



ISSN: 2447-5580

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE/index>



ARTIGO ORIGINAL

OPEN ACCESS

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE INICIATIVAS CONSERVACIONISTAS NO SERVIÇO ECOSISTÊMICO DE CONTROLE À EROSÃO HÍDRICA

EVALUATION OF THE IMPACT OF CONSERVATION INITIATIVES ON THE ECOSYSTEM SERVICE OF CONTROL TO WATER EROSION

Marllus Henrique Ribeiro de Paiva^{1*}; Dirlane de Fátima do Carmo² & Rachel Bardy Prado³

^{1,2,3}Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biosistemas da Universidade Federal Fluminense, Rua Passo da Pátria, 156 bloco D sala 236 - São Domingos, CEP 24210-240, Niterói - RJ.

*marllushenrique.paiva@gmail.com

ARTIGO INFO.

Recebido em: 12/10/2018

Aprovado em: 14/11/2018

Disponibilizado em:

PALAVRAS-CHAVE:

Processo erosivo; metodologias; modelos; indicadores.

KEYWORDS:

Erosive process; methodologies; models; indicators.

Copyright © 2018, Paiva, Carmo & Prado. Esta obra está sob uma Licença Creative Commons Atribuição-Uso.

*Autor Correspondente: Marllus Henrique Ribeiro de Paiva

RESUMO

O tipo de uso e cobertura da terra, bem como manejo do solo e da água na agricultura podem influenciar na quantidade de nutrientes e sedimentos lixiviados pelos processos erosivos, pondo em risco a qualidade dos serviços ambientais. Neste trabalho, buscou-se identificar o estado da arte de pesquisas realizadas no Brasil e na América Latina sob seu aspecto metodológico, voltadas à avaliação do impacto de iniciativas conservacionistas nos serviços ecossistêmicos de perda de solos e controle à erosão. Para tal, realizou-se um levantamento e organização de publicações científicas em uma base de dados, contendo informações sobre modelos e parâmetros atualmente empregados. Foram levantados 85 artigos indexados, período (1990 até 2016), segundo uso de palavras chaves, nas seguintes bases de publicação internacionais: SCOPUS e WEB of SCIENCE. Os indicadores avaliados foram aplicados em métodos clássicos de estimativa de erosão, erodibilidade do solo e erosividade da chuva, seguidos de precipitação (26%), turbidez (10%) e vazão (10%). Dentre os modelos,

verificou-se maior aplicação dos tradicionais, USLE, MUSLE, RUSLE e SWAT para a medição das taxas de potencial erosivo e geração de sedimentos (63%). Poucos (6%) aplicaram métodos para integração de indicadores na paisagem. 75% dos estudos foram desenvolvidos em áreas agrícolas, seguidos por florestas (28%) e pastagem (25%). Dos estudos analisados, a maioria foi no Brasil (65%), seguido de Chile e Costa Rica.

ABSTRACT

The type of land use and cover, as well as soil and water management in agriculture can influence the amount of nutrients and sediments leached by erosion processes, jeopardizing the quality of environmental services. This work aimed to identify the state of the art of research carried out in Brazil and Latin America under its methodological aspect, aimed at evaluating the impact of conservation initiatives on the ecosystem services of soil loss and erosion control. For that, a survey and organization of scientific publications was carried out in a data base, containing information on models and parameters currently used. 85 articles indexed, period (1990 to 2016), according to the use of key words, were published in the following international publication databases: SCOPUS and WEB of SCIENCE. The evaluated indicators were applied in classical methods of estimation of erosion, soil erodibility and rainfall erosion, followed by precipitation (26%), turbidity (10%) and flow (10%). Among the models, there was a greater application of the traditional, USLE, MUSLE, RUSLE and SWAT to measure the rates of erosive potential and sediment generation (63%). Few (6%) applied methods for integrating indicators into the landscape. 75% of the studies were developed in agricultural areas, followed by forests (28%) and pasture (25%). Of the studies analyzed, most were in Brazil (65%), followed by Chile and Costa Rica.



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 4.0 Internacional. **Brazilian Journal of Production Engineering**, São Mateus, Editora UFES/CEUNES/DETEC.

INTRODUÇÃO

O processo erosivo constitui-se a principal causa de degradação dos solos, trazendo, como consequência, prejuízos ao setor agrícola e ao meio ambiente, com reflexos não só econômicos, mas também sociais (BENNETT, 1955).

