

CARACTERIZAÇÃO CLINOGRÁFICA, DE USO E COBERTURA DO SOLO E PERDA DO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SOCORRO, RS

Clinographic, land use, land cover and soil loss classification in the Socorro River watershed, RS

Vinícius Gomes Machado*

Gisele Cemin*

Geise Macedo dos Santos*

Vania Elisabete Schneider*

***Universidade de Caxias do Sul - UCS / Caxias do Sul, Rio Grande do Sul**

vgmachado2@ucs.br

gcemin3@ucs.br

gmsantos5@ucs.br

veschnei@ucs.br

RESUMO

A condição fundamental para o gerenciamento de bacias de captação de água é conhecer suas características físicas, entre elas se destacam a declividade, uso e cobertura do solo e perda do solo. Conhecer-las, torna possível o planejamento e tomada de ações que garantam não apenas qualidade e disponibilidade da água necessária para o uso antrópico, mas também a sanidade ambiental e equilíbrio ecológico local. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi analisar e caracterizar a bacia hidrográfica do Rio Socorro, localizada a nordeste do estado do Rio Grande do Sul, tendo enfoque na declividade, uso e cobertura do solo e perda do solo local. Para isso, fez-se uso sistemas de informação geográfica (SIG), dados cartográficos, como hidrografia e curvas de nível e dados provenientes de sensores remotos para a geração dos mapas de declividade, uso e cobertura do solo e perda de solos. Os resultados obtidos indicaram que se trata de uma bacia em grande parte plana e levemente ondulada. Com relação a perda de solo na bacia, aproximadamente 90% das áreas foram classificadas como a classe de menor suscetibilidade a perda de solo. Quanto ao uso e cobertura do solo, destaca-se a ocupação antrópica de lavouras (258,62 km², 49,10%) substituindo a vegetação nativa, sendo que a última ainda ocupa uma área representativa na foz da bacia (149,22 km², 28,33%). Esses dados servem de base para trabalhos mais aprofundados na área e para gestão da área da bacia.

Palavras-chave: SIG. Recursos hídricos. Uso antrópico.

ABSTRACT

The fundamental condition for the management of water catchment watersheds is to know their physical characteristics among them are slope, land use and land cover, and soil loss. Knowing them makes possible the planning and taking actions that guarantee not only quality and availability of water use, but also an environmental sanity and local ecological balance. In this context, the objective of the study is to analyze and characterize the Socorro River watershed, located at northeast of Rio Grande do Sul, focusing on slope, clinography, soil use and land cover, and local soil loss. Thereunto, there were used geographic information systems (GIS), cartographic data, such as hydrography and contour and data coming from remote sensors aim to generate slope, land use and land cover and soil loss maps. The obtained results indicate that the watershed is mostly flat and slightly wavy. Related to the soil loss at the watershed, approximately 90% of its areas were classified as the least susceptible class. About the land use and land cover, stands out the anthropic occupation of agriculture (258.62 km², 49.10%) replacing the native vegetation, considering that the last one occupies a representative area at watershed's outfall (149.24 km², 46.37%). These data serve as base for depth works in the area and for the management of the watershed.

Keywords: GIS. Water resources. Anthropic use.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial para a manutenção da vida no planeta, sustenta civilizações e garante o equilíbrio do ecossistema global. Atualmente, devido às atividades antrópicas, propulsionadas na maioria das vezes pelo interesse econômico desconsiderando o ecológico, essas práticas vêm alterando o ciclo hidrológico e impactando na disponibilidade qualitativa deste recurso. Dessa forma, a água passou a ser além de um bem natural comum, um recurso ainda mais valioso, demonstrando assim a importância de uma gestão eficiente dos recursos hídricos.

No Brasil, o gerenciamento dos recursos hídricos está regulamentado pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Essa lei define as diretrizes e normas para a gestão de recursos hídricos no país e adota a definição de bacias hidrográficas como unidade territorial de estudo e gestão. No Estado do Rio Grande do Sul o gerenciamento dos recursos hídricos tem como base a Lei Estadual nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994, que estabelece o Sistema Estadual de Recursos Hídricos (SERH), onde adota a mesma definição para bacias hidrográficas.

Tendo em vista a importância de tais recursos e a carência por uma gestão eficaz para o território da água, estão sendo realizados cada vez mais estudos de caracterização de bacias hidrográficas, uma vez que se interpreta a mesma como a unidade de planejamento mais adequada para garantir a proteção dos recursos hídricos.

