



Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.6, nº. 1, p.33- 40, 2012
ISSN 1982-7679 (On-line)
Fortaleza, CE, INOVAGRI – <http://www.inovagri.org.br>
Protocolo 078/12 – 18/01/2012 Aprovado em 28/03/2012

MODELAGEM DA RECARGA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM UMA BACIA SEMIÁRIDA: INFLUÊNCIAS DA OCUPAÇÃO AGRÍCOLA

José Wellington Batista Lopes¹, Everton Alves Rodrigues Pinheiro²,
José Ribeiro de Araújo Neto³

RESUMO

Este estudo foi conduzido com o objetivo de modelar o escoamento e a recarga anual das águas subterrâneas em uma pequena bacia semiárida preservada. A área de estudo foi a Bacia Experimental de Aiuaba, Ceará. Para a simulação da recarga das águas subterrâneas, utilizou-se o modelo BALSEQ. Os cenários simulados foram: i) condições naturais de preservação e ii) considerou-se um aumento de 6% ao ano na ocupação da área por atividades agrícolas. Neste estudo observou-se que o manejo conservacionista torna-se o fator preponderante a manutenção das águas subterrâneas, bem como a disponibilidade de água em períodos de estiagem, o que promove o desenvolvimento de cultivos irrigados. Conclui-se que o uso e ocupação do solo de forma não planejada proporciona aumento do escoamento superficial, em contraste as recargas são reduzidas.

Palavras-chave: Aquíferos, escoamento, semiárido, caatinga.

MODELING OF GROUNDWATER RECHARGE IN A SEMIARID WATERSHED: INFLUENCES OF AGRICULTURAL OCCUPATION

ABSTRACT

The objective this study was estimate the runoff and groundwater rate recharge in a preserved small catchment in semiarid region of Brazil. The area of study was the Experimental Basin of Aiuaba, in the Federal State of Ceará. In the simulation of groundwater recharge, the BALSEQ model was used. The scenarios were simulated: i) preserve natural conditions and ii) an increase of 6% per year in the agricultural activities. From this research observed that the conservation management becomes important in the maintenance of groundwater and availability of water for dry periods, favoring the development of agricultural crops. Concluded that the use and occupation of land for agricultural purposes increases the runoff. In contrast, annual groundwater recharges decrease.

Key words: Groundwater, runoff, semiarid regions, caatinga vegetation.

¹ Engenheiro agrônomo, Mestrando em Eng. Agrícola – DENA/UFC, Fortaleza - CE, wellingtonjwl@gmail.com

² Engenheiro agrônomo, Mestrando em Eng. Agrícola – DENA/UFC, Fortaleza - CE, evertonvest@yahoo.com

³ Tecnólogo em irrigação e drenagem, Mestrando em Eng. Agrícola – DENA/UFC, Fortaleza - CE, junior.bg@bol.com.br

MODELAGEM DA RECARGA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM UMA BACIA SEMIÁRIDA: influências da ocupação agrícola

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das atividades agrícolas por parte dos pequenos produtores tem exigido a implementação de tecnologias, as quais além de inovadoras apresentem baixo custo na instalação e, primordialmente, na manutenção, a fim de garantir segurança econômica, possibilidade de planejamento e de conservação dos recursos naturais.

As águas subterrâneas representam uma alternativa para irrigação e desenvolvimento de regiões semiáridas no Nordeste brasileiro. Para essa alternativa, o suprimento hídrico pode ser alocado através de poços perfurados manualmente que, além de fornecerem água com qualidade aceitável, apresentam baixo custo. O uso adequado de todos os recursos hídricos disponíveis para fins agrícolas é uma condição indispensável para o desenvolvimento rural sustentável (MONTENEGRO et al., 2010).

Hidrologicamente, a vantagem na utilização das águas subterrâneas para a irrigação reside no fato de o fluxo de evaporação nos aquíferos ser muito baixa (COUDRAIN-RIBSTEIN et al., 1998), o que garante maior disponibilidade de águas durante os períodos de estiagem, já que, em regiões semiáridas, o déficit de precipitação é elevado em relação a evaporação potencial, podendo ser cinco vezes maior que a precipitação média anual, com temperaturas elevadas, ar seco e alta insolação (COSTA, 2007).

