



C A P Í T U L O 5

CONTROLE DO PROCESSO DE EROÇÃO HÍDRICA E MITIGAÇÃO DA COMPACTAÇÃO DO SOLO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

Pedro Freitas

Pesquisador

Embrapa Solos, Jardim Botânico, Rio de Janeiro

Guilherme K. Donagemma

Pesquisador

Embrapa Solos, Jardim Botânico, Rio de Janeiro

Ana Paula G. de Farias

Engenheira Agrônoma

Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico, 1024, Jardim Botânico, Rio de Janeiro

Marcos Gervasio Pereira

Professor Titular

Departamento de Solos

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ

Nivaldo Schultz

Professor Associado

Departamento de Solos

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ

Yan Vidal de Figueiredo Gomes Diniz

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo.

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ

INTRODUÇÃO

As regiões tropicais, caracterizadas pelo predomínio de solos com baixa fertilidade natural e alta susceptibilidade à erosão, exigem práticas de manejo adequadas para garantir a sustentabilidade e a produção de alimentos. Como norma, práticas agrícolas adequadas não são adotadas por diversos fatores, incluindo: desconhecimento técnico, existência de certos tipos de agricultura ancestral, importação de técnicas agrícolas das regiões temperadas, ou a simples exploração do solo como na indústria

mineradora, na qual apenas tudo se retira sem nada ter que dar em troca (Réffega, 1997). Além disso, cita-se o entrave da baixa disseminação do conhecimento gerado pela ciência devido à carência de um setor extensionista fortalecido. Apesar de nesse ambiente serem observados, de maneira geral, solos com uma baixa fertilidade natural, os ambientes de montanhas em regiões de clima tropical apresentam uma biodiversidade (fauna e flora) rica e a presença de nascentes d'água, essenciais para a garantia de vida nas áreas a jusante.

As belas e curiosas formas das áreas de montanha são decorrentes das mudanças ocorridas no ambiente através de diferentes processos erosivos, com destaque para a erosão hídrica. Essas regiões possuem relevante valor ambiental devido à sua extensão territorial e à influência dos elementos naturais, como água e o endemismo de espécies que desempenham papel fundamental para a garantia da segurança alimentar (Ferreira *et al.*, 2023). A ação antrópica nesses ambientes para produção de alimentos requer atenção à vulnerabilidade ou fragilidade do solo e à produção de água, pois práticas de manejo não sustentáveis podem levar a perdas significativas de solo e à seca de nascentes. A adoção de uma agricultura conservacionista ou regenerativa nesses ambientes surge como alternativa para a restauração e manutenção da qualidade do solo e da água, aliada à produção de alimentos, eximindo assim o ambiente natural do empobrecimento de seus recursos naturais.

O objetivo deste capítulo é descrever os desafios no manejo de solos no ambiente de montanha em regiões tropicais identificando as causas da sua degradação e as alternativas de controle da erosão hídrica e mitigação da compactação do solo em diferentes sistemas de produção (lavouras, pastagens, hortaliças). Para isso, a adoção de práticas e técnicas conservacionistas ou regenerativas de manejo do solo é essencial para garantir a sustentabilidade social, econômica e ambiental, a segurança alimentar e a qualidade de vida nas áreas de montanha, fomentadas por políticas públicas e programas de incentivo, em especial o pagamento de serviços ecossistêmicos.

Ocupação e manejo de Solos de Montanha

A ocupação inicial dos solos de montanha, em função do seu distanciamento dos centros urbanos, se deu predominantemente pela agricultura familiar, desprovida de recursos e, em muitas ocasiões, sem o auxílio técnico necessário. Dessa forma, o desmatamento seguido do cultivo de culturas, como café (na região sudeste) e uva e maçã (na região sul), utilizando técnicas, como o revolvimento do solo com aração e gradagem, herdadas de regiões de clima temperado, caracterizou a ocupação desses ambientes. Segundo Straliootto e Freitas (2022), nas condições de solos altamente

intemperizados e dos rigores do clima tropical, tais práticas e técnicas e a adoção de manejo não conservacionistas causaram a rápida degradação das terras e a aceleração dos processos erosivos, resultando no baixo rendimento por hectare e na produção baseada na ocupação de extensas áreas naturais.

Na década de 1960, a associação entre fatores naturais (pluviosidade e topografia) e antrópicos (cultivo convencional de culturas) intensificou os processos erosivos e gerou a formação de ravinas e voçorocas e os deslizamentos de terras. Em áreas nas quais era possível o acesso de máquinas e onde a assistência técnica pôde guiar as melhores maneiras de cultivo, foram implementadas práticas mecânicas de conservação do solo, como plantio em nível, terraceamento, canais escoadouros, entre outros, que se mostraram efetivas em áreas com culturas perenes, como café e citrus, e semi perenes, como a cana-de-açúcar.

Na década de 1970, a semeadura direta, associada à diversificação e cobertura permanente do solo, surgiu como prática para controlar a erosão em áreas de produção de grãos (Freitas; Landers, 2014). No entanto, sua adoção em áreas de montanha permaneceu incipiente. Nesses locais, essas práticas não chegaram a ser implantadas, tornando-se uma realidade muito tímida, ainda atualmente.

Os serviços ecossistêmicos proporcionados pelos ambientes de montanha são de extrema importância para compreensão das relações sociais com o ambiente (Ferreira *et al.*, 2023). Esses serviços têm reduzida qualidade quando o ambiente é submetido à intervenção humana, seja para cultivos ou para outras ações antrópicas.

Dentre as diversas atividades praticadas hoje no bioma Mata Atlântica, em especial na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro, destaca-se a agricultura migratória e itinerante (Miranda, 2008). Reconhecido como um dos biomas mais ameaçados do planeta, devido à elevada devastação e pequena conservação de áreas remanescentes de floresta, a Mata Atlântica requer a formação de corredores ecológicos (Miranda *et al.*, 2023) para a proteção da fauna, flora e da vida, seja no campo ou na cidade. Requer também a adoção de técnicas adequadas para promover o aumento de produtividade agrícola sem a necessidade do desmatamento.

A produção de alimentos é um importante aliado ao enfrentamento às mudanças climáticas atrelado ao compromisso social de alimentar as populações. A redução dos impactos ambientais quando do cultivo de alimentos deve fazer parte de um planejamento e adoção de manejo que atenda as duas vertentes simultaneamente, produzir preservando, o que pode ocorrer desde que sejam adotadas práticas que promovam a manutenção de serviços ecossistêmicos. Uma vez mantida a qualidade desses serviços a resposta do ambiente, seja através do solo menos degradado ou da água com suas fontes protegidas, associado à manutenção de sua qualidade, representam oportunidade qualitativa de vida à fauna, à flora e ao homem. De

acordo com Martins (2017), a agricultura possui um grande potencial de mitigação das mudanças climáticas por meio da adoção de práticas de manejo capazes de estocar carbono no solo.

Em terras com lavouras e pastagens, o manejo inadequado do solo exerce um grande impacto, dando origem a consequências significativas e indesejáveis (Cogo; Levien; Schwarz, 2003), culminando em resultados prejudiciais tanto para o ambiente como para a produtividade agrícola (Albuquerque *et al.*, 2002; Bertoni; Lombardi Neto, 1990).

O sistema de cultivo tradicionalmente utilizado, envolvendo preparo intensivo do solo com arados, grades e subsoladores, seguido de períodos prolongados de exposição do solo após o cultivo, amplifica a remoção da camada mais superficial do solo (Albuquerque *et al.*, 2002), transportando nutrientes e comprometendo a fertilidade do solo (Hernani *et al.*, 1999), reduzindo a produtividade (Polidoro *et al.*, 2021), e causando assoreamento e eutrofização de rios, lagos e reservatórios (águas superficiais) (Ferreira *et al.*, 2023), sendo um dos fatores responsáveis pelo aumento da ocorrência de inundações de áreas urbanas e rurais e de estações secas cada vez mais intensas. À medida que a erosão modifica a estrutura do solo, não só deslocam nutrientes essenciais, mas também libera carbono para a atmosfera, reduzindo o estoque de carbono no solo.

Embora o objetivo do processo de mecanização seja garantir, através do preparo, um solo adequado para o pleno desenvolvimento das plantas, o trânsito de equipamentos durante a instalação da cultura tende a formar camadas compactadas. O preparo consiste basicamente em duas etapas, no qual a primeira, ou o preparo primário, se dá pela inversão da leiva do solo em camadas de 0,15 a 0,20 m de profundidade, geralmente utilizando arados de discos ou de aivecas, e a segunda consiste no destorroamento e nivelamento do solo, que foi gerado pela aração (Derpsch, 1997).

