MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCETÍVEIS À EROSÃO DE SOLOS NOS MUNICÍPIOS DE COLORADO DO OESTE E CABIXI - RONDÔNIA

Elaine Lima da Fonseca [1]
Eliomar Pereira da Silva Filho [2]

RESUMO

O mapeamento de áreas suscetíveis à erosão do solo é uma ferramenta essencial para prever comportamentos futuros e auxiliar no planejamento ambiental. Este estudo tem como objetivo mapear e classificar áreas de risco erosivo no Cone Sul de Rondônia, aplicando técnicas de Inteligência Artificial, como Regressão Logística Binária (RLB) e Rede Neural Artificial (RNA). Para isso, um inventário de erosão foi elaborado com base em levantamentos de campo, imagens de drones e satélites, além do banco de dados do PLANAFLORO/RO. Foram selecionadas 100 unidades amostrais com erosão e 100 unidades sem erosão para a modelagem. Os parâmetros analisados incluem altitude, declividade, curvatura da vertente, densidade de drenagem, litologia, tipo de solo, erosividade e temperatura da superfície. O mapeamento resultante classificou as áreas em cinco níveis de suscetibilidade: Muito Baixa, Baixa, Moderada, Alta e Muito Alta, sendo que 55,79% (RLB) e 54,41% (RNA) da área estudada apresentam risco moderado a alto de erosão. Os resultados reforçam a importância de medidas sustentáveis para mitigar os impactos da erosão, como a manutenção da vegetação ciliar e o uso de práticas conservacionistas. O estudo indicou que mais da metade da área estudada apresenta risco moderado a muito alto de erosão, com destaque para regiões de conversão da vegetação nativa em pastagens e áreas agrícolas. A preservação da cobertura vegetal demonstrou ser um fator essencial para a redução da erosão, enquanto a ausência de mata ciliar e a proximidade de estradas contribuíram para a formação de voçorocas e ravinas.

INTRODUÇÃO

A erosão do solo é um dos principais desafios ambientais enfrentados na região sul de Rondônia, onde o uso antrópico predominante tem intensificado os processos de degradação do solo. A expansão de pastagens, a atividade agrícola e a presença de vegetação secundária em diferentes estágios de sucessão florestal resultam na remoção da cobertura vegetal e na consequente perda de solo (FAO, 2015). Esse fenômeno compromete a produtividade agropecuária e impacta diretamente a valorização dos imóveis rurais, tornando-se um problema de grande relevância para a gestão ambiental e econômica da região.

A perda de solo devido aos processos erosivos tem sido uma preocupação crescente no Brasil e em diversos países ao redor do mundo. A deterioração da qualidade do solo compromete suas funções essenciais, como a retenção de umidade, o

[1] Docente Geografia, Instituto Federal de Rondônia - IFRO; elaine.fonseca@ifro.edu.br
[2] Docente Geografia; Universidade Federal de Rondônia - UNIR, eliomar@unir.br;

armazenamento de nutrientes e a sustentação da vegetação (Den Biggelaar et al., 2003). Diante desse cenário, o diagnóstico de áreas mais vulneráveis à erosão é fundamental para a definição de estratégias de manejo adequado e para a implementação de práticas sustentáveis no uso do solo.

A falta de conhecimento sobre as limitações naturais do solo tem levado ao seu uso inadequado e, consequentemente, à sua degradação acelerada. A compreensão da dinâmica da paisagem e da interação entre os fatores ambientais é essencial para minimizar os impactos da erosão. A ausência de estudos detalhados sobre os mecanismos que regem o equilíbrio dinâmico dos solos pode resultar em perdas irreparáveis, afetando não apenas a produção agropecuária, mas também os ecossistemas naturais e os recursos hídricos (Zuazo; Pleguezuelo, 2009).