A condição fundamental para o gerenciamento de bacias hidrográficas é conhecer suas características físicas, entre elas se destacam a declividade, uso e cobertura do solo e perda do solo, por influenciarem diretamente no comportamento do escoamento e definirem as áreas com maior fragilidade ambiental e suscetibilidade ao processo erosivo, processo esse que pode através do desprendimento de partículas de solo e assoreamento do rio afetar a qualidade e quantidade de água disponível, além do impacto causado ao ecossistema devido à perda do solo.

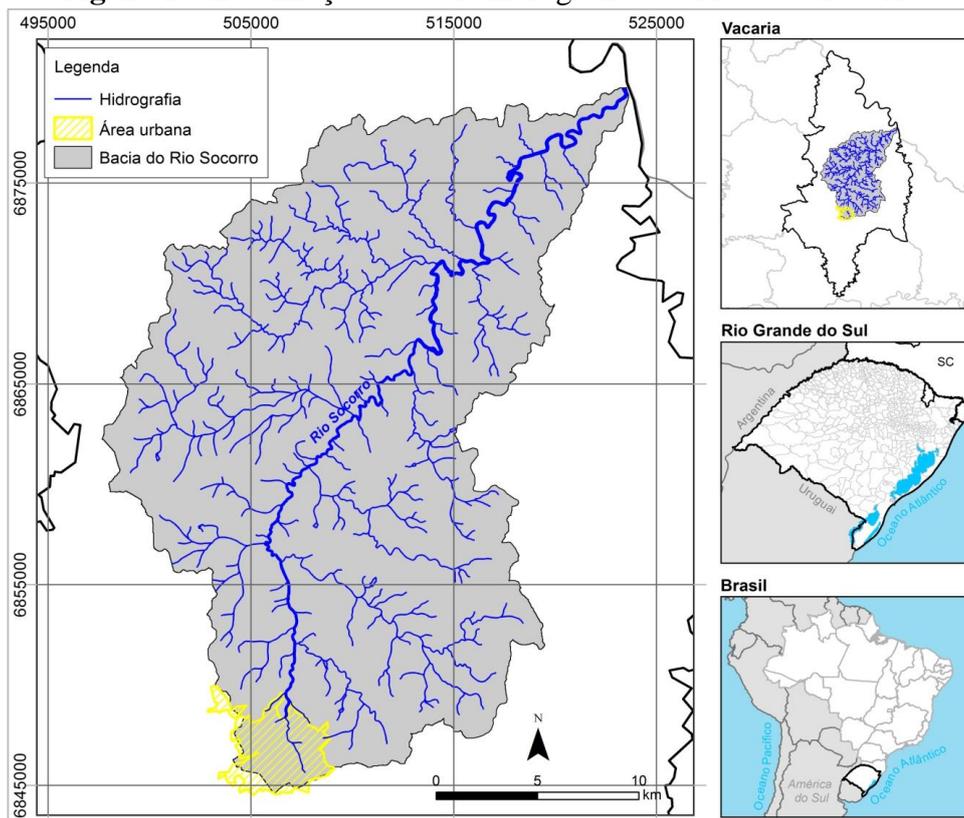
Dessa forma, conceber as características em questão, torna possível o planejamento e tomada de ações que garantam não apenas qualidade e disponibilidade da água necessária para o uso antrópico, mas também a sanidade ambiental e equilíbrio ecológico local.

Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi analisar e caracterizar a bacia hidrográfica do Rio Socorro, localizada a nordeste do estado do Rio Grande do Sul, especificamente no município de Vacaria, tendo enfoque na declividade, uso e cobertura do solo e perda do solo local, utilizando ferramentas e técnicas de geoprocessamento para a geração dos dados.

2. METODOLOGIA

A área de estudo deste trabalho compreende a bacia hidrográfica do Rio Socorro, a qual está totalmente inserida no município de Vacaria, localizado na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. A bacia possui 526,69 km² de área e formato alongado. Além disso, identifica-se de antemão que a nascente do Rio Socorro encontra-se na área urbana do município. Considera-se também o perfil reconhecidamente agropecuário do município (Figura 1).