Esse sistema de manejo promove pulverização excessiva do solo, aumentando a sua suscetibilidade à erosão e à lixiviação dos nutrientes, pois a inversão da leiva altera a agregação das partículas, principal responsável pela retenção dos nutrientes do solo (Seguy *et al.*, 1984). De acordo com Campos *et al.* (1995), o uso inadequado de implementos agrícolas pode ocasionar o desenvolvimento da camada compactada subsuperficialmente, sendo considerada como uma das principais formas da degradação da estrutura do solo e da diminuição da produtividade das culturas. Essa prática, realizada sucessivas vezes sem a devida atividade de recuperação, tornar-se-á insustentável economicamente, seja pela baixa produtividade ou seja pelos gastos com a recuperação da área degradada futuramente.

O uso da enxada rotativa ou rotocultivador é mais comum entre os produtores de hortaliças, levando à desagregação do solo, sendo esta forma de manejo ainda muito comum em áreas de cultivos de hortaliças, como observado na Região Serrana fluminense, nascentes de corpos hídricos que abastecem a população. Devido às exigências das culturas, como o tamanho reduzido das sementes, por exemplo, a possibilidade de regulagem da rotação das enxadas e definição do tamanho dos torrões garantem seu uso contínuo no preparo do solo, para semeadura. A enxada rotativa, devido ao seu princípio de funcionamento, deixa o solo subdividido em frações de diversos tamanhos (Silveira, 1989). O resultado dessa ação mecânica aos agregados do solo é a sua ruptura, ao quebrar sua estrutura. A decomposição da matéria orgânica torna-se mais rápida, podendo haver uma redução significativa do conteúdo desta, caso não seja paralelamente aplicada uma quantidade suficiente de adubo orgânico (Silveira, 1989). Essa ação de pulverização do solo tende a reduzir a concentração de carbono nas camadas superficiais, gerando efeitos diretos, como a diminuição da fertilidade do solo e indiretos, como o aumento da densidade do solo – devido à sua atuação como agente cimentante na formação dos agregados do solo – e redução da micro e mesofauna do solo (Sant’anna *et al.*, 2024).

Esse modelo de agricultura vem acarretando uma vulnerabilidade social e um acentuado processo de degradação ambiental que afeta a capacidade produtiva das unidades familiares (Assis; Antônio; Aquino, 2019). Mudanças na vegetação e nos estoques de carbono do solo podem ocorrer naturalmente quando o ecossistema se desenvolve, amadurece ou é degradado, ou como resultado de usos do solo que servem às necessidades da sociedade, tais como produção de alimentos e madeira, fornecimento de energia, desenvolvimento urbano, gestão de resíduos e abastecimento de água (Ostle *et al.*, 2009).

A incerteza do valor de mercado dos produtos agrícolas deve ser considerada quanto ao risco de custos não cobertos pela produção, inclusive os de recuperação de terras degradadas. Uma vez que os sistemas de manejo não conservacionistas implicam no contínuo favorecimento de degradação do solo – o que associado às ocorrências naturais como chuvas, ventos etc. – geram perdas de massa do solo através de escorregamentos, assoreamentos de corpos hídricos e empobrecimento do solo nas áreas de produção. Altos níveis de erosão são verificados em decorrência do uso de práticas pouco conservacionistas, levando ao aumento dos riscos econômicos, somados aos altos custos de produção e à incerteza dos preços dos produtos agrícolas (Assis; Antônio; Aquino, 2019).

Erosão hídrica em solos de montanha

Os estudos sobre a erosão hídrica em regiões montanhosas do Brasil apresentam como característica a especificidade a regiões específicas (Batista *et al.*, 2021; Duarte *et al.*, 2020; Vendruscolo *et al.*, 2020). Em muitas regiões, ainda não se conhece o potencial erosivo por falta de registros pluviográficos ou dados de chuva com alta resolução temporal e a sua intensificação devido à utilização de práticas inadequadas de manejo nos sistemas agrícolas (Almeida, 2018).

A região de montanha é caracterizada por relevo acidentado e por declividades elevadas, o que torna o ambiente mais suscetível à erosão hídrica, sobretudo quando ocorrem em áreas onde predominam solos rasos, como Cambissolos, Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos. Bem como, quando ocorrem Argissolos, que apresentam infiltração rápida na superfície e mais lenta em subsuperfície, devido ao horizonte subsuperficial adensado. Erosão hídrica em solos de montanha é um processo natural de formação da paisagem e formas de relevo em zonas tropicais (Bertoni; Lombardi Neto, 1990; Renard *et al.*, 1997) e, em função do clima tropical predominante, a erosão hídrica é o tipo de erosão que ocorre com maior evidência (Guerra, 2005; Muehe, 2006).

Na erosão hídrica, gotas de chuva impactam a superfície do solo, causando a ruptura e quebra dos agregados, com posterior deslocamento das partículas individualizadas, seguida pela erosão laminar, em que uma fina camada de solo é removida pela água (Albuquerque *et al.*, 2002; Carvalho; Ribeiro *et al.*, 2014). Esse desprendimento é intensificado no local em função da inclinação e do comprimento da vertente (Panagos *et al.*, 2015). À medida que o processo continua, sulcos e eventualmente voçorocas são formados, arrastando as partículas do solo para serem depositadas nas partes mais baixas da paisagem (Rubira *et al.*, 2016), contribuindo assim com a formação de novos cenários naturais em áreas de montanhas

Compactação do solo em regiões montanhosas

A compactação superficial e subsuperficial do solo é um problema comum em áreas montanhosas, resultante principalmente de práticas agrícolas inadequadas, como o revolvimento intenso envolvendo aração e gradagem no sentido do declive (morro abaixo) e do sobrepastejo. Esse processo degrada a qualidade do solo, reduz a infiltração de água e aumenta a suscetibilidade à erosão, com consequências negativas para a produtividade e para o meio ambiente.

Na maior parte da região sudeste, a compactação está associada à produção intensiva no cultivo de hortaliças. Nesses locais, o uso de implementos agrícolas para o preparo do solo promove a pulverização do solo e a compactação das camadas subsuperficiais. Enquanto o sistema favorece o crescimento de raízes, especialmente tubérculos, leva à uma redução da infiltração de água no solo, iniciando o processo de erosão.

Na região sul e em alguns pontos da região sudeste, em que ocorre a produção de culturas perenes, os entraves são diferentes: a movimentação de pessoas ou de pequenos tratores nas entrelinhas pode também causar compactação, reduzindo o desenvolvimento radicular das culturas, comprometendo a produtividade e reduzindo a infiltração de água no solo. Um exemplo desse processo são as áreas com café em Cambissolo no município de Bom Jardim na Região Serrana do Rio de Janeiro (Miranda, 2008).

Em outras regiões de montanha do Brasil, como zona da Mata Mineira, do Médio Vale do Paraíba do Sul, na Serra da Mantiqueira e Serra da Bocaina, é observado o uso com pastagem. Nessas áreas, o sobrepastoreio, com o número de unidades animais acima da capacidade de suporte do solo, sem pastejo rotacionado ou descanso da área, tem como consequência a compactação superficial – devido à pressão do casco do animal –, a redução da infiltração de água no solo e o aumento da erosão. Também compromete o desenvolvimento das raízes das forrageiras, reduzindo a capacidade de suporte. Rajbanshi, Das e Paul (2023) realizaram um estudo de meta-análise sobre práticas conservacionistas no controle dos processos erosivos e concluíram que, apesar do não revolvimento do solo ser a prática com maior impacto no controle da erosão hídrica, as demais práticas conservacionistas, como cultivo sobre a palhada, adubação com matéria orgânica e rotação de culturas, possuem capacidade de auxiliar no controle da erosão.

CONTROLE DO PROCESSO DE EROSÃO HÍDRICA EM SOLOS DE MONTANHA

A erosão hídrica é uma das principais causas de degradação do solo e devido ao longo tempo para sua formação, as taxas de perda de solo são superiores às de reposição (Needelman, 2013). De acordo com Almeida (2018), a escassez de dados pluviográficos e de estimativa da chuva crítica são fatores que limitam a caracterização do potencial erosivo de determinada região. O conhecimento dos aspectos edafoclimáticos disponíveis devem ser associados ao conhecimento tradicional das populações locais, como melhor estratégia de uso responsivo dos recursos naturais existentes, de maneira que haja redução das perdas da saúde do ambiente, otimização de recursos e ainda produção vegetal com menor custo.

Para mitigar os efeitos do manejo inadequado do solo, a adoção de práticas agrícolas conservacionistas e sustentáveis é crucial (Verdum; Vieira; Caneppele, 2016; Zonta *et al.*, 2012). Dentre elas, o cultivo mínimo e a semeadura direta são empregados também em áreas de montanha, o que apesar da pequena escala, têm alcançado bons resultados de produtividade, além do efeito benéfico ambiental, e assim sendo disseminados de forma mais abrangente e orgânica nessas regiões.

