experiência da Epamig e do IEF – Instituto Estadual de Florestas – MG, com o programa “Bolsa Verde”. A seguir descrevem-se dois exemplos de programas desta modalidade já em andamento.

A Lei FEDERAL nº 12.512, de 14 de outubro de 2011 instituiu o Programa de Apoio à Conservação Ambiental e o Programa de Fomento às Atividades Produtivas Rurais e dá outras providências

Capítulo I: DO PROGRAMA DE APOIO À CONSERVAÇÃO AMBIENTAL, tem-se:

Art. 1º Fica instituído o Programa de Apoio à Conservação Ambiental, com os seguintes objetivos:

I - incentivar a conservação dos ecossistemas, entendida como sua manutenção e uso sustentável;

II - promover a cidadania, a melhoria das condições de vida e a elevação da renda da população em situação de extrema pobreza que exerça atividades de conservação dos recursos naturais no meio rural nas áreas definidas no art. 3º ;

III - incentivar a participação de seus beneficiários em ações de capacitação ambiental, social, educacional, técnica e profissional.

Parágrafo único. A execução do Programa de Apoio à Conservação Ambiental ficará sob a responsabilidade do Ministério do Meio Ambiente, ao qual caberá definir as normas complementares do Programa.

Art. 2º Para cumprir os objetivos do Programa de Apoio à Conservação Am-

biental, a União fica autorizada a transferir recursos financeiros e a disponibilizar serviços de assistência técnica a famílias em situação de extrema pobreza que desenvolvam atividades de conservação de recursos naturais no meio rural, conforme regulamento.

Parágrafo único. Fica atribuída à Caixa Econômica Federal a função de Agente Operador do Programa de Apoio à Conservação Ambiental, mediante remuneração e condições a serem pactuadas com o Governo Federal.

Art. 3º Poderão ser beneficiárias do Programa de Apoio à Conservação Ambiental as famílias em situação de extrema pobreza que desenvolvam atividades de conservação nas seguintes áreas:

I - Florestas Nacionais, Reservas Extrativistas e Reservas de Desenvolvimento Sustentável federais;

II - projetos de assentamento florestal, projetos de desenvolvimento sustentável ou projetos de assentamento agroextrativista instituídos pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - Incra;

III - territórios ocupados por ribeirinhos, extrativistas, populações indígenas, quilombolas e outras comunidades tradicionais;

IV - outras áreas rurais definidas como prioritárias por ato do Poder Executivo.

§ 1º O Poder Executivo definirá os procedimentos para a verificação da existência de recursos naturais nas áreas de que tratam os incisos I a IV.

§ 2º O monitoramento e o controle das atividades de conservação ambiental nas áreas elencadas nos incisos I a IV ocorrerão por meio de auditorias amostrais das informações referentes ao período de avaliação, ou outras formas, incluindo parcerias com instituições governamentais estaduais e municipais, conforme previsto em regulamento. (BRASIL, 2011)

8.3 Exemplo de programas PSA no Brasil

Muitas iniciativas surgiram antes, e foram reformuladas mais tarde, após a promulgação e implementação dessas leis, no país. Foram estudos e pesquisas na análise dos resultados de iniciativas na linha dos Programas de Pagamento Por Serviços Ambientais implantados em diversas regiões do país a partir da década de 2000 e principalmente 2010. Merecem especial atenção duas iniciativas nessa área de conhecimento. Elas são complementares e foram realizadas uma em sequência a outra e contando com muitos participantes comuns aos dois eventos. O primeiro foi o Workshop: Metodologia de Apoio aos Programas de PSA Hídricos no Brasil, coordenado pela Embrapa Solos, no Rio de Janeiro, em 2015 (PEREZ, 2015).

A segunda iniciativa de grande relevância em apoio ao Programas de PSA Hídricos foi a elaboração do Manual para Pagamento por Serviços Ambientais Hídricos: na seleção de áreas prioritárias e monitoramento também coordenada pela Embrapa Solos. O trabalho de elaboração deste manual teve a participação de pesquisadores e analistas ambientais de diversas instituições como Empresas e Institutos de Pesquisa, Universidades, Órgãos Públicos como a Agência Nacional de Águas, o Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais, Organizações do Terceiro Setor, Empresas Privadas e Comunidades (FIDALGO e TURETTA, 2017).

Durante o workshop “Metodologias de Apoio aos Programas de PSA Hídricos no Brasil: experiências e desafios”, realizado pela Embrapa Solos, no Rio de Janeiro (RJ), em 2015, foram apresentadas diversas experiências conduzidas em distintas regiões e estados do país. Uma das experiências mais relevantes de atuação nessa linha de trabalho foi apresentada pela Agência Nacional de Águas, ANA com seu Programa Produtor de Água. Pela forma como esse programa foi concebido e com sua evolução para compensar o produtor rural na prestação de serviços ambientais hídricos ele pode ser considerado como um dos programas pioneiros de PSA no Brasil (PEREZ, 2015).

8. 3.1 Programa Produtor de água - ANA

O Programa Produtor de água foi idealizado e concebido pela Agência Nacional de Águas, ANA, no início da década de 2000, praticamente na época da criação e implantação da ANA. Ele é definido na ANA como: Programa de Melhoria da Qualidade e da Quantidade de Água em Mananciais, através do Incentivo Financeiro aos Produtores Rurais. O Programa Produtor de Água é de adesão voluntária, na linha de Pagamento por Serviços Ambientais Prestados, PSA, segundo o conceito provedor-recebedor (SANTOS, 2017). Os beneficiários desse programa são os produtores rurais que se propõem a contribuir para o abatimento efetivo da erosão, sedimentação e para o aumento da infiltração de água no solo. Os projetos são apresentados em editais públicos divulgados periodicamente pela ANA. Nos últimos anos a ANA já proporcionou a execução de dezenas de projetos, bem sucedidos, na linha do Produtor de Água em diversas regiões do Brasil. Para ilustrar serão nominados alguns desses projetos com maior tradição e bons resultados: Conservador das Águas, Extrema Minas Gerais e São Paulo; Produtor de Água no PCJ, Joanópolis e Nazaré Paulista, SP; Produtor de Água no Pipiripau, Brasília, DF; Produtores de Água, Espírito

Santo; Produtor de Água no Camboriú, Balneário de Camboriú, SC; Produtor de Água no João Leite, Goiana, GO; e muitos outros (SANTOS, 2017).

8.3.2 Programa Bolsa Verde – MG

O Estado de Minas Gerais aprovou e regulamentou sua legislação sobre o PSA antes da iniciativa do Governo Federal.

A Lei Estadual n. 17.727, Minas Gerais, de 13 de agosto de 2008, regulamentada pelo Decreto n. 45.113, de 5 de junho de 2009 instituiu o Programa “Bolsa Verde” no Estado de Minas Gerais. Ambas as leis são importantes para dar o suporte aos programas de Pagamento por Serviços Ambientais, cada uma em sua instância, A seguir apresentamos alguns tópicos importantes dessas duas leis.

Essa Lei dispõe sobre a concessão de incentivo financeiro a Proprietários Rurais e Possesores Rurais, sob a denominação de Bolsa Verde, para os fins que especifica e toma outras providências alterando legislações correlatas sobre Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Política florestal.