Nesse trabalho foram utilizadas ferramentas de geoprocessamento para a elaboração do material cartográfico. Dentre elas, destacam-se o uso de sistemas de informação geográfica (SIG), dados vetoriais, matriciais e teóricos. Os dados vetoriais de curvas de nível e de hidrografia foram provenientes da Base Cartográfica Contínua do Rio Grande do Sul (HASENACK; WEBER, 2006), na escala 1:50.000. Para o mapeamento do uso e cobertura do solo, foi utilizada a imagem do satélite CBERS 4, com 10 m de tamanho de pixel e os dados de pedologia foram disponibilizados por Streck *et al.* (2008).

Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do Rio Socorro – RS

Fonte: os autores.

2.1. Dados do relevo

A elaboração do mapa de clinografia consistiu na aplicação da ferramenta Slope sobre o modelo digital de elevação (MDE) da área. O resultado foi reclassificado de acordo com a metodologia proposta por Ramalho Filho e Beek (1995, p. 31) em sete classes de acordo com a suscetibilidade a erosão dos solos (Quadro 1).

Quadro 1 – Classes clinográficas

Classes de declividade	Classificação	Grau de limitação	Considerações
0 a 3%	Plano/praticamente plano	Nulo	Terras não suscetíveis à erosão. Geralmente ocorrem em solo plano ou quase plano e com boa permeabilidade. Quando cultivadas por 10 a 20 anos podem apresentar erosão ligeira, que pode ser controlada com práticas simples de manejo.
3 a 8%	Suave ondulado	Ligeiro	Terras que apresentam pouca suscetibilidade à erosão. Geralmente, possuem boas propriedades físicas. Quando utilizadas com lavouras por um período de 10 a 20 anos, mostram normalmente uma perda de 25% ou mais do horizonte superficial. Práticas conservacionistas simples podem prevenir contra esse tipo de erosão.
8 a 13%	Moderadamente ondulado	Moderado	Terras que apresentam moderada suscetibilidade à erosão. Se utilizadas fora dos princípios conservacionistas, essas terras podem apresentar sulcos e voçorocas, requerendo práticas de controle à erosão desde o início de sua utilização agrícola.

13 a 20%	Ondulado	Forte	Terras que apresentam forte suscetibilidade à erosão. Ocorrem em relevo ondulado a forte ondulado, com declive normalmente de 13 a 20%, os quais podem ser maiores ou menores, dependendo de suas condições físicas. Na maioria dos casos a prevenção à erosão depende de práticas intensivas de controle.
20 a 45%	Forte ondulado	Muito forte	Terras com suscetibilidade maior que o grau forte, tendo o seu uso agrícola muito restrito. Na maioria dos casos o controle à erosão é dispendioso, podendo ser antieconômico.
45 a 100%	Montanhoso	Extremamente forte	Terras que apresentam severa suscetibilidade à erosão. Não são recomendáveis para o uso agrícola, sob pena de serem totalmente erodidos em poucos anos. Trata-se de terras onde deve ser estabelecida uma cobertura vegetal de preservação ambiental.
Mais de 100%	Escarpado		Terras destinadas à preservação ambiental, conforme o Código Florestal Brasileiro (Lei Federal nº12.651, de 2012, alterada pela Lei Federal nº12.727/2012).

Fonte: adaptado de Ramalho Filho e Beek (1995, p. 31).

2.2. Uso e cobertura do solo

O mapa de uso e cobertura do solo apresenta uma elaboração mais complexa, quando comparada aos mapas anteriores. De posse da imagem do satélite CBERS-4, com pixel de 10 metros, deu-se início a preparação da imagem para o processamento, que abrange a importação para o *software* utilizado (Idrisi Selva), a criação do mosaico e recorte o polígono de interesse. Realizada essa etapa, foram identificadas as classes de uso e cobertura do solo existentes na bacia, como seguem: mata nativa, silvicultura, campo, lavoura permanente, lavoura temporária, recursos hídricos e área urbana. Após, foram colhidas amostras de pixels para o treinamento do algoritmo de classificação supervisionada pixel a pixel de Máxima Verossimilhança Gaussiana, gerando o mapa final de uso e cobertura do solo.