O cultivo mínimo consiste no emprego de implementos, como o arado escarificador ou a grade leve, visando romper apenas a camada superficial compactada e, no caso da grade, controlar as plantas daninhas de pequeno porte (Embrapa, 2021b). Nesse sistema usam-se máquinas convencionais em operações de revolvimento do solo de baixa intensidade – por exemplo, preparo do solo com arado escarificador, seguido de grades de dentes com ou sem rolo compactador (Silveira, 1989). O uso da grade leve é recomendado para solos descompactados e com pouca incidência de plantas daninhas com a finalidade de manter a estrutura do solo e de reduzir os custos operacionais (Embrapa, 2021c). Uma vez preparado, o solo tende a ser submetido cada vez menos a equipamentos, pois o trato das camadas necessárias ao desenvolvimento das raízes já ocorreu (Embrapa, 2021c). O uso do escarificador permite o preparo do solo seco e um maior rendimento operacional quando comparado ao arado.

O cultivo mínimo resulta na diminuição da compactação causada pelo tráfego de máquinas – devido ao menor tempo de operação –, na redução de gastos com combustível, reparos e manutenção nas operações de preparo do solo. A técnica mais aperfeiçoada de cultivo reduzido é a semeadura direta (Silveira, 1989). Essa técnica também contribui para a manutenção de resíduos vegetais na superfície do terreno, protegendo o solo contra a erosão (Embrapa, 2021b).

De acordo com Silveira (1989), a semeadura direta consiste na não eliminação da vegetação na renovação do cultivo, na aplicação de fertilizante e na colheita, movimentando o solo o mínimo possível. O manejo da vegetação pode ser mecânico, com roçadeira, rolo faca ou, em condições mais específicas, com grade regulada para corte do material vegetal, ou químico, usando herbicidas recomendados pela assistência técnica. O preparo do solo é localizado na cova, não havendo revolvimento do entorno, o que pode ser feito de forma manual, com enxada, ou usando uma coveadora. Essa técnica protege o solo contra o impacto direto das gotas de chuva devendo também ser utilizado plantas de cobertura ou de serviço para formação de palhada, sendo um exemplo a aveia preta (*Avena strigosa* Schreb), posteriormente realizado o preparo da cova sobre a palhada gerada pela cultura. Ressalta-se que devido às características dos produtores da região de montanha usa-se predominantemente, na eliminação da vegetação e no preparo da cova, herbicida de contato ou dessecante sob recomendação de um engenheiro agrônomo. A utilização de agrotóxicos de forma desordenada pode ocasionar problemas ambientais para a região, assim, sempre que possível recomenda-se a utilização de maquinários para colher e para triturar o material vegetal utilizado nas covas.

O sistema plantio direto (SPD) compreende um conjunto de práticas conservacionistas ou regenerativas com ampla comprovação técnico-científica no controle dos processos erosivos, na recuperação da fertilidade física, química e

biológica do solo e na sustentabilidade da produção agrícola e pecuária. No entanto, sua fixação ocorreu somente na década de 1980, em função da influência econômica negativa gerada pela erosão hídrica e do aumento na disponibilidade de máquinas agrícolas que auxiliavam nos tratos agrícolas e na fertilização do solo (Freitas, 2002). O SPD se baseia no tripé: mínimo revolvimento do solo, rotação plurianual de culturas, e a cobertura permanente do solo (não remoção dos resíduos culturais) (Freitas, 2002). Diversas outras práticas são utilizadas visando a conservação do solo, como a utilização isolada de uma das medidas que norteiam o SPD, utilização de terraços, cultivo em nível, dentre outras, preservando a saúde do solo e garantindo a viabilidade agrícola de longo prazo.

Devido ao não revolvimento do solo, as técnicas de semeadura direta ou plantio direto normalmente resultam em acúmulo de nutrientes na superfície do solo (Schick *et al.*, 2000), que pode ser alcançada quando utilizadas práticas, como o reduzido revolvimento do solo e o uso de adubos verdes para a formação de uma cobertura vegetal morta sobre a superfície (Aquino *et al.*, 2014; Assis; Antônio; Aquino, 2012; Torres *et al.*, 2005).

De acordo com Silva (2020), a principal razão para a adoção do SPD no país deve-se à intensa degradação ambiental provocada principalmente pela erosão hídrica, que elevou os custos de produção a ponto de tornar-se a atividade agropecuária insustentável. Nas últimas décadas, mesmo com os estudos comprovando a viabilidade econômica pela adoção dos princípios básicos do SPD, a maioria dos produtores nas regiões de montanha ainda optam pelo sistema de cultivo com revolvimento intensivo do solo. Com a intensificação das mudanças climáticas e com eventos extremos, os processos erosivos retornam ao centro da discussão na área de conservação do solo.

A necessidade de encontrar novas técnicas foram disseminadas, principalmente pela redução na produção de alimentos e na diminuição dos lucros no setor de grãos. Pode ser citada a utilização dos sistemas integrados, como os sistemas agroflorestais e a integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) que, além de evitar a erosão do solo, visam uma agricultura mais sustentável que protege tanto o meio ambiente quanto a produção de alimentos diversificada (Anghinoni *et al.*, 2021). Nesses sistemas, a vegetação protege o solo do impacto direto da gota de chuva e promove uma maior resistência do solo ao escoamento superficial, especialmente em áreas de montanha (Ribaski, 2008). A adoção de sistemas integrados de produção de culturas perenes ou hortaliças, com o uso de plantas de serviço, mantendo o solo coberto ao longo do ano e com diversidade de espécies, promovendo a diversidade de raízes e favorecendo a qualidade da estrutura e a saúde do solo, aumenta a resistência do solo à erosão hídrica.

Ressalta-se ainda a importância das práticas mecânicas, como o plantio em nível, o terraceamento, as bacias de contenção e canais escoadouros, não só nas áreas usadas com a agropecuária, mas nas estradas rurais em áreas de montanha.

Também vem ganhando força o cultivo de espécies perenes como, café, uva, pera e citros, entre outros, em terraços, o que exige cuidados adicionais com os tratamentos culturais para evitar a compactação dos canais de escoamento de água.

Controle do processo de erosão hídrica na produção de hortaliças

O cultivo de hortaliças no Brasil é caracterizado como uma atividade realizada predominantemente em pequenas propriedades, que estão, em sua maioria, localizadas próximas aos centros urbanos, e assim, de fácil escoamento até o mercado consumidor (Albuquerque, 2016). Esse padrão também é observado na Região Serrana do Rio de Janeiro, pois encontra-se inserida no coração de um dos maiores centros consumidores do país.

Uma prática muito utilizada na horticultura é, após o solo ser pulverizado com enxada rotativa, se fazer leiras com encanteirador. Essas leiras, são bastante friáveis, favorecem o desenvolvimento das raízes as quais, no entanto, têm seu crescimento limitado à espessura da leira. Em geral não aprofundam, seja pelo tamanho natural das raízes, que são pequenas, seja pela maior disponibilidade de nutrientes nessa seção e, em muitos casos, pela irrigação realizada.

De acordo com Grisel e Assis (2020), no processo de gradear o solo após a aração, a eficiência do trabalho é multiplicada por 60, atingindo 0,5 HD/ha, e nesse estudo os autores buscaram estabelecer os condicionantes agroeconômicos para adoção de práticas sustentáveis nos ambientes de montanha do sudoeste do município de Nova Friburgo, RJ. Eles ainda garantem que em seguida ao uso do trator, houve a disseminação de implementos, como o arado de discos e a rotativa-encanteiradora, aumentando a eficiência total.

Na agricultura familiar, a conformação dos canteiros é realizada com o auxílio de aleiradores ou de discos (Bittencourt, 2020). O encanteirador deve permitir conformar canteiros com largura variável de 0,50 a 1,00 m e altura entre 0,10 e 0,30 m para suprir as necessidades dos agricultores familiares (Carvalho; Ribeiro *et al.*, 2014; Filgueira, 2012; Lima Junior *et al.*, 2012). Mesmo com o uso de equipamentos de menor impacto ao solo, como é o caso do encanteirador, pode-se observar erosão, especialmente em áreas declivosas e com chuvas fortes. Assim, se por um lado esse equipamento é mais prático e acessível aos agricultores, por outro, pode colaborar com a degradação e redução da capacidade produtiva do solo.

A atividade agrícola apresenta um grande potencial de degradação ambiental (Lal, 2003; Oldeman, 1994; Sharples, 2002) quando são aplicadas práticas inapropriadas. Como consequência, pode ocorrer a degradação do solo e com isso a diminuição dos teores de carbono orgânico, componente estrutural da matéria orgânica ligada à fertilidade e à estrutura do solo. Por outro lado, a qualidade do solo pode ser restabelecida com a adoção de práticas conservacionistas na produção agrícola.

Essas práticas estimulam a remoção do CO₂ da atmosfera (gás carbônico – promotor do aquecimento global) e fixação (sequestro) no solo, ou seja, imobilizam a matéria orgânica e aumentam a fertilidade (Barreto *et al.*, 2009; Bonato; Henkes, 2013).