Esta experiência que vem sendo bem sucedida, é a que foi apresentada no Workshop, citado anteriormente, pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Epamig e o Instituto Estadual de Florestas , IEF – MG, com o programa “Bolsa Verde”. No entanto, esse programa vem também se deparando com muitos desafios, dentre os quais destacam-se: dificuldades na identificação de áreas prioritárias para a intervenção; lacunas na seleção de indicadores de fácil utilização e baixo custo; estabelecimento de linha de base e implementação de monitoramento dos impactos dos PSA Hídricos nos mananciais (PEREZ, 2015).

O Instituto Estadual de Florestas-IEF atua no Programa exercendo o papel de Secretaria Executiva, porém, a execução dos pagamentos de benefícios está a cargo da SEMAD. Além da Secretaria Executiva foi criado também um Comitê Executivo composto por órgãos e entidades do Governo do Estado e presidido pelo IEF. Além dos órgãos do Governo de Minas fazem parte da Secretaria Executiva outras instituições parceiras, convidadas, como a Federação dos Trabalhadores na Agricultura de Minas Gerais – FETAEMG, Cooperativa dos Pequenos Produtores Rurais de São Francisco - COOPASF, Prefeitura Municipal de Taguaçu de Minas, Fundação Biodiversitas, Associação pelo Meio Ambiente de Juiz de Fora dentre outras (SILVEIRA, 2015).

A concessão de incentivo financeiro aos proprietários e posseiros na forma da referida “Bolsa Verde” foi instituída em Minas Gerais, por meio da Lei

Estadual n. 17.727, de 13 de agosto de 2008, e regulamentada pelo Decreto n. 45.113, de 5 de junho de 2009. O “Bolsa Verde” tem por objetivo apoiar a conservação da cobertura vegetal nativa no estado, mediante pagamento por serviços ambientais aos proprietários e posseiros que já preservam ou que se comprometem a recuperar a vegetação de origem nativa em suas terras. A prioridade de concessão é para agricultores familiares e pequenos produtores rurais, sendo também contemplados produtores cujas propriedades estejam localizadas no interior de unidades de conservação e sujeitas à desapropriação. E o incentivo financeiro é proporcional à dimensão da área preservada. De acordo com as diretrizes do “Programa Bolsa Verde”, recebe mais quem preserva mais, até o limite de hectares correspondente a quatro módulos fiscais (SILVEIRA, 2015).

As duas modalidades previstas no programa são a “manutenção” e a “recuperação” da cobertura vegetal nativa. A primeira é uma forma de remuneração pelos serviços ambientais prestados e foi disponibilizada para solicitações a partir de 2010. Enquanto isso, a segunda visa ao repasse de um montante menor de recursos financeiros e insumos, para os beneficiários procederem à restauração (ou recomposição, ou recuperação etc.) da área com espécies nativas, modalidade essa prevista desde 2011.

Para aprimorar a gestão do Programa, foi criado um Comitê Executivo, presidido pelo IEF, composto por órgãos e entidades do Poder Executivo (Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM), Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural – EMATER, Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento – SEAPA e Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional, Política Urbana e Gestão Metropolitana – SEDRU); e membros convidados (Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais – FAEMG, Federação dos Trabalhadores na Agricultura de Minas Gerais FETAEMG. Além dessas instituições e organizações, participam como membros convidados desse Comitê Executivo: Cooperativas Agropecuárias, Fundações, Institutos, Sindicatos e Prefeituras” (SILVEIRA, 2015).

Quanto à abrangência do “Programa Bolsa Verde” em Minas Gerais: na etapa inicial, foram contemplados um grande número de municípios. Por se tratar de um programa de Estado, o PSA em Minas Gerais é realizado mediante edital para apresentação de propostas por posseiros e proprietários de terra. Na análise das propostas, são observados sete pontos essenciais:

Segundo SILVEIRA (2015) o Programa Bolsa Verde tem como área de

atuação os municípios do Estado de Minas Gerais, até aquela data o programa já havia atendido 246 municípios. Para participar do programa as propostas passam por uma análise e avaliação realizada pela Secretaria Executiva. Em sua apresentação no Workshop Metodologias de Apoio aos Programas de PSA Hídricos no Brasil, páginas 12 a 16, SILVEIRA (2015) mencionou que na análise das propostas apresentadas ao Programa Bolsa Verde são observados e avaliados sete princípios. São eles:

- **Cada forma de apoio será tratada por meio de metodologias diferentes.**

No Bolsa Verde estão previstas duas formas de apoio ao produtor rural: o apoio à manutenção da vegetação nativa existente e o apoio a ações de recomposição, restauração e recuperação florestal.

- **A implantação do Programa se inicia pelo pagamento referente ao apoio à vegetação nativa existente.**

Essa implantação do Programa em duas etapas é justificada uma vez que na modalidade recuperação irá ocorrer uma operacionalização diferenciada. Para tanto, será necessário levantar a quantidade e o custo dos insumos e mudas requeridos por essa ação.

- **Universo dos beneficiários do Programa.**

As propostas podem vir de qualquer região ou município do Estado. As demandas dos produtores nesse programa poderão ser apresentadas individualmente ou coletivas. No caso das propostas coletivas as pontuações obterão um peso superior. Isso para incentivar que essas ações possam trazer maior benefício se aplicadas em áreas vizinhas ou adjacentes. Além de apoiar ações que contribuam para a organização coletiva das comunidades.

- **Parceiros conveniados.**

As atividades de implementação do Bolsa Verde podem ser realizadas por meio do apoio de instituições públicas ou pela iniciativa privada, desde que conveniadas com o IEF, por meio da Secretaria Executiva do programa. Com o objetivo de resguardar os compromissos e responsabilidades das partes esses convênios seguem rigorosamente a legislação vigente no Estado. O objetivo do estabelecimento dessas parcerias é ampliar a capacidade operacional das instituições incumbidas da gestão e implantação dos projetos.

- **Validação das Propostas pelos Conselhos Municipais de Desenvolvimento Rural Sustentável - CMDRS.**

Uma das exigências para o cadastramento das propostas, no Bolsa Verde, é que elas devem passar pela análise e validação pelo Conselho Municipal de Desenvolvimento Rural Sustentável, no município onde a proposta está inserida. Além disso, como membros das comunidades rurais participam também desses conselhos isso pode contribuir para o controle social, garantia das informações e maior divulgação do Bolsa Verde.

- **Propriedades e posses localizadas dentro de unidades ainda não desapropriadas.**

Os estabelecimentos rurais localizados dentro de Unidades de Conservação de Proteção Integral sujeitos a desapropriação e que ainda não tiveram as suas terras desapropriadas poderão ser beneficiados pelo Bolsa Verde nas modalidades de manutenção ou recuperação.

- **CrITÉRIOS para definição de prioridades de atendimento.**

Terão prioridade de atendimento, conforme Art. 2º do Decreto 45.113, de 05 de junho de 2009, as propostas encaminhadas por proprietários e posseiros que se enquadrem nas seguintes categorias: a) agricultores familiares, de acordo com a Lei No 11.326, de 24 de julho de 2006; b) produtores rurais cuja propriedade ou posse tenha área de, no máximo, quatro módulos fiscais; c) produtores rurais cujas propriedades estejam localizadas em Unidades de Conservação de categorias de manejo sujeitas à desapropriação e em situação de pendência na regularização fundiária; d) poderão também, ser beneficiados os proprietários de áreas urbanas que preservem áreas necessárias à proteção das formações ciliares, à recarga de aquíferos, à proteção da biodiversidade e ecossistemas especialmente sensíveis, conforme critérios a serem estabelecidos pelo Comitê Executivo do Bolsa Verde.