O mapeamento de áreas suscetíveis à erosão emerge como uma ferramenta estratégica para a gestão ambiental. A representação espacial da suscetibilidade à perda de solo permite identificar regiões de risco e direcionar ações preventivas. Além disso, esse tipo de análise possibilita a elaboração de políticas públicas voltadas à conservação do solo, bem como a conscientização de produtores rurais sobre práticas sustentáveis de manejo (Pimentel et al., 1995).

Os avanços nas técnicas de geotecnologias, como o imageamento remoto, o uso de algoritmos e a inteligência artificial, têm se mostrado eficazes na identificação dos fatores que desencadeiam a erosão (Foley et al., 2005). Essas ferramentas permitem avaliação precisa das condições do solo, possibilitando o monitoramento contínuo das áreas afetadas. O uso dessas tecnologias oferece subsídios para o planejamento territorial mais eficiente, garantindo a redução dos impactos ambientais e o desenvolvimento sustentável.

Dessa forma, compreender os mecanismos que regem os processos erosivos é essencial para a implementação de medidas de controle e prevenção. A adoção de práticas conservacionistas e o desenvolvimento de estratégias integradas de gestão ambiental são fundamentais para garantir a sustentabilidade dos solos na região sul de Rondônia. Nesse contexto, o presente estudo busca contribuir para a ampliação do conhecimento sobre os processos erosivos e para a formulação de diretrizes que visem mitigar os impactos da erosão na região.

MATERIAIS E MÉTODOS

Descrição da área de estudo

Os municípios de Colorado do Oeste e Cabixi (Figura 1), localizados no sul do estado de Rondônia, fazem parte da microrregião de Vilhena, caracterizando-se como áreas de forte atuação agropecuária. O setor agrícola é o principal gerador de renda, com destaque para cooperativas locais e programas de incentivo à agricultura familiar e ao agronegócio.

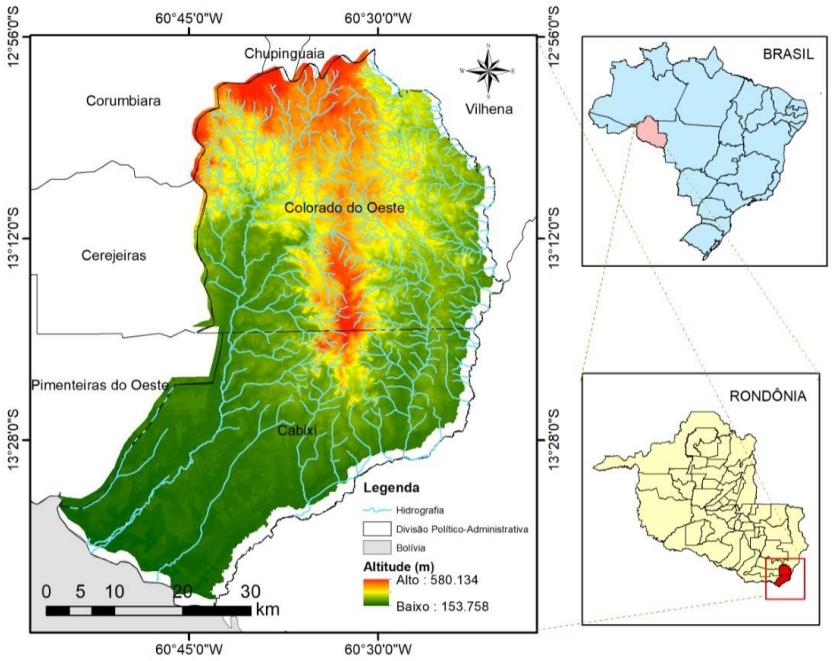

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo

O clima predominante é o tropical úmido (Aw na classificação de Köppen), com uma estação chuvosa entre outubro e abril e uma estação seca entre maio e setembro. De acordo com Fonseca (2024), o clima predominante é Tropical Chuvoso (Aw), com média climatológica da temperatura do ar durante o mês mais frio superior a 18 °C (megatérmico), com temperaturas elevadas e uniforme ao longo do ano, baixa amplitude térmica anual e notável amplitude térmica diária.

