

XIV SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

ANÁLISE DE COBERTURAS DO SOLO EXISTENTES NO BANCO DE DADOS DO MODELO SWAT PARA ASSOCIAÇÃO COM A VEGETAÇÃO CAATINGA DO NORDESTE BRASILEIRO

*Carolynne Wanessa Lins de Andrade¹ ; Suzana Maria Gico Lima Montenegro²; Abelardo Antônio
de Assunção Montenegro³ & José Romualdo de Sousa Lima⁴*

RESUMO – O modelo *Soil And Water Assessment Tool* (SWAT) é um modelo hidrológico que foi desenvolvido para verificar os impactos das mudanças do uso do solo sobre a quantidade e qualidade de água em bacias hidrográficas experimentais e representativas. O modelo foi desenvolvido pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos e por isso, possui informações disponíveis em seu banco de dados para regiões temperadas. Por isso, modeladores de regiões tropicais, como o Brasil, frequentemente tem realizado associações das classes existentes no banco de dados do modelo com as coberturas de solo existentes nas áreas de estudo. O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise das coberturas de solo existentes no banco de dados do modelo SWAT, a fim de verificar as classes mais adequadas para representar a Caatinga Arbustiva e a Caatinga Arbórea do Nordeste brasileiro. Foram analisadas 17 classes de cobertura existentes no banco de dados do modelo. A classe que melhor representa a Caatinga Arbustiva é a RNGB e a classe que melhor representa a Caatinga Arbórea é a SWRN. Este estudo pode auxiliar modeladores brasileiros na definição da classe que melhor represente as condições da Caatinga e incorporar essas definições nas simulações com o SWAT.

Palavras-Chave – Modelo SWAT, Cobertura do solo, Caatinga

ABSTRACT– The *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT) model is a hydrological model that was developed to verify the impacts of land use changes on the quantity and quality of water in experimental and representative watersheds. The model was developed by the US Department of Agriculture and therefore has information available in its database for temperate regions. Thus, modelers from tropical regions, such as Brazil, have frequently performed associations of the existing classes in the model database with the existing soil coverages in the study areas. The objective of this study was to perform an analysis of the soil cover in the SWAT database, in order to verify the most appropriate classes to represent the Shrub Caatinga and the Arborea Caatinga of the Northeastern Brazilian. We analyzed 17 coverage classes in the model database. The class that best represents the Shrub Caatinga is the RNGB and the class that best represents the Arboreal Caatinga is the SWRN. This study may help Brazilian modelers in the definition of the class that best represents the conditions of the Caatinga and incorporate these definitions in the SWAT simulations.

Keywords – SWAT model, Soil cover, Caatinga

1) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois irmãos, Recife, PE, (81) 3320-6279, carolyne.andrade@ufrpe.br

2) Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois irmãos, Recife, PE, (81) 3320-6279, abelardo.montenegro@ufrpe.br

3) Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, Recife, PE, (81) 2126-8977, suzanam.ufpe@gmail.com

4) Unidade Acadêmica de Garanhuns, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Avenida Bom Pastor, s/n, Boa Vista, Garanhuns, PE, (87) 3764-5505, romualdo.lima@ufrpe.br

INTRODUÇÃO

O *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT) é um modelo hidrológico que foi desenvolvido para analisar os impactos das alterações do uso do solo sobre o escoamento da água, produção de sedimentos e qualidade da água em grandes bacias hidrográficas não instrumentadas (Arnold et al., 1998). O modelo possui, dentre outras informações, um extenso banco de dados com múltiplos usos de solo e cobertura vegetal, com suas respectivas propriedades, que podem ser adotados em diferentes bacias hidrográficas. Tais informações são utilizadas durante o início da modelagem hidrológica, como dados de entrada. De acordo com Arnold et al. (2012), a base de dados referente a cobertura do solo e crescimento de planta contém informações necessárias para o modelo SWAT simular o crescimento de uma cobertura de solo particular.

Como o modelo SWAT é originário e amplamente utilizado nos Estados Unidos (EUA), as classes de uso e cobertura do solo existentes no banco de dados são oriundas deste país. De acordo com Arnold et al. (2012) ao compilar a lista com diferentes coberturas e usos do solo para compor o banco de dados do SWAT, buscou-se incluir as culturas mais importantes economicamente, bem como aquelas que são amplamente difundidas no território. Desta forma, essa lista não abrange todos os usos do solo existentes no mundo. No desenvolvimento do banco de dados de uso do solo, também foi realizada a compilação de vários tipos de coberturas genéricas, a fim de facilitar a associação das classes existentes em uma determinada área com as categorias presentes no banco de dados do SWAT. Como algumas categorias possuem uma natureza ampla, uma série de pressupostos foi considerada a fim de obter valores dos parâmetros relacionados ao crescimento da cultura.

