



INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO NA EROÇÃO HÍDRICA EM AMBIENTE SEMIÁRIDO: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Cristina dos Santos Ribeiro Martins¹, Ana Maria Maciel dos Santos¹, Kleyton Danilo da Silva Costa², Rayhonay Souza Rodrigues de Lima¹, Victor Casimiro Piscocya¹, Gabriel de Queiroz Calado¹, Gabriela Karoline Michelon³, Maxwel Rodrigues Nascimento⁴, Paulo Ricardo dos Santos⁵; Rejane Rodrigues da Costa e Carvalho¹

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos – Recife-PE, crisribeiro Martins@gmail.com, agrom1960@yahoo.com.br, rayhonaysouza@gmail.com, vcpiscocya@hotmail.com, gqueiroz.calado@gmail.com, rejanercosta@yahoo.com.br.

²Instituto Federal de Alagoas, Campus Piranha, Avenida Sergipe, 1477 – 57460-000 – Piranhas-AL, Brasil. kd.agro@gmail.com.

³Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Avenida Brasil, 4232, Independência - 85884-000 - Medianeira-PR, Brasil. gabilukcs@hotmail.com.

⁴Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, Rua Afonso Sarlo, 160, Bento Ferreira - 29052-010 - Vitória-ES, Brasil. maxwel.rn88@gmail.com.

⁵Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Avenida Alberto Lamego, 2000, Parque Califórnia - 28035-200 - Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil. prs_ufal@hotmail.com.

Resumo – A erosão do solo é caracterizada como um grave problema ambiental, os processos erosivos dependem de características intrínsecas do solo, tais como: textura, estrutura, mineralogia e matéria orgânica, e também de características de superfície relacionados ao uso do solo, cobertura vegetal, atividade biológica e interações edafoclimáticas. Em regiões semiáridas o problema é ainda mais agravado em função das condições edafoclimáticas do ambiente. As condições de cultivo em ambiente semiárido são, geralmente, adversas pelas condições do ambiente semiárido: solos frágeis e pouco desenvolvidos, com eventos de chuvas altamente erosivas. Além da precipitação outro fator de grande relevância para o entendimento da erosão do solo é a cobertura vegetal, a importância da vegetação na prevenção da erosão do solo tem sido muito reconhecida. Em geral, a vegetação atenua a erosão do solo, principalmente através da redução das forças de impacto da gota no solo diminuindo a velocidade do escoamento superficial, aumentando a rugosidade hidráulica e as taxas de infiltração de água no solo, aumentando assim sua resistência à erosão.

Palavras-chave: erosão em entressulcos, formas de cobertura vegetal, ambiente semiárido.

Área do Conhecimento: Engenharia Agrônoma

Introdução

A erosão do solo é uma ameaça ambiental generalizada, sendo importante o seu conhecimento para a manutenção dos ecossistemas terrestres. Sua gravidade varia ao longo do tempo e em diferentes localizações na superfície do solo, dependendo das combinações das ações do clima, escoamento superficial, composição do solo, topografia, cobertura vegetal, manejo do solo e práticas de conservação (MONTENEGRO et al., 2013).

O processo de erosão hídrica envolve: desagregação do solo, transporte e deposição de sedimentos, podendo ser dividida em: erosão em entressulcos, sulcos, ravinas e voçorocas (GOVERS et al., 2007;). A erosão em entressulcos envolve dois processos principais: (i) desagregação das partículas do solo pelo impacto das gotas de chuva e (ii) o transporte dos sedimentos resultantes da desagregação do solo.

A degradação do solo, através da erosão contribui para perdas na fertilidade e produtividade dos meios de subsistência também em ambientes semiáridos e continua a ser um dos maiores problemas ambientais em todo o mundo, ameaçando países desenvolvidos e em desenvolvimento (FAO, 2014). A erosão hídrica em áreas agrícolas não somente retira o solo fértil, mas também

degrada a qualidade da água ocasionando assoreamentos em córregos, rios e reservatórios (ZHU et al., 2013).

