

Desenvolvimento de Software para distribuição de efluente na agricultura

Rafael Ludwig¹, Eduardo Luiz de Oliveira², Fernanda Ludwig³, Fernando Ferrari Putti⁴

¹ Eng^o Agrícola, Doutorando em Agronomia - irrigação e drenagem, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Botucatu – SP;

² Eng^o Civil, Prof. Dr., Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Bauru - SP.

³ Eng^a Agrônoma, Prof.^a Dr.^a, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, UERGS.

⁴ Bacharel em Administração de Empresas e Agronegócios, Mestrando em Agronomia - Irrigação e Drenagem Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Botucatu – SP;

rafaludwig@yahoo.com.br, eduluoli@gmail.com, ludwig.fernanda@yahoo.com.br,
fernando_putti@yahoo.com.br.

Resumo: Para as plantas expressarem seu máximo potencial produtivo é necessário que o suprimento de nutrientes e água esteja em níveis adequados. A obtenção de proporções ótimas de água pode ser alcançada pela irrigação, já os nutrientes podem ser proporcionados através das técnicas de adubação. No intuito de suprir essas demandas surge a possibilidade de reutilização de efluentes na agricultura. Essa tecnologia é uma alternativa para auxiliar o suprimento hídrico e nutricional das culturas, além de ser uma forma inteligente de destino da água residuária. Nesse sentido, desenvolveu-se um software na linguagem PASCAL, através do qual é possível, determinar a irrigação total necessária para até quatro culturas utilizando dados de disponibilidade de efluente e a sua concentração de nutrientes, além das informações climáticas, da área e de irrigação. Com os dados disponíveis para as culturas selecionados, o software irá distribuir proporcionalmente de acordo com a necessidade de irrigação o efluente, e se este não atender a demanda indicará o volume adicional que deverá ser fornecido, e também disponibilizará a quantidade de nutrientes que serão adicionados por hectare. Por fim, pode-se gerar um relatório de cálculo com todos os dados de entrada e saída, para posterior utilização.

Palavras-chave: Controle ambiental; irrigação, águas residuárias.

Software development for distribution of effluent in agriculture

Abstract: For plants expressing their most productive potential is necessary that the supply of minerals and water are at adequate levels. The attainment of optimal proportions of water can be achieved by irrigation, since the nutrients may be offered through the techniques of fertilization. In order to supply these demands there is the possibility of reuse of wastewater in agriculture. This technology is an alternative for to support water supply and nutrition of crops, and is a smart way to this destination. In this direction, it has developed a software in the language PASCAL, through which it is possible to determine the total irrigation required for up to four crops using data from the availability of effluent and their concentration of minerals, climate information, area and irrigation. With the data available for selected crops, the software will distribute pro rata according to the need for effluent irrigation, and if it does not meet the demand indicates that the additional volume should be provided, and also provide the amount of nutrients that are added per hectare. Finally, one can generate a report calculation of all data input and output for later use.

Key words: Environmental control; Irrigation; Wastewater.

Introdução

Para que as plantas expressem seu máximo potencial produtivo é imprescindível que a água e os nutrientes no solo estejam em níveis adequados. O nível ótimo de água pode ser atingido por meio de irrigações, em condições que as precipitações não atendam as necessidades das culturas (Vieira, 1989). Segundo Leenaers e Schalke (2007) 70% da superfície terrestre é coberta por água. No entanto, conforme Shiklomanov (1998) deste total, apenas 2,5% é água doce e somente 0,26% está acessível para o uso, concentrada em lagos, represas e rios.

A demanda hídrica para a irrigação no Brasil é de $15,96 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$, aproximadamente duas vezes maior que a industrial que é de $7,8 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$, sendo o Rio Grande do Sul o estado com maior necessidade ($6,32 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$), seguido por São Paulo ($1,81 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$) (Tundisi, 2005). A maior demanda de recursos hídricos pela região sul foi associada por Silvestre (2003) à grande área de irrigação, representando 41,6% do total da área irrigada no país.

