

Capítulo 4

Histórico de uso, ocupação e manejo do solo para viticultura nas áreas de encosta da Serra Gaúcha

George Wellington Bastos de Melo

Vinicius Ide Franzini

Carlos Augusto Posser Silveira

Adilson Luis Bamberg

Diovane Freire Moterle

Eduardo Giroto

Emiliano Santarosa

Introdução

Este capítulo visa analisar os fatores antrópicos que contribuíram para a amplificação dos efeitos da catástrofe climática ocorrida entre os meses de abril e maio de 2024, com ênfase nas áreas rurais localizadas em encostas na região de Bento Gonçalves, na Serra Gaúcha. Fatores como a influência das atividades humanas sobre a estabilidade do solo e sua relação com os desastres naturais serão explorados, bem como seus impactos na paisagem e nos sistemas de cultivo de videira.

A ocupação humana da região, principalmente associada à expansão agrícola e à urbanização, tem modificado intensamente a paisagem local, gerando impactos significativos sobre o solo. Estudos indicam que a exploração desordenada e o manejo inadequado do solo em áreas de encostas, com suas particularidades intrínsecas, predisposições e vulnerabilidades aos processos erosivos, desestabilizam os ecossistemas em sua totalidade, apresentando relação direta com a dinâmica da paisagem e o equilíbrio ambiental. Nesse contexto, entender como os fatores antrópicos contribuem para a degradação do solo é essencial para promover o uso sustentável das terras e mitigar os impactos ambientais.

A ocupação das encostas da Serra Gaúcha teve início com a colonização europeia no final do século 19, quando imigrantes italianos e alemães introduziram práticas agrícolas voltadas para a subsistência e, posteriormente, para a viticultura, que hoje caracteriza a região (Manfroi, 2001; Zanini et al., 2009; Valduga, 2010; Radünz; Herédia, 2015). O crescimento populacional e a valorização da agricultura comercial levaram à ocupação de áreas com alta declividade, muitas vezes sem respaldo e suporte técnico adequado, intensificando a supressão da vegetação natural e a exposição do solo, favorecendo a erosão e os deslizamentos de terra.

A construção de estradas também desempenha um papel crucial na degradação das encostas. Para escoar a produção agrícola e conectar áreas rurais e urbanas, muitas vias foram abertas em locais vulneráveis, frequentemente sem sistemas de drenagem adequados. Isso interfere no regime hidrológico natural, favorecendo a infiltração desigual de água e aumentando a instabilidade dos terrenos, com impactos diretos na fertilidade, na capacidade produtiva do solo e na resiliência ambiental e socioeconômica das áreas agrícolas.

Os tipos de cultivo agrícola em encostas, especialmente a viticultura, principal atividade econômica local, também afetam a estabilidade do solo. Embora seja uma atividade rentável, a viticultura pode comprometer o solo em áreas de grande inclinação, especialmente quando não são utilizadas práticas de manejo sustentável. No setor vitivinícola um exemplo de manejo sustentável de longa duração é o plantio de videiras em terraços ou patamares estreitos suportados por muros de pedras, comum nas encostas íngremes da região do Douro, Portugal, com histórico de manejo de aproximadamente 2 mil anos e que pode servir de modelo para as condições da viticultura praticada na região de Bento Gonçalves. Adicionalmente, e não menos importante, vale destacar que as condições climáticas “normais” do sul do Brasil são muito mais “erosivas” do que na região do Douro. Portanto, o conhecimento das características geológicas e das zonas de riscos inerentes à geologia, das características edáficas, da organização e disposição dos cultivos, das estradas e das benfeitorias no interior da propriedade rural, bem como das práticas de manejo dos diferentes sistemas de produção praticados na região, é fundamental para estabelecer estratégias que visem à resiliência e sustentabilidade a longo prazo da agricultura subtropical de encosta além de ser central para a redefinição do novo ordena-

mento territorial. Atendimento aos preceitos básicos de capacidade de uso da terra, adoção de práticas conservacionistas, como cobertura vegetal permanente do solo, principalmente nas entrelinhas de cultivos perenes, uso de adubação orgânica, insumos de liberação gradual de nutrientes, bioinsumos e remineralizadores de solo e adoção de porta-enxertos eficientes (no uso de nutrientes e de água e tolerantes aos fatores abióticos) devem ser considerados em cada nova tomada de decisão, tanto no âmbito da propriedade, como nas proposições de políticas públicas. Ademais, em parte da região, os sistemas de produção vigentes adotam o uso intensivo e convencional do solo, com conseqüente contaminação ambiental pelo uso de insumos químicos e compactação do solo devido a diversos fatores inerentes ao manejo das culturas. Esses são alguns dos problemas que deverão ser enfrentados simultaneamente, com a adoção de boas práticas de produção agrícola, planejamento e manejo dos sistemas de produção a longo prazo.

Especificamente no caso da videira, o principal sistema de condução empregado na viticultura da Serra Gaúcha é a latada. Nesse sistema, as videiras, principalmente as variedades americanas e híbridas, são conduzidas verticalmente até aproximadamente 1,80 m, a partir de onde os ramos são dispostos horizontalmente, formando uma estrutura em "T". A adoção do sistema de condução tipo latada é justificada pela elevada produtividade e pelo manejo relativamente simplificado, favorecendo a eficiência produtiva em condições agroclimáticas específicas da região. No entanto, na Serra Gaúcha, é comum que os vinhedos sejam estruturados com linhas de plantio e fileiras longas, orientadas perpendicularmente à declividade do terreno, o que acarreta desafios substanciais para o manejo das águas pluviais. Essa configuração frequentemente resulta na interseção das fileiras de videiras com o fluxo natural de escoamento superficial da água da chuva, o que aumenta o risco de erosão do solo e de parcelas submetidas a períodos sazonais de encharcamento. Esse cenário compromete, de maneira significativa, a qualidade física e química do solo ao longo do tempo, além de prejudicar aspectos fitossanitários, podendo resultar em perdas significativas de produtividade e qualidade da uva, bem como na longevidade dos vinhedos.