Em regiões áridas e semiáridas, os solos com pouca ou nenhuma cobertura vegetal estão expostos a eventos de precipitação torrencial, vulneráveis para a ocorrência de processos físicos e químicos que alteram as condições da camada superficial, como impermeabilização da superfície e crostas. Quando a superfície é seca, uma camada dura é formada (crosta). Os solos com crostas são típicos destas áreas secas, onde a degradação do solo leva a diminuição das taxas de infiltração aumentando as taxas de escoamento superficial e erosão (RIES e HIRT, 2008).

Modelos de erosão com base física como o Wepp conseguem uma ampla aplicabilidade descrevendo processos de erosão e escoamento, capazes de avaliar os impactos da intervenção da gestão ambiental (IBÁÑEZ et al., 2014) desenvolvidos e calibrados a partir de estudos experimentais vem sendo aplicados com diferentes escalas (DAVISON et al. 2005) simulando componentes individuais de processo de erosão e avaliando tanto a variabilidade espacial e temporal (IBÁÑEZ et al., 2014) características de regiões semiáridas.

Metodologia

A busca pelos artigos desta revisão foi realizada por meio de um levantamento de publicações sobre o tema deste trabalho, para isso utilizou-se a base de dados Elsevier, Google Acadêmico, Portal CAPES, Scielo e Science Direct. As palavras-chave empregadas foram: erosão em entressulcos, formas de cobertura vegetal, ambiente semiárido.

Os trabalhos selecionados se basearam em alguns aspectos qualitativos, como: periódicos com indexações e com conceitos *Qualis* emitido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e publicações que retratavam o assunto em questão como tema principal.

Erosão hídrica no semiárido

O solo é um componente vital do planeta, fundamental para muitos aspectos das ciências agrárias (BREVIK et al., 2015), no decorrer dos últimos anos este recurso vem sendo bruscamente degradado, em função do desenvolvimento urbano e de ações antrópicas, conduzindo a significativas perdas de rendimento nas culturas agrícolas, representando uma ameaça para a segurança alimentar é limitando a produção de recursos biológicos renováveis (JANKAUSKAS et al., 2008).

Os problemas ambientais vêm apresentando grandes dimensões, provocando, assim, alterações em todo o globo, os problemas relacionados à degradação do solo estão entre os mais preocupantes. A erosão do solo é um grande problema ambiental responsável por grandes perdas de solo, desequilíbrios no ambiente, além de diminuição da produtividade das terras cultivadas (DAVISON et al. 2005).

A erosão é vista como um dos processos mais destrutivos do solo, estima-se que o homem já degradou 53 bilhões de hectares do globo terrestre, pelo uso inadequado do solo, levando este a deterioração de suas propriedades físicas, químicas e biológicas (IBÁÑEZ et al., 2014). Em zonas tropicais e subtropicais a perda anual de solo varia entre 0,28 e 113 t ha⁻¹, dependendo da precipitação anual, da paisagem e do uso da terra (GUO et al., 2015).

Regiões áridas e semiáridas são consideradas ambientes frágeis, onde a cobertura vegetal é escassa e onde os processos de erosão do solo ocorrem rapidamente e severamente após eventos de chuvas. No entanto, mesmo nessas condições, a importância da vegetação nativa é muito relevante na regulação dos processos hidrológicos de superfície. De acordo com CASTILLO et al., (1997) a remoção da vegetação é a principal causa da degradação do solo em áreas semiáridas. Mudanças nas propriedades do solo induzidas pela remoção da vegetação modificam o escoamento superficial e resposta a erosão do solo em uma área semiárida.

O regime de chuvas em áreas semiáridas se caracteriza por eventos de duração extremamente curta e com intensidade muito alta, além de uma irregular distribuição espaço-temporal, seguidos por longos períodos de seca, tornando estas áreas ambientes particularmente propícios à erosão (HÖTZL, 2008). As atividades humanas aumentam ainda mais o risco de erosão, entre elas, a criação de superfícies nuas em terras cultivadas depois de operações de aração e posterior abandono das terras (PORTO e WALLING, 2012).