Os solos predominantes são Latossolos Vermelho-Amarelos e Argissolos, de fertilidade moderada, exigindo correções para melhor produtividade (Embrapa, 2018). A economia local é baseada na produção de soja, milho, arroz e café, além da pecuária de corte em sistemas extensivos e semi-intensivos (Conab, 2022). Os recursos hídricos incluem o Rio Cabixi e seus afluentes, essenciais para abastecimento e irrigação, mas sujeitos a impactos ambientais devido ao avanço da fronteira agrícola (ANA, 2021).

Procedimentos metodológicos

O mapeamento das áreas suscetíveis a processos erosivos ocorreu com a seleção racional dos preditores pertinentes à realidade amazônica e que englobe aspectos de geologia, geomorfologia, pedologia e climatologia. As laborações em campo consistirão na identificação de áreas de referência ou unidades amostrais destinadas a fornecer informações reais de presença erosiva ou não.

O levantamento para elaboração do inventário de erosão foi realizado com auxílio de dados de erosão do PLANAFLORO/RO, bem como com as imagens orbitais dos satélites LANDSAT, complementada com as imagens de 2023 fornecidas pelo Google Earth. As atividades em campo resultarão na coleta 200 unidades amostrais.

Os locais visitados foram submetidos à análise de distribuição binomial. Os critérios foram essencialmente visuais e selecionados com base nos indicadores descritos por Guerra et al. (2014) para áreas com ocorrência de processos erosivos no Brasil. A ausência de viabilidade, a partir dos dados disponíveis, de distinção do tipo de erosão (laminar, ravinas e voçorocas), procurou-se atender aos seguintes indicativos de área com erosão do solo: existência de manchas de solo exposto muito frequentes; Exposição de materiais inconsolidado soltos no solo e matacões; Aparecimento de raízes em superfície; Erosão laminar; Presença de terracetes e; Formação de ravinas e voçorocas.

Os parâmetros de condicionamento foram assim considerados: 1. Parâmetros topográficos derivados de MDE (Altitude, Declive, Aspecto, Curvatura da Vertente, Índice Topográfico Composto e Índice de Potência de Fluxo); 2. Parâmetros geológicos (como Litologia, Densidade de Drenagem, Densidade de Estrada e Densidade de Lineamento), coletados do banco de dados da CPRM (Serviço Geológico do Brasil); 3. Parâmetros ambientais (NDVI, Erosividade, Uso e ocupação do Solo e Tipo de solo).

As camadas de entradas foram elaboradas em uma matriz 12 x 200 (200 amostras de 12 elementos alvos). Os cálculos estatísticos e os algoritmos dos modelos Regressão Logística Binária e Rede Neural Artificial foram resolvidos e simulados usando SPSS Statistics 27,0 da empresa IMB (International Business Machines Corporation); além dos softwares complementares como planilha eletrônica MS Excel.

Os mapas sínteses de suscetibilidade a perda de solo serão gerados a partir das equações gerais, onde a probabilidade da ocorrência de erosão de qualquer ponto foi calculada alimentando os valores dos 12 preditores selecionados.

As equações utilizadas estão embasadas na proposta de Sarkar; Mishra (2018), e segundo os autores supramencionados os valores das variáveis para um determinado pixel {coluna c, linha r} nos conjuntos de dados de varredura de entrada produzem o valor do pixel correspondente na varredura de saída de suscetibilidade à erosão do solo (S), com a seguinte equação para a Regressão Logística Binária:

$$S_{\{c,r\}} = \frac{1}{1 + e^{-\left(\alpha + \varphi_{cont\{c,r\}} + \varphi_{LIT\{c,r\}} + \varphi_{SOIL\{c,r\}}\right)}}$$