Frequentemente, nos estudos envolvendo o modelo SWAT, os tipos de cobertura existentes nas diferentes áreas de estudo são associados com as classes presentes no banco de dados do programa. No Brasil, por exemplo, existe um bioma que é exclusivo do país – a Caatinga – um tipo de formação vegetal com características bem definidas: formada por árvores baixas e arbustos (caducifólias), diversas suculentas como as cactáceas, as bromeliáceas, as euforbiáceas e as leguminosas. As espécies florestais apresentam troncos tortuosos, esbranquiçados e cobertos por espinhos (Santos et al., 2014). Por isso, modeladores de regiões tropicais, como o Brasil, frequentemente tem realizado associações das classes existentes no banco de dados do modelo com a vegetação Caatinga.

Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise das coberturas de solo existentes no banco de dados do modelo SWAT, a fim de verificar as classes mais adequadas para representar a Caatinga Arbustiva e a Caatinga Arbórea do Nordeste brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Modelo SWAT

O estudo foi conduzido utilizando-se a ferramenta *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT), definida como um modelo hidrossedimentológico que foi desenvolvido para analisar os impactos das alterações do uso do solo sobre o escoamento da água, produção de sedimentos e qualidade da água em grandes bacias hidrográficas não instrumentadas (Arnold et al., 1998). Foram analisados 17 tipos de cobertura do solo existentes no banco de dados do modelo.

O SWAT considera um modelo de crescimento vegetal único na simulação dos diferentes tipos de cobertura do solo. O modelo consegue distinguir entre culturas anuais e perenes. As culturas anuais têm o início do crescimento a partir do plantio e fim do crescimento na colheita. As culturas perenes conservam seus sistemas radiculares ao longo do ano, se tornando dormente nos meses de inverno. O crescimento retorna quando a média diária da temperatura do ar excede o mínimo da temperatura necessária ao desenvolvimento. O modelo de crescimento é utilizado para verificar a retirada de água e nutrientes pelas culturas, a transpiração e a produção de biomassa (Neitsch et al., 2009).

Em relação aos tipos de cobertura vegetal existentes no banco de dados do SWAT, na Tabela 1 estão listados todos os tipos de cobertura do solo genéricas (cobertura vegetal, entre outras) inseridas no banco de dados do modelo. É importante destacar que ainda existe um extenso número de dados sobre culturas (diferentes espécies de plantas), que também podem ser selecionadas como um tipo de cobertura de solo existente na área a ser estudada.

Tabela 1 – Coberturas do solo existentes no banco de dados do modelo SWAT

Nº	Nome	Código	Tipo de planta
1	Áreas agrícolas genéricas	AGRL	Anual, estação quente
2	Áreas agrícolas-cultivos em fileiras	AGRR	Anual, estação quente
3	Áreas agrícolas-próximo ao crescimento	AGRC	Anual, estação fria
4	Pomar	ORCD	Árvore
5	Planta forrageira	HAY	Perene
6	Floresta mista	FRST	Árvore
7	Floresta decidual	FRSD	Árvore
8	Floresta sempre-verde	FRSE	Árvore
9	Áreas úmidas	WETL	Perene
10	Áreas úmidas florestadas	WETF	Árvore

11	Áreas úmidas não florestadas	WETN	Perene
12	Pastagem	PAST	Perene
13	Pastagem de verão	SPAS	Perene
14	Pastagem de inverno	WPAS	Perene
15	Gramíneas variadas	RNGE	Perene
16	Variedade de arbustos ou pequenas árvores densas	RNGB	Perene
17	Culturas variadas do Sudoeste dos EUA	SWRN	Perene

As classes foram analisadas a fim de verificar as mais adequadas para representar uma vegetação típica do Brasil, a Caatinga.