Os solos em regiões semiáridas são caracterizados por baixos teores de matéria orgânica e altos teores de argila expansiva, propriedades que podem diminuir a estabilidade da estrutura do solo (BEN-HUR, 2008). Tornando-os muito suscetíveis à erosão hídrica (CORNELIS, 2006), principalmente devido à cobertura de vegetação escassa e da pequena resistência às forças de erosão. A magnitude da erosão hídrica depende também da sua textura, teor de água, evaporação, percolação e lixiviação. As características dos solos destas regiões não são favoráveis para a resistência do solo a erosão hídrica.

Quando estes solos são expostos ao impacto das gotas de chuva, um vedante estrutural se desenvolve na superfície do solo, denominado selamento superficial (BEN-HUR, 2008.), uma camada fina (alguns milímetros) caracterizada por apresentar uma maior densidade, e uma menor condutividade hidráulica que o solo subjacente (CHEN et al., 1980).

O processo erosivo envolve os processos de: (i) a desagregação das partículas do solo a partir de sua superfície, (ii) o transporte dos sedimentos resultantes, principalmente pela ação do escoamento superficial, e (iii) deposição dos sedimentos (WATSON e LAFLEN, 1986). A erosão do solo reduz a disponibilidade da água na escala de campo afetando sua qualidade e armazenamento (GAO et al., 2014). A completa supressão da vegetação também pode conduzir a irreversível degradação do solo em áreas semiáridas (CASTILLO et al., 1997).

Em ambientes semiáridos é convencional a utilização da agricultura de sequeiro, onde o produtor rural remove toda a vegetação das margens dos rios para realização do plantio de espécies agrícolas (TAVARES et al., 2013). Para que ocorra a produção sustentável os agricultores devem ter uma seleção de opções de gestão integrada (STROOSNIJDER et al., 2012), que irão proporcionar benefícios suficientes com custos razoáveis e, simultaneamente, reduzir a degradação das terras secas e manter os rendimentos sustentáveis, como a aplicação de estratégias de conservação.

As estratégias implementadas devem incluir medidas agronômicas de manipulação da superfície do solo, tais como cobertura morta e alterações que visem prevenir e controlar a degradação da terra e melhorar produtividade em escala de campo. Apesar dos esforços governamentais para reverter os processos de erosão do solo na escala de bacias hidrográficas, o regime pluviométrico das regiões semiáridas é muito problemático, causando degradação e ineficiência na utilização da terra (TAVARES et al., 2013), e mesmo em anos de precipitação anual suficiente os rendimentos permanecem baixos (FAO, 2014).

Para GARCÍA-RUIZ (2010), em um ambiente semiárido, a preservação e/ou restauração da vegetação pode efetivamente reduzir o escoamento superficial e o transporte de sedimentos. Florestas nativas mostram-se mais efetivas no controle da erosão do solo (EL KATEB et al. 2013). Alguns pesquisadores (FU et al., 2012;) afirmam que um padrão misto de árvores e arbustos seria ideal para inibir a erosão do solo.

Importância da vegetação

A cobertura vegetal tem sido reconhecida como um fator chave na proteção contra a erosão, aumentando a infiltração e a rugosidade superficial do solo, além de reduzir o impacto das gotas de chuva (MORGAN, 1995). A cobertura vegetal protege o solo, principalmente por interceptar as precipitações e reduzir a velocidade do fluxo de escoamento (MORGAN, 2007). Além disso, o sistema radicular aumenta a estabilidade dos agregados do solo e as taxas de infiltração de água no solo (De BAETS et al., 2006).

No entanto, embora a positiva influência da vegetação aumentando as taxas de infiltração e diminuindo a erosão solo pouca atenção tem sido dada aos efeitos ecológicos da erosão do solo (WAINWRIGHT e PARSONS, 2010). Desta forma, vários trabalhos indicam um papel crítico do conhecimento das interações erosão-vegetação para a compreensão dos processos de degradação em ambientes limitados de água, especialmente no atual contexto de uso da terra e mudanças climáticas (ZEHE e SIVAPALAN, 2009).