Onde: α = Constante; φcont = Contribuição de variáveis contínuas na equação; φLIT = Contribuição da variável categórica 'LIT' na equação; φSOIL = Contribuição da variável categórica 'SOIL' na equação; {c, r} = Indica o pixel na varredura com a coluna 'c' e linha 'r'.

$$HL^{\{m\}}_{\{c,r\}} = \left[1 + e^{-\left(bias^{\{m\}} + \sum\left(\beta_x^{\{m\}} \cdot x_{\{c,r\}}\right) + \left(\beta_r^{\{m\}} \cdot LIT_{\{c,r\}}\right) + \left(\beta_\omega^{\{m\}} \cdot SOIL_{\{c,r\}}\right)\right)}\right]^{-1}$$

A equação do modelo RNA é mais complexa que a do RLB e envolve duas etapas: o cálculo dos valores de pixel para as camadas ocultas no primeiro estágio e, posteriormente, a geração do mapa de saída final usando os valores de pixel nas camadas ocultas da seguinte forma:

$$S_{\{c,r\}} = \frac{1}{1 + e^{-\left(bias + HL^{\{1\}}_{\{c,r\}} + HL^{\{2\}}_{\{c,r\}} + HL^{\{3\}}_{\{c,r\}} + HL^{\{4\}}_{\{c,r\}} + HL^{\{5\}}_{\{c,r\}} + HL^{\{6\}}_{\{c,r\}} + HL^{\{7\}}_{\{c,r\}}\right)}}$$

Assim, a suscetibilidade à erosão (S) de um determinado pixel {c,r} é calculado usando os valores dos pixels correspondentes nas camadas ocultas e pode ser dada da seguinte maneira:

A suscetibilidade à erosão variou entre 0 a 1, a qual representa desde a probabilidade mínima para a erosão do solo até a probabilidade máxima de erosão. Assim, o mapa de suscetibilidade à erosão será classificado em cinco classes distintas de suscetibilidade (Muito Baixa, Baixa, Moderada, Alta e Muito Alta) com base no algoritmo de quebra natural de Jenks em ambiente SIG.

REFERENCIAL TEÓRICO

O termo erosão de solo refere-se ao desgaste da superfície terrestre, independente do agente erosivo atuante (hídrica, eólica, marinha, glacial ou gravitacional), é um

fenômeno, essencialmente, natural, porém potencializado pela ação antropogênica no meio.

Den Biggelaar et al. (2003) sugerem que as taxas médias globais de erosão estão entre 12 e 15 toneladas ha-1 ano-1. Zuazo; Pleguezuelo (2009) afirmam que aproximadamente 75 bilhões de toneladas de solo são erodidas dos ecossistemas terrestres. Segundo a FAO (2015), aproximadamente 33% dos solos do mundo são considerados degradados e a erosão é responsável pela perda de 25 a 40 bilhões de toneladas de solo ano.

Em termos de produção agrícola, baseados em fontes de dados do GLASOD, o intervalo de estimativas de perda anual de culturas devido à erosão varia de 0,1% a 0,4%, estimando redução média de 0,3%. Segundo Foley et al. (2005), a perda de 10,25% (considerando o valor médio de perda de 0,3% no período de 2015 a 2050) da produção devido à erosão seria equivalente à remoção de 150 milhões de hectare da produção agrícola ou perda de 4,5 milhões de ha ano-1. Piemental et al. (1995) estimaram que a perda maciça de solo por erosão custa ao mundo aproximadamente US $ 400 bilhões de dólares por ano ou mais de US $ 70 por pessoa ano.

Os eventos iniciais de perda de solo envolvem basicamente dois processos: a ação cinética da gota da chuva, sobretudo em solos com privação de vegetação; e o escoamento superficial (runoff) que transporta o material erodido ao longo da vertente (Salomão, 2014). Conjugado esses dois fatores, instala-se a perda de solo por diferentes processos sequenciais a qual culmina com o estabelecimento de ravinas e voçorocas.