2.3. Perda de solos por erosão laminar

Para a elaboração do mapa de perda de solos por erosão laminar foi utilizada a Equação Universal de Perda de Solos revisada (RUSLE), a qual é uma revisão do método proposto por Wischmeier e Smith (1965, p. 4). A revisão da equação não alterou seus parâmetros, apenas permitiu o cálculo conjunto de fatores anteriormente calculados separadamente (LS e CP) e a possibilidade de aplicação da equação em áreas maiores (SILVA, 2008, p. 34). A equação é expressa conforme apresentado na equação (1).

$$A = R.K.(L.S).(C.P) \quad (1)$$

Onde,

A: estimativa de perda de solo em t/ha.ano;

R: erosividade da chuva em MJ.mm/(ha.h.ano), fator que expressa a capacidade da chuva em provocar erosão;

K: erodibilidade dos solos em t.h/(MJ.mm), fator relativo às propriedades inerentes ao solo, tais como textura, estrutura, matéria orgânica e permeabilidade, refletindo sua maior ou menor susceptibilidade à erosão;

L: fator relativo ao comprimento de declive da encosta (adimensional);

S: fator relativo à declividade da encosta (adimensional);

C: fator relativo ao uso e manejo dos solos, variando desde zero, para coberturas que proporcionam uma proteção total do solo, a 1, para solos inteiramente expostos;

P: fator relativo à prática conservacionista adotada (adimensional).

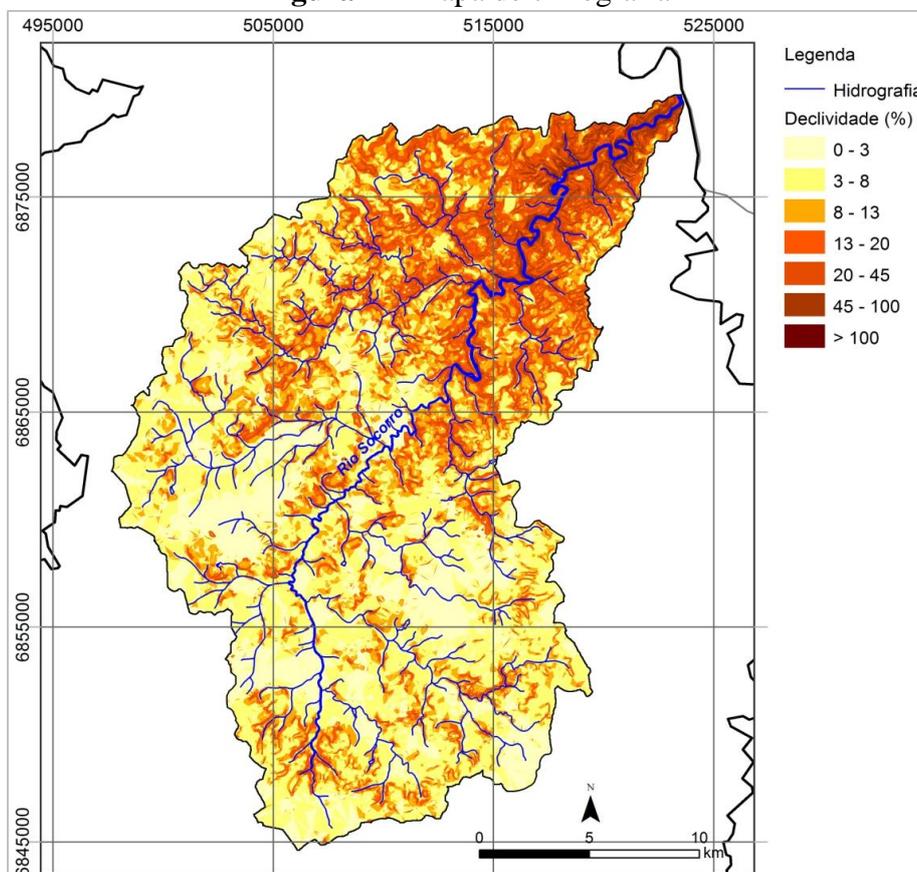
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Clinografia

A Figura 2 e a Tabela 1 apresentam os dados referentes a clinografia da área de estudo. Verifica-se que 57,25% (301,54 km²) da área de estudo estão inseridos nas declividades de até 8%, onde o relevo é plano a praticamente plano. As terras inseridas em relevo moderadamente ondulado são de 18,93% da área de estudo (8 a 13%), apresentando grau de limitação de uso moderado. Em torno de 11,67% das terras encontra-se inseridas em relevo ondulado (13 a 20%), com forte grau de limitação, sendo necessárias práticas intensivas de controle a erosão. Estas áreas correspondem à faixa que define o limite máximo do emprego da mecanização agrícola.