Uma das dificuldades e prioridades do Programa PSA levantada no Workshop (2015) foi como desenvolver e aplicar uma metodologia para a identificação de áreas prioritárias à intervenção em PSA Hídricos. Esse tema foi apresentado pela pesquisadora Elaine Cristina Cardoso Fidalgo, da EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro. O objetivo desse estudo realizado pela equipe do projeto foi descrever metodologias para identificação de áreas prioritárias à

intervenção como suporte aos programas e projetos de pagamento por serviços ambientais hídricos (PSAH). No estudo realizado no âmbito desse projeto foram levantados e analisados processos de identificação e seleção de áreas prioritárias para os PSAH, em bacias hidrográficas, municípios ou determinada região, em diversas regiões do Brasil. Foram realizados também estudos nessa linha de pesquisa em outras partes do mundo. Para complementar esse trabalho foram também pesquisadas essa metodologia na literatura pertinente (FIDALGO et al, 2015).

8.3.3 Programa Reflorestar – ES

Programa Reflorestar do Espírito Santo é um projeto desenvolvido pelo Governo do Estado do Espírito Santo que tem como objetivo promover a restauração do ciclo hidrológico por meio da conservação e recuperação da cobertura florestal, com geração de oportunidades e renda para o produtor rural, estimulando a adoção de práticas de uso sustentável dos solos.

O programa consiste na implementação de ações de restauração florestal, por meio do plantio de mudas de espécies nativas, em áreas degradadas, como matas ciliares, nascentes, encostas e áreas de preservação permanente (APPs).

O Reflorestar também promove ações de educação ambiental e conscientização da população sobre a importância da conservação da natureza e da preservação das áreas verdes do estado.

O programa conta com a participação de diversas entidades e instituições, como prefeituras municipais, organizações não governamentais, empresas e comunidades locais, que colaboram com a implantação das ações e o monitoramento das áreas restauradas.

Desde o seu lançamento, em 2009, o Reflorestar já plantou mais de 20 milhões de mudas de espécies nativas em áreas degradadas no estado do Espírito Santo, o que representa uma grande contribuição para a recuperação do meio ambiente e a melhoria da qualidade de vida da população local (GOVERNO ES, 2022)

8.4 Considerações sobre PSA

Ressalta-se que a conservação do solo e da água pode ser feita por meio de práticas de caráter vegetativo ou mecânico. As práticas, então ditas “conservacionistas”, incluem um conjunto de técnicas utilizadas para minimizar o impacto dos agentes erosivos e outros que causem o esgotamento do solo e da água, descritas e capítulos anteriores.

No caso da restauração florestal, o PSA pode desempenhar um papel fundamental para aumentar a efetividade dos processos de restauração, incentivando os proprietários rurais a participar desses esforços e a investir em práticas de restauração ambientalmente sustentáveis. Além disso, o pagamento por serviços ambientais pode ajudar a financiar as atividades de restauração, incluindo a compra de mudas e sementes, a preparação do solo, a plantação e o manejo pós-plantio.



CAPÍTULO 9

Educação ambiental no Brasil

9.1 Introdução

A Educação Ambiental contempla um conjunto de ações e estratégias destinadas a promover a reflexão crítica e o conhecimento acerca do Meio Ambiente, visando ao desenvolvimento de uma cultura de preservação e de sustentabilidade ambiental. Pode-se dizer que, no Brasil, a Educação Ambiental tem um longo histórico, iniciado na década de 1970, época do “Movimento Ecologista” e da realização da “Primeira Conferência Nacional de Meio Ambiente” (1972). A partir daí, foram criadas diversas políticas e programas de interesse, no país, como o “Programa Nacional de Educação Ambiental” (PRONAEMA, de 1981). Porém foi a partir da Constituição Federal de 1988 que, no seu capítulo do Meio Ambiente entre outras ações, instituiu a Educação Ambiental como obrigatória para todos os níveis de ensino, sem contudo torná-la uma disciplina.

Art 225, Inciso VI :

“promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente (BRASIL,1988)

A regulamentação aconteceu através da Lei 9.795/99, que instituiu a Política Nacional de Educação Ambiental em 1999. Contudo as entidades socioambientais, de modo geral, são grande defensores dos ideais preservacionistas e colaboraram com a formulação de ações e projetos de educação ambiental com foco na sociedade em geral contribuindo para propagar conceitos e comportamentos nas comunidades em geral.

Um dos principais objetivos da Educação Ambiental consiste em permitir que o ser humano compreenda a complexidade do Meio Ambiente, levando-o a uma postura reflexiva e prudente com relação aos recursos naturais—Objetiva, assim, favorecer uma participação responsável nas decisões direcionadas à melhoria da qualidade do meio natural, social e cultural.

9.2 Legislação sobre Educação Ambiental no Brasil

A Educação Ambiental no Brasil surgiu, no âmbito legal, na década de 1980, mediante a Lei Federal n. 6.938/1981, através da “Política Nacional de Meio Ambiente” (PNMA). Apesar do tempo que já acumula sendo prevista em lei, ainda está longe de ser uma atividade desenvolvida como propõem os documentos oficiais e a política.

Notoriedade especial ganhou a promulgação da anteriormente citada Lei n. 9.795/1999, que instituiu a “Política Nacional de Educação Ambiental - (PNEA)”. Por meio dela, foi estabelecida a obrigatoriedade da Educação Ambiental em todos os níveis do ensino formal da educação brasileira, de modo que essa lei precisa ser mencionada como importante marco da história da Educação Ambiental no Brasil.

A Lei n. 9.795/1999 estabelece ainda que a Educação Ambiental deve ser tratada como área transversal, ou seja, que deve ser integrada às demais áreas do conhecimento e abranger toda sociedade. Além disso, estabelece que a Educação Ambiental deve ser promovida por todos os órgãos e entidades (públicas e privadas), necessitando-se incluí-la nos currículos escolares e em programas de treinamento profissional.

Após um longo processo de interlocução entre ambientalistas, educadores e governantes, foi editado o Decreto n. 4.281/2002, regulamentador da PNEA, nele determinou-se :

Art. 1º

“A Política Nacional de Educação Ambiental será executada pelos órgãos e entidades integrantes do Sistema Nacional de Meio Ambiente - SISNAMA, pelas instituições educacionais públicas e privadas dos sistemas de ensino, pelos órgãos públicos da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, envolvendo entidades não governamentais, entidades de classe, meios de comunicação e demais segmentos da sociedade.” (BRASIL, 2002)

Os estados e o Distrito Federal têm autonomia para estabelecer suas próprias políticas de Educação Ambiental, desde que estejam de acordo com a PNEA. Nesse sentido, alguns (como São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Santa Catarina, Bahia, entre outros) de fato possuem leis próprias que regulamentam o tema em seu território. Em Minas Gerais, por exemplo, o “Conselho Estadual de Política Ambiental” (COPAM), considerando que o Decreto Estadual

n. 4.281/2002 exige a criação, manutenção e implementação de programas de Educação Ambiental (PEA) de modo integrado às atividades de licenciamento ambiental de atividades efetivas ou potencialmente poluidoras, estabeleceu, na Deliberação Normativa Copam n. 214, de 26 de abril de 2017, as diretrizes e os procedimentos para elaboração e execução do PEA, nessas situações. E, de maneira análoga, outros estados também editaram suas leis, decretos e normas.