A resistência do solo ao impacto da gota da chuva, concatenada ao potencial erosivo pluviométrico, sofre variação. A erosividade é resultante da energia cinética, ou seja, é função da duração, massa, tamanho da gota e velocidade da chuva. Logo, quanto maior a energia cinética maior a probabilidade em causar ruptura dos agregados de solo.

Vários são os fatores que interferem na estabilização dos agregados, a exemplo: do tipo e teor de argila, metais polivalentes, carbonato de cálcio, óxidos e hidróxidos de ferro, alumínio e manganês, exsudatos orgânicos de plantas, substâncias orgânicas provenientes da ação de microrganismos e outros compostos orgânicos. Além dos ciclos de umedecimento e secagem (Maltoni, 1994).

À medida que os agregados se rompem há formação de crostas que levam a selagem dos solos. Esse encadeamento é responsável pelas quedas na taxa de infiltração e aumento do volume de escoamento superficial. O selamento da superfície promove o

aumento da densidade aparente do solo, diminui a porosidade e atinge diretamente a capacidade de infiltração da água.

A partir do momento que a água fica parcialmente impedida de penetrar no solo, forma-se as poças (ponds) que são a concentração de água em irregularidades existentes no microtopografia do solo com profundidade de 1 a 2mm até alguns centímetros, em seguida há o escoamento difuso ou em lençol (sheetflow) é conhecido como fluxo laminar ou erosão laminar em que a partir de uma determinada distância crítica do topo da encosta ocorre o cisalhamento das partículas e se instala o processo erosivo (Guerra, 1998).

O fluxo concentrado leva a formação de canais decorrente do atrito entre o sedimento erodido presente no fluxo linear e o fundo dos pequenos canais formatando a rugosidade do local. A partir dessa configuração há o desenvolvimento de microrravinas (micro-rills) em que há aumento da turbulência do fluxo.

A presenças de poças dentro das microrravinas antecede a etapa da formação das cabeiras (headcuts). O microrravinamento com cabeiras é o estágio em que a taxa de produção de sedimentos, derivada do recuo das cabeceiras, excede a capacidade de transporte e há o alargamento e aprofundamento do canal.

Posteriormente, começa-se a estabelecer as bifurcações por meio de pontos de ruptura (knickpoints) que levam a formação de redes de ravinamentos. O sucesso do estabelecimento das redes de ravinas depende de uma série de condições que devem convergir para o desequilíbrio entre o transporte e a deposição dos sedimentos. Essas condições variam de acordo a erosividade da chuva, propriedade do solo, características das encostas e uso e manejo da terra.

A influência dos atributos de solo decorre de suas propriedades físicas (textura, estrutura, permeabilidade, densidade), químicas, biológicas e mineralógicas, as quais influenciam a erodibilidade dos solos nos horizontes superficiais e está fortemente conectada às interações das propriedades aludidas.

O gradiente textural entre os horizontes superiores é uma das características pedológicas mais importantes em relação ao comportamento erosivo (Salomão, 2014). Texturas arenosas possuem rápida infiltração e dificuldade de runoff em função da maior porosidade, entretanto, apresentam, também, facilidade de remoção de partículas.

A densidade do solo, dada pela relação entre a massa de sólidos e o volume ocupado por este, é inversamente proporcional à porosidade e permeabilidade. Altos valores de densidade promovem resistência à penetração no solo por diminuir o volume

dos macroporos (Hoffmann; Jungk, 1995); por limitar o desenvolvimento das plantas forrageiras e predispor à desagregação das partículas e ao escoamento concentrado (Fonseca, 2017); além de interferir na infiltração de água no perfil e reduzir o índice de matéria orgânica do solo (Silva Filho, 2009).

