



## VALORAÇÃO AMBIENTAL DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL DA ÁGUA NO MUNICÍPIO DE ARARAS, SP.

<sup>(1)</sup>Sérgio Gomes Tôsto; <sup>(2)</sup>Lauro Charlet Pereira; <sup>(3)</sup>Gustavo Souza Valladares; <sup>(4)</sup>Ranulfo Paiva Sobrinho; <sup>(5)</sup>João Fernando Marques; <sup>(6)</sup>João Alfredo de Carvalho Mangabeira; <sup>(7)</sup>Daniel Andrade Caixeta.

<sup>(1)</sup>Eng. Agrº Doutor em Desenvolvimento Econômico, Espaço e Meio Ambiente – UNICAMP, Pesquisador A, Embrapa Monitoramento por Satélite, Av. Soldado Passarinho, 303 Fazenda Chapadão CEP 13070-115 Campinas, SP, Brasil. [sgtosto@gmail.com](mailto:sgtosto@gmail.com); <sup>(2)</sup> Eng. Agrº Doutor em Planejamento e Gestão Ambiental, Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340 – Km 127,5 – Caixa Postal 69 – Jaguariúna – SP- CEP 13820000. Email: [lauro@cnpm.embrapa.br](mailto:lauro@cnpm.embrapa.br). <sup>(3)</sup>(Apresentador), Professor Adjunto do Departamento de Ciências do Solo, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará. Av. Mister Hull, 2977, Campos do Pici, Fortaleza, CE, CEP 60356-000. e-mail: [valladares@ufc.br](mailto:valladares@ufc.br); <sup>(4)</sup> Ecólogo, Doutorando em Desenvolvimento Econômico, Espaço e Meio Ambiente – UNICAMP, [ranulfopsobrinho@yahoo.com.br](mailto:ranulfopsobrinho@yahoo.com.br) <sup>(5)</sup> Profº visitante da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP [jofemarques@uol.com.br](mailto:jofemarques@uol.com.br), <sup>(6)</sup> Engº Agrº, Pesquisador A da Embrapa Monitoramento por Satélite, Doutor em Desenvolvimento Econômico, Espaço e Meio Ambiente Av. Soldado Passarinho, 303 Fazenda Chapadão CEP 13070-115 Campinas, SP, Brasil email: [manga@cnpm.embrapa.br](mailto:manga@cnpm.embrapa.br) <sup>(7)</sup> Profº. da Universidade Federal de Uberlândia Doutor em Desenvolvimento, Espaço e Meio Ambiente - UNICAMP [caixetaandrade@yahoo.com.br](mailto:caixetaandrade@yahoo.com.br)

Apoio financeiro: EMBRAPA, FAPESP, PIBIC/CNPq

**RESUMO:** O conhecimento do volume e da distribuição do escoamento superficial é fundamental para auxiliar na tomada de decisão. O objetivo deste trabalho é estimar o volume de água escoado no município de Araras, por tipo de cobertura do solo e valorar este serviço ecossistêmico pelo método de reposição preconizado pela Economia Ambiental. Foi utilizado o método da curva CN adaptado por (LOMBARDI NETO et al., 1989). Os resultados mostraram um maior escoamento de água na cana-de-açúcar queimada do que na cana-de-açúcar mecanizada (cana crua). Verificou-se também um escoamento alto para as culturas anuais e pastagens. Valores menores foram verificados nas culturas de café e de citrus. O valor econômico da água escoada depende muito do preço adotado e da finalidade do uso da água.

**Palavras-chave:** perda de água, economia ambiental, sustentabilidade.

### INTRODUÇÃO

O conhecimento do volume e da distribuição do escoamento superficial é fundamental para auxiliar nas tomadas de decisões, sobretudo aquelas relacionadas ao controle da erosão rural e urbana, controle de inundações e de projetos de engenharia hidráulica, além daquelas relacionadas ao planejamento dos recursos hídricos e qualidade ambiental. O objetivo deste trabalho é estimar o

volume de água escoado no município de Araras, por tipo de cobertura do solo, e valorar este serviço ecossistêmico pelo método de reposição, preconizado pela Economia Ambiental.

### MATERIAL E MÉTODOS

O método CN foi desenvolvido, em 1954, pelo Serviço de Conservação do Solo (SCS) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América (USDA). Segundo Sartori (2004), o uso frequente do método está ligado diretamente a sua simplicidade, dependendo apenas de três variáveis: precipitação, umidade antecedente do solo e do complexo hidrológico solo-cobertura. A precipitação excedente total é determinada pela equação (USBR, 1977):

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad P > 0.2S \quad (1)$$

Sendo: Q = escoamento superficial (em mm), P = precipitação (mm), S = potencial de infiltração máximo, após o início do escoamento superficial.