Para Guerra e Mendonça (2004), tal processo tem causas relacionadas à própria natureza, como a quantidade e a distribuição das chuvas, declividade, comprimento, a forma das encostas e o tipo de cobertura vegetal. Porém, os autores também apontam que as atividades antrópicas, como o uso e manejo da terra inadequados, tendem a promover desequilíbrio das condições naturais, através da aceleração das feições erosivas e deposição dos sedimentos de solo produzidos.

Justamente por ser o recurso natural mais amplamente e intensamente utilizado, seja para atividades urbanas quanto agropecuárias, o controle da erosão, torna-se necessário à medida que a quantidade de solo removida atinge taxas acima de nível considerado aceitável comprometendo, portanto, a capacidade produtiva do solo e prejudicando os serviços ecossistêmicos, que segundo Altmann (2008) são as funções ecológicas percebidas como suporte e proteção das atividades humanas de produção e consumo.

Já de acordo com a definição clássica do *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA-2003), são os benefícios que a humanidade recebe dos ecossistemas.

Assim, o conhecimento das relações entre os fatores que causam as perdas de solo e os que permitem reduzi-las é de fundamental importância para o planejamento conservacionista da propriedade agrícola. (ROQUE et al., 2001).

Há atualmente, inúmeras proposições metodológicas, modelos matemáticos, equações empíricas e parâmetros empregados na literatura mundial para prever as perdas de solo e subsidiar a tomada de decisão no planejamento conservacionista localmente.

Segundo Wischmeier e Smith (1978), tais ferramentas citadas, são muito importantes para a simulação e quantificação da erosão hídrica, fornecendo meios para o planejamento de práticas conservacionistas adequadas. No entanto, salienta-se que há certa complexidade em suas aplicações e carência de informações-chaves.



Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo identificar o estado da arte de pesquisas realizadas no Brasil e na América Latina, voltadas à avaliação do impacto de iniciativas conservacionistas nos serviços ecossistêmicos de perda de solos e controle à erosão, de modo a verificar quais são as ferramentas metodológicas que estão sendo amplamente empregados nessas regiões no período de 1990 até 2016.

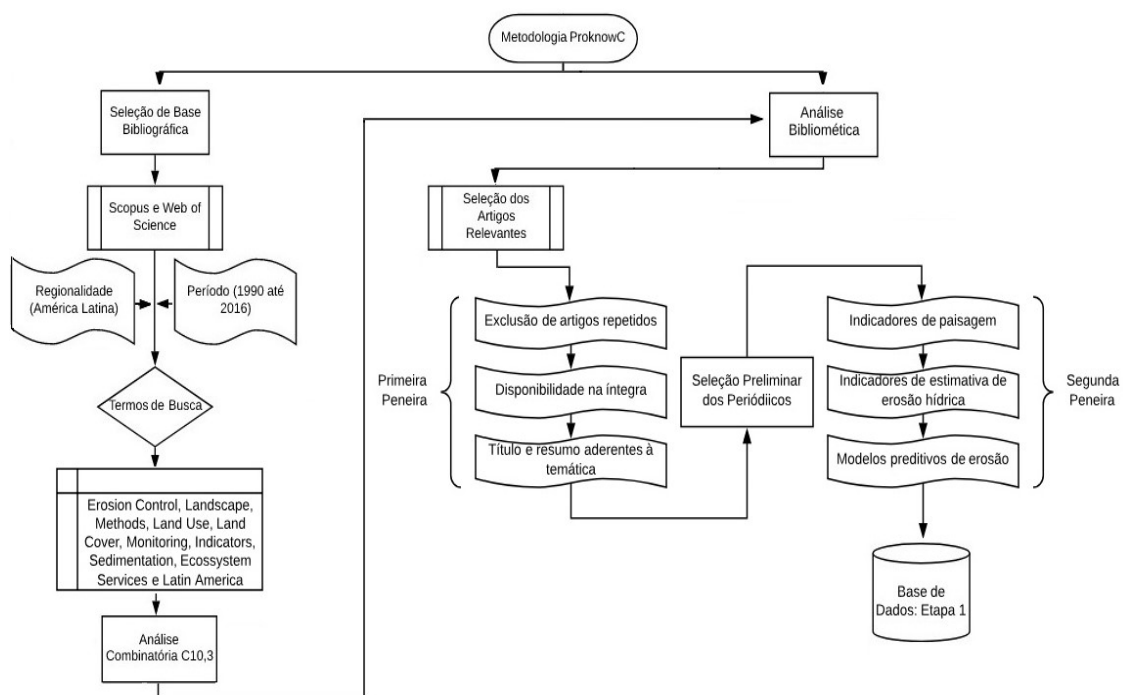
MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi baseada na metodologia *Knowledge Development Process – Constructivist* (ProknowC), proposto por Ensslin *et al.*, (2010), a saber: 1) seleção da base bibliográfica que proporcionará a revisão de literatura, e; 2) análise bibliométrica da base de dados levantados.