A topografia do terreno atua na intensidade erosiva, principalmente, pela declividade e comprimento de rampa. O tamanho e a quantidade do material em suspensão arrastado pela água dependem da velocidade com que ela escorre. A velocidade é resultante da distância que deve percorrer e do grau de inclinação do terreno.

Por fim, a cobertura vegetal que é a defesa natural contra erosão hídrica, e seus efeitos abrangem: o aumento da evapotranspiração e infiltração pela melhora na estrutura dos agregados e maior desenvolvimento radicular; e redução do impacto direto da gota da chuva ao ser interceptada pela folhagem, em que parte evapora e outra escoa pelos ramos e troncos até atingir a superfície.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapeamento para ambos o modelo apresentou similitudes. Os resultados semelhantes eram esperados porque os modelos (RLB e RNA) apresentaram matriz de confusão com índice percentual elevado e bem próximos, indicado excelente classificação. Dessa forma, a Figura 2 representa os dois modelos adotados.

Figura 2 – Mapeamento de suscetibilidade a erosão de solo

O mapa de suscetibilidade à erosão foi classificado em cinco classes de suscetibilidade com base no algoritmo de quebra natural de Jenks, conforme a descrição da Tabela 1.

Tabela 1 – Classe de suscetibilidade à erosão pelos modelos de RLB e RNA

Suscetibilidade	**Modelo RLB**	**Modelo RNA**
Erosão - Classes	**% da área**	**% da área**
Muita Baixa	21.18	19.45
Baixa	23.03	26.14
Moderada	34.98	34.20
Alta	19.07	19.29
Muito Alta	1.74	0.92
Total	**100**	**100**

As áreas potencialmente suscetíveis a processos erosivos são aquelas correspondentes às áreas classificadas como: Moderada, Alta e Muito Alta, e

representam 55,79% e 54,41% da área para modelos RLB e RNA respectivamente (Tabela 8).

A análise do mapa de suscetibilidade à erosão, gerado por dois modelos distintos, revelou a existência de cinturões de baixa suscetibilidade na região central e sudeste da área de estudo associado à preservação da floresta nativa. A cobertura vegetal exerce um papel essencial na redução da perda de solo, ao proteger contra o impacto das gotas de chuva, interceptar parte da água, melhorar a infiltração e contribuir para a estruturação do solo com adição de matéria orgânica (Bertoni; Lombardi Neto, 2008).

No entanto, as regiões adjacentes apresentam sensibilidade elevada à perda de solo devido às práticas agrícolas, especialmente no primeiro ano de cultivo. A remoção das camadas superficiais reduz a fertilidade do solo, causando perda de nutrientes e matéria orgânica, o que impacta a produtividade e aumenta os custos de produção.

A formação de ravinas em áreas agrícolas está ligada à textura do solo, microtopografia e à quantidade de fitomassa das culturas. Guerra et al. (2014) destacam que, com a formação de crostas superficiais e o adensamento da vegetação cultivada, os solos tornam-se mais protegidos, mas a formação de ravinas pode ocorrer antes da cobertura adequada do solo, especialmente em transições de pastagens para lavouras.

No extremo norte, a conversão da vegetação nativa para pastagens aumenta a suscetibilidade à erosão. Os Neossolos, comuns na região, apresentam alta vulnerabilidade devido à predominância de areias muito grossas, baixa porosidade e compactação pelo pisoteio do gado (Fonseca, 2017).

Na área central da sub-bacia, a suscetibilidade à erosão é moderada, com riscos mais elevados em pastagens degradadas e baixadas próximas aos corpos hídricos. Fonseca et al. (2018) identificaram padrões de degradação das pastagens, incluindo baixa altura de forragem, presença de espécies invasoras e manejo inadequado.

As erosões ao longo das redes de drenagem são predominantes nos municípios. Os rios, geralmente de primeira ordem, são intermitentes e vulneráveis à pressão antrópica. A ausência de mata ciliar compromete a estabilidade dos cursos d'agua, podendo levar ao desaparecimento de alguns trechos (Fonseca; Silva Filho, 2017). Esses canais desempenham papel essencial na regulação hidrológica e na qualidade da água (Fonseca e Silva Filho, op. cit.).