É sabido que a produção de hortaliças na Região Serrana do Rio de Janeiro emprega ainda poucas práticas de conservação de solo e água, em que se observa aração morro abaixo, excessivo uso da enxada rotativa e solos descobertos. Esse padrão de manejo favorece a erosão do solo, maior incidência de ervas espontâneas e o surgimento de doenças provocadas por fungos de solo (Guerra *et al.*, 2007). Em contrapartida, algumas iniciativas positivas têm sido realizadas, como a adubação verde, geralmente, e a utilização dessa prática permite a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo, além de promover o controle das plantas invasoras (Aquino; Assis, 2005).

O conhecimento sobre as características das plantas utilizadas na adubação verde deve ser considerado, pois, muitas das espécies possuem especificidades que podem promover melhores resultados, se adotadas nos locais que condizem com sua adaptabilidade. Assim, a introdução de culturas de cobertura ou de serviço, como a aveia preta (*Avena strigosa*), protegendo o solo contra o impacto direto da gota de chuva, a redução do emprego de enxada rotativa por parte de alguns agricultores, e o cultivo mínimo, preparando o solo só na cova, são práticas que podem minimizar a degradação do solo (NEVES, 2000).

Controle do processo de erosão hídrica em áreas de pastagem

A associação de relevo montanhoso e ocupação dessas áreas por pastagens é muito comum no Brasil, para a retirada de madeira. No entanto, em função da degradação do solo, das dificuldades operacionais e da escassez de mão-de-obra, essas áreas foram aos poucos sendo destinadas para a pecuária extensiva com poucos cuidados e baixos investimentos devido à baixa produtividade e retorno financeiro. Essa forma de conduzir a pecuária resultou na degradação de muitos dos solos ocupados por pastagens, especialmente nas regiões de altitude do sudeste do estado do Rio de Janeiro, onde normalmente o potencial erosivo das chuvas é elevado quando comparado às regiões de menores altitudes (Gonçalves *et al.*, 2006).

Um dos fatores naturais que contribui de forma significativa para a intensificação da erosão hídrica nas pastagens em regiões montanhosas é o próprio solo, uma vez que predominam nessas áreas solos com baixa taxa de infiltração estável de água, dentre os quais destacam-se os Argissolos e Cambissolos (Drucker *et al.*, 2017). Esses solos apresentam morfologia e atributos físicos que dificultam a infiltração da água, em comparação a outras ordens de solos, como por exemplo, os Latossolos, resultando no maior escoamento superficial (Santos *et al.*, 2018). A associação de

solos com baixa infiltração, relevo montanhoso, pouca cobertura vegetal, regime de chuvas com alta intensidade e baixo investimento tecnológico favorece o escoamento superficial, levando à degradação expressiva das pastagens e por consequência dos solos sob as mesmas.

Após décadas e, em algumas localidades até mesmo por séculos, de exploração extensiva do solo sob pastagens degradadas, a adoção de estratégias para a minimização da erosão hídrica torna-se um desafio para os produtores, pesquisadores, extensionistas e o poder público. Em muitos pontos das paisagens de relevo montanhoso, o estágio de degradação já alcançou o surgimento de ravinas e voçorocas, condição em que na maioria das vezes não é mais viável economicamente a recuperação dessas áreas. Nessas condições ocorre o desprendimento de grandes quantidades de sedimentos e, por consequência, o abandono de extensas áreas. Esse material é escoado para locais de menor cota e, ao longo do tempo, pode causar o assoreamento de nascentes, córregos, riachos e rios. Ambientalmente essa degradação tem um preço muito elevado para toda a sociedade.

Nas áreas em que a degradação ainda se encontra com a erosão hídrica nas fases laminar e/ou em sulcos, algumas estratégias de manejo das pastagens e dos animais podem minimizar a erosão hídrica, estabilizar o processo de degradação das pastagens e do solo, e até mesmo reverter em médio e longo prazo o processo de degradação. Uma estratégia relativamente simples e barata é a melhoria da alimentação animal com suplementação volumosa no cocho com cana-de-açúcar e capineiras, associada à divisão das pastagens em piquetes utilizando cercas elétricas (Carvalho; Costa, 1998). Toda propriedade, exceto em situações muito específicas, têm áreas, por mais que sejam pequenas, para formar um canavial e capineiras com baixo custo. Os investimentos na divisão dos pastos em piquetes utilizando cercas elétricas são baixos, sendo viável para todos os níveis de pecuaristas. A adoção dessa estratégia reduz o superpastejo na época mais crítica do ano, que normalmente ocorre no inverno e início da primavera. A divisão das áreas em piquetes propicia às pastagens a condição para o reestabelecimento de sua parte aérea e consequentemente o fortalecimento do sistema radicular, desde que seja respeitada a fisiologia da planta, que para as gramíneas é de aproximadamente 30 dias. Com a divisão de piquetes pode-se fazer o pastejo rotacionado, onde vai passando de um piquete para o outro respeitando um período de descanso em geral de 30 dias.

Em outras situações em que o produtor possui o apoio de extensionistas, além de adotar a estratégia descrita no parágrafo anterior, utilizam práticas edáficas, como o uso de análise de solo, calagem, e adubação em doses corretas, e assim, a melhoria na pastagem torna-se ainda mais acentuada, gerando um solo mais protegido contra a erosão hídrica e consequentemente maior retorno econômico para o pecuarista. Uma alternativa que se soma à redução da pressão de uso intensivo das pastagens

e à exaustão do solo, apesar de geralmente possuir um custo mais elevado, é o melhoramento genético dos animais, uma vez que torna possível alcançar uma produção maior ou igual com um menor número de animais. Ainda, a adoção de espécies de gramíneas mais adaptadas às condições de cada região, especialmente de solo, contribui para a melhoria das pastagens e auxilia na conservação do solo.

Outras estratégias podem ser adotadas, independentemente do poder de investimento do pecuarista, seja pequeno, médio ou grande produtor. A adoção da Integração Pecuária-Floresta em áreas de relevo montanhoso pode ser uma boa alternativa para minimizar a degradação das pastagens e do solo por erosão hídrica e melhorar os rendimentos da propriedade rural. Esses sistemas integrados possuem a capacidade de potencializar os ganhos econômicos de produtores que atuam apenas na área pecuária, pois, indiretamente, a introdução de uma espécie arbórea gera aumento no conforto térmico para os animais e diretamente possibilitam a comercialização de um outro produto, como a madeira, frutas e até mesmo flores.

Um aspecto relevante dentro do contexto de recuperação/preservação do solo e por consequência dos recursos naturais, diz respeito ao “Pagamento por Serviços Ambientais (PSA)” instituído pela Lei 14.119/2021 e faz referência, no art. 3º, inciso III, à “compensação vinculada a certificado de redução de emissões por desmatamento e degradação”. Em muitas das áreas atualmente degradadas pelo pastejo dos animais, poderia ser estabelecido políticas públicas que adotassem o pagamento aos produtores rurais (pecuaristas) pela recuperação dessas áreas de vegetação nativa e conservação das nascentes e mananciais. Várias regiões do país adotam, há anos, as orientações da ANA quanto ao PSA, a exemplo do município de Extrema em Minas Gerais (agua.org.br) e várias bacias hidrográficas do estado do Espírito Santo. Exemplos de trabalhos dessa natureza precisam ser mais bem debatidos e adotados para melhorar a preservação dos recursos naturais, dentre os quais estão o solo e a água, pois sem eles não existe a possibilidade de vida no planeta, e que são intensamente impactados negativamente pela erosão hídrica em condições de clima tropical e pastagens malconduzidas, como é o caso do Brasil.

Uma outra iniciativa que tem recuperado pastagens usando sistemas silvipastoris e pagamento por serviços ecossistêmicos hídricos é o Projeto Conexão Mata Atlântica, que tem áreas em Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. No Rio de Janeiro ocorre em duas sub-bacias pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, a dos rios Pomba e Muriaé e a dos rios Preto e Paraibuna. Em São Paulo ocorre nas zonas de amortecimento de quatro Unidades de Conservação: a Área de Proteção Ambiental São Francisco Xavier no município de São José dos Campos/SP; a Estação Ecológica de Bananal, abrangendo parte do município de Bananal/SP; o Núcleo Santa Virgínia do Parque Estadual da Serra do Mar inserida nos municípios de Natividade da Serra e São Luiz do Paraitinga; e o Núcleo Itarirú do Parque Estadual da Serra do Mar, abrangendo parte dos municípios de Miracatu, Pedro de Toledo, Itariri e Peruíbe

(<https://conexaomataatlantica.mctic.gov.br/cma/portal/>).

