

ANAIIS

Volume 01

50SSS

Simpósio sobre Sistemas Sustentáveis



9 788560 308965

Porto Alegre/RS, 2019



Copyright © 2019, by Editora GFM.

Direitos Reservados em 2019 por Editora GFM.

Editoração: Cristiano Poletto

Organização Geral da Obra: Cristiano Poletto; Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves; Fernando Periotto

Diagramação: Espaço Histórico e Ambiental

Revisão Geral: Angela Gunther

Capa: Espaço Histórico e Ambiental

CIP-Brasil. Catalogação na Fonte

Cristiano Poletto; Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves; Fernando Periotto (Organizadores)

ANAIS do 5º Simpósio sobre Sistemas Sustentáveis - Vol. 1 / Cristiano Poletto; Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves; Fernando Periotto (Organizadores) – Porto Alegre, RS: Editora GFM, 2019.

1.537p.: il.; 29,7 cm

ISBN 978-85-6030-896-5

É AUTORIZADA a livre reprodução, total ou parcial, por quaisquer meios, sem autorização por escrito da Editora ou dos Organizadores.

5SSS219

IMPACTOS DOS PROCESSOS HIDROSSEDIMENTOLÓGICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MAQUINÉ/RS

Danrlei de Menezes¹, Masato Kobiyama², Franciele Maria Vanelli³ & Luana Lavagnoli Moreira⁴

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e-mail: d.menezes18@gmail.com; ²Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e-mail: masato.kobiyama@ufrgs.br; ³Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e-mail: franciele.vanelli@ufrgs.br; ⁴Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e-mail: lavagnoliluana@gmail.com

Palavras-chave: Desastres naturais; erosão; movimentos de massa.

Resumo

A ocupação de regiões montanhosas tem crescido nos últimos anos no Brasil, associado também ao aumento de desastres naturais hidrossedimentológicos, como os movimentos de massa e os processos relacionados a produção de sedimentos. Ademais, as mudanças climáticas têm sido responsáveis pelo aumento da frequência de episódios extremos de chuva intensas que, aliado as características montanhosas e a ocupação humana, tem causado grande desastres naturais. A região de estudo, a bacia hidrográfica do rio Maquiné, localizada na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, é palco de ocorrência de desastres naturais associados a eventos hidrossedimentológicos. Atualmente, essa bacia é ocupada principalmente por uma população rural cuja atividade econômica principal é voltada para o horticultivo e o cultivo de milho, principalmente na planície de inundação do rio Maquiné e dos arroios afluentes. Além disso, a grande amplitude de relevo da região, com variação de aproximadamente 900 metros, e altas declividades promove o interesse turístico na região, devido à presença de cascatas e da beleza natural desse relevo associado às florestas. Com relação à ocorrência desses desastres, vale destacar a produção de sedimentos ocasionada por eventos que carregam grandes quantidades de sedimentos, seja pela erosão superficial relacionadas as atividades agrícolas, ou pela ocorrência de movimentos de massa. Assim, o conhecimento sobre desastres naturais e os processos hidrossedimentológicos envolvidos (dinâmica de água e de sedimentos) é de extrema importância para a tomada de ações voltadas para mitigação dos impactos relacionados. Somado a isso, a divulgação dessas informações à população local no sentido de promover a educação ambiental, reflete na prevenção e conscientização, reduzindo a vulnerabilidade da população local a esses desastres.

Introdução

A comunidade do município de Maquiné, nordeste do estado do Rio Grande do Sul, convive diariamente com a susceptibilidade a ocorrências de desastres hidrossedimentológicos. Para entender essa vulnerabilidade, primeiramente, é necessário conhecer as características da região e observar áreas e pessoas que estão em risco.

A proximidade com o rio e a extensa planície de inundação da bacia hidrográfica do rio Maquiné favorecem o cultivo agrícola em decorrência da disponibilidade de água e da fertilidade do solo. O elevado potencial agrícola em termos de fertilidade do solo, textura e estrutura, entretanto é limitado pela topografia acidentada (GERHARDT et al., 2000).

Ainda assim, conforme ressaltado pelo mesmo autor, essas condições topográficas apresentam grande potencial, principalmente turístico. Trilhas, cascatas e o contato direto com a natureza atraem uma grande quantidade de pessoas para esses locais, que buscam descanso dos grandes centros urbanos.