A prevalência de solos pouco desenvolvidos em associação a heterogeneidade espacial e temporal das chuvas no semiárido, torna o escoamento intermitente (CADIÉ, 1996). A água que infiltrada antes e durante o escoamento é a principal fonte de recarga de aquíferos

(BURTE et al., 2005), e que sofre influência do uso e ocupação do solo (GOMES et al., 2007) devido a alteração na dinâmica de recarga e a magnitude do deflúvio gerado na bacia.

Nesse contexto, insere-se a modelagem hidrológica, que vêem como uma das demandas sociais para no intuito de prever os problemas de ordem socioeconômica que a ação antrópica pode causar no ambiente natural.

Diante do exposto, objetivou-se através desta pesquisa avaliar os impactos do uso e ocupação do solo no escoamento superficial e na recarga anual das águas subterrâneas na Bacia Experimental de Aiuaba no semiárido brasileiro.

MÉTODO

I - Descrição da área de estudo

O estudo foi aplicado à Bacia Experimental de Aiuaba (BEA), com uma área total de 12 km², localizada no município de Aiuaba - Ceará de coordenadas 6°42' S e 40°17'W (Figura 1). O clima, de acordo com a classificação de Köppen, é 'Bs' apresentando uma precipitação média de 650 mm ano⁻¹. A declividade média da área está em torno de 19% e a geologia caracterizada pela formação cristalina e sedimentar. A BEA é totalmente preservada, inserida integralmente na Estação Ecologia (ESEC) de Aiuaba, a maior unidade de conservação federal do bioma Caatinga, administrada pelo IBAMA (ARAÚJO e PIEDRA, 2009).

A vegetação predominante é a Caatinga, tipicamente caducifólia, sendo a maior parte dessa classificada como Caatinga Arbórea Densa e subclasse Floresta seca em superfície dessecada (CREUTZFELDT, 2006).

MODELAGEM DA RECARGA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM UMA BACIA SEMIÁRIDA: influências da ocupação agrícola