As áreas próximas a estradas e rodovias também apresentam alta suscetibilidade à erosão. Estudos indicam correlação entre a proximidade de vias e a incidência de ravinas e voçorocas (Rahmati et al., 2017). Entre os principais impactos das rodovias estão a interrupção do escoamento natural e a impermeabilização do solo, agravando os processos erosivos.

Observa-se na área de estudo a presença de lagoas de dessedentacão para os animais, essenciais devido à escassez de água entre junho e setembro. Pequenas represas artificiais armazenam água da chuva e, muitas vezes, são abastecidas pelo lençol freático. No entanto, essas lagoas podem intensificar a erosão devido à formação de trilhas de boi, que podem evoluir para ravinas com profundidades de até 50 cm (Seliger et al., 2018). O pisoteio bovino aumenta a compactação do solo, reduz a infiltração e intensifica a erosão superficial (Tomas; Dias, 2009).

Os impactos econômicos dessas lagoas incluem a baixa qualidade da água, com presença de sedimentos, algas e excesso de nitrogênio devido aos dejetos animais, podendo levar a doenças como diarreias em bezerros e redução do ganho médio de peso em novilhos (Loneragan et al., 2001). Problemas como mosqueamento nos dentes do rebanho também são relatados (Pereira et al., 2009).

Existem também locais de atividade de piscicultura, demonstrando a alta disponibilidade do lençol freático. No entanto, a exfiltração da água pode desestabilizar o solo em áreas de voçorocamento. Alves (2007) observou que a exfiltração ocorre principalmente na cabeceira das voçorocas, promovendo erosão por dutos. Fonseca (2017) corroborou esses achados, destacando a associação entre escoamento hídrico e afloramento do lençol freático sem ramificações laterais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento da suscetibilidade à erosão indicou que mais da metade da área estudada apresenta risco moderado a muito alto de erosão, com destaque para regiões de conversão da vegetação nativa em pastagens e áreas agrícolas. A preservação da cobertura vegetal demonstrou ser um fator essencial para a redução da erosão, enquanto a ausência de mata ciliar e a proximidade de estradas contribuíram para a formação de voçorocas e ravinas. Os modelos RLB e RNA apresentaram resultados semelhantes, reforçando a confiabilidade das metodologias aplicadas.

A intensificação da atividade agropecuária, especialmente no primeiro ano de cultivo, mostrou-se determinante para o aumento da vulnerabilidade do solo à erosão. A degradação das pastagens e o pisoteio do gado aceleram os processos erosivos, reduzindo a fertilidade do solo e elevando os custos de produção. Além disso, os impactos ambientais incluem assoreamento de corpos hídricos, perda de matéria orgânica e comprometimento da qualidade da água, evidenciando a necessidade de práticas conservacionistas.

Diante desse cenário, a recuperação de áreas degradadas e manejo sustentável das pastagens torna-se fundamental para minimizar os impactos da erosão. A conscientização dos produtores e políticas públicas voltadas à conservação dos recursos naturais são essenciais para garantir a sustentabilidade da produção agropecuária na região.

Palavras-chave: Modelagem; Suscetibilidade à erosão; Preservação ambiental

AGRADECIMENTOS

A presente pesquisa foi realizada com o apoio fundamental do Tribunal de Justiça do Estado de Rondônia, 2ª Vara Genérica da Comarca de Colorado do Oeste, e do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) – Campus Colorado do Oeste.

REFERÊNCIAS

ANA – Agência Nacional de Águas. (2021). **Relatório de Recursos Hídricos na Região Norte do Brasi**l. Brasília: ANA.