Essas características promovem grandes benefícios à população local e, conseqüentemente, ao desenvolvimento econômico do município. No setor agrícola, Maquiné é destaque no Litoral Norte do estado pela produção de alimentos, com destaque para hortaliças e produtos orgânicos (RIO GRANDE DO SUL, 2016) e no setor de turismo, o município é favorecido pela localização geográfica estratégica composta de lindas paisagens naturais (CASTRO e MELO, 2019).

Entretanto, essas características fisiográficas também influenciam negativamente a região. Isso porque expõe a população e os turistas aos desastres hidrológicos. A alta declividade na região favorece a resposta imediata de eventos de chuva que podem causar inundações bruscas e movimentos de massa. Além disso, as atividades agrícolas associadas a eventos de chuvas intensas podem causar a degradação do solo, o assoreamento dos canais (PAGLIARI et al., 2017) e aumento dos processos de eutrofização (WAGENA et al., 2018), uma vez que nutrientes podem estar aderidos às partículas de sedimentos (PELLEGRINI; RHEINHEIMER; BATISTA, 2010).

Como já mencionado, o impacto da ocorrência de processos erosivos nos recursos hídricos tem sido enfoque para problemas associados ao assoreamento de reservatórios, depauperamento da qualidade da água, reduzida infiltração e armazenamento de água no solo, formação de enxurradas e baixa disponibilidade hídrica em períodos de estiagem. Neste sentido, a estimativa da

erosão bruta e o monitoramento da produção de sedimentos refletem a dinâmica que ocorre nas bacias vertentes e os processos observados nos rios. Além disso, associado a ação antrópica, os impactos no ambiente podem ser intensificados em decorrência das mudanças climáticas (ZHANG et al., 2019), responsáveis no aumento da ocorrência de eventos extremos (OCHOA et al., 2016).

Dentre os efeitos dos movimentos de massa destaca-se a ameaça a vidas humanas. Os fluxos de detritos, por exemplo, podem ser letais, por ocorrerem de maneira rápida e imediata, com alta velocidade de movimento, podendo incorporar matações e outros fragmentos. Além disso, podem mover objetos do tamanho de residências e podem enterrar estruturas, preenchendo-as com rápido acúmulo de sedimentos e materiais orgânicos. Ainda, podem afetar a qualidade da água ao depositarem grandes quantidades de silte e fragmentos.

Todos esses danos relativos a ocorrência dos movimentos de massa podem ocorrer em regiões rochosas ou de terra, áreas de cultivo, taludes improdutivos e florestas naturais (HIGHLAND e BOBROWSKY, 2008). Esse fato aumenta o número de pessoas suscetíveis ao perigo, principalmente em locais como a bacia hidrográfica do rio Maquiné, que possui todas as características de suscetibilidade para a ocorrência de processos hidrossedimentológicos.

Nessa perspectiva, é necessário entender o comportamento de ocorrência desses processos. O conhecimento da frequência com que esses eventos de diferentes magnitudes ocorrem é crucial para auxiliar na sua gestão. Eventos extremos e de alta intensidade são raros e eventos de baixa a média intensidade ocorrem em grande parte do tempo. Assim, questiona-se: qual e como é a contribuição de cada um para a produção de sedimentos em uma bacia hidrográfica? Entendendo esse fenômeno será possível prever e minimizar os impactos dos processos hidrossedimentológicos? Esses questionamentos são base para a caracterização dos processos e o desenvolvimento de modelos que visam a alertar e orientar as pessoas que estão nessas áreas suscetíveis.

Sendo assim, para conciliar o desenvolvimento econômico, com a proteção ao ambiente e a população, é necessário contemplar conhecimentos sobre os fenômenos naturais que ocorrem nesses ambientes e os riscos envolvidos. Conciliando também com o planejamento e incentivo de medidas para o fortalecimento e manutenção dos agricultores e do crescimento do turismo na região. Nesse sentido, o gerenciamento integrado dos recursos hídricos, das bacias hidrográficas e dos desastres naturais associados à aplicação simultânea da socio-hidrologia e socio-tecnologia pode fornecer uma resposta mais efetiva para a sociedade (KOBAYAMA et al., 2018).

Assim, o planejamento tem enfoque na escala local pois se atenta aos sistemas físicos e sociais locais e na escala global, pois está conectado a um maior sistema de relacionamentos (ASPRANE e MANFREDI, 2014). Mediante isso, esse trabalho objetiva demonstrar a importância em se prever os processos hidrossedimentológicos, mais especificamente, erosão superficial e os movimentos de massa, em uma bacia hidrográfica de ambiente montanhoso.