Em suma, é possível manter e melhorar do ponto de vista econômico as atividades agropecuárias e sua rentabilidade, e ao mesmo tempo preservar os recursos naturais. É preciso que todos façam sua parte: começando pelo poder público, que precisa criar as condições para que as iniciativas sejam colocadas em prática e apoiá-las ao longo do tempo, independentemente de mudanças de governantes; os produtores, que precisam se atualizar e buscar a ajuda naquilo que não conseguem desenvolver sozinhos; as instituições e entidades que produzem e detêm os conhecimentos e as tecnologias, que precisam ser colocados em prática; e a sociedade como um todo, atuando como fiscalizadora e protetora do solo.

A MITIGAÇÃO DO PROCESSO DE COMPACTAÇÃO EM SOLOS DE MONTANHA

Áreas de pastagem e áreas com lavoura – preparo convencional

A compactação em áreas cultivadas e nas pastagens é atualmente uma preocupação constante, uma vez que afeta a composição trifásica do solo e altera as relações sólidos-ar-água do solo. Segundo Kiehl (1979), o solo ideal do ponto de vista agrícola deve apresentar aproximadamente 50% de sólidos e 50% de espaço poroso, sendo este preenchido 25% por água e 25% por ar e aqueles divididos em 45% de material mineral e 5% material orgânico (Brady, 2013). Quando essas relações do solo são significativamente alteradas, uma série de problemas surge no sistema solo-planta-atmosfera, como a redução da infiltração da água, das trocas gasosas, da drenagem e do crescimento vegetal. Além disso, em casos mais extremos, é possível que ocorra dificuldade no desenvolvimento do sistema radicular das plantas, gerando um impacto negativo nas relações simbióticas entre as raízes e os micro-organismos presentes no solo.

Em relação às pastagens em áreas montanhosas, a principal causa da compactação do solo, nas camadas superficiais, é o pisoteio animal quando essas áreas são submetidas à superlotação de animais. Em áreas em que a declividade permite o tráfego de máquinas e implementos agrícolas podem ocorrer pontos de compactação, especialmente nos arredores dos currais, cochos e instalações de grande porte de modo geral. Esses locais não apresentam expressão significativa em termos de área quando comparados às regiões de pastagens degradadas em campo aberto da pecuária brasileira. A reforma da pastagem com preparo do solo com arados e/ou grades aradoras no sentido do declive das encostas pode resultar na compactação do solo quando a camada revolvida é arrastada pela água das chuvas, expondo os horizontes subsuperficiais. A exposição desses horizontes,

normalmente naturalmente adensados, intensifica a compactação pelo pisoteio dos animais quando a pastagem não é plenamente restabelecida após a tentativa de reforma de pastagens em regiões montanhosas (Figura 1).

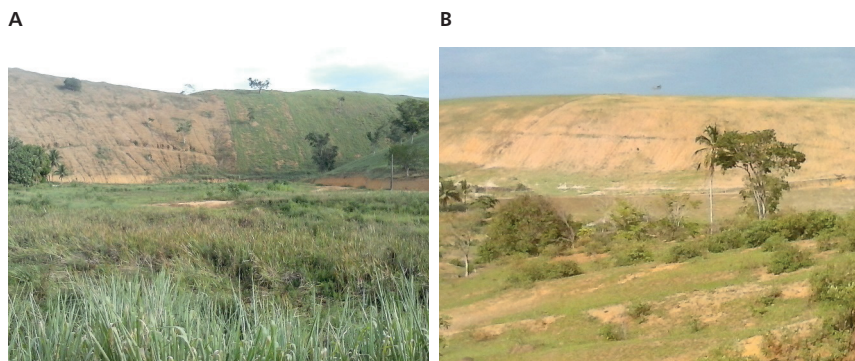


Figura 1. Tentativas frustradas de reforma de pastagens com preparo do solo no sentido do declive das encostas no período chuvoso. (A) Mimoso do Sul, ES e (B) Campos dos Goytacazes, RJ. Fotos: Nivaldo Schultz.

A mitigação da compactação do solo em pastagens pode ser alcançada com a adoção das estratégias descritas no item 2.2. “Minimizando a Erosão Hídrica em Áreas de Pastagem”, em relação à diminuição do impacto da erosão hídrica. A redução dos processos que conduzem o processo erosivo nas pastagens reduz também a compactação; porquanto a erosão hídrica e a compactação são os dois tipos de degradação que mais impactam os solos utilizados na agropecuária no mundo, e se retroalimentam, ou seja, sempre que um ocorre o outro está presente ou aparecerá ao longo do tempo (FAO, 2019).

No caso da reforma de pastagens em áreas com declividade acentuada, onde obrigatoriamente as operações com máquinas e implementos precisam ser realizadas no sentido do declive das encostas, duas opções podem ser adotadas. A primeira é a reforma das pastagens em médio a longo prazo, com aplicação ou não de herbicida para controle das plantas espontâneas, calagem superficial associada ou não ao consórcio da pastagem com plantas fixadoras de nitrogênio, e o estabelecimento de um bom programa de adubação da pastagem para a sua manutenção ao longo do tempo após a reforma. Na Figura 2 é apresentada uma área experimental em que foi realizada a reforma da pastagem numa área com 36% de declividade, com aplicação de herbicida e calagem superficial, no setor de Bovinocultura da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Na Figura 2 é possível observar a área após a dessecação da vegetação espontânea e a fase inicial da germinação e desenvolvimento das plântulas e a pastagem formada com 90 dias após a semeadura. Ressalta-se que junto com a

semeadura foram aplicados 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 , na forma de superfosfato simples, e em cobertura, e aos 45 e 90 dias após a semeadura foram aplicados 40 kg ha^{-1} de K_2O e nitrogênio, na forma de cloreto de potássio e ureia.



Figura 2. Reforma de pastagem em área declivosa, após dessecação das plantas espontâneas e calagem superficial, no setor de Bovinocultura da UFRRJ. Fotos: Nivaldo Schultz.

A segunda opção, quando o produtor não pode realizar a reforma de médio a longo prazo, é fazer o preparo do solo no período de poucas chuvas (outono/inverno) e a semeadura no início do período chuvoso. Nesse caso, dependendo do surgimento de plantas espontâneas no período entre o preparo do solo e a semeadura das sementes da pastagem pode ser necessária a aplicação de herbicida, para em seguida realizar a semeadura da espécie que formará a pastagem. A adoção dessa estratégia minimiza a perda de solo pela erosão, uma vez que a semeadura é realizada logo no início do período chuvoso e a formação da pastagem ocorre num período relativamente curto, cobrindo o solo quando as chuvas tendem a ficar mais intensas, frequentes e duradouras – especialmente no final da primavera e no verão. É importante que seja realizada a adubação de semeadura com alguma fonte de fósforo, e em cobertura, aos 30 e 60 dias após a semeadura, realizar a adubação com potássio e nitrogênio. Essas adubações vão acelerar o crescimento das plantas e o fechamento da pastagem, minimizando-se com isso o escoamento superficial e a remoção da camada revolvida do solo. As doses de fertilizantes vão depender da análise de solo e da demanda nutricional da forrageira implantada (Portz *et al.*, 2013).

Com relação às áreas cultivadas em regiões montanhosas, na maioria dos casos essa compactação é resultado do afloramento do “pé-de-arado” (Figura 3A), uma vez que a camada superficial revolvida é em muitas áreas perdidas com a erosão hídrica (Figura 3).

A**B**

Figura 3. Áreas de cultivo de hortaliças na região de Barracão dos Mendes, Nova Friburgo, RJ. Fotos: Nivaldo Schultz.

Como essas áreas são constantemente revolvidas, o que é uma prática comum na produção de olerícolas, a camada superficial fica desagregada (solo solto até aproximadamente 20 a 30 cm de profundidade), e logo abaixo ocorre a formação do “pé-de-arado”, diminuindo o fluxo interno de água, favorecendo a saturação da camada superficial, desagregada, e seu arraste pelo escoamento superficial quando ocorrem chuvas de alta intensidade, frequentes e de longa duração. Essa forma de compactação nas áreas de cultivo em relevo montanhoso é similar ao que ocorre em muitos casos nas tentativas de reformas de pastagens com preparo do solo no sentido do declive das encostas no período de chuvas intensas e frequentes. Nesses casos a compactação também ocorre em função da remoção da camada superficial e exposição das mais profundas, naturalmente mais densas, e compactam com mais facilidade com o tráfego de máquinas, implementos e o pisoteio humano quando expostas. Ressalta-se que em áreas de produção de olerícolas, devido à intensidade de operações com tratos culturais e colheitas, o pisoteio humano causa compactação significativa, especialmente entre os canteiros e nas ruas entre as linhas de plantio.

A mitigação da compactação em áreas de cultivo em regiões montanhosas pode ser alcançada com a adoção de sistemas de manejo conservacionistas, tais como o cultivo reduzido, o sistema plantio direto, a integração lavoura-floresta, a adoção de práticas conservacionistas edáficas (redução de queimadas, análise de solo e calagem, adubação orgânica e mineral e adubação verde), práticas vegetativas (reflorestamentos, cordões de vegetação, alternância de capinas, roçadas e dessecação com herbicidas para formação de palhada na superfície do solo) e as práticas mecânicas (terraceamento, quando possível, e bacias de captação e barraginhas para reter o excesso de água do escoamento superficial).