Em teoria, tanto as características morfológicas das plantas, tais como o diâmetro da raiz, e características biomecânicas, a resistência à tração de raiz, têm efeitos significativos sobre a erosão do solo (BURYLO et al., 2012). A diversidade de espécies é um dos principais fatores para o sucesso da vegetação em controlar a erosão do solo, a diversidade funcional das comunidades arbóreas desempenha um papel fundamental na melhoria dos serviços ecossistêmicos, tais como filtração de água, regulação do clima ou controle de erosão (SCHERER-LORENZEN, 2014). Como as florestas

são geralmente consideradas benéficas para o controle da erosão, o reflorestamento é uma medida comum de proteção do solo (JIAO et al., 2012).

Diferentes formas de relacionamento solo-vegetação podem provavelmente ser explicados por diferentes tipos de vegetação que apresentam características específicas acima do solo (folhas e caules), abaixo do solo (raízes) e distribuições espaciais (LI e SHAO, 2006).

Os efeitos positivos da biomassa aérea no controle da erosão são geralmente atribuídos a reduções na energia cinética das gotas de chuva e reduzidas velocidades de escoamento superficial (PUIGDEFÁBREGAS, 2005). Além disso, coberturas vegetais modificam propriedades intrínsecas do solo, como a erodibilidade (GYSEL et al., 2005), atuam na criação de um microclima e no fornecimento de matéria orgânica, que afetam a atividade de microrganismos, e por conseguinte a disponibilidade de nutrientes, resultando em um feedback positivo sobre a produtividade das plantas.

Tanto a matéria orgânica, bem como a microfauna e as secreções fúngicas melhoraram a formação de agregados estáveis (VÁSQUEZ MÉNDEZ et al., 2010), afetando a condutividade hidráulica e, portanto, a capacidade de armazenamento de água (BOER e PUIGDEFÁBREGAS, 2005) podendo aumentar a resistência do solo ao cisalhamento (DE BAETS et al., 2008).

Na tentativa de compreender os processos erosivos com diferentes coberturas de vegetação, CARDOSO et al., (2012), pesquisando em Lavras, sudeste do Brasil, avaliaram as influências da cobertura vegetal no controle das perdas de água e de solo. A remoção da vegetação causa aumentos de escoamento superficial, erosão do solo, inundações a jusante (BEN-HUR et al., 2011), e exportação de sedimentos, matéria orgânica, nutrientes e poluentes que podem pôr em perigo os habitats aquáticos e a jusante da zona de inundação, além de infraestruturas humanas associadas (FERREIRA et al., 2008).

Conclusão

Com base na literatura consultada é possível concluir que a cobertura vegetal apresenta efeito importante na erosão do solo, os resíduos vegetais na superfície agem interceptando as gotas de chuva e dissipando sua energia, evitando a desagregação das partículas e a formação do selamento superficial. Além disso, ocorre a redução da velocidade do escoamento superficial e, conseqüentemente, redução na sua capacidade de desagregação e transporte de sedimentos do solo.

Referências

BEN-HUR, M. Seal formation effects on soil infiltration and runoff in arid and semiarid regions under rainfall and sprinkler irrigation conditions. In: Zereini, F., Hötzl, H. (Eds.), *Climatic Changes and Water Resources in the Middle East and North Africa*. **Environmental Science and Engineering**, p. 429–452, 2008.

BEN-HUR, M.; FERNANDEZ, C.; SARKKOLA, S.; CEREZAL, J.C.S. Overland flow, soil erosion and stream water quality in forest under different perturbations and climate conditions. In: Bredemeier, M., Cohen, S., Godbold, D.L., Lode, E., Pichler, V., Schleppei, P. (Eds.), *Forest Management and the Water Cycle*. **Ecological Studies**, p. 263–289, 2011.

BOER, M.; PUIGDEFÁBREGAS, J. Effects of spatially structured vegetation patterns on hillslope erosion in a semiarid Mediterranean environment: A simulation study. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 30, p.149–167, 2005.