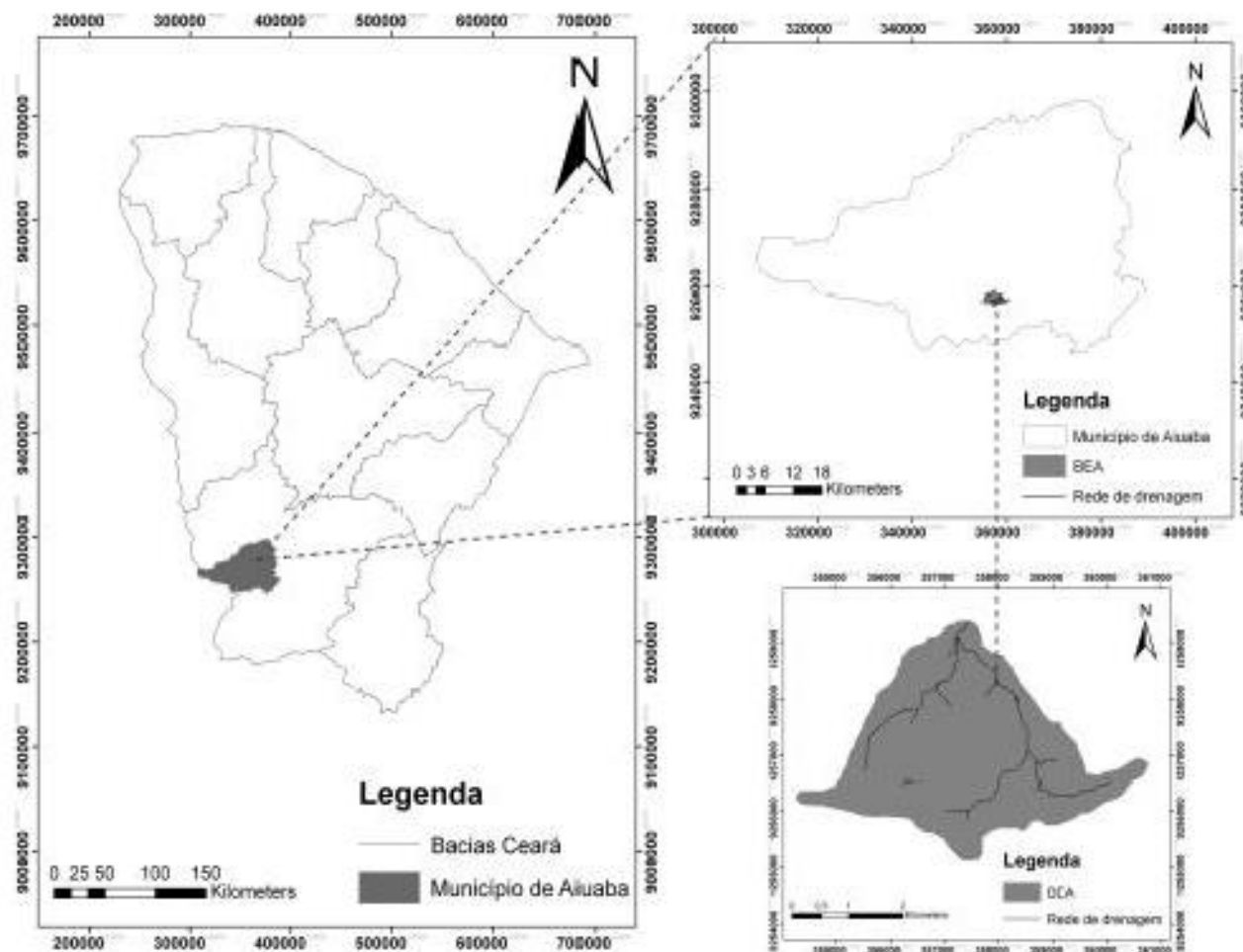


Figura 1. Localização da área de estudo

Fonte: autores

II - Modelagem da recarga das águas subterrâneas

Para a simulação da recarga das águas subterrâneas, aplicou-se o modelo de balanço hídrico sequencial diário (BALSEQ). Para tanto, foram necessários dados de entrada como: 1) Dados diários de precipitação (P); 2) Taxa diária de evapotranspiração potencial (ETP); 3) Valor do CN (Curve Number); 4) Valor do parâmetro capacidade de água disponível para evapotranspiração (CAD); 5) Valor da quantidade de água retida no solo no primeiro dia do balanço hídrico a ser efetuado (A_i).

Étapas para Estimativa da Taxa de Recarga

i) Cálculo da $P_{média}$ pelo método de Thiessen, a partir os dados pluviométricos

disponíveis nas três estações de monitoramento do Grupo de pesquisa HIDROSED (www.hidroсед.ufc.br); ii) Cálculo da ETP através do método de Thornthwaite; iii) Estimativa dos parâmetros CN, em função das condições de umidade antecedente; CAD e A_i . O parâmetro CAD é o produto entre a diferença da capacidade de campo do solo (CC) e do seu ponto de murchamento (PM) pela profundidade das raízes (P_{ef}). Na determinação da CC e PMP utilizou-se o método de laboratório em extrator de Richards, conforme descrito por Amaro Filho, Assis Júnior e Mota (2008). iv) Aplicação do BALSEQ. O balanço termina depois de um ciclo de n dias.

Os valores dos parâmetros de entrada no modelo foram $CN = 52$

MODELAGEM DA RECARGA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM UMA BACIA SEMIÁRIDA: influências da ocupação agrícola

(FIGUEIREDO, 2011), $P_{ef} = 58,0$ cm (PINHEIRO, 2010), $CAD = 35,3$ mm, $CC = 17,0\%$ (v/v) e $PMP = 11,0\%$ (v/v).