ALVES, R.R. (2007). **Monitoramento dos processos erosivos e da dinâmica hidrológica e de sedimento de uma voçoroca: estudo de caso na Fazenda do Glória na zona rural de Uberlândia – MG**. Dissertação de Mestrado em Geografia. Uberlândia: PPGEO/UFU, 109p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 6.ed. São Paulo: Ícone, 2008. 355p.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. A**companhamento da Safra Brasileira de Grãos 2021/22**. Brasília: CONAB, 2022.

DEN BIGGELAAR, C. et al. (2003). **Crop losses to soil erosion at regional and global scales**: evidence from plot-level and GIS data. In K. Wiebe, ed. Land Quality,

Agricultural Productivity, and Food Security. pp. 262-279. UK, Cheltenham, Edward Elgar.

EMBRAPA. (2018). **Solos do Estado de Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia.

FOLEY, J.A., et al. (2005). **Global consequences of land use**. Science, 309: 570-574.

FONSECA, E.L. (2017). **Processos erosivos em superfícies tabulares com evolução de voçorocamento em áreas de pastagens cultivadas (Braquiária brizantha cv. marandu) no município de Colorado do Oeste – Rondônia**. Dissertação. Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR. Porto Velho.

FONSECA, E.L.; LOCATELLI, M.; SILVA FILHO, E.P. (2018). NDVI aplicado na detecção de degradação de pastagens cultivadas. **Confins** [Online], 35 | DOI: 10.4000/confins.13180.

FONSECA, E.L.; SILVA FILHO, E.P. (2017). Análise fisiográfica como subsídio ao estudo da suscetibilidade erosiva em bacias hidrográficas. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v.11, n.25. pp. 137-158.

FONSECA, E.L. (2024). **Erosão de solo em ambiente amazônico**: aplicações de modelagens preditivas. Curitiba: CRV, 156 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). (2015). Status of the World's Soil Resources. Roma: ITPS.

GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (2014). **Erosão e conservação do solo**: conceitos, temas e aplicações. 9ª ed., Rio de Janeiro: Berthrand Brasil, 340p.

LONERAGAN, G.H.; WAGNER, J.J.; GOULD, D.H. (2008). Effects of water sulfate concentration on performance, water intake, and carcass characteristics of feedlot steers. **Journal of Animal Science**, v.79, n.12.

PEREIRA, E. R.; PATERNIANI, J. E. S.; DEMARCHI, J. J. A. A. A importância da qualidade da água de dessedentação animal. **BioEng,** Campinas, v. 3, n. 3, p. 227-235, 2009.

PIEMENTAL, D.; et al. (1995). Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. **Science** 267:1117–1123.

RAHMATI, O.; HAGHIZADEH, A.; POURGHASEMI, H.R. et al. (2016). Gully erosion susceptibility mapping: the role of GIS-based bivariate statistical models and their comparison. **Nat Hazards** 82, 1231–1258.

SARKAR, T.; MISHRA, M. (2018). Soil Erosion Susceptibility Mapping with the Application of Logistic Regression and Artificial Neural Network. **Journal of Geovisualization and Spatial Analysis**, 2, 8.

SELIGER, R.; et al. (2018). **Rehabilitation of Degraded Sloped Pastures**: Lessons Learned in Itaocara, Rio de Janeiro. In: Nehren, U.; Schlöter, S.; Raedig, C.; Sattler, D.; Hissa, H. (Orgs.). Strategies and Tools for a Sustainable Rural Rio de Janeiro. 1 ed.: Springer International Publishing, v. 1, p. 391-404.

TOMAS, E.; DIAS W.B. (2009). Evolução do rebanho bovino brasileiro e implicações nos processos geomorfológicos, **Revista brasileira de geomorfologia** vol.10 N° 2, 9p.

ZUAZO, V.H.D.; PLEGUEZUELO, C.R.R. (2009). **Soil-erosion and runoff prevention by plant covers**: a review. Sustainable agriculture. Springer. p 785.