Essa metodologia foi bastante importante no sentido de verificar o que vinha sendo feito, destacado e privilegiado em diferentes regiões do Brasil e da América Latina, no período de 1990 a 2016, bem como quais aspectos metodológicos e o tipo de uso e cobertura de terra avaliado. Tal período selecionado considerou a publicação mais antiga até a mais recente em virtude dos termos de busca utilizadas nas consultas das bases de publicações escolhidas.

Na Fig. 1. é apresentado o fluxograma metodológico utilizado na obtenção do estado da arte de estudos relacionados com perdas de solo, erosão hídrica e sedimentação.

Figura 1. Fluxograma – Procedimentos metodológicos



Fonte - Autor, 2018.

Para a seleção dos artigos relevantes, no primeiro passo, utilizou-se a análise combinatória simples de 10 termos de busca, exclusivamente em inglês, tomados de 3 a 3, nas seguintes bases de publicações internacionais: SCOPUS e WEB of SCIENCE. Os termos utilizados foram: *Erosion Control, Landscape, Methods, Land Use, Land Cover, Monitoring, Ecosystem Services, Indicators, Sedimentation e Latin America*.

O início do processo de seleção de potenciais trabalhos científicos com sinergia com a temática proposta, erosão hídrica, decorreu a partir das palavras chaves dos resumos obtidos.

A análise combinatória simples gerou 120 possibilidades de agrupamentos, o que permitiu levantar e mapear artigos científicos mais relevantes ao tema, publicados no período de 1990 a 2016, nas duas bases de publicação internacionais escolhidas.

No segundo passo, que consistiu na análise bibliométrica, a seleção dos artigos relevantes foi dividida em duas fases de peneiramento, a saber:

- A primeira fase do peneiramento levou-se em consideração os seguintes pontos: inclusão apenas uma vez de artigos repetidos nas bases consultadas, disponibilidade dos artigos na íntegra e mapeamento dos periódicos que apresentaram títulos e resumos com sinergia e aderência a temática deste trabalho.
- A segunda fase do peneiramento consistiu em analisar e selecionar os periódicos mais relevantes por meio de alguns critérios para a validação dos artigos como a utilização de indicadores de paisagem e de estimativa de erosão hídrica e sedimentação, bem como a utilização de métodos e modelos para estimativa de perda de solo e controle à erosão hídrica, sob interferência de ações conservacionistas.

Este processo, gerou um portfólio com 85 artigos alinhados ao que se procurava. De posse das publicações selecionadas e organizadas em base de dados, buscou-se através de uma estatística descritiva quantificar a porcentagem de informações levantadas como: modelos utilizados para a avaliação do serviço de controle à erosão, parâmetros e indicadores avaliados, usos e cobertura de terra estudados e países que mais publicaram.

RESULTADOS



A análise combinatória simples, dos 10 termos de busca tomados de 3 a 3, gerou 120 possibilidades de agrupamento, o que permitiu levantar e mapear 3.018 artigos científicos relevantes ao tema, publicados no período de 1990 a 2016, nas duas bases de publicação internacionais escolhidas. Desses 1.771 (59%) estavam indexados na base internacional SCOPUS e o restante 1.247 (41%) na base internacional *WEB of SCIENCE*.

Na etapa da análise bibliográfica que consistiu em selecionar os artigos mais relevantes, percebeu-se que, no processo da primeira peneira, 783 trabalhos levantados se apresentaram de forma repetida nas duas bases de dados utilizadas, restando 2.235 trabalhos. Destes, 625 não estavam disponíveis na íntegra, restando ao total, 1673 trabalhos acadêmicos.

Na sequência, buscou-se ler os títulos e resumos dos 1673 artigos resultantes, chegando a apenas 140 trabalhos com alguma sinergia com a pesquisa proposta.

No segundo momento que consistiu na aplicação dos critérios de seleção referentes à segunda etapa das peneiras, percebeu-se que 85 deles, possuíam um resumo claro e alinhando ao tema, e que atendiam a todos os critérios adotados.

Como resultado do processo de seleção dos artigos relevantes, 85 deles apenas possuíam sinergia com a temática da pesquisa. Observa-se que o número de periódicos se reduziu bastante, evidenciando talvez que a busca tenha sido ampla demais.