Bioma Caatinga

A palavra “Caatinga” é de origem Tupi-Guarani e significa floresta branca, devido a característica que a vegetação desse bioma possui de queda de suas folhas na estação seca (Albuquerque e Bandeira, 1995). A Caatinga é um bioma exclusivamente do Brasil e está presente nos Estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Maranhão, Sergipe e em parte de Minas Gerais. O bioma está inserido em aproximadamente 10% do território nacional, com uma área de 850.000 km² (Santos et al., 2014), e ocorre principalmente sob condições semiáridas (Beuchle et al., 2015).

O bioma Caatinga tem uma alta resistência à seca. O clima da região semiárida (onde está inserida grande parte da Caatinga) é quente e seco ao longo do dia e mais ameno durante a noite. As precipitações variam de 200 mm a 1000 mm anuais, com a maior parte da chuva ocorrendo de janeiro a maio. Na Caatinga ocorre uma grande interação no sistema solo-planta-atmosfera. Por exemplo, no período chuvoso a vegetação densa protege o solo contra o impacto da gota de chuva, e no período seco as folhas que caem servem de alimento para os animais e de cobertura para o solo (Santos et al., 2014).

A vegetação Caatinga pode ser classificada como floresta arbustiva ou arbórea, abrangendo especialmente árvores e arbustos baixos, caracterizados em sua maioria, pela presença de espinhos, microfilia (folhas pequenas) e algumas características xerofíticas (típicas de clima seco). A vegetação arbustiva apresenta um porte de até 1,5 m (Alcoforado-Filho et al., 2003) e a vegetação arbórea é caracterizada por espécies altas e secas, com altura chegando a 20 m.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Descrição das classes existentes no banco de dados do modelo SWAT

As áreas agrícolas genéricas (AGRL) podem ser associadas a culturas agrícolas em geral, com características, segundo Arnold et al. (2012), anual, cultivadas ou com crescimento em estações quentes. De acordo com Perazzoli et al. (2013) a cobertura AGRL considera que o uso do solo na bacia é de agricultura anual e todos os cultivos e formas de manejo são uniformes; além disso, o uso considera parâmetros médios e específicos de diferentes culturas. Os valores originais de crescimento de planta para este tipo de cobertura vegetal são oriundos de valores utilizados para o grão de sorgo (Arnold et al., 2012).

As áreas agrícolas com cultivos em fileiras (AGRR) representam as culturas agrícolas anuais, cultivadas ou com crescimento em estações quentes (Arnold et al., 2012). Essa classe de uso do solo inclui uma grande variedade de culturas individuais, com características regionais e manejos de água, solo, fertilizantes e pesticidas variáveis com as condições locais (Gilliom e Thelin, 1997).

As áreas agrícolas próximo ao crescimento (AGRC) representam culturas agrícolas anuais, cultivadas ou com crescimento em estações frias (Arnold et al., 2012).

A classe denominada ORCD no banco de dados do modelo SWAT representa os pomares. A palavra pomar tem um significado muito amplo, mas segundo Lewis e Wicks (1907) representa um grupo de árvores plantadas e cultivadas visando a produção de seus frutos. Como exemplo de pomares tem-se a maçã, o pêssego, a laranja, pera, ameixa, entre outros. Os pomares são normalmente estabelecidos em pastagens férteis e de boa drenagem, com um conjunto de árvores distribuídos uniformemente ao longo da área de cultivo (North East Wales Orchard, 2012). Os tipos de plantas existentes nessa classe do modelo SWAT são as árvores (Arnold et al., 2012).

A classe denominada HAY no banco de dados do modelo SWAT representa as espécies forrageiras perenes. As espécies de clima temperado apresentam crescimento ideal entre 20 e 25°C. As espécies perenes de clima tropical baseiam-se em sistemas de produção composto por pastagens. Tais culturas apresentam valores nutritivos inferiores quando comparadas com as espécies de clima temperado. Entretanto, apresentam alto potencial produtivo quando há o manejo adequado de água e solo.

A floresta mista (FRST) constitui uma transição entre floresta de coníferas e floresta decidual de folhas largas, que ocorre principalmente no hemisfério Norte. Essa classe também pode representar uma floresta com duas ou mais espécies de árvores dominantes. Na América do Norte, esse tipo de vegetação é normalmente utilizado para designar a floresta do Planalto dos Apalaches, região caracterizada por diversas espécies arbóreas e precipitação moderada (Encyclopedia Britannica,

2010). Os tipos de plantas existentes nessa classe do modelo SWAT são exatamente as árvores (Arnold et al., 2012).