Hammes (2021) comenta que, ao instituir a Política Nacional de Educação Ambiental, instruindo inclusive as linhas de ação necessárias à sua execução, a lei demonstra o reconhecimento (pela esfera legislativa) da inserção da questão ambiental no processo educativo como uma estratégia para promover o desenvolvimento sustentável.

9.3 História da Educação Ambiental no Brasil e no Mundo

A Educação Ambiental tem raízes na década de 1960, quando cresceu a preocupação com a preservação do Meio Ambiente e com a necessidade de mudanças na forma como as pessoas viviam e se relacionavam com a natureza. Marco importante se deu em 1962, quando a jornalista Rachel Carson, em seu livro *Primavera Silenciosa*, denunciou a ação destruidora do homem no planeta. O livro provocou grande discussão internacional. Reconhecendo a importância deste novo anseio social, a Organização das Nações Unidas (ONU) organizou seus primeiros eventos e programas destinados a “abrir os olhos” da humanidade, procedendo a recomendações de uso sustentável dos recursos naturais e afirmando a importância da Educação Ambiental no desenvolvimento de consciência crítica (ALENCAR, 2015).

Além da ONU, propriamente, a Educação Ambiental também é promovida a nível internacional através de instituições e iniciativas que trabalham-na de modo mais específico, a exemplo da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) e o “Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente” (PNUMA).

Pouco depois, na década de 1970, crescia a imagem da Educação Ambiental como uma forma de promover a conscientização ambiental e de desenvolver uma cultura de conservação. Teve lugar nessa década outro importante marco da Educação Ambiental no âmbito internacional, a “Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente Humano”, realizada em Estocolmo (Suécia), em 1972. Essa conferência e as que lhe deram continuidade firmaram as bases para o entendimento de

que há um vínculo indissociável entre desenvolvimento e Meio Ambiente, do que emergiu um novo conceito, o de “desenvolvimento sustentável”. E a consolidação desse entendimento das relações entre ambiente e desenvolvimento aconteceu de tal modo, que, hoje, não é mais possível falar de um sem considerar o outro.

Na Conferência de Estocolmo, ainda se enfatizou a urgente necessidade de serem criados instrumentos para tratar dos problemas ambientais, dentre os quais apontou-se a Educação Ambiental (à época, ainda incipiente), que, então, passou a receber atenção especial em praticamente todos os fóruns relacionados com a temática (ALENCAR, 2015). Cabe comentário sobre a Resolução n. 96 da Conferência de Estocolmo, em que se recomendou à Educação Ambiental com o objetivo de preparar o ser humano para viver em harmonia com o Meio Ambiente. Para delinear a prática dessa resolução, a Unesco e o PNUMA realizaram o “Seminário Internacional sobre Educação Ambiental”, em 1975, no qual foi aprovada a “Carta de Belgrado”. Na Carta, encontram-se os elementos básicos para estruturar um programa de Educação Ambiental em diferentes níveis (nacional, regional ou local).

No Brasil, conforme já comentado, a Educação Ambiental foi incorporada às leis nacionais na década de 1980, com a criação do “Sistema Nacional de Meio Ambiente” (SISNAMA) e da “Política Nacional de Educação Ambiental” (PNEA). Até os anos 1980, não havia política pública implementada no Brasil com o propósito de reconhecer e inserir a Educação Ambiental na agenda educacional. E, até então, as poucas iniciativas que havia restringiam-se ao âmbito de movimentos sociais, ONGs e educadores e militantes isolados. Em 1977, por exemplo, o Brasil não se fez presente na Conferência de Tbilisi (na antiga e extinta União das Repúblicas Socialistas Soviética - URSS, hoje capital da Geórgia).

Nas recomendações da conferência em questão, a Educação Ambiental vincula-se à compreensão de três conceitos fundamentais: (a) aquisição de novos conhecimentos e valores; (b) novos padrões de conduta; e (c) interdependência. Ressalta-se também que a Educação Ambiental deve resultar de uma dimensão teórica e da prática educacional, orientada para a preservação e para a resolução dos problemas concretos do Meio Ambiente, através de um enfoque interdisciplinar. O propósito é levar à compreensão do ambiente em sua totalidade e interdependência, utilizando postura sistêmica frente às questões globais que o envolvem.

Ainda nos anos 80 foi promulgada a Nova Constituição Federal de 1988 que versa acerca do tema. O inciso VI de seu artigo 225 aponta a necessidade de “[...] promover a Educação Ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização

pública para a preservação do meio ambiente”.

Posteriormente, em 1991, por iniciativa do Governo Federal, foi criada a Comissão Interministerial para a preparação da Eco Rio 92, que considerou a Educação Ambiental como um dos instrumentos da política ambiental brasileira. Foram, então, criadas duas instâncias no Poder Executivo destinadas a lidar exclusivamente com esse aspecto: o “Grupo de Trabalho de Educação Ambiental” do MEC, que, em 1993, transformou-se na Coordenação-Geral de Educação Ambiental (CGEA), e a “Divisão de Educação Ambiental” (DEA), do (IBAMA), cujas competências institucionais foram definidas no sentido de representar um marco para a institucionalização da política de Educação Ambiental no âmbito do SISNAMA.

9.4 Educação Ambiental Formal e Informal

Educação Ambiental como descrita anteriormente, orientada por uma grade curricular nacional, é a chamada “formal” pois é aquela que acontece nas instituições de ensino (escolas, universidades, centros de pesquisa etc.), sendo conduzida por profissionais habilitados destas instituições. Ela pode ser incluída nos currículos e seguir uma estrutura fixa e mais metodológica.

Já a que se considera “informal”, é aquela que se passa de forma espontânea, em diversos contextos e lugares, e não segue um o currículo regular de um estabelecimento de ensino. Esta pode ser transmitida, por profissionais ou voluntários que tenham conhecimento sobre o tema em palestras, seminários, ou outros eventos informativos e motivadores, por meio de experiências práticas, como visitas a parques, jardins, reservas florestais, entre família e amigos, entre outras possibilidades.

9.5 Educação Ambiental numa bacia hidrográfica

Considerando a importância da comunidade local para o sucesso das atividades de recuperação ambiental de uma bacia hidrográfica, recomenda-se que, nos projetos de revitalização e conservação de bacias hidrográficas, sempre seja prevista uma proposta de ações educativas para os diferentes públicos que vivem no entorno da área do projeto. Ações que poderiam ser desenvolvidas na bacia hidrográfica, nesse sentido, incluem:

- visitas educativas a reservatórios, rios, córregos e outros corpos d'água da bacia hidrográfica, com explicações sobre a importância da água para o Meio Ambiente e a vida humana;
- oficinas sobre conservação da água e tratamento de esgoto, com o objetivo de promover o uso racional da água e evitar o desperdício;
- campanhas de conscientização sobre a importância da água e os impactos da poluição, por meio de panfletos, cartazes, *spots* de rádio e outros meios de comunicação;
- cursos e palestras sobre temas relacionados à água e à conservação da bacia hidrográfica, como gestão de recursos hídricos, conservação da biodiversidade aquática e uso sustentável da água;
- participação de estudantes em projetos de monitoramento da qualidade da água e da biodiversidade aquática, como a coleta de amostras de água e a observação de espécies aquáticas; promoção de atividades práticas de conservação da água, como a criação de hortas com irrigação por gotejamento ou o plantio de espécies de plantas que precisam de pouca água.
- Plantio de mudas nativas com foco na educação ambiental

Essas são apenas algumas sugestões. É importante lembrar que a proposta deve ser desenvolvida de forma a envolver a participação da sociedade, observadas às características e necessidades da região, e de cada grupo a ser atendido. O público alvo destas ações educativas são: produtores rurais e usuários de água, participantes do Projeto de Revitalização e Conservação da Bacia Hidrográfica; professores de escolas de ensino médio e fundamental; estudantes das escolas de ensino médio e fundamental; membros do Comitê da Bacia Hidrográfica; dirigentes e funcionários públicos; profissionais ligados a atividades de meio ambiente locais.