Ainda segundo este autor, para que o cálculo do escoamento direto Q seja feito a partir de uma determinada precipitação P, existe a necessidade de uma estimativa média para a variável desconhecida S. Assim, visando uma aplicação mais prática da equação (1), foi elaborado pelo SCS o número da curva de escoamento superficial, o CN. Este parâmetro adimensional representa os efeitos da

combinação do grupo hidrológico do solo com o tipo de cobertura e tratamento da terra sobre o escoamento superficial. Estas curvas foram numeradas de 0 a 100 e S está relacionado ao CN por:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (2)$$

O mapa de solos do município de Araras foi obtido a partir do “Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula de Araras”, realizado por Oliveira et al., (1982). Para a classificação hidrológica dos solos, levou-se em consideração os quatro grupos hidrológicos de solos definidos por LOMBARDI NETO et al., (1989):

**Grupo A:** Inclui solos com alta taxa de infiltração, mesmo quando completamente molhados, dotados de alto grau de resistência e de tolerância à erosão;

**Grupo B:** Compreende os solos com moderada taxa de infiltração, mesmo quando completamente molhados ou com alta taxa de infiltração, mas com moderada resistência e tolerância à erosão;

**Grupo C:** Enquadram-se neste grupo os solos com baixa taxa de infiltração, mesmo quando completamente molhados, com baixa resistência e tolerância à erosão.

**Grupo D:** Possui solos com taxa de infiltração muito baixa, mesmo quando completamente molhados, e muito baixa resistência e tolerância à erosão. O mapeamento do uso e a cobertura das terras foi feito através da interpretação analógica da imagem orbital do satélite CBERS 2, em resolução espacial de 20 metros. Foram mapeadas as classes de uso e a cobertura das terras identificáveis no município de Araras. Os dados vetoriais foram editados em sistema de informações geográficas, conforme a legenda pré-definida. Os elementos de reconhecimento como tonalidade, cor, textura, tamanho, sombra, altura, padrão e localização foram fundamentais na interpretação, que em seguida permitiu a digitalização das classes de uso (SOARES e ZONTA, 1999).

Na Tabela 1 encontram-se os diferentes tipos de solos, com seus respectivos usos e sua extensão, em termos de área. Após a elaboração dos mapas de solos, mapa de uso e cobertura das terras e considerando-se o uso, o tipo de cobertura, o tipo de manejo do solo e a classificação hidrológica dos solos, determinou-se as CN (que estão em negrito) na Tabela 2.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da determinação da curva CN (fórmula 2), utilizou-se a equação 1, onde obteve-se as estimativas dos seguintes valores de escoamento superficial de água no município de Araras: cana-de-açúcar crua 166mm; cana-de-açúcar queimada 283 mm; citricultura 10 mm; cafeicultura 6 mm; cultura anual (soja e milho) 215 mm; pastagem 263 mm; (vii) Floresta secundária 111mm. Estes resultados foram transformados em metros cúbicos (Tabela 3). Os preços utilizados para o cálculo do valor econômico de água perdida foram tomados com base no valor de R\$ 0,0003/m<sup>3</sup> de água, estabelecido pelo comitê de bacias hidrográficas do rio Piracicaba, Corumbataí e Jundiá, sendo esta uma bacia estadual. O preço de R\$0,0005/m<sup>3</sup> é praticado pelo comitê de bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, sendo esta uma bacia federal. Finalmente, foi considerado também o preço de R\$1,52 por metro cúbico de água, parâmetro este que considera a água para ser utilizada na irrigação (TÔSTO, 2010). Os resultados monetários mostram uma grande variação do valor econômico do serviço ecossistêmico, dependendo do preço praticado.

## CONCLUSÕES

O escoamento superficial de água no solo, com cultura da cana-de-açúcar crua (mecanizada) foi cerca de 60% inferior, comparado ao valor encontrado para a cana-de-açúcar queimada, devido principalmente a manutenção da palhada sobre o solo, que favorece a maior infiltração de água, conseqüentemente menor escoamento superficial.

O valor relativamente alto encontrado nas pastagens deve-se ao fato das mesmas estarem em estado elevado de degradação, proporcionando uma precária cobertura do solo, o que favorece os processos erosivos e conseqüentemente maior escoamento superficial de água.

Também foi encontrado valor relativamente alto para a cultura anual (soja e milho), devido a utilização do sistema convencional de plantio (aração e várias gradagens);

Os valores muito baixos verificados nas culturas de citrus e café foram devido ao sistema de manejo adotado (utilização de terraços, plantio de gramíneas nas entrelinhas e posterior corte, deixando a fitomassa sobre o solo).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SARTORI, A. **Avaliação da classificação hidrológica do solo para a determinação do excesso de chuva do método do serviço de conservação do solo dos Estados Unidos.** Dissertação (Mestrado)–FEC/UNICAMP, 2004.

SOARES, A. F.; ZONTA, M. **Produtos iconográficos e cartográficos gerados pela Embrapa Monitoramento por Satélite.** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, nov. 1999.

LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; GALETI, P. A.; BERTOLINI, D.; LEPSCH, I. F.; OLIVEIRA, J. B. Nova abordagem para cálculo de espaçamento entre terraços. In: **Simpósio sobre terraceamento agrícola**, Campinas, 1989. Fundação Cargill. p. 99-124.