A floresta decidual (FRSD) é um tipo florestal que ocorre em clima estacional, o qual determina a semi-deciduidade da folhagem da cobertura florestal. A FRSD ocorre em regiões de clima tropical, caracterizadas por secas e intensas chuvas de verão e em regiões de clima subtropical, caracterizadas pela ausência de período seco, e por inverno muito frio. Tais características influenciam o repouso fisiológico e queda parcial da folhagem durante os períodos extremos. A porcentagem das árvores caducifólias nesse tipo de floresta situa-se entre 20% e 50% na estação seca (IBGE, 2012). Os tipos de plantas existentes nessa classe do modelo SWAT são as árvores (Arnold et al., 2012).

A classe denominada FRSE no banco de dados do modelo SWAT representa as espécies florestais “sempre-verdes”. Esse tipo de cobertura vegetal ocorre em regiões temperadas quentes e úmidas com invernos relativamente mais amenos. A precipitação nessas regiões é alta (1000-1750 mm). Essa floresta é dominada por espécies Angiospermas (com flores e frutos) perenes. As espécies são na maioria fisiologicamente dormentes durante os meses de inverno.

As áreas úmidas (WETL) inserida no banco de dados do modelo SWAT podem ser definidas como regiões que apresentam solos sob condição de saturação. Os tipos de plantas existentes nessa classe do modelo SWAT são espécies perenes (Arnold et al., 2012). De acordo com o Ministério de Recursos Naturais e Silvicultura de Ontário, no Canadá, as áreas úmidas representam habitats de transição, formado frequentemente entre ecossistemas aquáticos e terrestres. Podem ocorrer em locais que apresentam lençol freático pouco profundo ou ao longo das margens de lagos e rios. Muitas terras úmidas são permanentemente inundadas, e algumas inundam apenas durante a primavera ou no outono. O modelo SWAT apresenta ainda mais duas variações desse tipo de cobertura vegetal, as quais são áreas úmidas florestadas (WETF) e as áreas úmidas não-florestadas (WETN).

A cobertura vegetal composta por pastagens é representada pela classe PAST no modelo SWAT e são consideradas as espécies perenes. O modelo também possibilita refinar ainda mais esse tipo de cobertura vegetal, a partir das classes pastagens de verão (SPAS) e pastagens de inverno (WPAS). Segundo Moreira (2002) as pastagens constituem culturas ou comunidades de plantas, normalmente herbáceas, utilizadas geralmente por animais em pastoreio no próprio local em que se desenvolvem. Este tipo de cobertura vegetal frequentemente fica exposta a ações de desfolhação e pisoteio pelos animais. Desta forma, as pastagens são caracterizadas por plantas de porte baixo e com resistência ao pastoreio.

A classe denominada RNGE representa a variedade de gramíneas. As gramas (capins) estão inseridas neste tipo de família e são caracterizadas por apresentarem folhas lineares, flores nuas (sem verticilos de proteção, como pétalas e sépalas), e inflorescências constituídas por espigas, panículas e racemos. O fruto é uma cariopse (semente presa ao pericarpo) (Fontaneli et al., 2012).

A classe denominada RNGB representa a cobertura composta por uma variedade de arbustos ou pequenas árvores densas. Os arbustos são espécies vegetais caracterizadas por possuir caule lenhoso ramificado desde a sua base, sem formação de um tronco definido. Os subarbustos são culturas intermediárias entre a erva e o arbusto, que se caracterizam pelo reduzido tamanho.

As culturas variadas da região Sudoeste dos EUA são representadas pela classe SWRN. O Sudoeste americano é uma região que comporta uma variedade de paisagens únicas, montanhas naturais, vales, planaltos e planícies. Nesta região se encontram os climas áridos e semiáridos e a mesma possui a maior dimensão territorial dos Estados Unidos. A região apresenta uma ampla faixa de relevo, desde as mais altas montanhas até o ponto mais baixo do hemisfério ocidental. O uso e cobertura do solo é marcado principalmente por pastagens e florestas, bem como por uma extensa área de deserto constituído por diversas espécies de arbustos e cactos.

Associação das coberturas vegetais disponíveis no modelo SWAT para representar a Caatinga Arbustiva e a Caatinga Arbórea

Diferentes classes de cobertura vegetal do banco de dados do modelo SWAT têm sido adotadas para representar a Caatinga Arbustiva e a Caatinga Arbórea nos estudos envolvendo modelagem hidrológica.