Aproximadamente 9,74% da área de estudo encontra-se em relevo forte ondulado, com declividade entre 20 a 45%, com suscetibilidade a erosão dos solos muito forte, onde o uso agrícola é restrito. A classe clinográfica representada por áreas de 45 a 100% de inclinação ocupa 12,06 km², o que representa 2,29% da área.

Figura 2 – Mapa de clinografia



Fonte: os autores.

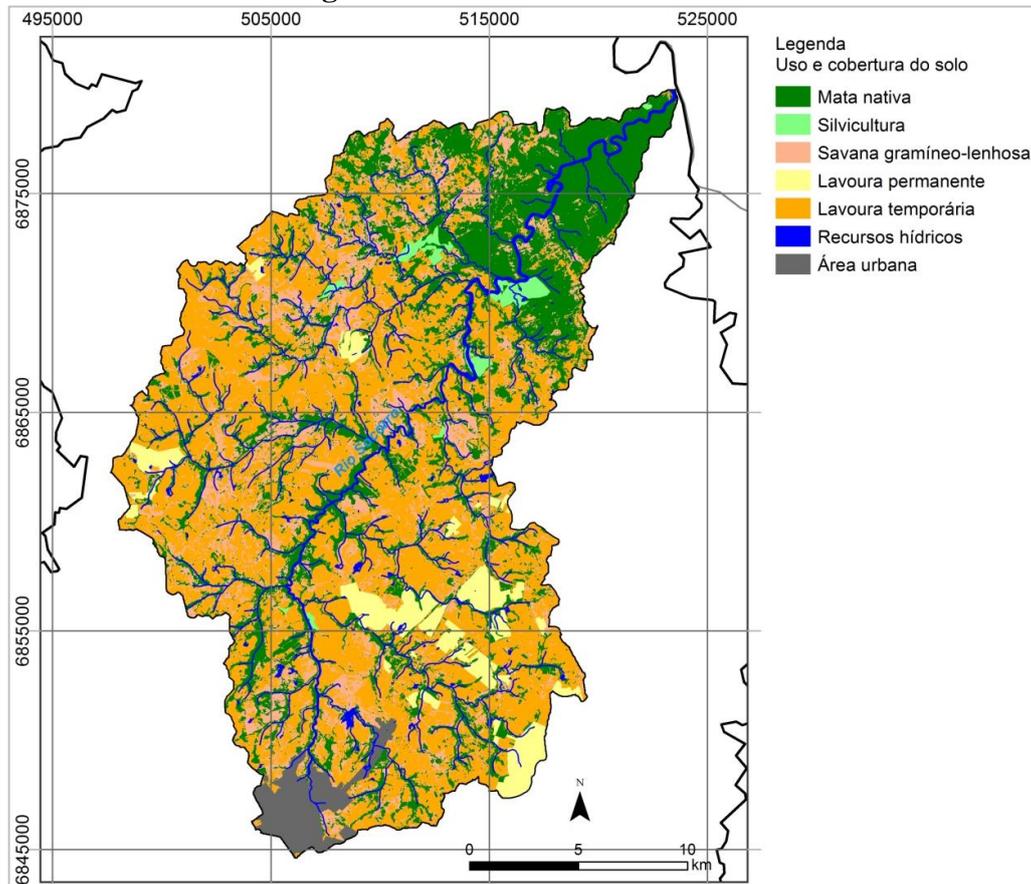
Tabela 1 – Clinografia

Classe (%)	Área	
	km ²	%
0 – 3	107,04	20,32
3 – 8	194,48	36,93
8 – 13	99,71	18,93
13 – 20	61,47	11,67
20 – 45	51,32	9,74
45 – 100	12,08	2,29
> 100	0,59	0,11
Total	526,69	100

Fonte: os autores.