Localização geográfica e fragilidade ambiental

A bacia hidrográfica do rio Maquiné consiste predominantemente pelo município de Maquiné e por parte do município de São Francisco de Paula no estado de Rio Grande do Sul. Considerando os dados censitários baseados em delimitações políticas, em 2010 a população de Maquiné era de 6.905 habitantes, com tendência de decréscimo para 2019, estimando-se 6.714 habitantes (IBGE, 2019). Do total de habitantes, 70% da população reside na área rural (IBGE, 2010), cuja principal atividade econômica é agropecuária com destaque ao horticóltivo e cultivo de milho (IBGE, 2017) Segundo Gerhardt et al. (2000), a grande maioria das propriedades agrícolas pode ser considerada familiar e para subsistência.

Situada a nordeste do estado do Rio Grande do Sul, a bacia hidrográfica do rio Maquiné apresenta área de drenagem de 510 km² (Figura 36). Essa bacia se insere na bacia hidrográfica do rio Tramandaí e está situada em uma área de transição da formação Serra Geral, nas suas cabeceiras e encostas, e da formação Botucatu na margem esquerda do rio Maquiné (CASTRO & MELLO, 2019). Possui uma grande variação altimétrica desde as nascentes, com cerca de 900 m de altitude, até a foz na Lagoa dos Quadros, aproximadamente 3 m de altitude acima do nível do mar. O clima, segundo a classificação Köppen, é Cfa (subtropical úmido, com verões quentes e invernos frios e temperado úmido com verão temperado). Além disso, a região apresenta forte influência orográfica por sua localização e proximidade ao mar (GODOY et al., 2017).

A bacia é caracterizada por apresentar grande fragilidade ambiental dada pela alta declividade, solos rasos nas encostas e pela presença de uma extensa planície fluvial suscetível à inundação. Essa declividade conduz as águas com elevada energia e sedimentos de grande porção (tamanho) que causam erosão do fundo do vale. Isto é o motivo que justifica o relevo escarpado. À medida que essas águas escoam pela planície, a velocidade de escoamento diminui até atingir a sua foz, favorecendo a deposição dos sedimentos.