Silva e Medeiros (2014) utilizando o modelo SWAT para analisar a variabilidade espaço-temporal do escoamento superficial e da produção de sedimentos na bacia experimental do São João do Cariri (13,5 km²), localizada na porção semiárida do Estado da Paraíba, Brasil, realizaram associações/adaptações entre os tipos de uso do solo existentes na bacia com os usos inseridos no banco de dados do modelo SWAT. Os autores reclassificaram a classe de Caatinga Arbustiva como RNGE, classe marcada por variedade de gramíneas, e a Caatinga Arbustivo-arbórea como RNGB, classe marcada por arbustos ou pequenas árvores densas. Em outro estudo, Medeiros e Silva (2014) analisando as perdas de água e solo na bacia experimental do São João do Cariri (13,5 km²) com o modelo SWAT também reclassificaram a classe de Caatinga Arbustiva como RNGE e a Caatinga Arbustivo-arbórea como RNGB.

Creech et al. (2015) estudando os impactos antrópicos relacionados a produção de sedimentos sobre a bacia do rio São Francisco (630.000km²), localizada nos Estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe (com uma pequena porção em Goiás e no Distrito Federal), associaram parte da cobertura da bacia composta pela Caatinga como classes RNGE e RNGB do banco de dados do modelo SWAT.

Silva (2015) estudando as relações entre as formas de relevo e de uso e ocupação do solo e os processos de vazão e erosão na bacia do Rio Taperoá (5.658 km²), inserida na região semiárida do Nordeste do Brasil, na porção central do Estado da Paraíba, reclassificaram a vegetação Caatinga Arbórea como a classe RNGB do modelo SWAT e a vegetação Caatinga Arbustiva como a classe BARR, caracterizada por solos não férteis.

Valério e Fragoso-Júnior (2015) avaliando os efeitos das alterações na precipitação devido a mudanças climáticas e a aplicabilidade de alguns modelos climáticos e do modelo hidrológico na resposta hidrológica da bacia do rio Paraguaçu (54.877 km²), localizada na região centro-leste do estado da Bahia, reclassificaram a porção ocupada por Caatinga na bacia (10,17%) em SWRN.

Miranda (2017) realizando uma avaliação integrada da variação espacial e temporal do balanço hídrico na Caatinga com o modelo hidrológico SWAT na bacia hidrográfica do rio Pontal (6.057 km²), localizada na região oeste do estado de Pernambuco, reclassificaram a porção da bacia composta por cobertura do tipo Caatinga arbustiva (altura média de 5 m) com a classe RNGB disponível no banco de dados do SWAT, devido, segundo o autor, a sua proximidade no que se refere às características físicas.