Porém é preciso ter a noção clara de que a mitigação de todos os impactos ambientais e a melhoria da qualidade de vida da população rural, e por consequência da urbana, só serão possíveis se os gestores públicos entenderem o papel e a

importância da Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER) no Brasil, que é um país com grande potencial agrícola. Alguns estados ainda conseguem desenvolver bons trabalhos através de suas empresas públicas de ATER, porém ainda em grande parte dos estados a difusão de conhecimento ainda não é feita de forma adequada, e em função disso, muitos produtores adotam manejos que não deveriam mais ser empregados, tendo em vista os avanços que ocorreram na pesquisa agropecuária brasileira nas últimas décadas. A reestruturação dos serviços de ATER é urgente, não só do ponto de vista econômico, mas principalmente ambiental. Através de um bom trabalho de ATER é possível organizar com os produtores em associações a promoção de treinamentos com “Dias de Campo”, cursos e viagens para trocas de experiências. A atuação efetiva da ATER promoverá melhorias de forma geral e significativa na qualidade de vida da população das áreas rurais do Brasil e a preservação dos recursos naturais, dentre os quais destaca-se o solo e a água, vitais para todos os seres vivos do planeta. Vale ressaltar, que o papel das novas tecnologias pode facilitar a comunicação contínua entre os produtores e os profissionais das ATER, facilitando o contato síncrono, assim como uma maior área de abrangência pelo mesmo profissional, visto o reduzido número de profissionais atualmente em exercício.

Diferentes tipos de preparo do solo e seus benefícios à estrutura do solo

A estrutura do solo é em grande parte definida pelo tipo de manejo e ocupação das áreas agrícolas, os quais estão diretamente relacionados aos tipos de preparo adotados pelos produtores rurais. A produção agropecuária pode ser desenvolvida com base em sistemas de preparo convencional (SPC) do solo, onde normalmente são utilizados tratores e implementos agrícolas, tais como arados, grades aradoras e niveladoras e/ou enxadas rotativas para fazer o preparo do solo; ou com sistemas mais conservacionistas, nos quais esses implementos são pouco utilizados e até mesmo não são utilizados, como por exemplo, no sistema plantio direto (SPD) e nos sistemas agroflorestais (SAF) (Bertoni; Lombardi Neto, 1990).

Para a formação e estabilização dos agregados do solo é necessária a presença da matéria orgânica que atua como um dos agentes cimentantes após sua decomposição e liberação de substâncias húmicas no solo. A manutenção do solo coberto pelas plantas, sejam vivas ou mortas, é fundamental para a preservação da agregação do solo e pode refletir nos índices de produtividade das culturas de interesse econômico. Solos bem estruturados apresentam características favoráveis ao cultivo, tais como infiltração, armazenamento de água, drenagem, trocas gasosas, e baixa resistência à penetração das raízes.

A formação e estabilização dos agregados do solo e por consequência da estrutura dependem do manejo adotado para os cultivos. No SPC, onde ocorre intenso revolvimento do solo pelo menos uma vez por ano, a formação dos agregados e a estabilização da estrutura do solo são desfavorecidas. Nos sistemas conservacionistas, como o SPD, em que o revolvimento do solo é realizado somente nos sulcos de semeadura, o contrário ocorre, ou seja, a formação dos agregados e sua estabilização é favorecida.

Entre os dois extremos, que são o SPC com revolvimento intensivo do solo todos os anos e os SPD e SAF, nos quais ocorre pouca ou nenhuma movimentação do solo, encontra-se o Sistema de Cultivo Reduzido ou Mínimo, no qual ocorre o revolvimento, porém com menor intensidade, menor frequência e na maioria das vezes nas camadas mais superficiais e localizada nos sulcos de plantio. Esse sistema torna-se uma alternativa para algumas culturas que necessitam do solo revolvido, como é o caso de algumas hortaliças, principalmente aquelas cultivadas em canteiros.

O revolvimento excessivo dos solos agrícolas poderia ser evitado em muitas situações. No entanto, antes da implantação das lavouras essa prática é quase uma tradição ou uma questão cultural para muitos produtores e técnicos, mesmo sem a sua necessidade. Novamente esbarra-se na falta de difusão de conhecimento, o qual poderia ter sido levado aos agricultores através da ação extensionista, com criação de áreas experimentais nas quais poderia ser repassado informações aos produtores rurais, das melhores práticas e técnicas de manejo do solo, contribuindo dessa forma para minimizar a degradação. Houve um grande avanço nas pesquisas sobre práticas e técnicas de manejo do solo e de minimização dos impactos que estas podem causar as áreas agrícolas nas últimas décadas mostrando que é possível produzir com um mínimo revolvimento do solo, e a prova disso é a evolução dos sistemas conservacionistas, com destaque para o SPD, o SAF, a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, além dos Sistemas Agroecológicos (Leite; Maciel; Araújo, 2014; Bertol *et al.*, 2019). Entretanto, esse conhecimento científico não está sendo levado em sua plenitude até os produtores rurais, por vários fatores, sendo necessário o desenvolvimento de políticas públicas para que isso venha a ocorrer de forma mais efetiva.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ocupação inicial de áreas de relevo acidentado no ambiente de montanha com sistemas baseados na aração e gradagem, muito frequentemente executadas morro abaixo, acelerou a erosão do solo e a perda da boa fertilidade natural, promovendo perda dos valiosos serviços ecossistêmicos ofertados, como a garantia de produção de água em quantidade e de qualidade, o sequestro de carbono e a preservação da

rica fauna e flora. Além da erosão, a compactação do solo, causada pelo tráfego de máquinas agrícolas e pelo pisoteio de animais, é outro problema grave em áreas de montanha, reduzindo a infiltração de água e o crescimento das raízes.

A adoção de práticas e técnicas conservacionistas de manejo do solo, como o sistema plantio direto, o cultivo mínimo, a integração agricultura-pecuária-floresta, sistemas agroflorestais e sistemas orgânicos, promovendo a diversificação da produção, sempre associados a práticas, como cultivo em nível, terraceamento, canais escoadouros e bacias de captação, é fundamental para reduzir a erosão e promover a regeneração desses solos. Dessa forma, a avaliação da aptidão agrícola das terras, o planejamento do uso conservacionista do solo baseado no CAR, com zonas de manejo aplicando sistemas conservacionistas nas áreas de montanha constituem solução para mitigar a erosão e compactação nessas áreas.

A falta de conhecimento técnico e o acesso às práticas e técnicas de manejo do solo são desafios para a adoção de uma agricultura sustentável e regenerativa nas áreas de montanha. Políticas públicas e programas de incentivos são fundamentais para garantir o fornecimento de serviços ecossistêmicos pelos solos das áreas montanhosas brasileiras, garantindo a sustentabilidade social, econômica e ambiental, a segurança alimentar e a segurança de alimentos oferecidos à população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, A. W.; LOMBARDI NETO, F.; SRINIVASAN, V. S.; SANTOS, J. R. Manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 6, p. 136-141, 2002.

ALBUQUERQUE, J. D. R. **Agricultura familiar**: análise comparativa da produção de hortaliças na várzea e terra firme de Parintins, AM, 2016. Disponível em: <http://tede.ufam.edu.br/handle/tede/5496>. Acesso em: 05 maio 2025.

ALMEIDA, W. S. de. Índices de desagregação e parâmetros de chuva intensa no Estado do Rio de Janeiro e efeito da chuva simulada na erosão hídrica e infiltração de água no solo. 2018. 99 f. Tese (Doutorado em Agronomia, Ciência do Solo) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2018.

ANGHINONI, G.; ANGHINONI, F. B. G.; TORMENA, C. A.; BRACCINI, A. L.; de CARVALHO MENDES, I.; ZANCANARO, L.; LAL, R. Conservation agriculture strengthen sustainability of Brazilian grain production and food security. **Land Use policy**, 108, DOI: 10.1016/j.landusepol.2021.105591. 2021.

AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L.; FERREIRA, M. S. T.; PEREIRA, M. S.; TEIXEIRA, O. A. **Disseminação da aveia preta como cobertura do solo em sistemas de cultivo de hortaliças em unidades de produção familiar na Região Serrana Fluminense**. Relato de Experiência Foz do Iguaçu, PR. SBSP – Sociedade Brasileira de Sistemas de Produção, 2014.

AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. **Agroecologia** – Princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica, 517 p., 2005. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1079843/1/AgroecologiaPrincipioseTecnicas-v2.epub>

ASSIS, R. L. de; ANTÔNIO, G. J. Y.; AQUINO, A. M. de. Ambientes de Montanha: Experiência de Desenvolvimento Endógeno e Agricultura na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Cultura Científica**. Brasil. n. 17, p. 10-17. ISSN 1657-463X, 2019.