Além disso, durante eventos de precipitação intensa, o risco de desmoronamento de encostas

aumenta substancialmente, podendo resultar na perda total de porções do vinhedo. Esse problema é potencializado pela falta de planejamento e adoção de práticas conservacionistas de solo, pelo comprimento excessivo das linhas de plantas desprovidas de segmentação do sistema de condução, que, quando afetadas por deslizamentos de terra, podem comprometer toda a área do vinhedo, dificultando a recuperação e a sustentabilidade a longo prazo da produção vitícola regional.

Ressalta-se ainda que, a ausência de aplicação de práticas agrícolas adequadas, a assistência técnica insuficiente, a ausência de proposição de políticas públicas eficientes para regulamentar a ocupação das encostas e a dificuldade de conscientização ambiental, de forma geral, intensificam os problemas relacionados com a atividade agrícola em áreas de encostas. O planejamento inadequado de estradas e a ocupação histórica das áreas contribuem para potencializar a fragilidade da paisagem frente a eventos extremos, como aqueles observados nos últimos tempos.

Dada a gravidade desses problemas, é essencial a implementação de estudos que orientem políticas públicas voltadas para a conservação do solo e aptidão agrícola em áreas de encosta. Pesquisas recentes destacam a necessidade de práticas de manejo sustentável, que compõem os pilares da agricultura conservacionista, como o revolvimento mínimo, como o sistema plantio direto, a cobertura permanente do solo, a utilização de terraços e cordões vegetados e a diversificação produtiva (implementação de sistemas agroflorestais).

Existem diversas tecnologias que podem ser implementadas para melhorar os sistemas de produção vitícola e auxiliar a gestão das propriedades rurais na Serra Gaúcha. Ações de capacitação continuada de técnicos e produtores, demonstrações práticas e dias de campo que apresentam modelos de produção instalados em unidades de referência tecnológica são formas eficientes de expandir a adoção de boas práticas agrícolas reconhecidas e validadas na região. Ao mesmo tempo, se reconhece a necessidade do avanço do conhecimento e a continuidade das pesquisas direcionadas para melhorar a eficácia das técnicas em áreas com as características geográficas da Serra Gaúcha, o que justifica a realização de novos estudos e a articulação interinstitucional junto ao setor produtivo.

Fatores antrópicos e seus impactos na paisagem

Cobertura florestal e vegetação nativa

A supressão da vegetação nativa para implantação de atividades agrícolas ou urbanas reduz a proteção e cobertura natural do solo, favorecendo processos erosivos e a instabilidade geotécnica, especialmente em áreas de relevo acidentado, como os da Serra Gaúcha. A vegetação atua no controle da erosão ao dissipar a energia do impacto das gotas das chuvas no solo e reduzir o escoamento superficial (Steenbock; Vezzani, 2023).

O desmatamento, além de aumentar o escoamento, prejudica a infiltração de água e degrada a estrutura do solo, resultando em compactação e menor capacidade de infiltração e retenção hídrica, acelerando assim os processos erosivos.

Práticas agrícolas

O uso de práticas agrícolas inadequadas resulta em erosão do solo, compactação, perda de fertilidade e degradação estrutural, comprometendo a produtividade e a sustentabilidade agrícola. A ausência de manejo conservacionista, como terraceamento e manutenção da cobertura do solo permanente com adoção de plantas de cobertura, intensifica a perda de nutrientes e matéria orgânica, além de aumentar o escoamento superficial. Adicionalmente, o uso intensivo de agroquímicos pode contaminar o solo e a água, afetando a biodiversidade.

Urbanização e ocupação de áreas de risco potencial

Mesmo em áreas rurais, a expansão de áreas urbanizadas de forma desordenada e a ocupação irregular de encostas podem causar sérios impactos ambientais. A impermeabilização da superfície do solo aumenta o escoamento superficial, elevando o risco de deslizamentos, enquanto as alterações na topografia natural desestabilizam encostas, tornando-as mais vulneráveis. Além disso, a construção em áreas geologicamente instáveis sobrecarrega o terreno, agravando a possibilidade de escorregamentos e erosão acelerada. Esses fatores combinados comprometem a segurança das áreas habitadas e a sustentabilidade do uso do solo, exigindo um planejamento adequado e o emprego de técnicas de manejo para mitigar riscos.

Construção de estradas rurais

A abertura de estradas rurais, mesmo no interior das propriedades, ou a falta de estradas e acessos adequados às áreas de produção em áreas montanhosas ou declivosas, sem o devido planejamento de deságues de valetas e das águas de drenagem, podem alterar o fluxo natural das águas pluviais de forma drástica. Isso provoca acúmulo de água em determinadas áreas, enfraquecendo o papel das microbacias de receber e conduzir as descargas hídricas, potencializando deslizamentos.

Aptidão agrícola e agricultura em encostas

O uso do solo e a remoção da cobertura vegetal em áreas de encostas afetam diretamente a dinâmica do fluxo de água na paisagem e na bacia hidrográfica. Por isso, o estabelecimento de cultivos sem o devido planejamento, sem observar a aptidão agrícola dessas áreas, podem tornar esses ambientes ainda mais suscetíveis aos danos por movimentos de massa e processos erosivos. Por outro lado, o planejamento de uso e ocupação da propriedade, de acordo com a aptidão agrícola, torna-se essencial no processo de gestão das propriedades. Conforme prevê o Código Florestal Brasileiro (Lei 12.651/2012), Brasil (2012), o planejamento em nível de propriedade deve, regimentalmente, observar os requisitos constantes no Ato Declaratório Ambiental (ADA) (Lei 6.938/1981), Brasil (1981) para definir e mapear as áreas de proteção permanente, de reserva legal, de produção agrícola e das benfeitorias rurais (casas, galpões, estábulos etc.). Nesse caso, é notória e premente a necessidade de observar eventuais mapas regionais de áreas de risco de deslizamentos, cotas e manchas de inundação, bem como a existência de fluxos preferenciais de rios e de rotas de fuga e facilidade de acesso a pontos de encontro durante eventos extremos.