III - Cenários de mudanças no uso do solo e ocupação do solo

O modelo BALSEQ foi aplicado em dois cenários para o período de 2004 a

2008. O primeiro cenário foi para as condições naturais, ou seja, na condição atual da bacia que é de preservação. No segundo cenário considerou-se um aumento de 6% ao ano na ocupação da área por atividades agrícolas, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Dados utilizados na simulação da recarga das águas subterrâneas em função do uso do solo considerando a taxa de aumento de 6% ao ano

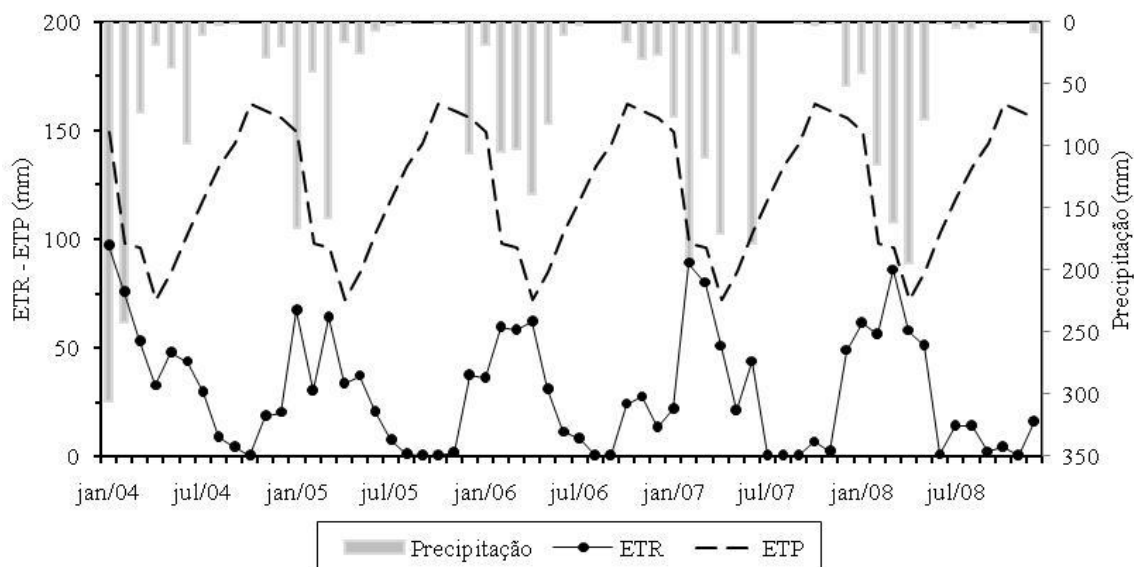
Uso do solo	Superfície	CN	% área a.a	Área em ha
Solo lavrado	Em fileiras	80	2	24
Plantações regulares	Em fileiras retas	76	2	24
Pastagens	Pobres, em curvas de nível	67	2	24

Fonte: Tucci (1993)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

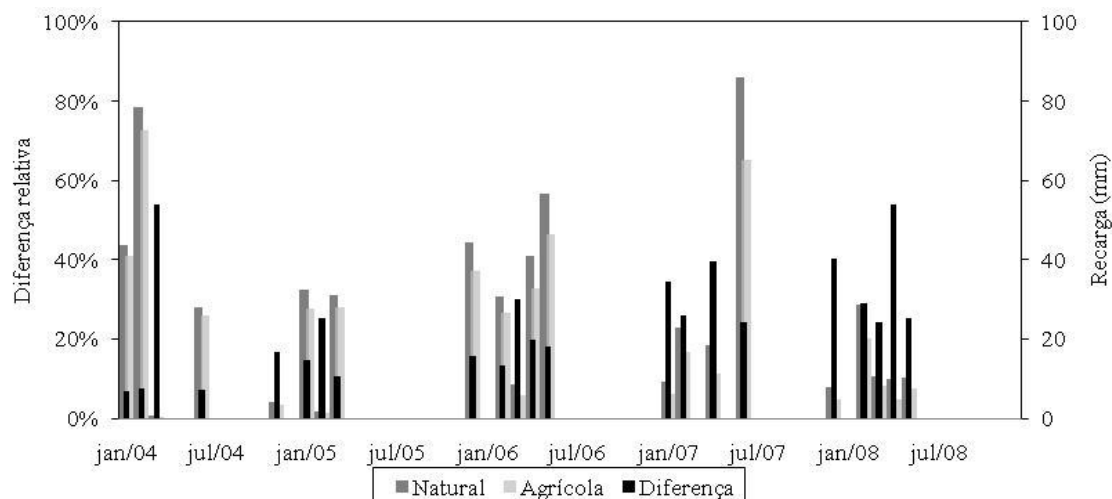
Na figura 2 podem ser visualizados os dados referentes à precipitação,

evapotranspiração potencial e real, e escoamento superficial mensal no período de 2004 a 2008.