BREVIK, E. C.; CERDÀ, A.; MATAIX-SOLERA, J.; PEREG, L.; QUINTON, J. N.; SIX, J.; VAN OOST, K. The interdisciplinary nature of soil. **Soil**, v. 1, p. 117–129, 2015.

BRYAN, R.; YAIR, A. Badland Geomorphology and Piping. **Geobooks**, 409, 2013.

BURYLO, M.; REY, F.; BOCHET, E.; DUTOIT, T. Plant functional traits and species ability for sediment retention during concentrated flow erosion. **Plant and Soil**, v. 353, p. 135–144, 2012.

CARDOSO, D. P.; SILVA, M. L. N.; CARVALHO, G. J.; FREITAS, D. A. F.; AVANZI, J. C. Plantas de cobertura no controle das perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.632-638, 2012.

CASTILLO, V.M.; MARTÍNEZ-MENA, M.; ALBALADEJO, J. Runoff and soil loss response to vegetation removal in a semiarid environment. **Soil Science Society of America Journal**, v. 61, p. 1116-1121, 1997.

CHEN, Y.; TARCHITZKY, J.; BROUWER, J.; MORIN, J.; BANIN, A. Scanning electron microscope observations on soil crusts and their formation. **Soil Sci.**, v. 130, p. 49-55, 1980.

CORNELIS, W.M. Hydroclimatology of wind erosion in arid and semiarid environments. Chapter 9. PDryland Ecohydrology, D´Odorico and A. Porporato (eds.). **Printed in the Netherlands**, p. 141-159, 2006.

DAVISON, P.; M.G. HUTCHINS; S.G. ANTHONY; M. BETSON; C. JOHNSON; E.I. LORD. The relationship between potentially erosive storm energy and daily rainfall quantity in England and Wales. **Science of the Total Environment**, v. 344, p.15–25, 2005.

DE BAETS, S.; POESEN, J.; REUBENS, B.; WEMANS, K.; DE BAERDEMAEKER, J.; MUYS, B. Tensile strength and root distribution of typical mediterranean plant species and their contribution to soil shear strength. **Plant Soil**, v. 305, p. 207–226, 2008.

EL KATEB, H.; ZHANG, H.; ZHANG, P.; MOSANDL, R. Soil erosion and surface runoff on different vegetation covers and slope gradients: a field experiment in Southern Shaanxi Province. **Catena**, v. 105, p. 1–10, 2013.

FAO. **Evolution of Crop Production**. FAOSTAT, Country Profile CVP Available, 2014.

FERREIRA, A.D.J.; COELHO, C.O.A.; RITSEMA, C.J.; BOULET, A.K.; KEIZER, J.J. Soil and water degradation processes in burnt areas: lessons learned from a nested approach. **Catena**, v. 74, p. 273–285, 2008.

FU, W.; HUANG, M.; GALLICHAND, J.; SHAO, M. Optimization of plant coverage in relation to water balance in the Loess Plateau of China. **Geoderma**, v. 173, p. 134–144, 2012.

GAO, X.; WU, P.; ZHAO, X.; WANG, J.; SHI, Y. Effects of land use on soil moisture variation in a semi-arid catchment: implications for land and agricultural water management. **Land Degrad**, v. 25, p. 163–172, 2014.

GARCÍA-RUIZ, J.M. The effects of land uses on soil erosion in Spain: a review. **Catena**, v. 81, p. 1–11, 2010.

GOVERS, G.; GIMÉNEZ, R.; VAN OOST, K. Rill erosion: exploring the relationship between experiments, modelling and field observations. **Earth-Science Reviews**, v. 84, n. 3, p. 87-102, 2007.

GUO, Q.; HAO, Y.; LIU, B. Rates of soil erosion in China: A study based on runoff plot data, **Catena**, v. 124, p. 68–76, 2015.

GYSSSELS, G.; POESEN, J.; BOCHET, E.; LI, Y. Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: a review. **Progress in Physical Geography**, v. 29, p. 189–217, 2005.

JANKAUSKAS, B.; JANKAUSKIENE, G.; FULLEN, M. A. Soil erosion changes in the physical properties of Lithuanian Eutric Albeluvisols under different land use systems, **Acta Agricult.**, v. 58, p. 66–76, 2008.