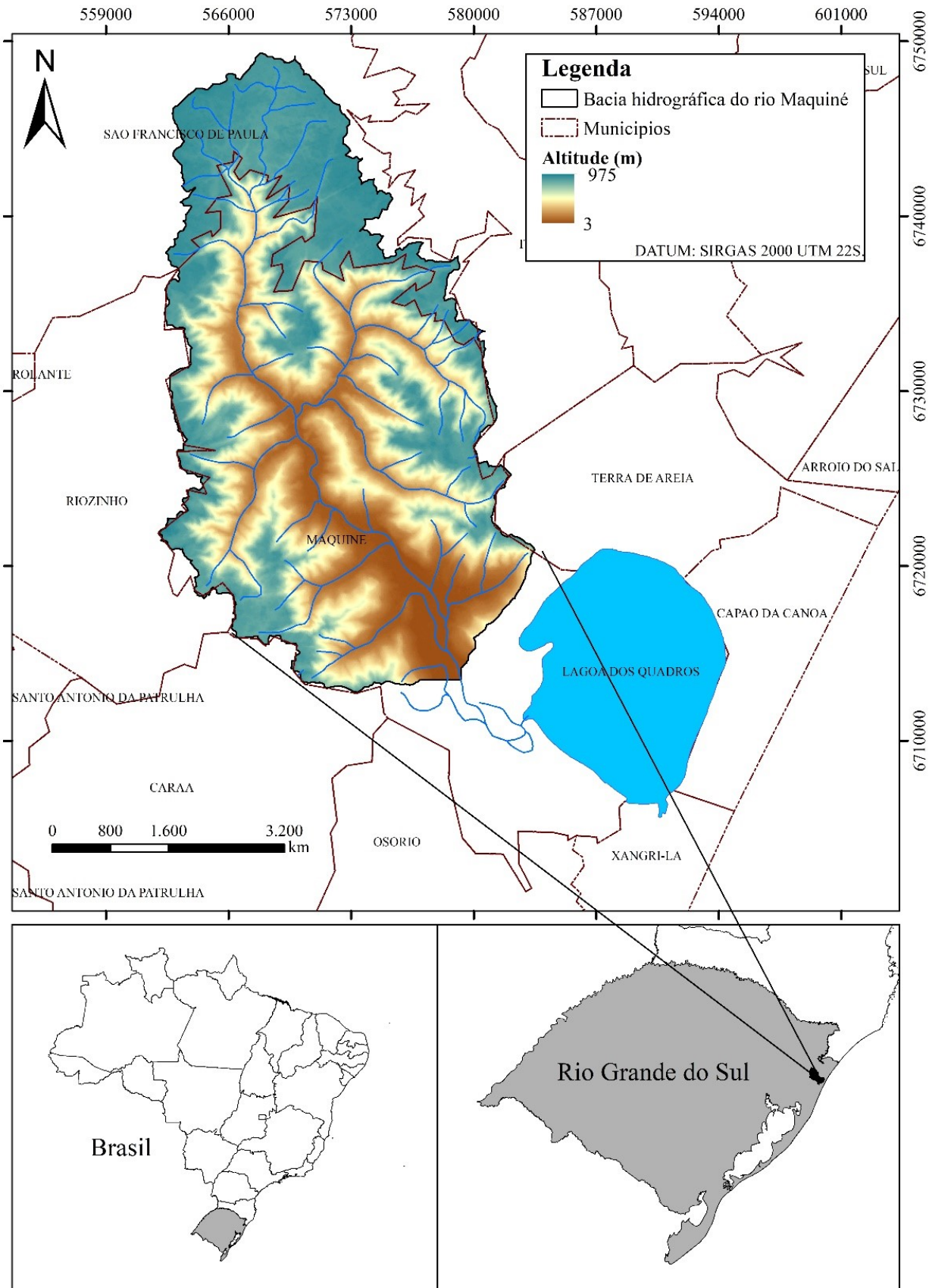


Figura 36 - Localização da bacia hidrográfica do rio Maquiné.

A bacia do rio Maquiné é cenário de muitos fenômenos naturais, desencadeados por chuvas intensas (Figura 3). Tais eventos repercutem em prejuízos ao município de Maquiné. Destaca-se as ocorrências de inundações bruscas em 2007, marcado por intensas chuvas e grande prejuízo para o município gerando dois decretos de emergência, emitidos pela Defesa Civil (BRASIL, 2016). Já no evento ocorrido em janeiro de 2017, os moradores do distrito de Barra do Ouro ficaram isolados, pois as águas do rio invadiram a única estrada de acesso, impedindo a passagem de veículos (GRUPO RBS, 2017). A passagem dos moradores foi possível somente por uma ponte suspensa de madeira, conforme apresentado na Figura 3 , onde também é possível observar a coloração das águas indicando elevada concentração de sedimentos em suspensão.

Além disso, no município vizinho, Rolante, a ocorrência de chuvas intensas e bem localizadas foram responsáveis por escorregamentos, fluxos de detritos e inundações bruscas em janeiro de 2017. Os prejuízos econômicos, estimados em R\$70 milhões, e sociais decorridos desse fenômeno repercutiram na necessidade do conhecimento e gerenciamento dos desastres (PAIXÃO et al., 2018).

Esses fatos justificam a pesquisa científica nessa região, já que a bacia é caracterizada por fortes processos hidrossedimentológicos, com frequentes movimentos de massa e inundações que podem afetar direta ou indiretamente a população local e os turistas, e conseqüentemente, as práticas agrícolas e o ecoturismo. Ademais, é importante destacar que somente durante esses eventos é que ocorrem alterações perceptíveis nos cursos d'água. Na Figura 3a e 3b é demonstrado as típicas paisagens durante evento de chuva e durante período seco, respectivamente



Figura 2 – Ocorrência de escorregamentos em encosta na bacia do rio Maquiné. Fonte: ANAMA.



Figura 3 – Paisagens típicas da bacia. a) Ponte sobre o rio Maquiné próximo ao distrito Barra do Ouro em janeiro de 2017. Fonte: Grupo RBS, Eduardo Matos; b) Água translúcida indicando baixa concentração de sedimentos suspensos no Arroio Forqueta em 17/08/2019, próximo ao Camping e Pousada Pico da Galera. Fonte: Os autores.

Impactos dos processos hidrossedimentológicos

A maioria dos estudos de erosão do solo se concentra em um único processo de erosão (POESEN, 2018). No entanto, em muitos ambientes, vários processos erosivos operam ao mesmo tempo e podem interagir uns com os outros, resultando em um reforço ou compensação das taxas gerais de perda de solo. Geralmente, a combinação e as interações entre a erosão superficial e movimentos de massa resultam em grandes quantidades de sedimentos que envolvem a erosão superficial, o transporte de sedimentos finos e grosseiros no canal, o fluxo de detritos e os escorregamentos de terra. Ambos são causados pela ação da chuva e podem ser responsáveis pela degradação do solo.