Um dos prováveis motivos para que isto ocorresse foi a não fixação de termos mais específicos, dentre aqueles previamente determinados, na etapa da análise combinatória, tal como exemplo *Latin America*, que caracterizasse o objeto de estudo por exemplo.

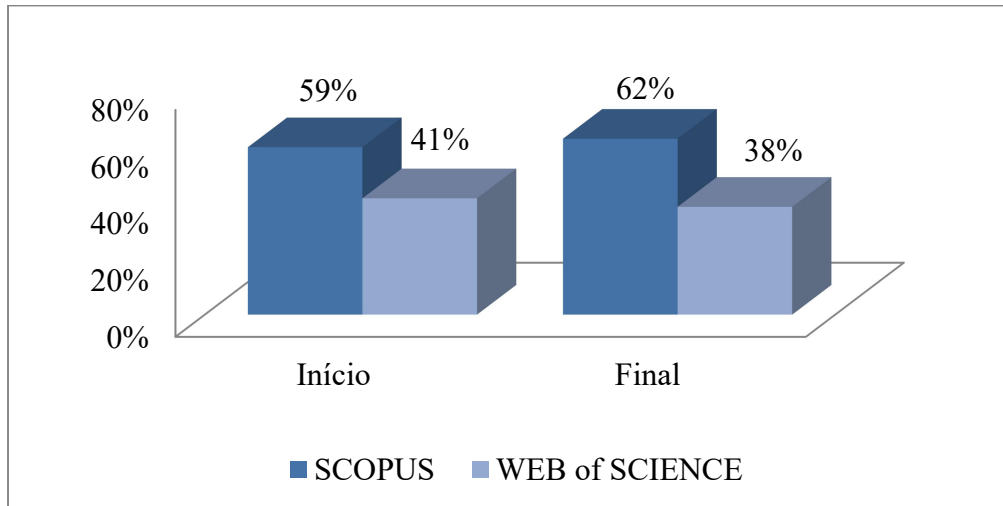
Outra justificativa, seria o uso da combinação 3 por 3 que restringiu muito o conjunto universo. Certamente a adoção de combinação 4 por 4 e/ou 5 por 5, aumentaria as chances de buscar uma gama maior de periódicos aderentes ao tema. O descarte de publicações que não estavam disponibilizadas nas bases na íntegra podem ter contribuído também com esse cenário.

A Fig. 2. apresenta a relação do percentual de publicações obtidas nas bases de dados nos processos inicial e final da metodologia ProknowC. A partir desses resultados, em função das palavras-chaves utilizadas, verificou-se que a base de dados SCOPUS ofereceu uma maior gama de artigos científicos nas duas etapas, o que pode ser justificado pela provável sinergia



das revistas com a temática de estudo, quando comparada com o repositório da WEB of SCIENCE.

Figura 2. Percentual das publicações levantadas nas bases internacionais.



Fonte - SCOPUS & WEB of SCIENCE (2017).

Dos 10 termos de busca utilizados, verificou-se que os termos *Methods*, *Erosion Control*, *Land Use*, *Landscape* e *Ecosystem Services* apareceram 53, 38, 29, 20 e 9 vezes, respectivamente, como palavras-chaves nos resumos dos 85 artigos selecionados. Os demais termos: *Land Cover*, *Monitoring*, *Indicators*, *Sedimentation* e *Latin America* não apareceram como palavras-chaves, porém foram mencionadas ao longo dos textos dos artigos.

Dos países da América Latina que tiveram maior número de publicação nas bases internacionais de publicações de periódicos utilizadas, no período de 26 anos a contar pelo ano de 1990, a partir da busca da combinação dos termos de busca utilizados, observou-se que o Brasil foi o país que mais teve trabalhos produzidos e publicados sobre a temática, 64,70%, seguidos do Chile (7,05%), Argentina e Costa Rica (3,52%) respectivamente, conforme apresentado na Fig. 3.