REFERÊNCIAS

AGRIC. O que é plantio direto? **AGRIC**, s.d. Disponível em: http://agric.com.br/sistemas_de_producao/o_que_e_plantio_direto.html. Acesso em: 12 dez. 2022.

AGRO INSIGHT. Classificação dos sistemas agroflorestais. Agro Insight, s.d. Disponível em: <https://agroinsight.com.br/classificacao-dos-sistemas-agroflorestais/>. Acesso em: 19 dez. 2022.

AGROLETTERS. Plantas de cobertura do solo: vantagens na entressafra. **Agro Inovadores**, 2020. Disponível em: <https://agro.genica.com.br/2020/05/18/plant-as-de-cobertura/>. Acesso em: 18 dez. 2022

ALENCAR, A.A. Os desafios da Educação Ambiental no Brasil. **Ambiente Legal**, 2015. Disponível em: <https://www.ambientelegal.com.br/os-desafios-da-educacao-ambiental-no-brasil/>. Acesso em: 24 nov. 2022.

ALLEN, R. G. **FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56**. Capítulo: CROP EVAPO-TRANSPIRATION. Roma, Itália (1998)

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Lista de Termos para o Thesaurus de Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas**. 2014. Disponível em: https://arquivos.ana.gov.br/imprensa/noticias/20150406034300_Portaria_149-2015.pdf. Acesso em: 17 nov. 2022

BANCO MUNDIAL. **La Ordenación de los recursos hídricos**. Washington: Banco Mundial, 1994.

BARROS, L.C.; RIBEIRO, P.E.A. **Barraginhas: água de chuva para todos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

BARTH, F.T. et al. **Modelos para Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Barueri: Ed. Nobel, 1987.

BORSOI, Z.M.F.; TORRES, S.D.A. A política de recursos hídricos no Brasil. **Revista do BNDES**. Rio de Janeiro, v. 4, n. 8, p. 143-165, dez. 1997.

BRASIL. Constituição de 1988. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 5 out. 1988. Seção 1, p. 1 (publicação original).

_____. Decreto nº 4.281, de 25 de junho de 2002. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 26 jun. 2002. Seção 1, p. 13 (publicação original).

_____. Decreto nº 7.572, de 28 de setembro de 2011. **Diário Oficial da União**, Poder Execu-

tivo, Brasília, DF, 29 set. 2011. Seção 1, p. 1 (publicação original).

_____. Lei nº 12.512, de 14 de outubro de 2011. **Diário da Câmara dos Deputados**, Poder Legislativo, Brasília, DF, 17 nov. 2011. Seção 1, p. 61622 (publicação original).

_____. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 - Código Florestal (2012). **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 mai. 2012. Seção 1, p. 1 (publicação original).

_____. Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 out. 2012. Seção 1, p. 1 (publicação original).

_____. Lei nº 4.471, de 15 de setembro de 1965 - Código Florestal (1965); Lei das Florestas. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 16 set. 1965, Seção 1, p. 9529 (publicação original).

_____. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 - Lei da Política Nacional do Meio Ambiente. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 2 set. 1981. Seção 1, p. 16509 (publicação original).

_____. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Seção 1, p. 470 (publicação original).

_____. Lei nº 9.493, de 10 de setembro de 1997. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 11 set. 1997. Seção 1, p. 20155 (publicação original).

_____. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999 - Lei da Política Nacional de Educação Ambiental. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 abr. 1999. Seção 1, p. 1 (publicação original).

BRAUMAN, K. A. et al. **The Nature and Value of Ecosystem Services: An Overview Highlighting Hydrologic Services**. Stanford University, California, 2007.

CARDOSO-SILVA, S.; FERREIRA, T.; POMPEO, M.L.M. Diretiva Quadro D'água: uma revisão crítica e a possibilidade de aplicação ao Brasil. **Ambiente & Sociedade**. São Paulo, v. 16, n. 1, p. 39-58, jan./mar. 2013.

CARVALHO, C.F. **Proposição de Fundamentos de Gerenciamento de Recursos Hídricos para Bacias Hidrográficas do Semiárido Mineiro, com base em um estudo de caso no município de Monte Azul/MG**. 2014. 146 f. Monografia (Especialização em Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2014.

CARVALHO, I.C.M. **Educação Ambiental: a formação do sujeito ecológico**. São Paulo: Editora Cortez, 2017

COELHO, M.F.C.D.; SOLERO, V.T.; BOSON, P.H.G. Unidades de planejamento e ges-

tão de recursos hídricos. **Anais do Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Porto Alegre: ABRH, 2003.

COUTO, L. **Projeto de Conservação de Solo e Água na Bacia do Rio Gorutuba**. Convênio ANA e Embrapa Milho e Sorgo. Janaúba, MG: 2003

_____. **Apostila da Disciplina Hidrologia Aplicada no Curso de Engenharia Ambiental**. UNIFEMM, Sete Lagoas, MG: 2015

_____. **Apostila da Disciplina Hidrologia Aplicada no Curso de Engenharia Ambiental**. UNIFEMM, Sete Lagoas, MG: 2018

EMBRAPA. Área manejada sob “sistema plantio direto” no Brasil. **Embrapa**, 2012. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do141_4.htm. Acesso em: 30 nov. 2022

_____. Estratégia de recuperação - Sistemas Agroflorestais - SAFs. Embrapa, s.d. Disponível em: <https://www.embrapa.br/codigo-florestal/sistemas-agroflorestais-safs>. Acesso em: 30 nov. 2022

DAILY, G. C. **Nature's services. Societal dependence on natural ecosystems**. Island Press, Washington, 1997.

FEARNSIDE, P.M. The intrinsic value of Amazon biodiversity. *Biodivers Conserv* 30, 1199–1202 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10531-021-02133-7>

_____. The intrinsic value of Amazon biodiversity. **Biodiversity and Conservation**. Nova Iorque, p. 1199–1202, 2021.

FEBRAPDP. **Federação Brasileira do Sistema Plantio Direto**. Disponível em: <https://www.plantiodireto.org.br>. Acesso em: Março 2023

FERRY, L. **A nova ordem ecológica**. São Paulo: Bertrand Brasil, 2009.

FIDALGO, E. C. C. et al. **Workshop: Metodologias de Apoio aos Programas de PSA Hídricos no Brasil**. Apresentação, páginas 33 a 37. EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro, RJ, 2015.