Desse modo, surge a necessidade de buscar alternativas para enfrentar o problema do elevado consumo de água na agricultura. Dentre estas, destaca-se a utilização das águas residuárias, que para Florencio *et al.* (2006), oferece oportunidades de natureza econômica, ambiental e social, podendo constituir-se em uma necessidade nas situações de escassez. No entanto, a utilização da água residuárias deve atender a regulamentação do país, a qual está em pleno curso no Brasil através da resolução do CONAMA número 357 de 2005 (Brasil, 2005a), que estabelece os padrões para o lançamento de efluentes. Segundo a resolução número 54 de 2005 (Brasil, 2005b) o reuso é considerado parte integrante da política nacional de gestão de recursos hídricos.

Além de suprir a demanda hídrica, a reutilização da água residuárias na agricultura fornece aporte de nutrientes, sendo ainda, uma forma inteligente de destino dos efluentes.

Buscando auxiliar a implantação desta técnica na agricultura, desenvolveu-se um software na linguagem PASCAL, a fim de determinar a irrigação total necessária, o volume de efluente utilizado e a quantidade de nutrientes adicionados ao solo. O programa permite considerar até quatro culturas ao mesmo tempo, utilizando dados de disponibilidade de efluente e a sua concentração de nutrientes, além das informações climáticas, da área e de irrigação.

Esse trabalho foi conduzido com o objetivo de demonstrar a forma elaboração do software, suas características, utilização e potencialidades como forma de auxiliar no uso de águas residuárias na agricultura.

Material e Métodos

O software foi desenvolvido com base na determinação da necessidade real de irrigação, ocasionadas por diferenças das características do solo, clima e cultura e pela eficiência do sistema. Para a sua elaboração adotou-se a linguagem PASCAL, por esta ser uma das mais difundidas, de fácil utilização e capaz de proporcionar ao usuário uma infinidade de aplicações.

O software foi programado seguindo as rotinas de cálculo apresentadas a seguir:

Para saber a necessidade de irrigação da cultura calcula-se a irrigação real necessária pela equação (1).

$$IRN \leq \frac{(Cc - Pm) \cdot d \cdot Z \cdot f}{10} - Pe \quad (1)$$

Em que,

IRN= irrigação real necessária (mm);

Cc= capacidade de campo (% em peso);

Pm= ponto de murcha (% em peso);

d= densidade do solo (g cm^{-3});

Z= profundidade efetiva do sistema radicular (cm);

f= fator de disponibilidade de água no solo (adimensional);

Pe= precipitação efetiva esperada (mm).

Cabe lembrar que a precipitação efetiva considera apenas o que ficou disponível no solo para a cultura, descontado o escoamento superficial e a infiltração abaixo da zona das raízes. Sampaio *et al.* (2000) sugere que a precipitação efetiva pode ser obtida pelo método da percentagem fixa, que indica que quanto mais úmido o ano, menor a porcentagem da chuva que fica retida no solo disponível às plantas. Assim, em um ano “úmido” 80% da precipitação bruta será perdida; Para um ano “normal” 50%; Em um ano “seco” 20%.

Dependendo a eficiência do sistema de irrigação pode haver necessidade adicional de água, para saber este valor calcula-se a irrigação total necessária conforme a equação (2).

$$ITN = \frac{IRN}{Ei} \quad (2)$$

Em que:

ITN= irrigação total necessária (mm);

E_i = eficiência de irrigação (decimal).

Com a obtenção da irrigação total necessária para cada cultura torna-se possível calcular a vazão mensal para atender a demanda da cultura. Desta forma, caso a disponibilidade de efluente não for suficiente para atender a demanda de irrigação das culturas, este será distribuído de acordo com as suas necessidades, de forma proporcional, assim a cultura que tiver maior necessidade de irrigação receberá maior quantidade de efluente. Também, programou-se no software, o cálculo mensal da adição dos macronutrientes, fornecendo por fim o total adicionado em kg ha^{-1} .