CONCLUSÃO

Após a análise descrita no presente estudo, verifica-se que as classes que mais se destacam pela existência de similaridades, em termos paisagísticos e morfológicos, com a vegetação Caatinga são: RNGE, RNGB e a SWRN. Por representar porte menor, a Caatinga Arbustiva pode ser associada a RNGB, classe que representa uma variedade de arbustos ou pequenas árvores densas. A vegetação Caatinga Arbórea pode ser associada a classe SWRN, a qual apresenta presença de florestas, bem como uma extensa área de deserto constituído por diversas espécies de arbustos e cactos. Este estudo pode auxiliar modeladores brasileiros na definição da classe que melhor represente as condições da Caatinga e incorporar essas definições nas simulações com o SWAT.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à equipe de desenvolvedores do modelo SWAT - da Texas A&M University - pelo generoso suporte técnico, assim como a Agência Nacional de Águas do Brasil, a Agência Pernambucana de Água e Clima e a Universidade Federal Rural de Pernambuco. Este trabalho foi apoiado pela FACEPE (processo nº IBPG-0231-5.03/14, BCT-0176-5.03/14 e APQ-0300-5.03/17 – Consórcio Universitas – PE), CNPq (processo nº 446254/2015-0, 30764/2013-9 e INCT- Mudanças climáticas Fase 2), CAPES (Processo PVE aupex 2792/2013 23038007733/2013-76), Bolsas FINEP (REHIDRO 1830) e PQ do CNPq.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, S.G.; BANDEIRA, G.R.L. (1995). "Effect of thinning and slashing on forage phytomass from a Caatinga of Petrolina, Pernambuco, Brazil". *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 30, pp. 885-891.
- ALCOFORADO-FILHO, F.G.; SAMPAIO, E.V.S.B.; RODAL, M.J.N. (2003). "Florística e fitossociologia de um remanescente de vegetação caducifólia espinhosa arbórea em Caruaru, Pernambuco". *Acta Botânica Brasilica* 17(2), pp. 287-303.
- ARNOLD, J.G.; KINIRY, J.R.; SRINIVASAN, R.; WILLIAMS, J.R.; HANEY, E.B.; NEITSCH, S.L. (2012). *Input/Output Documentation version 2012*. Texas Water Resources Institute – TR-439, 650 p.
- ARNOLD, J.G.; SRINIVASAN, R.; MUTTIAH, R.S.; WILLIAMS, J.R. (1998). "Large area hydrologic modeling and assessment part I: model development". *Journal of the American Water Resources Association* 34(1).
- BEUCHLE, R.; GRECCHI, R.C.; SHIMABUKURO, R.S.; EVA, H.D.; SANO, E.; ACHARD, F. (2015). "Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach". *Applied Geography* 58, pp. 116-127.
- CREECH, C.T.; SIQUEIRA, R.B.; SELEGNEAN, J.P.; MILLER, C. (2015). "Anthropogenic impacts to the sediment budget of São Francisco River navigation channel using SWAT". *Int J Agric & Biol Eng* 8(3).
- ENCYCLOPEDIA BRITANNICA, (2010). Disponível em: <https://global.britannica.com/science/mixed-forest>. Acessado em: 10/03/2017.
- FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S. (2012). "Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região Sul-brasileira". 2ed. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
- GILLIOM, R.J.; THELIN, G.P. (1997). "Classification and mapping of agricultural land for national water quality assessment". U.S. Geological Survey circular 1131, 78 p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2012). *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. Rio de Janeiro, 271 p.
- LEWIS, C.I.; WICKS, W.H. (1907). *Orchard management*. Department of horticulture. Oregon Agricultural Experiment Station. Corvallis, Oregon. Bulletin No. 93, 48 p.
- MEDEIROS, I.C.; SILVA, R.M. (2014). "Análise da erosão hídrica na região semiárida da Paraíba usando o modelo SWAT acoplado a um SIG". *Geociências* 33(3), pp. 457-471.

- MIRANDA, R.Q. Avaliação integrada da variação espacial e temporal do balanço hídrico na Caatinga utilizando o modelo hidrológico SWAT. (2017). Tese (Doutorado). Universidade Federal de Pernambuco. Recife – PE, 122 p.
- MOREIRA, M. (2002). Agronomia das forragens e pastagens. Ed. UTAD, 183 p.
- NEITSCH, S.L.; ARNOLD, J.G.; KINIRY, J.R.; WILLIAMS, J.R. (2009). Soil and water assessment tool - Theoretical documentation version 2009. Temple, Blackland Research Center, Texas Agricultural Experiment Station, 654 p.
- NORTH EAST WALES ORCHARD. An introduction to orchard management. (2012). Recovery Project, 32 p.
- PERAZZOLI, M.; PINHEIRO, A.; KAUFMANN, V. (2013). “Efeitos de cenários de uso do solo sobre o regime hídrico e produção de sedimentos na bacia do Ribeirão Concórdia – SC”. Revista Árvore, 37(5), pp. 859-869.
- SANTOS, A.P.S.; PEREZ-MARIN, A.M.; FORERO, L.F.U.; MOREIRA, J.M.; MEDEIROS, A.M.L.; LIMA, R.C.S.A.; BEZERRA, H.A.; BEZERRA, B.G.; SILVA, L.L. (2014). O semiárido brasileiro: Riquezas, diversidades e saberes. 2ed. Instituto Nacional do Semiárido – INSA. Campina Grande – PB, 73 p.
- SILVA, M.A. (2015). Modelagem hidrológica e das perdas de solo: suas relações com as formas de relevo e uso do solo na bacia do rio Taperoá – PB. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa – PB. 104 p.
- SILVA, R.M.; MEDEIROS, I.C. (2014). “Análise hidrossedimentológica em ambiente SIG usando o modelo SWAT”. GeoFocus 14, pp. 211-231.
- VALÉRIO, E.L.S.; FRAGOSO-JÚNIOR, C.R. (2015). “Avaliação dos efeitos de mudanças climáticas no regime hidrológico da bacia do rio Paraguaçu, BA”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos 20(4), pp. 872-887.