3.2. Uso e cobertura do solo

Na bacia hidrográfica do Rio Socorro predominam as classes de uso e cobertura do solo (Figura 3 e Tabela 2) referente a mata nativa e lavoura temporária, representando 149,22 km² (28,33%) e 233,77 km² (44,38%), respectivamente. A mata nativa está predominantemente inserida junto ao Rio Socorro e seus afluentes, formando a mata de galeria, e na porção norte/nordeste da região de estudo. A lavoura temporária está situada ao longo de toda a bacia hidrográfica, sendo formada, principalmente, pela cultura da soja, trigo e milho, enquanto que as lavouras permanentes, na sua maioria a cultura da maçã, localizadas a leste e a sudeste. As áreas de silvicultura estão a nordeste, junto a mata nativa e abrangem 5,50 km² (1,06%). Ao sul da bacia hidrográfica está localizada parte da área urbana do município de Vacaria, ocupando cerca de 14 km².

Figura 3 – Uso e cobertura do solo

Fonte: elaborado por Tatiana Brezolin Magrin.

Tabela 2 – Uso e cobertura do solo

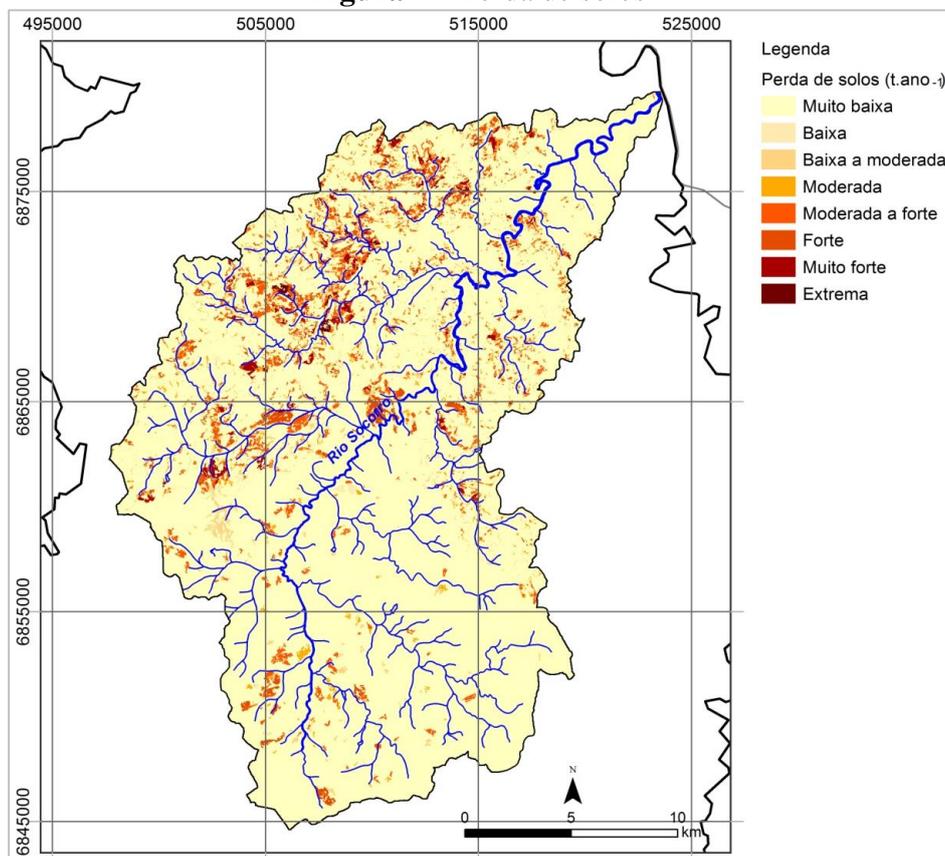
Classe de uso e cobertura do solo	Área	
	km ²	%
Mata nativa	149,22	28,33
Silvicultura	5,59	1,06
Campo	95,02	18,04
Lavoura permanente	24,85	4,72
Lavoura temporária	233,77	44,38
Recursos hídricos	4,65	0,88
Área urbana	13,63	2,59
Total	526,73	100

Fonte: os autores.

Os recursos hídricos, naturais e artificiais, correspondem aos corpos d'água visualizados na imagem de satélite, somando 4,65 km². As áreas de campo, representada pelos campos de altitude do Bioma Mata Atlântica, correspondem a 18,04%, cerca de 95 km². Os campos e a mata são as formas naturais de vegetação da região.