A implantação de cultivos agrícolas em terrenos com declividade acentuada, ainda que naquelas áreas de uso historicamente consolidado, sem a devida aptidão agrícola e a ausência de técnicas de conservação do solo, como terraceamento, promove o escoamento superficial acelerado e a erosão. Essa degradação favorece a formação de ravinas e voçorocas, agravando os riscos de deslizamentos.

Processos minerários diversos, mineração e extração de pedras

A mineração e extração de pedras, incluindo a extração de seixos em leitos de rios, têm impactos significativos na predisposição do solo, especialmente em áreas rurais. Essas atividades alteram drasticamente a estrutura física do solo, removendo camadas superficiais e expondo substratos mais profundos, originando as áreas degradadas por mineração, altamente suscetíveis à erosão acelerada e perda de fertilidade. A remoção da vegetação nativa, para realizar a extração de minérios, compromete a estabilidade do solo e sua capacidade de retenção de água. Em leitos de rios, a extração de seixos pode alterar o fluxo natural, causando erosão das margens e mudanças no habitat aquático. Além disso, essas práticas podem contaminar o solo e os corpos d'água com resíduos químicos e sedimentos, afetando a qualidade da água e a biodiversidade local. A longo prazo, essas alterações podem resultar em áreas degradadas, com reduzida capacidade de suporte para a agricultura ou para os ecossistemas naturais, exigindo grandes esforços de recuperação. Ressalta-se que tais áreas e atividades necessitam do devido licenciamento ambiental, além de ações obrigatórias previstas em planos de compensação e recuperação ambiental nas áreas afetadas.

Impactos dos fatores antrópicos no solo

Os fatores antrópicos listados anteriormente podem causar uma série de impactos negativos no solo, comprometendo sua estrutura, composição e função. Esses impactos podem resultar em alterações nas características físico-químicas do solo, podendo afetar o crescimento e o desenvolvimento das plantas, com consequentes prejuízos à produtividade. Entre os principais efeitos estão:

- Erosão – A remoção da cobertura vegetal e práticas agrícolas inadequadas aumentam a vulnerabilidade do solo à erosão hídrica, resultando na perda da camada superficial fértil, fundamental para a manutenção da produtividade agrícola.
- Compactação – O intenso tráfego de máquinas agrícolas e o pastoreio excessivo podem compactar o solo, reduzindo sua porosidade, capacidade de infiltração de água e aeração, dificultando o desenvolvimento das raízes das plantas.
- Contaminação – O uso excessivo e inadequado de agroquímicos, sem observar as recomendações técnicas estabelecidas em Registros de Produtos Fitossanitários e no Manual de Recomendação de Adubação e Calagem (Manual, 2016), pode contaminar o solo, prejudicando sua microbiota e alterar a qualidade da água subterrânea, além de afetar a biodiversidade.
- Perda de matéria orgânica – Áreas conduzidas sob monocultivos, com revolvimento contínuo do solo e a falta de rotação e sucessão de culturas reduzem o teor de matéria orgânica no solo, prejudicando sua fertilidade, capacidade de retenção de água e estrutura físico-química.
- Acidificação – O uso intensivo de fertilizantes químicos, como os nitrogenados, pode acidificar o solo, alterando o pH e prejudicando o equilíbrio dos nutrientes, o que afeta diretamente a saúde das plantas, além de aumentar o risco de eutrofização dos recursos hídricos.
- Redução da biodiversidade – A monocultura intensiva e o uso de produtos químicos afetam negativamente a diversidade de organismos no solo, essenciais para a ciclagem de nutrientes, decomposição da matéria orgânica e controle de pragas. O uso de bioinsumos pode contrapor essa lógica, permitindo manter ou aumentar a produtividade agrícola, reduzir custos e promover a melhoria da qualidade do solo.

Cenários observados após o evento extremo de abril e maio de 2024

Os fatores antrópicos desempenharam um papel crucial na intensificação dos impactos associados às chuvas intensas e frequentes ocorridas no período de abril e maio de 2024. Tais ações contribuíram significativamente para a vulnerabilidade das paisagens, predispondo áreas agrícolas a processos erosivos e deslizamentos. Esses impactos manifestaram-se de forma heterogênea, afetando de maneiras distintas a paisagem, os vinhedos e as plantas de videira (Figura 4.1), permitindo a definição de uma escala de cenários para cada um dos elementos atingidos pelo evento extremo.



Fotos: George Wellington de Melo

Figura 4.1. Diferentes cenários relacionados aos eventos extremos ocorridos na região da Serra Gaúcha. (A) Área desmatada em encosta íngreme, próxima a um corpo d'água. Ainda que não pudesse impedir a ocorrência de deslizamentos, a vegetação original foi removida, expondo o solo, o que predispõe ainda mais a um deslizamento de massa de grandes proporções; (B) Vinhedo instalado na linha de convergência hídrica da paisagem, que foi atingido por uma enxurrada. Ainda assim, mesmo após o evento, a estrutura do vinhedo foi recuperada na mesma posição, indicando que princípios básicos de aptidão agrícola e capacidade de uso das terras não foram observados; (C) Plantas inclinadas de um vinhedo que sofreu deslocamento do solo (*creep*).

Impactos na paisagem

As chuvas intensas provocaram aumento significativo nos processos erosivos, evidenciados pela formação de sulcos em áreas de encosta. Esses processos resultaram em perdas de solo e de nutrientes essenciais, que comprometem a capacidade produtiva das áreas agrícolas. A drenagem natural foi severamente prejudicada, levando à ocorrência de áreas agrícolas sob encharcamento prolongado e à degradação de estradas rurais, dificultando o acesso e a logística das operações agrícolas. A instabilidade do solo, intensificada pelas chuvas, elevou substancial-

mente o risco de deslizamentos em regiões íngremes, ameaçando não apenas a infraestrutura rural, mas também a segurança da população residente.