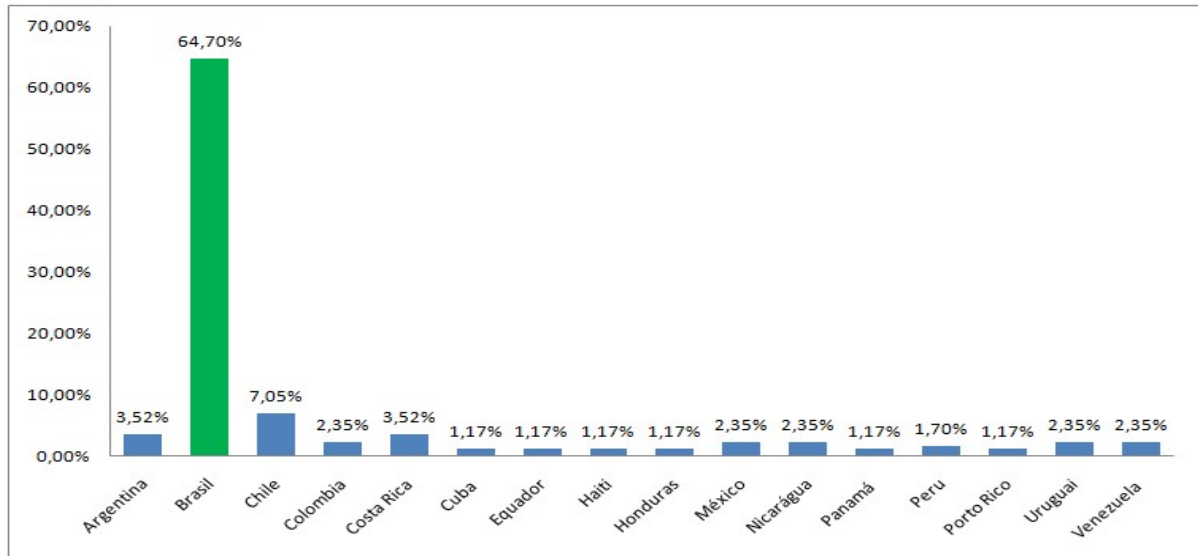
Tal fato pode ser explicado em virtude do país ser reconhecido como uma potência hídrica no planeta e, no entanto sofrer com problemas de qualidade, quantidade e distribuição de água em função da má gestão dos recursos hídricos.

Desta forma, inúmeras políticas de estímulo à conservação e à manutenção da provisão dos serviços ambientais foram desenvolvidas proporcionando o aumento de estudos no território brasileiro a cerca de práticas conservacionistas de controle à erosão hídrica. O próprio PPA da



ANA impulsiona o Brasil a desenvolver e aplicar projetos de PSA direcionados à proteção e provisão dos recursos hídricos.

Figura 3. Países das publicações selecionadas.



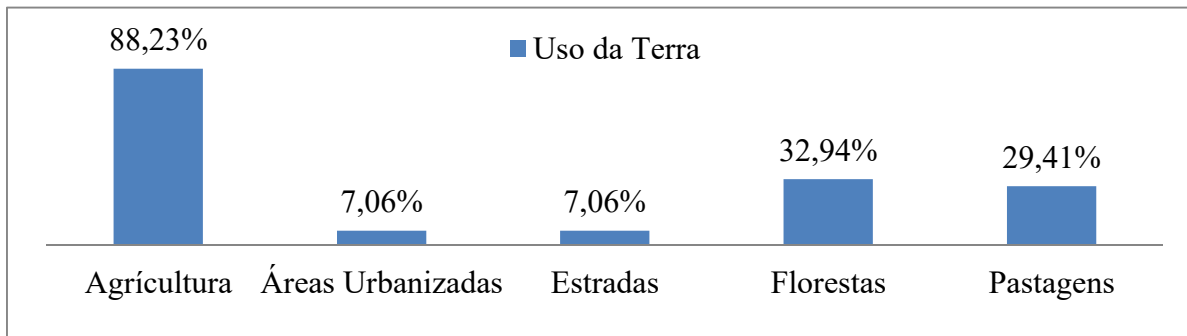
Fonte - SCOPUS & WEB of SCIENCE (2017).

Verificou-se que em 67% dos trabalhos acadêmicos, as bacias ou microbacias hidrográficas foram às unidades básicas de pesquisa e que em 33% foram áreas experimentais em pastagens e culturas agrícolas. A explicação para este resultado pode ter sido o fato de que os estudos focam na provisão de água, cuja área de captação natural e escoamento ocorrem na bacia, sendo também essa a unidade de planejamento dos recursos hídricos, garantida em lei (Lei 9433/97).

Em relação às classes de uso e cobertura da terra avaliadas nos trabalhos selecionados, vide Fig. 4., verificou-se que as classes agricultura e pastagens foram as mais frequentes. Entende-se que tais usos impactam potencialmente os serviços ecossistêmicos, na qualidade e disponibilidade de água e nos efeitos da erosão, através das perdas de solo e de nutrientes, devido às formas não conservacionistas empregadas no uso dos recursos naturais.



Figura 4. Classes de uso e cobertura da terra estudadas nas publicações selecionadas.



Fonte - SCOPUS & WEB of SCIENCE (2017).