Nesse sentido, a resistência do solo à erosão depende de fatores extrínsecos e intrínsecos ao solo, que são considerados as propriedades físicas (textura, estrutura, permeabilidade, densidade), químicas, mineralógicas e biológicas do solo, e os fatores intrínsecos que englobam o comprimento, a forma, o declive de rampa, associado ao tipo de cobertura do solo.

Geralmente, dados sobre taxas de erosão para eventos individuais ou anuais para determinados locais mostram uma distribuição altamente variada com um grande número de eventos de magnitude muito baixa produzindo quantidades moderadas de perda de solo e um pequeno número de eventos de magnitude mais alta (WOLMAN & MILLER, 1960). Durante um longo período, a maior parte da erosão ocorre durante eventos de magnitude e frequência moderados, simplesmente porque eventos extremos ou catastróficos são pouco frequentes para contribuir consideravelmente com a quantidade de solo erodido. Entretanto, essa suposição ainda não foi verificada em uma única área de estudo considerando todos os processos hidrossedimentológicos relacionados à produção de sedimentos os quais este ambiente pode oferecer. Assim, supõe-se que a relação magnitude-frequência pode ser representada por uma das alternativas mostradas na Figura 4.

Qualquer alteração nos diferentes componentes da natureza (relevo, solo, vegetação, clima e recursos hídricos) acarreta o comprometimento da funcionalidade do sistema, quebrando o seu estado de equilíbrio dinâmico. Estas variáveis tratadas de forma integrada possibilitam obter um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes naturais (SPÖRL e ROOS, 2004). Assim, a seguir, serão descritos os principais impactos referentes aos processos de erosão superficial e movimentos de massa.

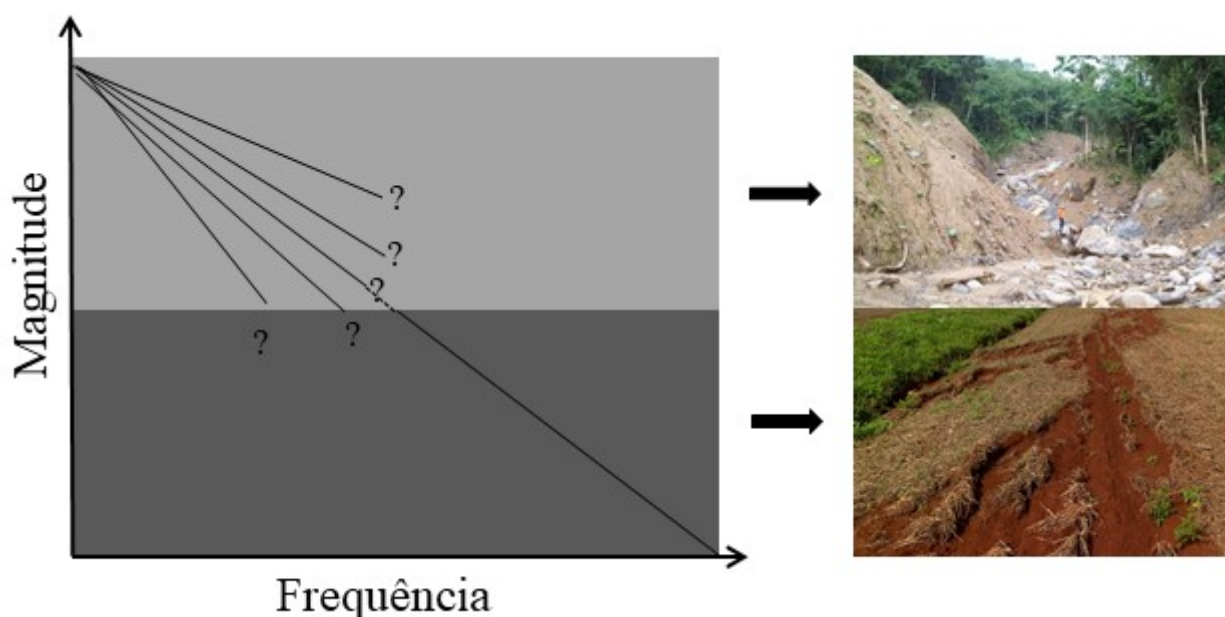


Figura 4 –Relação entre frequência e magnitude dos eventos hidrossedimentológicos.

Erosão superficial

As mudanças climáticas têm afetado a agricultura nos últimos anos. O crescimento na frequência de eventos extremos, como secas e inundações, associados ao uso indiscriminado do solo são responsáveis pela degradação de áreas de cultivo agrícola (IPCC, 2014).