Os graus de danos variaram de acordo com a localização e as características do terreno:

- Danos de leve intensidade – Áreas com erosão moderada e alagamentos temporários, sem comprometimento significativo da infraestrutura (Figura 4.2). Esses danos, geralmente localizados, podem ser mitigados por meio de práticas simples, como reestabilização do solo e controle da drenagem.



Foto: George Wellington de Melo

Figura 4.2. Lavoura em encosta, com cultivo de milho e outras plantas de pequeno porte. O cenário evidencia a interação entre infraestrutura viária (estrada asfaltada) e ecossistemas naturais, sendo impactado por processos erosivos, sem grande comprometimento no solo e na infraestrutura.

- Danos de média intensidade – Formação de sulcos de erosão, degradação de estradas rurais e aumento da frequência de alagamentos prolongados (Figura 4.3).

Esses danos requerem intervenções mais elaboradas, como melhorias na drenagem e estabilização das encostas para prevenir novos episódios de erosão.



Foto: George Wellington de Melo

Figura 4.3. Área de encosta sob manejo agrícola em condição de descontrole total de processos erosivos, pela ausência de práticas mecânicas de contenção de enxurradas. Denota-se a formação de sulcos e, nos estágios mais graves de evolução do processo, a formação de voçoroca ao centro da imagem.

- Danos de alta intensidade – Deslizamentos de terra em encostas íngremes, perda substancial de solo e nutrientes, comprometimento de estradas e infraestruturas rurais, colocando em risco a segurança da população e demandando obras de engenharia de contenção e reparo das áreas afetadas (Figura 4.4).



Foto: George Wellington de Melo

Foto: Emiliano Santarosa

Figura 4.4. Encosta cultivada com videiras, onde se destaca uma área de solo exposto e avermelhado, indicando um processo de erosão ou um deslizamento de terra recente. A vegetação natural densa na parte superior sugere um contraste entre a cobertura original e as áreas agrícolas que sofreram intervenções antrópicas. A presença de estruturas residenciais próximas ao pé da encosta evidencia o uso misto do território, combinando agricultura e habitação. (A) Erosão observada indica riscos para a estabilidade do solo e a necessidade de práticas de conservação para prevenir danos futuros e proteger o cultivo e as residências; (B) Áreas de vinhedos e paisagem alteradas devido aos deslizamentos de terra ocorridos em encostas.

- Danos de extrema intensidade – Caracterizam-se por desmoronamentos associados ao aumento do volume de água dos rios, que destruíram completamente os vinhedos e arrastaram o solo, deixando a área inapta para novos plantios devido à remoção total do solo fértil (Figura 4.5). Esses danos são catastróficos e exigem uma reestruturação total, iniciando pela conformação do relevo, a construção de muros de contenção e a revegetação da encosta. A reposição do solo

fértil é muitas vezes inviável, demandando recuperação ambiental e reflorestamento para melhorar a estabilidade do terreno e, eventualmente, tentar a recuperação agrícola apenas em partes muito específicas. A área afetada por esses danos pode permanecer inviável por muitos anos, e listada na categoria de áreas de alto risco, com elevado impacto econômico para os produtores, além dos aspectos sociais envolvidos nas comunidades diretamente atingidas.



Foto: George Wellington de Melo

Foto: Emiliano Santarosa

Figura 4.5. Ponte quase totalmente destruída, com afloramento de pedras e acúmulo de sedimentos nas margens do rio. Ao fundo, é possível ver a encosta extensa com áreas desmatadas e solo exposto, sugerindo deslizamentos intensos. (A) Árvores arrancadas e acúmulo de sedimentos próximos à margem indicam que o evento foi de alta energia, causando danos à vegetação e infraestrutura local; (B) Danos verificados devido aos deslizamentos de alta intensidade em zonas de convergência hídrica na paisagem e afetando propriedades rurais com viticultura.

Impactos nos sistemas de cultivo de videiras

Os vinhedos da região sofreram diferentes tipos e graus de impactos devido ao excesso de chuvas, que afetaram as condições do solo e a sanidade das plantas. O encharcamento prolongado do solo provocou hipóxia radicular (inibição de trocas gasosas entre raízes e poros do solo), prejudicando o desenvolvimento das raízes e a absorção de nutrientes essenciais, resultando em estresse fisiológico nas videiras, mesmo que o evento tenha ocorrido no estágio fenológico de início de dormência das plantas.

Os graus de danos nos sistemas de cultivo variaram conforme a intensidade dos impactos:

Impacto nas plantas

- Danos de leve intensidade – Caracterizado por período prolongado de saturação de água no solo, com a conseqüente diminuição de oxigênio no sistema radicular, podendo ocasionar a morte das raízes finas, responsáveis pela absorção de nutrientes (Figura 4.6). Além disso, houve o processo de lixiviação, comprometendo o estoque de nutrientes do solo. Esse tipo de dano

ocorreu em áreas de relevo plano e de solos mais profundos e argilosos (Cambissolos). Áreas cuja superfície é convexa, com acúmulo prolongado de água, também foram submetidas a períodos de anaerobiose, com diminuição do potencial redox e do pH da solução do solo, elevando a biodisponibilidade de formas fitotóxicas de determinados metais. Os impactos reais desse tipo de dano só poderão ser realmente percebidos quando as plantas saírem do estágio de dormência e iniciarem o ciclo de produção. Embora esses danos sejam reversíveis, sua identificação pode ser difícil, sendo necessário realizar análises de solo e foliar regulares para detectar os efeitos tóxicos do excesso de umidade propriamente dito (morte de raízes, diminuição da capacidade radicular etc.), bem como dos efeitos indiretos que o excesso de umidade do solo traz consigo, tais como o acúmulo de alguns elementos, como Manganês (Mn), Ferro (Fe) e Alumínio (Al), geralmente tóxicos para a maioria das plantas, e a diminuição na absorção de nutrientes. Dentre as práticas de manejo recomendadas destacam-se, inicialmente, a alocação de drenos superficiais com capacidade de retirar rapida-



Foto: George Wellington de Melo

Figura 4.6. Vinhedo no sistema de condução em espaldeira, localizado em área levemente inclinada, com cobertura vegetal rasteira entre as videiras, com aspecto amarelado em virtude do excesso de umidade no solo, que provocou a falta de trocas gasosas, principalmente de oxigênio. Nesses casos, o impacto na fisiologia das videiras pode ser sutil e se manifestar em uma absorção reduzida de nutrientes, mesmo assim, prejudicando significativamente o crescimento e a produção.

mente o excesso de água com segurança da área de produção, a aplicação de corretivos de acidez e de adubações específicas para garantir a recuperação dos níveis de nutrientes no solo e, concomitantemente, o uso de plantas de cobertura com sistema radicular profundo. Em determinados casos, faz-se necessária a descompactação via subsolagem, principalmente na ocasião da implantação de novos cultivos.