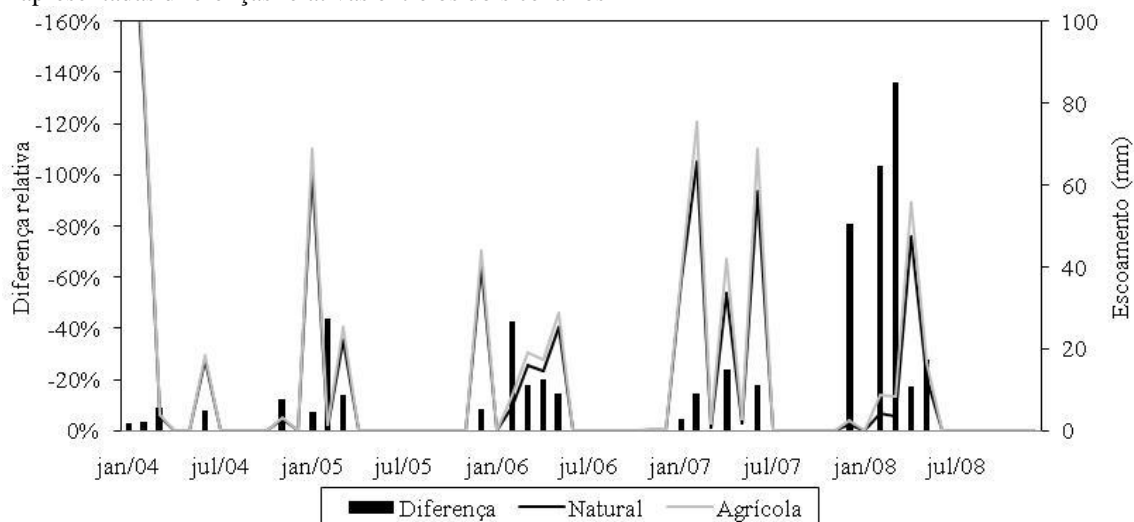


a) Precipitação, evapotranspiração real e potencial

MODELAGEM DA RECARGA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM UMA BACIA SEMIÁRIDA: influências da ocupação agrícola



b) Recarga mensal das águas subterrâneas em área preservada (natural) e com uso agrícola. São apresentadas diferenças relativas entre os dois cenários



c) Escoamento superficial mensal nos dois cenários avaliados. São apresentadas diferenças relativas entre os dois cenários

Figura 2. Dados da modelagem das águas subterrâneas da Bacia Experimental de Aiuaba

Na Tabela 2 são apresentados os resultados de escoamento e da recarga anual das águas subterrâneas em função do

uso e ocupação do solo de 2004 a 2008 para a Bacia Experimental de Aiuaba.

Tabela 2- Dados de escoamento e da recarga anual das águas subterrâneas em função do uso e ocupação do solo

		2004	2005	2006	2007	2008
Escoamento (mm)	Natural	249	128	62	199	68
	Agrícola	258	140	75	232	90
Diferença (+ %)		4	8	17	14	24
Recarga (mm)	Natural	155	110	137	144	60
	Agrícola	143	94	112	104	41
Diferença (- %)		8	14	18	28	32

MODELAGEM DA RECARGA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM UMA BACIA SEMIÁRIDA: influências da ocupação agrícola

Observou-se em ambas as representações supracitadas que a lâmina escoada nas condições naturais de preservação foi menor, sendo, provavelmente, mais influenciada pelas características intrínsecas da precipitação, como a distribuição, frequência e duração dos eventos. No entanto, quando ocorreram alterações no uso e ocupação da bacia, verificou-se que o escoamento superficial aumentou em até 24% em relação à bacia preservada para o mesmo período, nesse caso o ano de 2008. Para a recarga, constatou-se que na bacia sob preservação a lâmina de recarga foi superior em todos os anos. Ao ocorrerem alterações no uso e ocupação da bacia verifica-se que a recarga diminuiu em até 32% no ano de 2008. Portanto, a recarga é inversamente proporcional ao escoamento superficial, sendo essa mais susceptível as mudanças no uso e ocupação do solo.