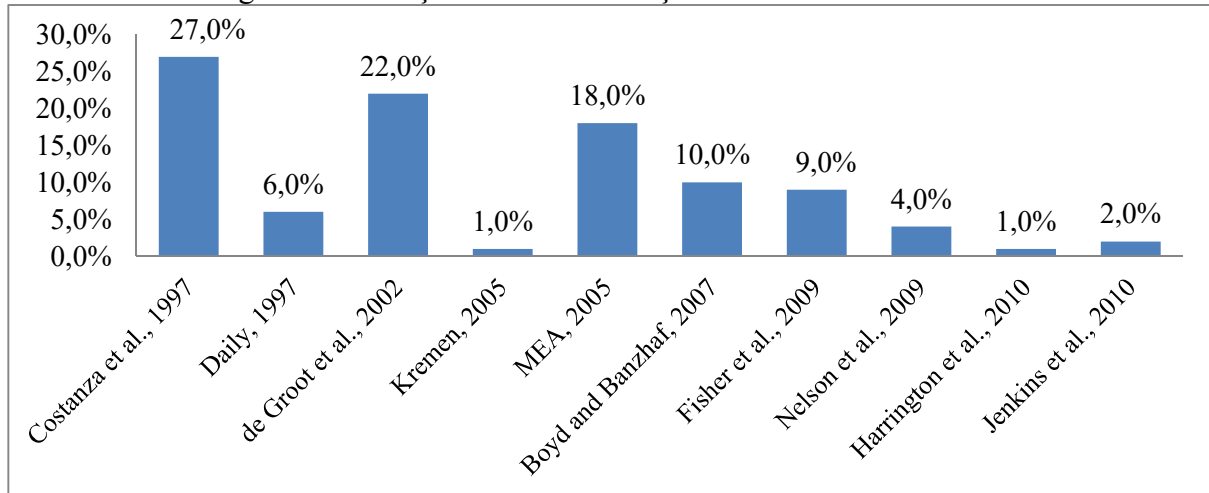
As avaliações e monitoramento de parâmetros relacionados ao serviço ecossistêmico de controle à erosão que ocorreram em florestas foram feitas como valor de referência para traçar um comparativo em relação às demais formas de uso da terra, no sentido de mostrar que em áreas que possuem cobertura vegetal nativa apresentam valores menores de taxas de perda de solo, enquanto em áreas desnudas ou cobertas pela agricultura e/ou pastagens apresentam valores maiores.

Observa-se que os trabalhos listados utilizavam duas ou mais formas de uso e cobertura de terra para comparar os estágios de degradação de solo e água em decorrência dos efeitos das feições erosivas e do processo de produção e transporte de sedimentos para os corpos d'água. O horizonte dos estudos variou em média de 2 a 3 anos.

Entre as definições sobre serviços ecossistêmicos encontradas, verificou-se que as de Costanza *et al.*, (1997), seguido de De Groot *et al.*, (2002), e MEA (2005) foram as mais referenciadas dentre os 85 trabalhos selecionados, conforme a Fig. 5.



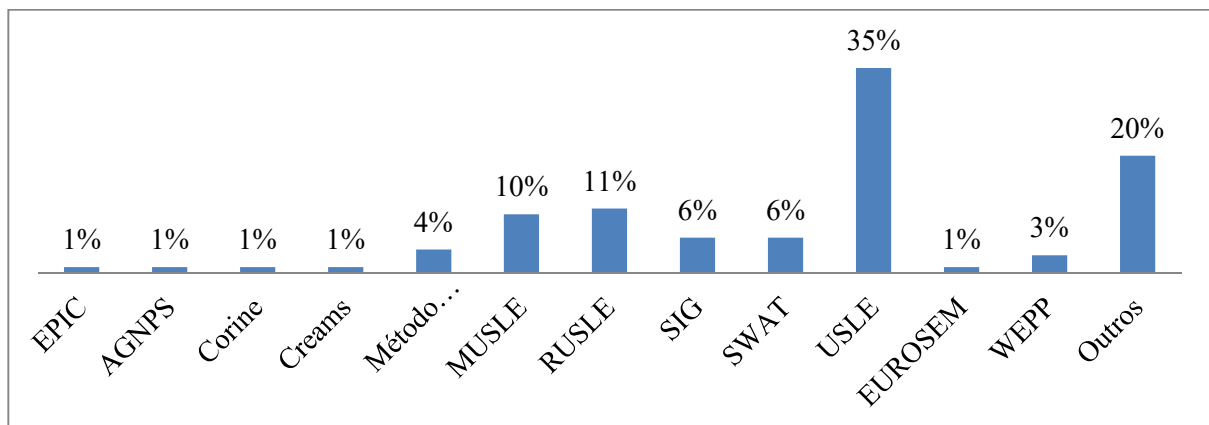
Figura 5. Definições sobre os serviços ecossistêmicos citados.