Isso ocorre devido a uma série de fatores, sendo destaque o incremento populacional associado a ocupação de áreas irregulares para a agricultura (necessidade de maior produção de alimentos) e a constante ocorrência de eventos extremos. Além disso, a agricultura é uma das atividades de maior impacto ambiental, entre os danos causados se destacam a poluição do solo e da água devido a utilização de herbicidas e fertilizantes, a destruição de áreas florestais para implantação de culturas agrícolas e a drenagem de áreas úmidas. Além do avanço sobre áreas de preservação permanente em torno dos rios gerando assim pressão sobre os recursos naturais.

A ocorrência dos eventos extremos pode ser responsável pela desagregação de partículas do solo causada pelo impacto da gota d'água da chuva, com alta energia cinética, e pela ação do escoamento superficial capaz de transportar as partículas de sedimento do solo. A energia cinética do impacto das gotas de chuva na superfície do solo e a energia cinética cisalhante do escoamento superficial são os principais agentes causadores da erosão hídrica (DENARDIN et al., 2005).

Nesse sentido, a erosão superficial é uma das principais causas da degradação dos solos. A interação de diversos fatores como a erosividade das chuvas, a erodibilidade do solo, o grau e o comprimento do declive, o manejo do solo e de culturas, e as práticas conservacionistas complementares atuam diretamente sobre a intensidade dos impactos gerados pela erosão superficial. As áreas mais vulneráveis são regiões com solo exposto, geralmente relacionados a produção agrícola, uma vez que o processo de preparo do solo compreende as etapas de exposição e revolvimento, tornando-o suscetível à ação climática. Com a ocorrência da chuva, o solo pode ser desagregado (sedimentos) e, então, carregado pela ação do escoamento superficial, podendo atingir os corpos d'águas, como rios, arroios, lagoas e áreas alagadas. Além disso, no sedimento podem estar aderidos nutrientes e herbicidas utilizados nas lavouras, que estão relacionados aos problemas de eutrofização e de qualidade a água de abastecimento.

Esses sedimentos também são responsáveis pelo assoreamento dos canais e reservatórios. Neste caso, o rio Maquiné desagua na lagoa dos Quadros (Figura 1), a qual é objeto de todo o aporte de sedimentos do rio que não depositou na calha ou nas depressões da bacia. Isso pode se tornar um grande problema ambiental, desde a aceleração dos processos de eutrofização até a diminuição da vida útil da lagoa. Esses problemas, além de afetarem o sistema biótico da lagoa, também repercutem na utilização da lagoa pela população local e turistas como área de pesca e recreação.

Assim, é importante destacar que os problemas que acontecem nas planícies (que incluem as áreas agrícolas) não afetam somente o local onde estão inseridas, mas também as áreas a jusante. Isso necessita a conscientização da população sobre os processos hidrossedimentológicos que ocorrem nessas áreas.

Movimentos de massa

Embora o movimento de massa tenha sido amplamente estudado por geólogos, geomorfólogos e engenheiros, geralmente é negligenciado no contexto da erosão do solo. Eles ocorrem menos frequentemente do que a erosão superficial do solo, cerca de uma a cada dezenas ou centenas de anos. No entanto, a quantidade de sedimentos movidos das encostas para os rios por movimento de massa é muito superior à contribuição de voçorocas, riachos e fluxo terrestre (MORGAN, 2005).

Eles podem ser definidos como um movimento de descida de rocha, solo, ou ambos, em declive, que ocorre na ruptura de uma superfície - ruptura curva (escorregamento rotacional) ou ruptura plana (escorregamento translacional) — na qual a maior parte do material move-se como uma massa coesa, com pequena deformação interna (HIGHLAND e BOBROWSKY, 2008).

Nesse sentido, áreas montanhosas apresentam alta declividade e rapidez de resposta frente a um evento de chuva. Essas características associadas à instabilidade das encostas e à ocorrência de eventos extremos (grande pluviosidade) podem ser responsáveis pela ocorrência de movimentos de massa.

Na região de Maquiné, a geologia local formada pela escarpa da Serra Geral contorna o Planalto dos Campos Gerais com um relevo de transição entre este planalto e a planície costeira, apresentando declividade acentuada (declividade entre 25° e 45°), depósitos de tálus e de colúvios nas baixas vertentes, amplitude de relevo superior a 300 metros, solos rasos e afloramentos de rocha. Estas características tornam a região muito suscetível a movimentos de massa do tipo escorregamento translacional seguidos de fluxo de lama e de detritos, provocando grandes danos materiais (VIERO; SILVA, 2010). Dependendo da presença de pessoas, esses fenômenos tornam-se grandes desastres naturais com perda de vidas humanas.