Estas menores lâminas escoadas, bem como a maior lâmina de recarga na bacia preservada, ocorrem devido ao tempo de viagem da água até o leito principal ser maior, pois os solos naquelas áreas possuem maior capacidade de infiltração e de armazenamento de água, o que reduz o escoamento superficial (SILVA et al., 2005) e aumenta a recarga (GOMES et al., 2007). Associados aos fatores do solo, em regiões semiáridas, a Caatinga regula em grande parte a quantidade de água a ser infiltrada, pois através de um mecanismo próprio de defesa contra a escassez hídrica no período seco, a vegetação perde as folhas (ALVES et al. 2006), aumentando a quantidade de serapilheira, principalmente no final da estação chuvosa (LOPES et al., 2009).

Estas particularidades promovem à regulação ideal na dinâmica dos processos hidrológicos e ambientais, em que, como é o caso da vegetação Caatinga, evita a desagregação provocada pelo impacto das gotas de chuva e a formação do selamento superficial, pois a cobertura completa do

solo favorece tais aspectos (SILVA et al., 2005).

Mesmo em condições de boa cobertura superficial, como é o caso das pastagens, as ações antrópicas causam diminuição da infiltração de água no solo e da condutividade hidráulica, já que a resistência do solo à penetração aumenta em relação à vegetação natural (ZIGOMAR e ALVES, 2003). Em áreas de habitação rural e em áreas de culturas perenes há um aumento no escoamento superficial e diminuição da recarga das águas subterrâneas devido à redução da permeabilidade do solo, seja pela impermeabilização e/ou compactação ou pela alteração das propriedades físicas, como a compactação nas áreas agricultadas (VANZELA; HERNANDEZ; FRANCO, 2010).

Este aumento na intensidade do escoamento em bacias semiáridas pode alterar a dinâmica de transporte de sedimentos, pois o fluido dispõe de mais energia para o carreamento, podendo provocar a elevação da quantidade de sedimento transportada pelos canais secundários e, ao encontrar o canal principal, pode interferir na conformação do perfil daquele. Estes processos alteram a dinâmica de deposição e resuspensão daqueles sedimentos, alterando, dessa forma, as vazões disponíveis em determinados trechos. Isto pode comprometer a disponibilidade de água em determinadas áreas, por alterar a compartimentação hídrica da região.

Além do mais, a dinâmica de uso e ocupação do solo afeta a variabilidade de alguns atributos físicos do solo principalmente aqueles que estão sob influência do manejo, como a densidade e matéria orgânica. Nessas áreas a alteração dos atributos físicos é caracterizada, sobretudo pela redução da capacidade de infiltração e aumento do escoamento superficial, reduzindo a contribuição para a recarga das águas subterrâneas, fator

MODELAGEM DA RECARGA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM UMA BACIA SEMIÁRIDA: influências da ocupação agrícola

importante na disponibilidade de água na época seca (GOMES et al., 2007; MONTENEGRO et al., 2010)

As áreas agricultadas sem o devido manejo conservacionista, se tornam grandes fontes potenciais de produção de sedimentos, fato este já observado por Gomes et al. (2007) em lavoura de milho localizada na área de recarga de duas nascentes; além disso, o preparo convencional do solo muito difundido ainda no semiárido é caracterizado pela quase completa ausência de cobertura, baixa rugosidade superficial e maior quantidade de partículas prontamente disponíveis para o transporte, além da maior susceptibilidade do solo à erosão em sulcos (BERTOL et al., 2004).

Portanto, o manejo conservacionista torna-se importante, por permite a manutenção da das águas subterrâneas e a disponibilidade de água para os períodos de estiagem, favorecendo a o desenvolvimento dos cultivos agrícolas pelo uso da irrigação.