Fonte - SCOPUS & WEB of SCIENCE (2017).

Sobre as metodologias e modelos mais utilizados, verificou-se (Fig. 6.) que as tradicionais USLE, RUSLE, MUSLE foram as mais amplamente empregadas para a medição das taxas de potencial erosivo e geração de sedimentos. Este fato pode ser explicado pela fácil aplicabilidade das mesmas em posse de dados de entrada necessários relativamente pequenos e da rápida compreensão dos resultados, com uma precisão razoável, sendo bons instrumentos para previsão das perdas de solo, conforme preconizam Amorim *et al.*, (2009).

Figura 6. Metodologias utilizadas para a modelagem da perda de solos.



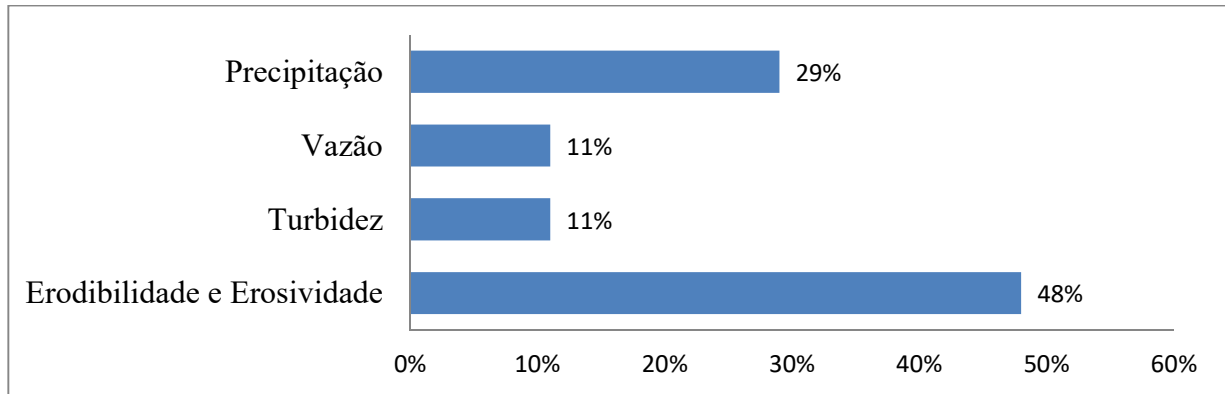
Fonte - SCOPUS & WEB of SCIENCE (2017).

Observou-se que os modelos de perda de solos como SWAT, WaTEM e WEPP também foram empregados para a estimativa de erosão de forma isolada ou combinada com metodologias mais usadas na academia como USLE, RUSLE e MUSLE, para estimar a qualidade da água em função dos sedimentos de seus corpos d'água.



Em relação aos parâmetros/indicadores estudados, os mais presentes foram: erodibilidade do solo, erosividade da chuva, seguidos de precipitação, vazão e turbidez (Fig. 7.).

Figura 7. Parâmetros/indicadores utilizados nos estudos analisados.



Fonte - SCOPUS & WEB of SCIENCE (2017).

CONCLUSÃO

Apesar da singularidade dos resultados obtidos, verificou-se que o uso de métodos e modelos empíricos e ou paramétricos hidrológicos de erosão para caracterização de áreas vulneráveis a erosão e sedimentação em bacias hidrográficas são os mais empregados para estimativa das taxas de erosão. Tais modelos consistem basicamente no produto dos fatores referentes aos dados hidrometeorológicos, topografia, vegetação, uso e cobertura da terra e outras informações gerais da área, de modo a auxiliar no entendimento da atuação dos processos de erosão hídrica e sedimentação, bem como a susceptibilidade dos solos.

Adicionalmente a esses modelos, observa-se o uso conjunto de mapas temáticos em ambiente Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para a projeção de cenários. Tais informações permitem uma descrição espacial das características físicas da área de interesse, gerando, portanto, melhores considerações sobre as informações derivadas dos modelos.

Através da proposta metodológica, por meio do estudo do tipo “estado da arte” foi possível contribuir com a percepção da não linearidade da produção acadêmica em relação aos modelos matemáticos usados para prever erosão hídrica e sedimentação no Brasil e na América latina. No entanto, constatou-se que, as equações USLE e suas variações RULE e MUSLE foram as mais replicadas, frente às demais metodologias observadas, devido a fácil aplicabilidade dos mesmos e da rápida compreensão dos resultados, com uma precisão razoável frente à dificuldade de obtenção de dados consistentes e com escalas adequadas.