- Danos de média intensidade – Perdas de solo moderadas em virtude da remoção da camada superficial, comprometendo desde o sistema de sustentação das plantas até a absorção de nutrientes e a produtividade das mesmas (Figura 4.7). Esse tipo de dano ocorreu em áreas declivosas e de solos rasos e pedregosos (Neossolo

Regolítico e Neossolo Litólico). A recuperação em questão envolve intervenções direcionadas, como a correção da acidez e fertilidade do solo através da aplicação de corretivos e adubos específicos, além da implementação de práticas agrícolas que melhorem a drenagem e auxiliem na recuperação dos atributos físicos e químicos do solo. Técnicas como alocação de drenos superficiais e a subsolagem visam melhorar as condições estruturais do solo em talhões agrícolas, enquanto a adição de matéria orgânica e plantio de culturas de cobertura são essenciais para condicionar e melhorar a estrutura do solo, promover a infiltração de água e aumentar a resiliência do sistema agrícola frente a eventos climáticos extremos.



Foto: George Wellington de Mello

Figura 4.7. A imagem mostra um vinhedo impactado pela erosão, onde o processo de degradação do solo não apenas expôs as raízes das videiras, mas também revelou pedras subsuperficiais, um indicador da perda significativa da camada superficial do solo. Entre as fileiras de videiras, o solo apresenta-se em grande parte desprovido de cobertura vegetal, exibindo sinais evidentes de saturação hídrica. A presença de depressões superficiais preenchidas com água sugere uma capacidade de infiltração reduzida e um aumento no escoamento superficial. Essa combinação de fatores acelera o processo erosivo, criando um ciclo de degradação que pode se perpetuar. Esse fenômeno compromete seriamente a estabilidade estrutural e a saúde fisiológica das plantas.

- Danos de alta intensidade – Ocorrência de hipóxia radicular severa, caracterizada pela deficiência de oxigênio nas raízes das plantas, devido ao encharcamento do solo, especialmente em períodos prolongados de chuvas associados à deficiência de drenagem natural do terreno (Figura 4.8). Além disso, ocorre compactação acentuada do solo e perda significativa de nutrientes por lixiviação e erosão laminar. Esses impactos levam a uma redução substancial na absorção de água e nutrientes, comprometendo drasticamente a produtividade. A recuperação dessas áreas exige estratégias integradas, como a descompactação do solo, o replantio com variedades mais adaptadas às condições adversas e a reestruturação do perfil do terreno

com a incorporação de condicionadores de solo e a adição de matéria orgânica. Quando é evidente a presença de camadas superficiais e subsuperficiais compactadas, a subsolagem acompanhada da incorporação de fertilizantes orgânicos e a semeadura de mix de sementes de plantas de cobertura são componentes essenciais de uma estratégia para melhorar a porosidade, a permeabilidade e a retenção de água no solo, criando condições favoráveis ao desenvolvimento radicular. Também é fundamental um reequilíbrio nutricional detalhado, baseado em análises de solo, com adubações específicas. A implementação de sistemas de drenagem eficientes é crucial para evitar a recorrência da hipóxia e garantir a sustentabilidade a longo prazo.



Foto: George Wellington de Melo

Foto: Emiliano Santarosa

Figura 4.8. (A) área de vinhedo com solo encharcado no sistema espaldeira; (B) sistema de condução tipo latada, evidenciando problemas de drenagem. O acúmulo de água entre as fileiras de videiras sugere escoamento inadequado e possível compactação do solo, que impede a infiltração eficiente. A presença de poças d'água é indicativa de saturação, o que pode levar a condições anaeróbicas desfavoráveis para o crescimento radicular e a saúde geral das plantas. A vegetação rasteira entre as fileiras parece parcialmente submersa, reforçando a necessidade de práticas de manejo para melhorar a drenagem, como aeração do solo ou instalação de sistemas de escoamento, para evitar perdas de nutrientes e possíveis doenças nas videiras.

- Danos de extrema intensidade – Caracterizam-se por eventos catastróficos, como desmoronamentos severos combinados com o aumento do volume dos rios, que resultam na morte de plantas e na remoção total ou parcial de todo o perfil do solo ou de sua camada fértil (Figura 4.9). Esses danos deixam as plantas sem condições de recuperação através de práticas culturais convencionais.

A reposição do solo fértil é difícil, exigindo ações de engenharia para a recuperação da área atingida, por meio do uso de máquinas pesadas e a construção de muros de contenção, taludes e terraços. Posteriormente, se faz necessário o emprego de máquinas agrícolas convencionais para o manejo sustentável do solo e da adubação (calagem, adubação orgânica e convencional, uso de plantas de cobertura do solo e adubação verde).



Foto: George Wellington de Melo

Foto: Emiliano Santarosa

Figura 4.9. (A) Área de vinhedo em encosta onde ocorreu deslizamento de terra, deixando uma grande seção de solo exposto. As videiras derrubadas estão espalhadas na base do talude, indicando a remoção ou o deslocamento de vegetação devido ao movimento do solo. A ausência de vegetação na área deslizante indica instabilidade no solo, aumentando o risco de erosão adicional. A cena evidencia a necessidade de práticas de manejo sustentável e recuperação de áreas degradadas para evitar novos deslizamentos e minimizar o impacto ambiental; (B) Deslizamentos em larga escala ocorridos em áreas com vinhedos, em zona de convergência hídrica, diminuindo a área de plantio e afetando a produção.