3.3. Perda de solos por erosão laminar

A Figura 4 e a Tabela 3 mostram os resultados obtido pela aplicação da Equação Universal de Perda de Solos Revisada. Verifica-se que 464,69 km², o que representa 88,12% da área da bacia hidrográfica está situada na classe de perda de solos muito baixa, indicando que a baixa declividade observada na área de estudo. As outras classes de perda de solos são pouco representativas, situadas principalmente na porção centro-norte da bacia hidrográfica, local onde o relevo é mais ondulado.

Figura 4 – Perda de solos

Fonte: os autores.

Tabela 3 – Perda de solos

Classe	Área	
	km ²	%
Muito baixa	464,09	88,12
Baixa	8,25	1,57
Baixa a moderada	12,98	2,46
Moderada	7,58	1,44
Moderada a forte	19,93	3,78
Forte	8,47	1,61
Muito Forte	4,87	0,92
Extrema	0,52	0,1
Total	526,69	100

Fonte: os autores.

4. CONCLUSÕES

De forma geral, as informações quanto a clinografia indicam que mais da metade da área da bacia é plana, pela declividade ser menor que 8% de inclinação, assim, quando analisado apenas o relevo, maior parte da bacia não é suscetível à erosão ou é pouco. Porém, a medida que observamos o relevo mais ao norte, próximo ao exutório, o relevo assume maiores inclinações, demonstrando uma maior fragilidade do relevo nessa região ao processo erosivo.

No caso das informações obtidas quanto ao uso e cobertura do solo, analisando os dados, verifica-se que a grande presença de agricultura está associada a conversão de áreas nativas, podendo ser um indicativo de perda da biodiversidade local, em função da diminuição de áreas naturais e conseqüentemente, perda e fragmentação de habitat.

Quanto à perda do solo, dados obtidos demonstram que cerca de 90% da área da bacia é classificada como perda de solo muito baixa, havendo pequenas áreas com uma maior sensibilidade localizadas na porção centro-norte da bacia hidrográfica, onde o relevo é mais ondulado e o solo mais exposto devido ao tipo de cobertura presente no local, na grande maioria lavouras temporárias. Podemos observar que nas áreas próximas ao exutório da bacia, onde os valores de declividade são maiores, ou seja, declividades mais propensas ao processo erosivo, a perda de solo é classificada como baixa, isso ocorre devido a cobertura do solo local, onde há grande presença de mata nativa, que oferece grande proteção frente ao processo erosivo, ratificando assim a importância da presença das matas na região, pois resulta sendo no agente compensador da alta suscetibilidade do relevo ao processo erosivo local, resultando em uma classe de perda do solo muito baixa.

Os mapas aqui apresentados podem ser utilizados como dados base para a geração de outras informações para a bacia, como um zoneamento direcionado a delimitação de classes restringindo a sua utilização, auxiliando assim na tomada de decisões dentro da bacia.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e a Secretaria do Desenvolvimento Econômico, Ciência e Tecnologia (SDECT).

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 470, 09 jan. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm#. Acesso em: 15 mar. 2016.

HASENACK, H.; WEBER, E. **Base Cartográfica Digital do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS/Centro de Ecologia, laboratório de Geoprocessamento, 2006. Escala 1:50.000. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/labgeo/index.php/dados-espaciais/250-base-cartografica-vetorial-continua-do-rio-grande-do-sul-escala-1-50-000>. Acesso em: 25 fev. 2016.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa/ CNPS, 1995. 65p.

RIO GRANDE DO SUL. Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994. Institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, regulamentando o artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul. **Diário Oficial do Estado**: Porto Alegre, RS, 01 jan. 1995. Disponível em: <http://www.legislacao.sefaz.rs.gov.br/Site/Document.aspx?inpKey=97721&inpCodDispositive=&inpDsKeywords=>. Acesso em: 25 mar. 2016.

SILVA, V. D. da. **Análise de perda de solo, utilizando o modelo (RUSLE) Revised Universal Soil Loss Equation, aplicado com auxílio das técnicas de geoprocessamento na bacia do Ribeirão Reis, Maringá-PR**. 2008. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/91234>. Acesso em: 24 mar. 2016.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C. do; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Emater/RS, 2008. 222 p.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountain. **Agriculture Handbook**, n. 28, 1965. Disponível em: <https://naldc-legacy.nal.usda.gov/naldc/download.xhtml?id=CAT87208342&content=PDF>. Acesso em: 25 fev. 2016.

Data de submissão: 20.03.2018

Data de aceite: 29.04.2020

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.