FIDALGO, E. C. C. et al. **Manual para Pagamento por Serviços Ambientais Hídricos: Seleção de Áreas e Monitoramento**. EMBRAPA, Brasília, DF, 2017.

FIDALGO, E. C. C. e TURETTA. A. P. D. **Manual para Pagamento por Serviços Ambientais Hídricos: Seleção de Áreas e Monitoramento**. EMBRAPA, Brasília, DF, 2017

_____. **Memória do Workshop Metodologias de Apoio aos Programas de PSA Hídricos no Brasil: Experiências e Desafios**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2015.

FONSECA, B.M. **O uso do sistema de informações geográficas na análise morfométrica e morfológica de bacias de drenagem na Serra do Espinhaço Meridional – MG.** 2010. 94 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010.

FRÓES, C.M.B. **Análise das práticas de gerenciamento da informação utilizadas no gerenciamento de recursos hídricos:** estudo no Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. 123 f. Dissertação (Mestrado em Administração Pública) – Escola de Governo Paulo Neves de Carvalho, Fundação João Pinheiro. Belo Horizonte, 2009.

GATTI, M.L.; PARROTTA, M.L.; CHAZDON, R.L. The restoration of degraded forests in Brazil: Opportunities and challenges. **Restoration of Boreal and Temperate Forests.** Londres, 2013.

GOMES, M.A.; VALENTE, O.F. **Conservação de Nascentes.** Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2015.

GOVERNO DO ESPÍRITO SANTO. **Programa Reflorestar, 2023.** Disponível em <https://www.es.gov.br/programa-reflorestar>. Acesso em: março 2023.

GOVERNO FEDERAL. Produtor de Água. **Gov.BR**, s.d. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/programa-produtor-de-agua>. Acesso em: 30 nov. 2022

HAMMES, V. S. **Educação Ambiental.** CNPTIA, Campinas, SP, 2021.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Em dia com a natureza:** Manual para Projetos de Recuperação da Vegetação Nativa. Brasília: IBAMA, 2021.

IBF - INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS. Você sabe o que é reflorestamento? Conheça todos os termos. **IBF**, s.d. Disponível em: <https://mercadoflorestal.com.br/artigos/o-que-e-reflorestamento>. Acesso em: 30 de nov. 2022

INOUE, L. Plantio direto: Sistema diferenciado de manejo. **AGROMOVE**, 2019. Disponível em: <https://blog.agromove.com.br/plantio-direto-sistema-diferencia-do-de-manejo>. Acesso em: 30 nov. 2022

IRRIGAT. Plantio direto: tudo o que você precisa saber para começar. **IRRIGAT**, 2022. Disponível em: <https://irrigat.com.br/plantio-direto/>. Acesso em: 12 dez. 2022

JIMENEZ, M.L.O. **O estabelecimento de uma política comum de proteção do meio ambiente:** sua necessidade num mercado comum. Brasília: Associação Brasileira de Estudos de Integração; Senado Federal, 1994.

LANNA, A. E. **Gestão das Águas.** Capítulo 3 - O processo de planejamento para a gestão das

águas. p. 64-74. Porto Alegre, RS: 1999

MACEDO, J.L.V. **Sistemas Florestais** – Princípios Básicos. Manaus: Governo do Estado de Amazonas; Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, 2013.

MACHADO, P.L.O.M.; WADT, P.G.S. Terraceamento. **Embrapa**, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/arroz/producao/sistema-de-cultivo/arroz-de-terras-altas/terraceamento>. Acesso em: 23 nov. 2022

MAFRA, E. Plantio direto: a história da lida que mudou o jeito de plantar. **Forbes**, 2022. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbesagro/2022/08/plantio-direto-a-historia-da-lida-que-mudou-o-jeito-de-plantar/>. Acesso em: 16 nov. 2022

MARTINS, G.G.; VASCONCELOS, J.M.; SOUZA, S.M. Agroforestry Systems in Brazil: An overview of their potential and challenges. **Agroforestry Systems**. Basileia, 2015.

MARTINS, S.V. **Restauração florestal**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; Pró-Reitoria de Extensão e Cultura Divisão de Extensão, 2020.

MELO, M.C.F. **Socioeconomia e Meio Ambiente na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Itaueira - PI**. 2011. 116 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Piauí. Teresina, 2011.

MENDONÇA, C.X. et al. Desafios para o planejamento e gestão integrada dos recursos hídricos. In: STEINBERGER, Marília. **Território, ambiente e políticas públicas espaciais**. Brasília: Paralelo 15; LGE Editora, 2006.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Synthesis Reports: Ecosystems and Human Well-being: General Synthesis**. Island Press in 2003. Disponível em <https://www.millenniumassessment.org/en/Synthesis.html>. Acesso em: março 2023.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Synthesis Reports: Ecosystems and Human Well-being: General Synthesis**. Island Press in 2005. Disponível em <https://islandpress.org/books/ecosystems-and-human-well-being-synthesis>. Acesso em: março 2023.

MINAS GERAIS (Estado). Decreto MG nº 45.113, de 5 de junho de 2009. **Diário do Executivo de Minas Gerais**, Poder Executivo, Belo Horizonte, MG, 6 jun. 2009. Col. 2, p. 1.

_____. **Deliberação Normativa COPAM Nº 214, de 26 de abril de 2017**. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=44198>. Acesso em: 23 nov. 2022

_____. Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999. **Diário Oficial do Executivo**, Poder Executivo, Belo Horizonte, MG, 30 jan. 1999.

_____. Lei nº 17.727, de 13 de agosto de 2008. **Diário Oficial do Executivo**, Poder Executi-

vo, Belo Horizonte, MG, 14 ago. 2008.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **CONVIVER** - Programa de Desenvolvimento Integrado e Sustentável do Semi-Árido. Brasília: Ministério da Integração Nacional; Secretaria de Programas Regionais, 2009.

_____. **Relatório Final do Grupo de Trabalho Interministerial para Redelimitação do Semi-árido Nordestino e do Polígono das Secas**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2005.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Águas subterrâneas**: programa de águas subterrâneas/Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2001.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama. Educação ambiental. 2006. Disponível em: . Acesso em: 25 jun. 2009.

MOURÃO, M. “Água nossa de cada dia...” **O Progresso**, 2015. Disponível em: <https://www.progresso.com.br/opiniaio/agua-nossa-de-cada-dia/146897/>. Acesso em: 30 nov. 2022

MUNDO ECOLOGIA. Ciclo Hidrológico: Etapas e Fases. **Mundo Ecologia**, 2019. Disponível em: <https://www.mundoecologia.com.br/natureza/ciclo-hidrologico-etapas-e-fases/>. Acesso em: 7 dez. 2022

NUNES, M. **Nature's Services: Societal Dependence On Natural Ecosystems**. 1997

PELICIONE, M.C.F.; PHILLIPPI JÚNIOR, A. **Educação Ambiental e Sustentabilidade**. São Paulo: EDUSP, 2011.

PEREZ, D. V. **Workshop Metodologias de Apoio aos Programas de PSA Hídricos no Brasil**. Apresentação, páginas 18 a 19. EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro, RJ, 2015.

PORTO, M.F.A.; LOBATO, F. Mechanisms of Water Management: Command & Control and Social Mechanisms. **Revista de Gestão de Água da América Latina**. Porto Alegre, v. 2, p. 113-129, 2004.