Impactos nos vinhedos

- Danos de leve intensidade – Pequenos danos causados pelo excesso de chuva em vinhedos são eventos relativamente comuns, especialmente em áreas onde o cultivo é feito em terrenos de encosta ou com topografia acentuada (Figuras 4.10 e 4.11). Esses danos tendem a ser

caracterizados por processos erosivos superficiais, afetando camadas pouco profundas do solo. Embora os impactos de tais eventos sejam geralmente localizados, eles ainda representam um problema significativo, exigindo uma resposta adequada para minimizar os danos ao sistema produtivo e para garantir a estabilidade a longo prazo



Foto: George Wellington de Melo

Figura 4.10. Área extensa de vinhedo plantado em terreno inclinado. O solo entre as plantas está coberto por plantas de cobertura, uma prática que ajuda a prevenir a erosão. Observa-se que, apesar do cuidado, o excesso de chuva provocou leves danos erosivos no sentido da inclinação do terreno. Ao mesmo tempo, observa-se, no meio do talhão, um caminho/estrada com sinais de erosão em vários pontos.



Fotos: George Wellington de Melo

Figura 4.11. Quatro cenários relacionados ao manejo do solo em vinhedos. (A) e (B) Cobertura vegetal insuficiente para cobrir completamente o solo do vinhedo durante o evento extremo que resultou em erosão superficial do solo, comprometendo a fertilidade do mesmo nessa camada; (C) e (D) Cobertura vegetal mais densa, mesmo com topografia mais acidentada, resultando em menores perdas de solo por erosão superficial.

- Danos de média intensidade – Os desmoronamentos que ocorreram de forma localizada em vinhedos tiveram consequências mais amplas quando envolviam sistemas de condução em latada, devido ao seu caráter particular de disposição e estrutura (Figura 4.12). Quando implantadas em latada, as videiras são suportadas por aramados estendidos sobre estruturas elevadas, permitindo que o dossel das plantas cresça horizontalmente. Nesse contexto específico, mesmo um desmoronamento que afete apenas uma área localizada do vinhedo pode causar impactos mais abrangentes em

termos de infraestrutura e plantações. Devido ao comprimento das filas e à interconexão das estruturas de suporte, um único ponto de falha pode desestabilizar uma porção significativa do sistema de latada, levando a colapsos em série dos aramados e dos postes de sustentação. Essa característica de dependência estrutural faz com que desmoronamentos localizados tenham efeito cascata, afetando uma área maior do que o próprio evento erosivo em si, gerando a necessidade de uma intervenção mais extensa para a recuperação da área produtiva (Figura 4.13).

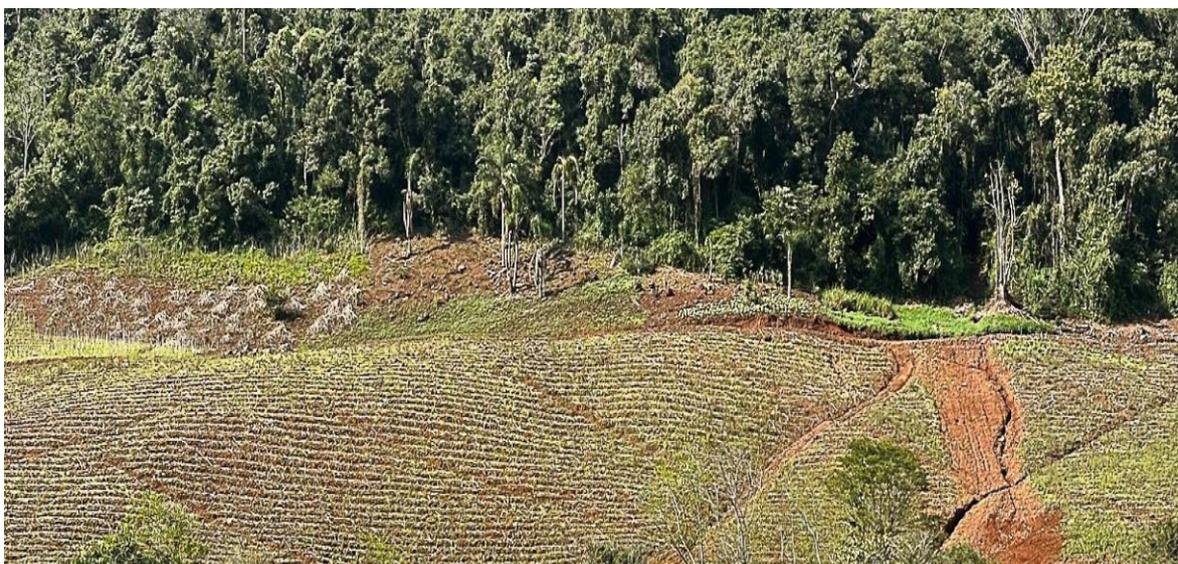


Foto: George Wellington de Melo

Figura 4.12. Vinhedo em encosta, com sinais evidentes de erosão em forma de sulcos no solo exposto. A presença de vegetação nativa no topo contrasta com a supressão parcial da vegetação para fins de cultivo. A erosão indica a existência de um pequeno desmoronamento e processo erosivo que impactou a estrutura do vinhedo.