CONCLUSÕES

Os resultados desta pesquisa nos permitem concluir que: i) O uso e ocupação do solo para fins agrícolas eleva a lâmina escoada superficialmente; ii) Em oposição, as recargas das águas subterrâneas diminuem; iii) A ocupação não planejada de áreas para fins agrícolas pode comprometer a disponibilidade de água subterrânea para irrigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, A. R. et al. Aporte e decomposição de serrapilheira em área de Caatinga, na Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande-PB, v. 6, n. 2, p. 194-203, 2006.
- AMARO FILHO, J.; ASSIS JUNIOR, R. N.; MOTA, J. C. A.. **Física do Solo Conceitos e Aplicações**. 1. ed. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2008. v. 1. 289 p.
- ARAÚJO J. C.; PIEDRA J. I. G. Comparative hydrology: analysis of a semiarid and a humid tropical watershed. **Hydrological Processes**, v. 23, p. 1169 – 1178, 2009.
- BERTOL, I.; GUADAGNIN, J. C.; CASSOL, P. C.; AMARAL, A. J.; BARBOSA, F. T. Perdas de fósforo e potássio por erosão hídrica em um Inceptisol sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.485-494, 2004.
- BURTE, J. et al. Human impacts on components of hydrological balance in an alluvial aquifer in the semiarid Northeast, Brazil. **Hydrological Sciences Journal- Journal Des Sciences Hydrologiques**, v. 50, n. 01, p. 95-110, 2005.
- CADIER, E. Hydrologie des petits bassins du Nordeste Bresilien semi-aride: typologie des bassins et transposition ecoulements annuels Small watershed hydrology in semiarid northeastern Brazil: basin typology and transposition of annual runoff data. **Journal of Hydrology**, v. 182, n. 1-4, p. 117-141, 1996.
- COSTA, A. C. **Hidrologia de uma bacia experimental em caatinga conservada no semiárido brasileiro**. Dissertação de mestrado, Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza – CE. 2007.
- COUDRAIN-RIBSTEIN, A. et al. Is the evaporation from phreatic aquifers in arid zones independent of the soil characteristics? **Comptes Rendus De L Academie Des Sciences Serie Ii Fascicule a-Sciences De La Terre Et Des Planetes**, v. 326, n. 03, p. 159-165, 1998.
- CREUTZFELDT, B. Remote sensing based characterization of land cover and terrain properties for hydrological modeling in the semi-arid Northeast of

MODELAGEM DA RECARGA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM UMA BACIA SEMIÁRIDA: influências da ocupação agrícola

Brazil. **Final Year Work, Potsdam University**. Potsdam-Germany. 2006.

FIGUEIREDO, J. V. **Início da geração do escoamento superficial em uma bacia semiárida em caatinga preservada**. 2011. 84 f. Dissertação em Engenharia Agrícola - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

GOMES, N. M.; FARIA, M. A. DE; SILVA, A. M. DA; MELLO, C. R. DE; VIOLA, M. R. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo associados ao uso e ocupação da paisagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.4, p.427-435, 2007.

LOPES, J. F. B.; ANDRADE, M. A.; LOBATO, F. A. O.; PALÁCIO, H. A. Q.; ARRAES, F. D. D. Deposição e decomposição de serapilheira em área da Caatinga. **Revista AgroAmbienteOn-line**, v. 3, n. 2, p. 72-79, jul-dez, 2009.

MONTENEGRO, S. G.. MONTENEGRO, A.; RAGAB, R. Improving agricultural water management in the semi-arid region of Brazil: experimental and modelling study. **Irrigation Science**, v. 28, n. 04, p. 301-316, 2010.

PINHEIRO, E. A. R. **Determinação *in situ* da profundidade efetiva das raízes da caatinga preservada para fins de balanço de água no solo**. 2010. 51 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; AMORIM, R. S. S.; PAIVA, K. W. N. Efeito da cobertura nas perdas de solo em um Argissolo Vermelho-Amarelo utilizando simulador de chuva. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.2, p.409-419, 2005.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M.. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.1, p.55-64, 2010

ZIGOMAR, M. DE S.; ALVES, M. C. Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.1, p.18.