PORTO, M.F.A.; PORTO, R.L.L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**. São Paulo, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008.

PRUSKI, F. F. **Conservação de Solo e Água – Práticas Mecânicas para o Controle da Erosão Hídrica**. Viçosa, MG, 2006

REIGOTA, M. **O que é Educação Ambiental**. 2ª Edição. São Paulo: Editora Brasiliense, 2009.

RESCK, D.V.S. A Conservação da Água Via Terraceamento em Sistemas de Plantio Direto e Convencional no Cerrado. **Circular Técnica - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Planaltina, set. 2002.

ROCHA, J. S. M. (IBRAMAR, 2020) – **Projeto de Revitalização e Conservação da Bacia Hidrográfica do rio Manuel Alves da Natividade**, submetido ao Edital da CEF pelo IBRAMAR. 2021

RODRIGUES, E. **Ecologia da Restauração**. Londrina: Editora Planta, 2013.

_____. in: **Deforestation and land use change in the Brazilian Amazon: Drivers and consequences**. By P.M. Fearnside. In “Global Environmental Change”, 2005.

SANO, T.M.; GATTI, M.L.; PARROTTA, J. Sustainable land use and forest restoration in the Brazilian Amazon: A review. **Forest Ecology and Management**. 2015.

SANTOS, D.G. **Programa Produtor de Água**. Brasília: ANA, 2013.

SANTOS, D. G. **Programa Produtor de Água Workshop Metodologias de Apoio aos Programas de PSA Hídricos no Brasil**. Apresentação, páginas 33 a 37. EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro, RJ, 2015.

SANTOS, D. G. **Considerações Finais do Documento: Manual para Pagamento por Serviços Ambientais Hídricos: Seleção de Áreas e Monitoramento**. Página 85. EMBRAPA, Brasília, DF, 2017.

SCARPA, S.A.; COCHRANE, M.A.; FEARNSIDE, P.M. The role of forests in land use planning for sustainable development in Brazil. **Land Use Policy**. 2013.

SCHVARTZMAN, A.S.; GRECO, M.K.B. Fundamentos e diretrizes da gestão de recursos hídricos. Belo Horizonte: UFMG, 2014.

SCHVARTZMAN, A.S. **Avaliação de alternativas para suprimento de água para consumo humano na região semiárida de Minas Gerais**. 2007. 232 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2007.

SEAPA - Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de MG. **Sistema de Plantio Direto completa 50 anos no Brasil, garantindo maior produtividade e sustentabilidade para agro**. Disponível em: <http://www.agricultura.mg.gov.br/index.php/ajuda/story/5091-sistema-de-plantio-direto-completa-50-anos-no-brasil-garantindo-maior-produtividade-e-sustentabilidade-para-agro>. Acesso em: Março 2023.

SETTI, A. et al. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2001.

SILVA, W.T.P. et al. Quota per capita de água, fatores intervenientes e modelagem: estudo de caso para classes socioeconômicas de Cuiabá-MT. **Sociedade & Natureza**. Uberlândia, v. 20, n. 2, p. 219-230, dez. 2008.

SILVA, Y.S. **Bases para a proposição do Plano Municipal de Gerenciamento de Recursos Hídricos em Conselheiro Lafaiete – MG**. 2010. 89 f. Monografia (Especialização em Gerenciamento de Recursos Hídricos) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010.

SILVEIRA, C. J. A. **Workshop Metodologias de Apoio aos Programas de PSA Hídricos no Brasil**. Programa “Bolsa Verde”. Apresentação, Páginas 12 a 16. EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro, RJ, 2015.

TUNDISI, J.G. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. **Revista USP**. São Paulo, n. 70, p. 24-35, jun./ago. 2006.

_____. Recursos Hídricos. **MultiCiência**. São Carlos, v. 1, out. 2003.

TURETTA, A. P. D., et al. **Manual para Pagamento por Serviços Ambientais Hídricos: Seleção de Áreas e Monitoramento**. EMBRAPA, BRASÍLIA, DF, 2017.

VEIGA NETO, F. C. **A construção dos mercados de serviços ambientais e suas implicações para o desenvolvimento sustentável no Brasil**. Tese de Doutorado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, RJ, 2008.

VEIGA NETO, F. C. **Manual para Pagamento por Serviços Ambientais Hídricos: Seleção de Áreas e Monitoramento**. EMBRAPA, BRASÍLIA, DF, 2017.

WUNDER, S. **Payments for environmental services**. Center for international Forestry Research, Bogor, Indonesia, 2005.

- **Aquífero**

Formação geológica subterrânea que funciona como reservatório de água, sendo alimentado pelas chuvas que se infiltram no subsolo. São rochas com características porosas e permeáveis capazes de reter e ceder água.

- **Áreas de Preservação Permanente (APP)**

São áreas protegidas por legislação ambiental. Podem ou não possuir cobertura vegetal nativa. São definidas no Novo Código Florestal de 2012 e correspondem, atualmente, a cerca de 20% do território brasileiro.

- **Bacias de Captação e Infiltração de Água de Chuva**

Estruturas construídas no meio rural para captar e infiltrar as águas que escoam nas encostas durante as chuvas. São construídas também às margens das estradas vicinais, para receber as enxurradas procedentes dessas estradas. Conhecidas popularmente como “barraginhas” (ANA, 2015).

- **Bacia Hidrográfica**

Porção do território delimitada pela linha dos divisores de água (cumeeira) que recebe a água das precipitações e a conduz para o curso d’água principal até a saída dessa área assim delimitada. De acordo com a Lei Federal n. 9.433/1997, em seu artigo 1º, inciso V, a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

- **Balanço Hídrico**

Operação que quantifica, durante um certo intervalo de tempo, as afluições totais a uma bacia ou formação aquática, o total das saídas mais a variação, positiva ou negativa, do volume de água armazenado nessa bacia ou massa de água, segundo o Dicionário de Recursos Hídricos da ANA.

● **Barraginha**

Termo utilizado para denominar estruturas construídas no meio rural para captar e infiltrar as águas que escoam nas encostas durante as chuvas.

● **Cacimba**

Escavação feita no terreno até atingir o lençol freático, muito comum na área rural, para abastecimento residencial. Recebe nomes diferentes de acordo com a região, como poço, cisterna e outros. Pode ser revestida de tijolos ou manilha de concreto. Na Região Nordeste, é comum escavar a cacimba no leito seco de rios, geralmente cursos d'água intermitentes.

● **Caixa Seca**

Cavidade escavada no terreno, no formato de cubo ou paralelepípedo, para a contenção da erosão e do intenso assoreamento que impacta as nascentes e córregos locais. É também utilizada nas estradas vicinais.

● **Chuva**

Precipitação de água limpa, seja sob a forma de gotas de diâmetro superior a 0,5 mm, seja sob a forma de gotículas menores, largamente dispersas.

● **Cisterna**

Depósito ou reservatório semelhante a uma caixa d'água e que serve para captar, armazenar e conservar a água, sendo esta potável, pluvial ou fruto de reúso. Pode ser construída em diversos tamanhos e materiais.

● **Coxinho**

Estrutura utilizada para contenção do escoamento da água da chuva nas encostas, na agricultura e nas pastagens. Construído em nível ou com pequena declividade, transversalmente ao declive do terreno, de forma similar ao terraço. Não corta continuamente toda a extensão do terreno. Parte é construída como um coxo ou vala, e outra parte, entre os coxos, prevalece sem escavação.