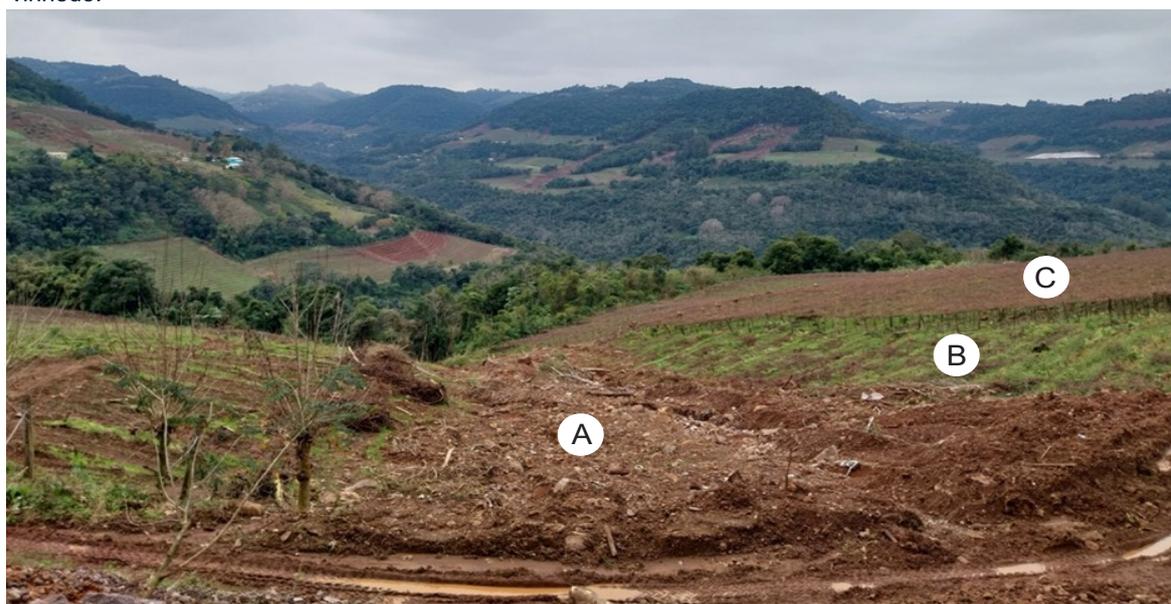


Foto: George Wellington de Melo

Figura 4.13. Vinhedo em sistema de condução em latada na Serra Gaúcha impactado diretamente por deslizamento de terra (A) em área de convergência hídrica, causado pelas chuvas extremas de abril e maio de 2024; vinhedo arrastado por estar interconectado no mesmo módulo da latada da área adjacente onde ocorreu o deslizamento de terra (B); e módulo de latada independente, não impactado pelo deslizamento de terra (C).

- Danos de alta intensidade – Desmoronamentos extensivos foram desencadeados por uma série de fatores combinados, como precipitações intensas, manejo inadequado da cobertu-

ra do solo, saturação hídrica prolongada e até intervenções humanas inadequadas que desestabilizaram a encosta (Figuras 4.14 e 4.15). Em vez de deslizamentos pontuais, os desmoronamentos de larga escala



Fotos: (A) George Wellington de Melo; (B) e (C) Emiliano Santarosa

Figura 4.14. Encosta cultivada com videira. (A) Parte do vinhedo arrastada morro abaixo devido à formação de grandes sulcos ocasionada pela infiltração de água e escoamento superficial. A falta de vegetação na superfície acentuou a vulnerabilidade do solo, facilitando o deslizamento e a remoção de camadas superficiais. Restos de plantas e raízes são visíveis no topo, indicando que o deslizamento arrancou a cobertura vegetal. A vegetação natural na parte superior da encosta sugere que a erosão se concentra nas áreas desprotegidas, destacando a necessidade de medidas de estabilização, como revegetação e técnicas de controle de erosão; (B) Deslocamento e movimento do solo tipo *creep*, afetando o sistema de condução e causando tortuosidade na estrutura de sustentação; (C) Detalhes do porta-enxerto e do sistema radicular da videira expostos devido aos problemas de erosão e movimento do solo tipo *creep*, comprometendo a fixação da videira no solo, além de afetar processos de absorção de água e nutrientes.



Fotos: (A) George Wellington de Melo; (B) e (C) Emiliano Santarosa

Figura 4.15. Áreas de vinhedos com estrada de terra passando por encosta instável, onde o solo exposto sofreu deslizamentos e processos erosivos. O solo removido deixou partes da encosta vulneráveis, criando degraus e cortes visíveis em virtude do desmoronamento. Observa-se no topo da encosta uma área cultivada com um vinhedo, que carece de cobertura vegetal adequada para estabilizar o solo. (A) Ausência de técnicas de manejo da erosão, como terraços ou revegetação, aumentando a vulnerabilidade da área a deslizamentos futuros, com riscos tanto para a estrada quanto para a área cultivada; (B) Vinhedo com sistema de condução e estrutura de sustentação danificada devido aos processos de erosão, movimentação de solo e deslizamentos; (C) Processos erosivos e deslizamentos afetando as áreas de vinhedos localizados em encostas da Serra Gaúcha.

comprometeram amplas faixas de cultivo. Isso envolveu não apenas a perda de plantas, mas também danos a toda a infraestrutura associada. Uma das características mais danosas desse tipo de evento é a ocorrência de fraturas e rachaduras nos horizontes do terreno. Isso reduz drasticamente a capacidade do solo de fixar as plantas e compromete a estrutura responsável pela sustentação das mesmas. Assim, as infraestruturas físicas, incluindo sistemas de condução (postes, aramados etc.), e de sistemas de irrigação, são frequentemente danificadas ou destruídas.

Considerações finais

A análise dos fatores antrópicos e de seus impactos nas áreas rurais de encosta da Serra Gaúcha revela um cenário complexo. Os eventos climáticos extremos de abril e maio de 2024 expuseram a vulnerabilidade dessas áreas, evidenciando a necessidade urgente de ações mitigadoras e adoção de práticas de manejo sustentável. As principais considerações são mencionadas a seguir, sendo necessário estabelecer estratégias para ampliar o emprego de boas práticas para o manejo do solo e da viticultura de áreas de encostas:

- Intensificação dos processos erosivos: a supressão da vegetação nativa e a instalação de talhões de cultivos (vinhedos, lavouras temporárias etc.) em zonas de convergência hídrica e de rampa erosional, associadas à implementação de práticas agrícolas inadequadas mesmo naquelas áreas primariamente aptas à atividade agrícola, têm exacerbado os impactos das precipitações intensas, resultando em erosão acelerada, deslizamentos de terra e significativa perda de solo fértil. Essas atividades comprometem a estabilidade dos perfis pedológicos. Ao remover a cobertura vegetal, que exerce papel fundamental na proteção contra processos erosivos, o solo fica exposto, principalmente nas áreas onde as plantas de cobertura estão ausentes. Isso resulta no impacto direto das gotas das chuvas, promovendo a desagregação, o salpicamento das partículas e a formação de crostas que diminuem a capacidade de infiltração e aumentam o escoamento superficial. Como consequência, promove-se o segundo estágio do processo de erosão hídrica, o transporte de partículas, o que, em última análise, pode desencadear em movimentos de massa na forma de enxurradas. Além disso, em áreas agrícolas de preparo intensivo e contínuo do solo (convencional), combinado com a falta de medidas conservacionistas, são intensificados os efeitos das precipitações torrenciais e dos processos erosivos. Dessa forma, a adoção de estratégias integradas e sustentáveis de manejo são essenciais para mitigar esses impactos e promover a resiliência das áreas agrícolas e de encostas.
- Impactos na viticultura: a viticultura, principal atividade econômica da região, tem sido severamente impactada pelos eventos climáticos extremos ocorridos nos últimos anos. O sistema de condução do tipo latada, apesar de proporcionar elevada produtividade, apresenta vulnerabilidade significativa diante de fenômenos como precipitações intensas e vendavais, que podem comprometer a integridade estrutural dos suportes e afetar significativamente a produção de uvas. Esses danos não se restringem apenas às áreas diretamente atingidas, mas também têm implicações mais amplas, como a desorganização da logística de colheita, a deterioração da qualidade dos frutos e a consequente necessidade de replanejamento das safras subsequentes, resultando em expressivas perdas econômicas. Ademais, os elevados custos associados à manutenção e ao reparo das estruturas após esses eventos climáticos reduzem a viabilidade econômica-financeira do sistema de latada no longo prazo. Em um contexto de mudanças climáticas crescentes, torna-se essencial reconsiderar os sistemas de condução, buscando alternativas mais resilientes e eficientes, como a subdivisão das áreas em segmentos menores, para minimizar as perdas econômicas e preservar a sustentabilidade da produção vitivinícola.
- Degradação do solo: Problemas como a perda de solo, em conjunto com alterações nos atributos físicos, químicos e biológicos desse fator de produção, podem comprometer de maneira significativa a sustentabilidade agrícola a longo prazo, dependendo da magnitude do dano. A perda da camada superficial reduz drasticamente o teor de matéria orgânica e estoques de carbono no perfil de solo, o que impacta negativamente sua capacidade de retenção de nutrientes e água, comprometendo

a produtividade agrícola e a resiliência das culturas. A compactação do terreno, resultante do tráfego intensivo e continuado de máquinas agrícolas realizado durante os tratos culturais, diminui a porosidade, prejudicando tanto a infiltração de água quanto a aeração do sistema radicular, resultando em um ambiente edáfico subótimo para o desenvolvimento das plantas. A interação entre esses fatores gera um ambiente altamente desfavorável para a sustentabilidade da agricultura, exigindo, portanto, uma reavaliação profunda e imediata das práticas de manejo atualmente empregadas, a fim de garantir a manutenção da produtividade e a integridade dos recursos edáficos no longo prazo.

- Infraestrutura rural: estradas rurais e seus respectivos sistemas de drenagem, quando inadequados, desempenham papel crítico na instabilidade geotécnica das áreas de encosta, contribuindo significativamente para aumentar os riscos de formação de enxurradas e deslizamentos. A ausência de planejamento técnico, somada à falta de manutenção regular, contribuem para a degradação progressiva das vias, dificultando a mobilidade e o acesso a serviços essenciais, sobretudo em períodos de alta pluviosidade. A ineficácia dos sistemas de drenagem, pela falta de subdivisão, redirecionamento e dissipação de fluxos hídricos, particularmente em áreas com declividade acentuada, promove a saturação hídrica dos perfis pedológicos e favorece alagamentos frequentes, o que compromete não apenas a segurança dos habitantes locais, mas também a circulação de veículos, impactando negativamente a logística de transporte da produção agrícola. Assim, a deterioração simultânea das estradas e a ausência de sistemas de drenagem eficientes aumentam a vulnerabilidade da infraestrutura rural, exigindo intervenções estruturais abrangentes e investimentos substanciais. Medidas corretivas devem contemplar desde o planejamento de vias, com equipe de engenharia apropriada, até a implementação de sistemas de drenagem otimizados, que garantam tanto a estabilidade das áreas de encosta, quanto a continuidade das atividades econômicas e o bem-estar das populações rurais.

Referências

- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 102, s. 1, p. 1-8, 28 maio 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm. Acesso em: 17 fev. 2025.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei nº 6.938/1981, de 31 de agosto de 1981. **Política Nacional do Meio Ambiente**, Brasília, DF, 31 agosto de 1981. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938compilada.htm. Acesso em: 17 fev. 2025.
- MANFROI, O. **A colonização italiana no Rio Grande do Sul**: implicações econômicas, políticas e culturais. 2nd ed. Porto Alegre, RS: [s. n.], 2001.
- MANUAL de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 11. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016. 376 p.
- RADÜNZ, R.; HERÉDIA, V. 140 Anos da Imigração Italiana no Rio Grande do Sul. In: Simpósio Internacional, 4; Fórum de Estudos Ítalo-brasileiro, 12., 2015, Caxias do Sul. **Anais [...]**. Caxias do Sul: Educus, 2015.
- STEENBOCK, W., VEZZANI, F. M. **Agrofloresta**: aprendendo a produzir com a natureza. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Bambual, 2023.
- VALDUGA, R. **Sonho de um imigrante**. 3. ed. Porto Alegre: Letra & Vida, 2010.
- ZANINI, M. C. C.; OLIVEIRA, M. S. O trabalho como "categoria étnica": um estudo comparativo da ascensão social de imigrantes italianos e seus descendentes no Rio Grande do Sul (1875-1975). **REMHU - Revista Interdisciplinar da Mobilidade Humana**, v. 17, n. 33, 2009.