Os movimentos de massa são condicionados de forma direta ou indireta pela morfologia da encosta. Existe uma correlação direta entre a declividade e os locais de movimentos de massa. Os escorregamentos translacionais observados na Serra do Mar por exemplo, estão associados às encostas retilíneas com inclinações superiores a 30° (SANTOS, 2004). No entanto, os escorregamentos não ocorrem necessariamente nas encostas mais íngremes. A atuação indireta da morfologia da encosta está relacionada ao seu formato, que determina a convergência ou a divergência dos fluxos de água subterrânea e de superfície.

De acordo com o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais elaborado pelo Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres - CEPED (2012), do ano de 1991 até 2012 no Brasil aproximadamente 7 mil pessoas foram de alguma forma afetadas pelos deslizamentos de solo e/ou rocha, três pessoas foram fatalmente atingidas, 90 ficaram desabrigadas e 1.784 foram desalojadas. Esses dados são extremamente importantes, visto que no Brasil não há políticas de gestão desastres desses fenômenos. A maioria das pessoas não possui experiência para enfrentar movimentos de massa. Em geral, enfrentar esse fenômeno é mais complexo e difícil do que enfrentar inundações (KOBAYAMA et al., 2018). Dessa forma, fica evidente a necessidade de atenção aos desastres relacionados à sedimentos, dedicando-se às pesquisas sobre movimentos de massa.

A maioria das pessoas que vivem em regiões de montanha não acredita que possam ser atingidas por movimentos de massa. Assim como, muitos turistas que exploram a montanha não reconhecem o elevado potencial da ocorrência desse fenômeno. Desse modo, os mapas de risco, elaborados por meio de modelos computacionais (MICHEL; GOERL; KOBAYAMA, 2014) ou por outros métodos, devem ser apresentados à população, a fim de demonstrar o perigo real desses processos. Essa conscientização certamente reduzirá a vulnerabilidade da população.

Conclusões

A bacia hidrográfica do rio Maquiné possui grande potencial agrícola e turístico. Entretanto, as condicionantes geológicas e geomorfológicas associadas a ocorrência de chuvas intensas desencadeiam processos hidrossedimentológicos que podem ser intensificados pela ação antrópica. Fortalecer e manter os agricultores na região bem como fomentar o turismo na região contribui para o desenvolvimento econômico do município. Entretanto, é necessário atentar à proteção às pessoas e ao ambiente. A ocupação dos ambientes montanhosos pelo ser humano sem planejamento e sem conhecer os riscos pode resultar em desastres naturais com prejuízos materiais ou, até mesmo, danos à vida humana.

Portanto, considerando a importância econômica dessa região, é necessário compreender a frequência com que esses eventos de diferentes magnitudes ocorrem. Esse fato indica a necessidade de desenvolver pesquisas científicas para entender os mecanismos desses fenômenos naturais e as providências necessárias para reduzir os impactos relacionados. Isso envolve o monitoramento hidrossedimentológico e ações de educação ambiental. Dessa forma, as atividades agrícolas e de turismo podem ser desenvolvidas com planejamento e as pessoas envolvidas podem receber conhecimento sobre os riscos das áreas suscetíveis e instruções de como proceder em casos de perigo.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio financeiro fornecido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) e ao Programa de apoio ao Ensino e à Pesquisa Científica e Tecnológica em Regulação e Gestão de Recursos Hídricos – Pró-Recursos Hídricos - Chamada N°



16/2017, CAPES - ANA.