BARRETO, L. V.; FREITAS, A. C. S.; PAIVA, L. C. **Sequestro de carbono**. Enciclopédia Biosfera, 2009.

BATISTA, R. A. W.; NERY, L. M.; MATUS, G. N.; SIMONETTI, V. C.; SILVA, D. C. C. Estimativa do fator de erosividade do solo da região do Vale do Ribeira paulista, Brasil. **Formação (Online)**, 28(53), 2021. <https://doi.org/10.33081/formacao.v28i53.8015>

BERTOL, O. J.; COLOZZI FILHO, A.; BARBOSA, G. M. de C.; SANTOS, J. B. dos; GUIMARÃES, M. de F. (Org.). **Manual de manejo e conservação do solo e da água para o Estado do Paraná**. Curitiba: Cubo, 2019. v. 1. 325 p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Ícone. São Paulo, 335 p. 1990.

BITTENCOURT, D. M. C. (Ed.). **Estratégias para a Agricultura Familiar Visão de futuro rumo à inovação**. Brasília, DF: Embrapa, (Embrapa-SPD. Texto para Discussão, 49). 298 p. 2020 <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/214670/1/Texto-Discussao-49-ed-01-2020.pdf>

BOLLIGER, A.; MAGID, J.; AMADO, T. J. C.; SKORA NETO, F.; RIBEIRO, M. F. S.; CALEGARI, A.; RALISCH, R.; NEERGAARD, A. Taking stock of the Brazilian “Zero-till revolution”: A review of land mark research and farmers’ practice. **Advances in Agronomy**, v. 91, p. 1-64, 2006.

BONATO, J. A.; HENKES, J. A. O Sequestro de carbono (CO₂) proporcionado pelo sistema Silvopastoril, com ênfase no aumento da renda familiar, com integração das atividades lavoura e pecuária e a produção da madeira, carne e leite. **Revista Gestão Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 2, n. 1, p. 222-249. abr./set. 2013.

BRADY, N. C.; WEIL, R. **Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos**. 3. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, tradução de Igor Fernando Lepsch. 684 p, 2013.

BRASIL. IBGE. Censo Agropecuário, 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/nova-friburgo/panorama>. Acesso em: 08 jun. 2023, às 10h.

CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J.; NICOLodi, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, p. 121-126, 1995.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 14 p. 99-105, 1990.

CARVALHO, A. D. F.; SILVA, G. O.; PEREIRA, R. B.; PINHEIRO, J. B.; VIEIRA, J. V. Capacidade combinatória em cenoura para componentes de produção e tolerância à queima-das-folhas. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 32, n. 2, p. 190-193, jun. 2014.

CARVALHO, A.; RIBEIRO, C. D. M.; ROCHA, W.; MARTINS, C.; SOBRINHO, F. Erosão potencial laminar hídrica em um latossolo vermelho amarelo sob três formas de cultivo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 7(01), p.194-206, 2014.

CARVALHO, L. O. D. M.; COSTA, N. A. **Sistema de manejo rotacionado intensivo**. Manual Técnico. Embrapa. Manaus-AM. 47p, 1998.

CECNA. Centro de Estudos e Conservação da Natureza: 15ª visita técnica do Diagnóstico de Campo Turístico – 2009. Disponível em: <http://cecna.blogspot.com/2009/12/no-dia-29-de-novembro-de-2009-foi.html>. Acesso em 08 jun. 2023, às 10h32.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27, p. 743-753, 2003.

COIMBRA, J. L. M.; WILDNER, L. P.; DENARDIN, R. B. N.; GATIBONI, L. C. Modificações na fauna edáfica durante a decomposição da palhada de centeio e aveia preta, em sistema plantio direto. **Biotemas**, v. 22, n. 2, p. 45-53, 2009.

DANTAS, M. E.; FERREIRA, C. E. O.; SHINZATO, E. Relevô (Cap. 2). In: PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; SILVA NETO, E. C. (Eds.). **Solos do Rio de Janeiro** - Gênese, classificação e limitações ao uso agrícola. Ponta Grossa, PR: Atena, 2023. doi.org/10.22533/at.ed.273232510

DERPSCH, R. Importancia de la siembra directa para obtener la sustentabilidad de la producción agrícola. In: CONGRESO NACIONAL DE ASOCIACIÓN ARGENTINA DE PRODUCTORES EN SIEMBRA DIRECTA, 5, **Anales...** 1997, Mar del Plata. Anais. Rosario: Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa. p.153-176, 1997.

DRUCKER, D. P.; PINTO, D. M.; FIDALGO, E. C. C.; CUSTÓDIO, D. O.; VICTORIA, D. de C.; ALMEIDA, B. T.; SIMÕES, M.; MACHADO, C. R. de L.; BRANDÃO, V. V. dos S.; DART, R. de O.; AGLIO, M. L. D.; RASCHE, F.; LAFORET, M. R. C.; BETTIOL, G. M.; PEREIRA, S. E. M.; BRANDÃO, Z. N.; GARRASTAZU, M. C.; ALBA, J. M. F.; COSTA, F. A. da; TORRES, R. C.; DOMPIERI, M. H. G.; SAMPAIO, S. M. N.; MARTINS, E. C.; PIEROZZI JUNIOR, I.; BAYMA-SILVA, G.; GALINARI, G.; FIORINI, F. B.; TAKEMURA, C. M.; da CRUZ, S. A. B.; HOLLER, W. A.; DE OLIVEIRA, L. H. GeoInfo - infraestrutura de dados espaciais abertos para a pesquisa agropecuária geoInfo. **Rev Eletrônica Comun, Inf Inov Saúde**, 11:1-17p, 2017.

DUARTE, M. L.; SILVA FILHO, E. P.; BRITO, W. B. M.; SILVA, T. A. Determinação da erodibilidade do solo por meio de dois métodos indiretos em uma bacia hidrográfica na região sul do estado do Amazonas, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 21(2), 2020. <https://doi.org/10.20502/rbg.v21i2.1533>

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Plantio Convencional**. EMBRAPA Milho, 2021a. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>. Acesso em: 12 fev. 2023.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Plantio Direto**. EMBRAPA Milho e Sorgo, 2021b. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>. Acesso em: 20 fev. 2023.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Preparo do Solo**. EMBRAPA Milho e Sorgo, 2021c. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>. Acesso em: 20 jun. 2023.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Flora Apícola**. EMBRAPA Meio Norte, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/meio-norte/flora-apicola>. Acesso em: 12 abr. 2020, às 8h.

EMBRAPA. **Trajatória da agricultura brasileira**. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/visao/trajetoria-da-agricultura-brasileira>

FAO – Food and Agriculture Organization. 2019. Erosão do solo: o maior desafio para o manejo sustentável do solo. Organização para a Alimentação e Agricultura das Nações Unidas. Disponível em: <http://www.fao.org/agora/fundo/publications/pt/> Acesso: 16 julho. 2025.

FERREIRA, C. S.; LIMA, S. S.; SAMPAIO, I. U. M.; RAMOS, A. P. dos; COELHO, I. S.; PEREIRA, M. G. **Agricultura sustentável em montanha** – economia ecológica, território e desenvolvimento sustentável; perspectivas e desafios. Vol. 3, Editora Científica Digital, p. 162-179, 2023.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. rev. e ampl. 421 p. Viçosa, MG: Ed. UFV. 2012.

FREITAS, G. R. Preparo solo. *In*: PARANHOS, S. B. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Cultivo e utilização. 4. Campinas, S.P: Fundação CARGIL, v. 1, cap III. Técnicas culturais básicas, p. 271-283, 1987.

FREITAS, P. L.; LANDERS, J. N. The transformation of agriculture in Brazil through development and adoption of Zero Tillage Conservation Agriculture. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 2, n. 1, p. 35-46, Mar. 2014. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-6339\(15\)30012-5](https://doi.org/10.1016/S2095-6339(15)30012-5)

FREITAS, P. L. Harmonia com a natureza: a adoção do Sistema Plantio Direto pode garantir competitividade à agricultura brasileira, em especial na região dos cerrados. **Agroanalysis** (FGV), v. 22, p. 12-17, 2002.

GONÇALVES, F. A.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; CARVALHO, D. F.; CRUZ, E. S. Índices e espacialização da erosividade das chuvas para o Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, p. 269-276, 2006.

GRISEL, P. N.; ASSIS, R. L. Condicionantes agroeconômicos para adoção de práticas sustentáveis em ambientes de montanha em Nova Friburgo (RJ). *Pesquisas Agrárias e Ambientais*. **Nativa**, Sinop, v. 8, n. 5, p. 687-697, set./out. 2020.

GUERRA, A. J. T. Experimentos e monitoramentos em erosão dos solos. **Revista do Departamento de Geografia**, 16, p. 32-37. 2005.