JIAO, J.; ZHANG, Z.; BAI, W.; JIA, Y.; WANG, N. Assessing the Ecological Success of Restoration by Afforestation on the Chinese Loess Plateau, **Restor. Ecol.**, v. 20, p. 240–249, 2012.

LI, Y.; SHAO, M. Change of soil physical properties under long-term natural vegetation restoration in the Loess Plateau of China. **J. Arid Environ**, v. 64, p. 77–96, 2006.

MONTENEGRO, A.A.A.; ABRANTES, J.R.C.B.; LIMA, J.L.M.P.; SINGH, V.P. & SANTOS, T.E.M. Impact of mulching on soil and water dynamics under intermittent simulated rainfall. **Catena**, v. 109, p. 139-149, 2013.

MORGAN, R. P. C. Vegetative-based technologies for erosion control. In A. Stokes, I. Spanos, J. E. Norris,; E. Cammeraat(Eds.), *Eco- and ground bio-engineering: The use of vegetation to improve slope stability*. Dordrecht: **Springer**, p. 265–271, 2007.

MORGAN, R. P. C.; QUINTON, J. N.; EDWARDS, J. 3.05 **Vegetation strategies for combating desertification**. MEDALUS II Project 3 Managing Desertification. Contract EV5V-CT92-0165, Final Report covering the period 1 January 1991 to 30 September 1995.

PUIGDEFÁBREGAS, J. The role of vegetation patterns in structuring runoff and sediment fluxes in drylands. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 30, p. 133–147, 2005.

RIES, B. J.; HIRT, U. Permanence of soil surface crusts on abandoned farmland in the central ebro Basin/Spain. **Catena**, v. 72, p. 282-296, 2008.

SCHERER-LORENZEN, M. The functional role of biodiversity in the context of global change, in: *Forests and global change*, edited by: Coomes, D. A., Burslem, D. F. R. P., and Simonson, W. D., **Ecological reviews**, p.195–238, 2014.

STROOSNIJDER, L.; MOORE, D.; ALHARBI, A.; ARGAMAN, E.; BIAZIN, B.; VAN DEN ELSEN, E. Improving water use efficiency in drylands. *Curr. Opin. Environ. Sustain.*, v. 4, p. 1–10, 2003.

TAVARES, J.; FERREIRA, A.J.D.; REIS, E.A.; BAPTISTA, I.; AMOROS, R.; COSTA, L.; FURTADO, A.M.; COELHO, C. Appraising and selecting strategies to combat and mitigate desertification based on stakeholder knowledge and global best practices in Cape Verde Archipelago. **Land Degrad.** v. 25, p. 45–57, 2013.

VÁSQUEZ-MÉNDEZ, R.; VENTURA-RAMOS, E.; OLESCHKO, K.; HERNÁNDEZ-SANDOVAL, L.; PARROT, J.-F.; NEARING, M. A.: Soil erosion and runoff in different vegetation patches from semiarid Central Mexico, **Catena**, v. 80, p. 162–169, 2010.

WAINWRIGHT, J.; PARSONS, A.J. Classics in physical geography revisited, Thornes, J. B. 1985: The ecology of erosion (*Geography* 70, 222–235). **Progress in Physical Geography**, v. 34, p. 399–408, 2010.

WATSON, D.A.; LAFLEN, J.M. Soil strength, slope, and rainfall intensity effects on interrill erosion. **Trans. Am. Soc. Agric. Eng.**, v. 29, p. 98-102, 1986.

ZEHE, E.; SIVAPALAN, M. Threshold behaviour in hydrological systems as (human) geo-ecosystems: manifestations, controls, implications. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 13, p. 1273–1297, 2009.

ZHU, A.; WANG, P.; ZHU, T.X.; CHEN, L.J.; CAI, Q.G.; LIU, H.P. Modeling runoff and soil erosion in the Three-Gorge Reservoir drainage area of China using limited plot data. **J. Hydrol.** 492, 163–175, 2013.