● **Divisor de Águas**

De acordo com o Dicionário de Recursos Hídricos da ANA, é o limite topográfico definido pela linha contínua de todos os pontos de maior altitude local, que

separa bacias hidrográficas e delimita subdivisões de bacias maiores em bacias menores (sub-bacias), caracterizando-se pelas direções divergentes de escoamento superficial de um lado e de outro dessa mesma linha.

● **Escoamento Superficial**

Segmento do ciclo hidrológico que compreende o deslocamento das águas na superfície da Terra. Considera o movimento da água a partir da menor porção de chuva que, caindo sobre um solo saturado ou impermeável, escoar pela sua superfície, podendo formar enxurradas ou torrentes, córregos, ribeirões, rios e lagos ou reservatórios de acumulação (COUTO, 2018).

● **Evaporação**

Processo físico no qual a água na forma líquida é convertida em vapor de água (vaporização) e removida da superfície evaporativa. A água evapora da superfície da vegetação, mas também de diversos tipos de superfície como lagos, rios, pavimentos, solos e vegetação molhada (Crop Evapotranspiration, Paper 56, FAO, 1998).

● **Evapotranspiração**

Processo que combina dois outros, que ocorrem separadamente: no primeiro, a água é perdida pela evaporação da superfície do solo, do dossel das plantas, e, no segundo, pela transpiração da cultura ou vegetação (Paper 56 da FAO, 1998).

● **Evapotranspiração de Referência**

Importante parâmetro agrometeorológico, principalmente para planejamento e manejo de irrigação, mas também para estudos meteorológicos, climatológicos e hidrológicos (CARVALHO et al., 2011).

● **Exutório**

Ponto de menor altitude de uma bacia hidrográfica, geralmente a foz do rio principal para onde converge todo escoamento superficial gerado no interior da bacia.

● **Fitofisionomia**

Representa o tipo de vegetação típica em um local, com sua aparência geral e outras características específicas.

● **Fossa Seca**

Constitui-se de uma escavação feita no terreno (com ou sem revestimento), de uma laje de tampa com um orifício que serve de piso e de uma casinha para sua proteção e abrigo do usuário. Ela recebe o esgoto doméstico de uma residência ou outro tipo de imóvel, destinando-o à decomposição.

● **Fossa Séptica**

Estrutura utilizada para tratamento primário do esgoto doméstico. Existem várias modalidades, construídas com diferentes tipos de materiais, sendo estas fossas também denominadas “biodigestores”. Geralmente, ela é mais utilizada em regiões remotas, como no meio rural e em comunidades onde não há rede coletora de esgoto e ETE (IBRAMAR, 2022).

● **Infiltração de Água no Solo**

Varia com a textura e a estrutura do solo, podendo ser afetada pelo grau de compactação e pela profundidade do perfil. Para sua determinação em campo, é prático utilizar o “teste do Cilindro” ou do “Anel Infiltrômetro” (COUTO, 2018)

● **Mata Ciliar**

Vegetação florestal que acompanha os rios de médio e grande porte em que a vegetação arbórea não forma galerias. Em geral, é relativamente estreita, não sendo comum ultrapassar 100 m de largura em cada margem. É comum que a largura da mata ciliar em cada margem seja proporcional à do leito do rio, embora, em áreas planas, essa medida costume ser maior. (EMBRAPA:2022).

● **Mata de Galeria**

Assim como a mata ciliar, é uma forma de vegetação que acompanha cursos d’água e ambientes de drenagem em geral. A diferença básica entre elas está em suas fisionomias. As matas de galeria circundam o leito do rio, formando uma espécie de “túnel” ou galeria, enquanto, nas matas ciliares, o ambiente é aberto. Nas matas de galeria, as copas das árvores de cada margem do rio encontram-se, o que não acontece na mata ciliar (EMBRAPA: 2022).

● **Nascentes**

Manifestações superficiais de lençóis subterrâneos. Dão origem a cursos d’água.

As nascentes são formadas por lençóis freáticos (depositados sobre as camadas impermeáveis ou semipermeáveis) ou artesianos (confinados entre duas camadas impermeáveis), podendo surgir por contato das camadas impermeáveis com a superfície, por afloramento dos lençóis em depressões de terreno, por falhas geológicas ou por canais cársticos (GOMES; VALENTE, 2015).

● **Pagamento por Serviços Ambientais Prestados (PSA)**

Importante instrumento para implementação de ações relacionadas com a recuperação hidroambiental das bacias hidrográficas. Os programas de PSA são estabelecidos e regulamentados por leis federais e estaduais. Em seu processo, o PSA pode se valer da participação dos usuários de água e de produtores rurais, conforme o caso.

● **Pequenas Bacias de Cabeceiras**

Quando posicionadas nas extremidades, geralmente em áreas de maior declividade, são também conhecidas como “bacias hidrográficas de cabeceiras” ou, simplesmente, “bacias de cabeceiras”. Grandes bacias hidrográficas são formadas pelo ajuntamento de pequenas bacias. (GOMES; VALENTE, 2015).

● **Precipitação**

Água proveniente do vapor de água da atmosfera, quando a se depositar na superfície terrestre, de qualquer forma, como chuva, granizo, orvalho, neblina, neve ou geada. Nos estudos hidrológicos, a precipitação considerada é a chuva. A água que escoar nos rios ou que está armazenada na superfície terrestre pode ser considerada um resíduo da precipitação.

● **Reserva Legal**

De acordo com o Novo Código Florestal (2012), é uma “área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, [...] com a função de assegurar um percentual de área com cobertura vegetal na propriedade”.

● **Serviços Ambientais**

Uma modalidade de serviços ecossistêmicos.

● **Terraço**

Estrutura formada pela combinação de um canal (valeta) com um camalhão

(monte de terra ou dique), construído a intervalos dimensionados, no sentido transversal ao declive, ou seja, feitos em nível ou em gradiente, cortando o declive (SOUZA, 2016).

● **Transpiração**

Consiste na vaporização da água líquida contida nos tecidos da planta e da remoção do vapor d'água para a atmosfera. As plantas, de forma predominante, perdem sua água através dos estômatos, estruturas presentes na superfície das folhas. Os estômatos são pequenas aberturas, microscópicas, presentes nas folhas das plantas, pelas quais o vapor d'água passa (COUTO, 2018).

● **Velocidade de Infiltração Básica de Água no Solo (VIB)**

Valor da taxa de infiltração de água no solo quando ela se estabiliza, após decorridas algumas horas do teste de infiltração (Cilindro ou Anel Infiltrômetro). A VIB pode ser considerada, aproximadamente, o valor da condutividade hidráulica do solo na umidade de saturação. Ambas ocorrem quando o perfil do solo alcança a umidade de saturação (COUTO, 2018).

● **Veredas**

Depressões existentes em chapadas típicas do Cerrado, onde emergem os lençóis freáticos, de forma difusa, formando uma região úmida ou saturada, dependendo das condições locais e da época do ano. Se saturadas, dão origem a cursos d'água e tornam-se importantes para regimes hídricos de pequenas e grandes bacias (GOMES; VALENTE, 2015).



ISBN 978-65-86358-46-9

REALIZAÇÃO



APOIO FINANCEIRO

FUNDO
SOCIOAMBIENTAL

CAIXA