TÔSTO, S.G. **Sustentabilidade e valoração de serviços ecossistêmicos no espaço rural do município de Araras,SP.** Tese de Doutorado. I.E. UNICAMP,2010.

**Tabela 1-** Tipos de solos, uso e área, no município de Araras-SP.

SOLO*	USO	ÁREA (ha)
G	Cana-de-açúcar crua	542,51
G	Cana-de-açúcar queimada	58,61
G	Citricultura	145,29
G	Cultura anual - Soja+milho	43,71
G	Floresta secundária	32,96
LVd	Cafeicultura	8,13
LVd	Cana-de-açúcar crua	7988,10
LVd	Cana-de-açúcar queimada	2032,75
LVd	Citricultura	3167,47
LVd	Cultura anual - soja+milho	302,98
LVd	Floresta secundária	1039,98
LVd	Pastagem	304,55
LVdf, ef	Cafeicultura	277,86
LVdf, ef	Cana-de-açúcar crua	7197,53
LVdf, ef	Cana-de-açúcar queimada	2957,61
LVdf, ef	Citricultura	1404,75
LVdf, ef	Cultura anual - soja+milho	487,27
LVdf, ef	Floresta secundária	597,04
LVdf, ef	Pastagem	127,48
LVA	Cafeicultura	42,56
LVA	Cana-de-açúcar crua	8476,45
LVA	Cana-de-açúcar queimada	1880,71
LVA	Citricultura	6417,09
LVA	Cultura anual - soja+milho	460,02
LVA	Floresta secundária	349,11
LVA	Pastagem	534,15
RL	Cana-de-açúcar crua	57,45
RL	Cana-de-açúcar queimada	352,06
RL	Citricultura	2,75
RL	Floresta secundária	540,11
RL	Pastagem	82,00
PVA	Cana-de-açúcar crua	1065,44
PVA	Cana-de-açúcar queimada	1659,28
PVA	Citricultura	832,31
PVA	Cultura anual - Soja+milho	392,90
PVA	Floresta secundária	403,64
PVA	Pastagem	288,04
NV	Cana-de-açúcar crua	168,57
NV	Cana-de-açúcar queimada	164,69
NV	Citricultura	1,76
NV	Cultura anual - Soja+milho	1,23
NV	Floresta secundária	50,29

\* **G** = Gleissolos; **LVd** = Latossos Vermelhos (distróficos); **LVdf, ef** = Latossolos Vermelhos (distroféricos e eutroféricos); **LVA** = Latossolos Vermelho-Amarelos; **RL** = Neossolos Litólicos; **PVA** = Argissolos Vermelho-Amarelos; **NV** = Nitossolos Vermelhos.

**Fonte:** dados gerados pela pesquisa.

**Tabela 2** - Determinação da CN para cada tipo de uso e cobertura

USO DO SOLO	TIPO DE COBERTURA	TIPO DE MANEJO DO SOLO	CONDIÇÃO HIDROLÓGICA	CLASSIFICAÇÃO HIDROLÓGICA DOS SOLOS			
				A	B	C	D
Cana -de-açúcar crua	Plantio em linha	Contorno e terraceamento com incorporação da palhada no solo	Boa	<b>61</b>	70	77	80
Citricultura	Plantio em linha	Contorno e terraceamento	Boa	<b>32</b>	58	72	79
Cana-de-açúcar queimada	Plantio em linha	Contorno e terraceamento com queima da parte aérea	Má	66	<b>74</b>	80	82
Floresta secundária	Área antropizada	Sem manejo	Média	43	<b>65</b>	76	82
Cultura Anual – Soja + Milho	Plantio em linha	Curva de nível com resíduos de colheita	Má	60	71	<b>78</b>	81
Pastagem	Plantio à lanço	Terraceamento	Má	68	79	<b>86</b>	89
Cafeicultura	Plantio em linha	Curva de nível e terraceamento	Média	<b>32</b>	58	72	79

**Fonte:** Prakash et al., 1996.

**Tabela 3** - Precificação da água escoada no município de Araras

USO	M <sup>3</sup> .ANO <sup>-1</sup>	PREÇO R\$ 0,0003	PREÇO R\$ 0,0005	PREÇO R\$ 1,52
Cana crua	42.348.096	12.704,00	21.174,00	64.369.105,00
Cana queimada	25.713.895	7.714,00	12.857,00	39.085.120,00
Citricultura	1.141.773	343,00	571,00	1.735.494,00
Cafeicultura	20.121	6,00	10,00	30.583,00
Cultura anual (soja + milho)	3.633.536	1.090,00	1.817,00	5.522.974,00
Pastagem	3.507.016	1.052,00	1.754,00	5.330.664,00
Floresta secundária	3.333.280	1.000,00	1.667,00	5.066.585,00
<b>TOTAL</b>	<b>79.697.717</b>	<b>23.909,00</b>	<b>39.850,00</b>	<b>121.140.525,00</b>

**Fonte:** dados gerados pela pesquisa.