Em virtude do custo e da dificuldade de obtenção de dados e parâmetros para o emprego dessas metodologias de estimativa de erosão hídrica, observou-se a necessidade de buscar a utilização de indicadores de paisagem de baixo custo e de fácil aplicação, na abordagem de serviços ecossistêmicos de controle à erosão hídrica que integrem com as metodologias já amplamente difundidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTMANN, Alexandre. *Pagamentos por serviços ecológicos: uma estratégia para a restauração e preservação da mata ciliar no Brasil?* 2008. 121f. Dissertação (Mestrado em Direito) – Universidade de Caxias do Sul. Rio Grande do Sul, 2008.

AMORIM, R. S. S.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. Principais modelos para estimar as perdas de solo em áreas agrícolas. In: Pruski, F. F. (ed.), *Conservação de solo e água: Práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica*, 2 ed., Cap. 4, Viçosa: Ed. Viçosa, 2009.

BENNETT, H.H: *Elements of soil conservation*, 2^a ed. Tokyo: Kogakusha. 1955.

BOYD, J.; BANZHAF, S. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics*, Amsterdam, v. 63, n. 2-3, p. 616-626, 2007.

COSTANZA, R.; D'ARCE, R. ;DE GROOT, R. ;FARBER, S. ;GRASSO, M. ;HANNON, B. ;LIMBURG, K. ;NAEEM, S. ;O'NEILL, R.V. ;PARUELO, J. ;RASKIN, R.G. ;SUTTON, P. ;VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, p. 253-260, 1997.

DAILY, G. C. (Ed.). *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Washington, DC: Island Press, 1997. 392 p.

DE GROOT, R. S.; WILSON, M. A.; BOUMANS, R. M. J. A typology for the classification, description and the valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*. V.41, n.3, p. 393-408, Jun, 2002.

ENSSLIN, L. et al. *Avaliação do desempenho de empresas terceirizadas com o uso da metodologia multicritério de apoio à decisão-construtivista*. *Revista Pesquisa Operacional*, v.30, n.1, p.125-152, 2012.

FISHER, B.; TURNER, K. R.; MORLING, P. Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics*, Amsterdam, v. 68, n. 3, p. 643-653, 2009.

GUERRA, A. J. T. O início do Processo Erosivo. In: *Erosão e Conservação dos Solos - Conceitos, Temas e Aplicações*. A. J. T. GUERRA; SILVA, Antônio Soares e R.G.M. BOTELHO (orgs.). Rio de Janeiro, Editora Bertrand Brasil, 1999, pp. 15-55.

HARRINGTON, R. et al. Ecosystem services and biodiversity conservation: concepts and a glossary. *Biodiversity and Conservacion*, v.19, n.10, p.2773-2790, 2010.



JENKINS, H.; YAKOVLEVA, N. Corporate social responsibility in the mining industry: exploring trends in social and environmental disclosure. *Journal of Cleaner Production*, v. 14, n. 3, pp. 271-284, 2010.

KREMEN, C. Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology? *Ecological Letters*, v.8, p. 468-479, 2005.

MEA. Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and human well-being: a framework for assessment*. Washington, DC: Island Press, 2003. 245 p. Disponível em: <http://pdf.wri.org/ecosystems_human_wellbeing.pdf> . Acesso em 02 de Janeiro de 2018.

NELSON, E.; MONDOZA, G.; REGETZ, L.; POLASKY, S.; TALLIS, J.; CAMERON, D. R.; CHAN, K. M.A.; DAILY, G. C.; GOLDSTEIN, J.; KAREIVA, P. M.; LONDS DORF, E.; NAIDOO, R.; RICKETTS, T. H.; SHAW, M. R. Modelling multiple ecosystems services, biodiversity conservation, commodity production, and trade-offs at landscape scale. *Frontiers Ecol. Environ.*, v.7, n.1, p.4-11, 2009.

ROQUE, C.G.; CARVALHO, M.P. & PRADO, R.M. *Fator erosividade da chuva de Piraju (SP): distribuição, probabilidade de ocorrência, período de retorno e correlação com o coeficiente de chuva*. *R. Bras. Ci. Solo*, 25:147-156, 2001.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D.D. *Predicting rainfall erosion losses: a guide planning*. Washington:USDA,1978. (Handbook,537).