Referências

- ASPRONE, D.; MANFREDI, G. 2014. Linking disaster resilience and urban sustainability: a glocal approach for future cities. *Disasters*. v. 39. p. 96 – 111.
- BRASIL. DEFESA CIVIL. 2016. Sistema Integrado de Informações sobre Desastres. CEPED UFSC.
- CASTRO, D.D.; MELLO, R.S. (orgs). 2019. Atlas ambiental da bacia hidrográfica do Rio Tramandaí. 2 ed. Revista e atualizada. Porto Alegre: Ed. Via Sapiens. 180p.
- CEPED. 2012. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais - 1991 a 2012/ Rio Grande do Sul. Florianópolis/SC.
- DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; FLORES, C. A.; FERREIRA, T. N.; CASSOL, e. A. MONDARDO; A. SCHWARZ, R. A. 2005. Manejo da enxurrada em sistema de plantio direto. Porto Alegre: Fórum Estadual de Solo e Água. 88 p.
- GERHARDT, C. H. et al. 2000. Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental do Município de Maquiné – RS: Perspectivas para um desenvolvimento rural sustentável. Projeto Maquiné. Prefeitura Municipal de Maquiné, Associação Nascente Maquiné e Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural. 108p.
- GODOY, J. V. et al. 2017. Análise Estatística Da Distribuição De Chuva Na Região Da Bacia Hidrográfica Do Rio Maquiné, RS. Anais do XXII Simpósio de Recursos Hídricos. Florianópolis.
- GRUPO RBS. 2017. Cheia de rio deixa moradores isolados em distrito de Maquiné. Gaúcha ZH. Disponível em: <<https://gauchazh.clicrbs.com.br/geral/noticia/2017/01/cheia-de-rio-deixa-moradores-isolados-em-distrito-de-maquine-cj5wjxky21tplxj0z0p297ss.html>>. Acesso em: set. 2019.
- HIGHLAND, L. M.; BOBROWSKY, P. 2008. O Manual de Deslizamento – Um Guia para a Compreensão de Deslizamentos. Reston, Virginia, US Geological Survey Circular, v. 1325.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2019. Cidades: Maquiné.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Sinopse do Censo Demográfico 2010: Rio Grande do Sul.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2017. Censo Agropecuário: 2017 (Rio Grande do Sul). Rio de Janeiro: Ed. IBGE, 2017.
- IPCC. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. v. 151.
- KOBIYAMA, M. et al. 2018. Abordagem integrada para gerenciamento de desastre em região montanhosa com ênfase no fluxo de detritos. *Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental*. v.7, n.esp., p. 31–65.
- MICHEL, G. P.; GOERL, R. F.; KOBIYAMA, M. 2014. Critical rainfall to trigger landslides in Cunha River basin, southern Brazil. *Natural Hazards*. v. 75, n. 3, p. 2369–2384.
- MORGAN, R. P. C. 2005. Soil erosion and conservation.
- OCHOA, P. A. et al. 2016. Catena Effects of climate , land cover and topography on soil erosion risk in a semiarid basin of the Andes. *Catena*. v. 140, p. 31–42.
- PAGLIARI, D. et al. 2017. Measuring the volume of flushed sediments in a reservoir using multi-temporal images acquired with UAS. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, v. 8, n. 1, p. 150-166.
- PAIXÃO, M. A. et al. 2018. Lições sobre o gerenciamento de desastres hidrológicos obtidas a partir da ocorrência em Rolante/RS. *Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental*. v.7, p. 251–267.
- PELLEGRINI, R.; RHEINHEIMER, D.; BATISTA, J. 2010. Impacts of anthropic pressures on soil phosphorus availability , concentration , and phosphorus forms in sediments in a Southern Brazilian watershed. *Journal of soils and sediments*, v. 10, n. 3, p. 451–460.
- POESEN, J. 2018. Soil erosion in the Anthropocene: Research needs. *Earth Surface Processes and Landforms*, v. 43, n. 1, p. 64–84.
- RIO GRANDE DO SUL. 2016. Rio Grande Agroecológico - Plano Estadual de Agroecologia e Produção Orgânica (PLEAPO 2016-2019).



SANTOS, A. R. 2004. A grande barreira da Serra do Mar: da trilha dos tupiniquins à Rodovia dos Imigrantes. São Paulo: O Nome da Rosa Editora Ltda. p. 122.

SPÖRL, C., e ROSS, J. L. S. 2004. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. GEOUSP-Espaço e Tempo, v.15, p. 39-49.

VIERO, A. C.; SILVA, D. R. A. 2010. Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Sul.

WAGENA, M. B. et al. 2018. Science of the Total Environment Impact of climate change and climate anomalies on hydrologic and biogeochemical processes in an agricultural catchment of the Chesapeake Bay watershed , USA. Science of the Total Environment, v. 637–638, p. 1443–1454.

WOLMAN, M. G. & MILLER, J. P. 1960. Magnitude and Frequency of Forces in Geomorphic Processes. The Journal of Geology. v. 68, n. 1, p. 54-74.

ZHANG, X. et al. 2019. Journal of Hydrology : Regional Studies Quantifying natural and anthropogenic impacts on runoff and sediment load: An investigation on the middle and lower reaches of the Jinsha River Basin. Journal of Hydrology: Regional Studies, v. 25, p. 100-617.