GUERRA, J. G. M.; NDJAYE, A.; ASSIS, R. L.; ESPINDOLA, J. A. A. Uso de plantas de cobertura na valorização de processos ecológicos em sistemas orgânicos de produção na região serrana fluminense. **Agriculturas**. Rio de Janeiro, v. 4, n. 1. p. 24-28, 2007.

HERNANI, L. C.; FREITAS, P. L.; PRUSKI, F. F.; MARIA, I. C.; CASTRO FILHO, C.; LANDERS, J. C. A erosão e seu impacto. p. 47-60. *In*: MANZATTO, C. V.; FREITAS JÚNIOR, E.; PERES, J. R. R. (Ed.) **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2002. 174 p.

HERNANI, L.C.; KURIHARA, C.H.; SILVA W.M. Sistema de manejo de solos e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v.23, p.145-154, 1999.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**: relações solo-planta. São Paulo: Ceres, 1979. 262 p.

LAL, R. Soil erosion and the global carbon budget. **Environment International**, 29(4), p. 437-450, 2003.

LEITE, L. F. C.; MACIEL, G. A.; ARAÚJO, A. S. F. (Eds.). **Agricultura Conservacionista do Brasil**. Brasília, DF, Embrapa, 2014. 598 p.

LIMA JUNIOR, J. A. L.; PEREIRA, G. M.; GEISENHOF, L. O.; SILVA, W. G. da; BOAS, R. C. V.; SOUZA, R. J. Desempenho de cultivares de cenoura em função da água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 5, maio 2012.

MARTINS, C. M. S. **Estoques de carbono no solo sob diferentes sistemas de manejo agrícola no Brasil**: uma meta-análise. 2017. 90f. Dissertação (Meteorologia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. <http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/16324>

MATHEUS, A. C. **A importância da adubação verde na diversificação da produção agrícola**: Uma abordagem participativa em assentamento rural na Baixada Fluminense. Seropédica, RJ. 2016. 58f. Dissertação (Mestre em Ciências) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2016.

MIRANDA, J. P. L. **Propriedades físico-hídricas de um solo submetido a cultivos perenes e a pousio em ambiente agrícola serrano**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 135p, 2008.

MIRANDA, R. S.; FARIA E SILVA, V.; MEIRELLES, E. O.; COSTA, L. S. Corredores ecológicos potenciais entre duas unidades de conservação na região serrana e centro-sul fluminense. **Natural Resources**, 13 (1), 2023. <https://sustenere.inf.br/index.php/naturalresources/article/view/8074/4717>

MUEHE, D. C. E. H. **Erosão e propagação do litoral brasileiro**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1, p. 475. 2006.

NEEDELMAN, B. A. What are Soils? **Nature [online]** 4. 2013. Disponível: <http://www.nature.com/scitable/knowledge/library/what-are-soils-67647639>

OLDEMAN, L. R. The global extent of soil degradation. In: GREENLAND, D. J.; SZABOLCS, I. (Eds.). **Soil Resilience and Sustainable Land Use**. Wallingford: CabInternational, p. 99-118, 1994.

OSTLE, N. J.; LEVY, P. E.; EVANS, C. D.; SMITH, P. UK land use and soil carbon sequestration. **Land Use Policy**, v. 26S, p. S274-S283, 2009.

PANAGOS, P.; BORRELLIA, P.; MEUSBURGER, K.; ALEWELL, C.; LUGATO, E.; MONTANARELLA, L. Estimating the soil erosion cover-management factor at the European 560 Scale. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, 561 Environmental Geosciences, **Land Use Police**, University of Basel, Switzerland, p. 38-50, 2015.

POLIDORO, J. C.; FREITAS, P. L.; HERNANI, L. C.; ANJOS, L. H. C. D.; RODRIGUES, R. D. A. R.; CESÁRIO, F. V.; ANDRADE, A. G. D.; RIBEIRO, J. L. Potential impact of plans and policies based on the principles of Conservation Agriculture on the control of soil erosion in Brazil. **Land Degradation & Development**, 32(12), p. 3457-3468. 2021. DOI:10.1002/ldr.3876

PORTZ, A.; RESENDE, A. S.; TEIXEIRA, A. J. *et al.* Recomendações de adubos, corretivos e de manejo da matéria orgânica para as principais culturas de Estado do Rio de Janeiro. *In*: FREIRE, L. R.; BALIEIRO, F. C.; ZONTA, E. *et al.* **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. Seropédica: UFRJ, 2013. Cap. 14, p. 257-414.

RAJBANSHI, J.; DAS, S.; PAUL, R. Quantification of the effects of conservation practices on surface runoff and soil erosion in croplands and their trade-off: A meta-analysis. **Science of The Total Environment**, 864, 161015, 2023.

RÉFFEGA, A. **Conservação, uso sustentável do solo e agricultura**. Edição: Bragança, Portugal: Instituto Politécnico de Bragança, 1997, 41 p.

RENARD, K. G.; FOSTER, G. R.; WEESIES, D. A.; MCCOLL, D. K.; YODER, D. C. (coordinators). **"Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)." USDA Agr. Handb. n. 703, 1997.**

RIBASKI, J. Sistemas agroflorestais: benefícios socioeconômicos e ambientais. *In*: SIMPÓSIO SOBRE REFLORESTAMENTO NA REGIÃO SUDOESTE DA BAHIA, 2. **Anais...** Vitória da Conquista. Memórias. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. p. 89-101. 2005. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/314137/1/SistemasAgroflorestais.pdf>

RUBIRA, F. F.; BERTOL, I.; FIORIN, R. A.; BARBOSA, F. T.; COGO, N. P. Perdas de solo e água em função da manutenção da compactação superficial e subsuperficial do solo após o preparo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, vol. 40, e0150081, 2016.

SANT'ANNA, G. S. L.; FRANZAN, B. C.; BIASI, D.; dos SANTOS, C. M.; SCHULTZ, N.; ZONTA, E.; da SILVA COELHO, I. Short-term effect of no-tillage management on the chemical attributes and bacterial diversity in soils in an organic production system. **Soil Security**, 16, 100143, 2024.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 531 p.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O.; BALBINOT JÚNIOR, A. A. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico Aluminoso submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. I - Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 427-436, 2000.

SEGUY, L.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVA, J. G.; BLUMENSCHIN, F. N.; DALL'ACQUA, F. M. **Técnicas de preparo do solo: efeitos na fertilidade e na conservação do solo, nas ervas daninhas e na conservação de água**. Goiânia: Embrapa-CNPAP, 26p, 1984.

SHARPLEY, A. N. Introduction: agriculture as a potential source of water pollution. *In*: HAYGARTH, P. M.; JARVIS, S. C. (Eds.) **Agriculture, hidrology and water quality**. Cambridge: CABInternational, p. 4-5, 2002.

SILVA, C. S. R. A. **Qualidade do solo em um sistema de plantio direto de hortaliças, sob produção orgânica em Seropédica (RJ)**. Dissertação (Agronomia-Ciência do Solo) – Seropédica, RJ. 6 f., 2020.

SILVEIRA, G. M. **O preparo do solo: implementos corretos**. Coleção do agricultor – mecanização. 2. ed. Rio de Janeiro. Publicação Globo Rural, 1989.

STRALIOTTO, R.; FREITAS, P. L. A ciência do solo no Brasil: linha do tempo. *In*: TORRES, L. A.; CAMPOS, S. K. (Eds.). **Mega tendências da Ciência do Solo 2030**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. E-book. cap. 1. p. 17-21. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1142164/1/Megatendencias-daCiencia-do-Solo-2030.epub>

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C.; FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 609-618, 2005.

VENDRUSCOLO, J.; PACHECO, F. M. P.; RODRIGUES, A. A. M.; RAMOS, H. F.; ROSA, D. M.; CAVALHEIRO, W. C. S. Características morfométricas da microbacia do Médio Rio Escondido, Amazônia Ocidental, Brasil/ Morphometric characteristics of the Médio Rio Escondido microbasin, Western Amazon, Brazil. **Brazilian Journal of Development**, 6(1), 565-585, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n1-040>

VERDUM, R.; VIEIRA, C. L.; CANEPPELE, J. C. G. **Métodos e técnicas para o controle da erosão e conservação do solo**. 2016.

ZONTA, J. H.; SOFIATTI, V.; COSTA, A. G. F.; SILVA, O. R. R. F.; BEZERRA, J. R. C.; SILVA, C. A. D.; BELTRÃO, N. D. M.; ALVES, I.; CORDEIRO JÚNIOR, A. F.; CARTAXO, W. V.; RAMOS, E. N. **Práticas de conservação de solo e água**. 2012.

WIKIPEDIA. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Nova_Friburgo. Acesso em: 08 jun. 2023, às 9h10.

http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_72_59200523355.html. Acesso em: 16 out. 2018, às 21h.

http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/agricultura/agr_acoes_resultados/agr_solucoes_cases_plantio2/. Acesso em: 17 jun. 2023, às 21h45.