De acordo com o clima da região, e cultura, pode existir a necessidade de maior frequência nas irrigações, para isso determina-se o turno de rega segundo a equação (3).

$$TR = \frac{ITN}{ET_o \cdot Kc} \quad (3)$$

Em que:

TR: turno de irrigação (dias);

ET_o = evapotranspiração de referência (mm dia^{-1});

Kc = coeficiente da cultura.

Quando a alteração do estágio ocorrer no meio do mês, o software permite obter o valor correspondente ao mês para estes períodos. Isto ocorre, pois os dados são fornecidos e calculados mensalmente e não por estádios fenológicos.

Resultados e Discussão

O programa mostrou-se de fácil manipulação, com interface intuitiva. A tela inicial do software é apresentada na Figura 1.

A utilização do software começa com a indicação do número de culturas a irrigar (1), podendo ser no máximo quatro, os dados do efluente: vazão (2) e concentração de nutrientes (3); dados climáticos (4): evapotranspiração de referência (ET_o) e precipitação efetiva (Pe). No campo 5 têm-se as janelas para as culturas. Ao selecionar o campo 6 o software criará um relatório com todos os dados (Figura 2Figura 1).

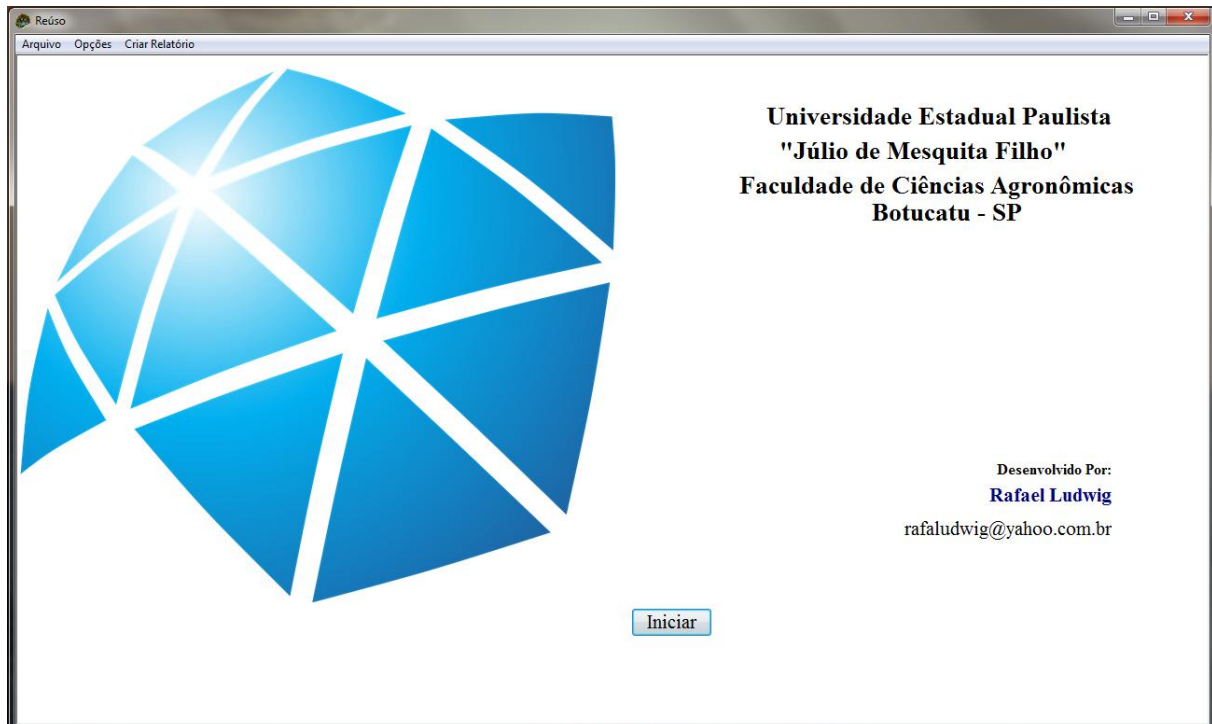


Figura 1 – Tela inicial do software.

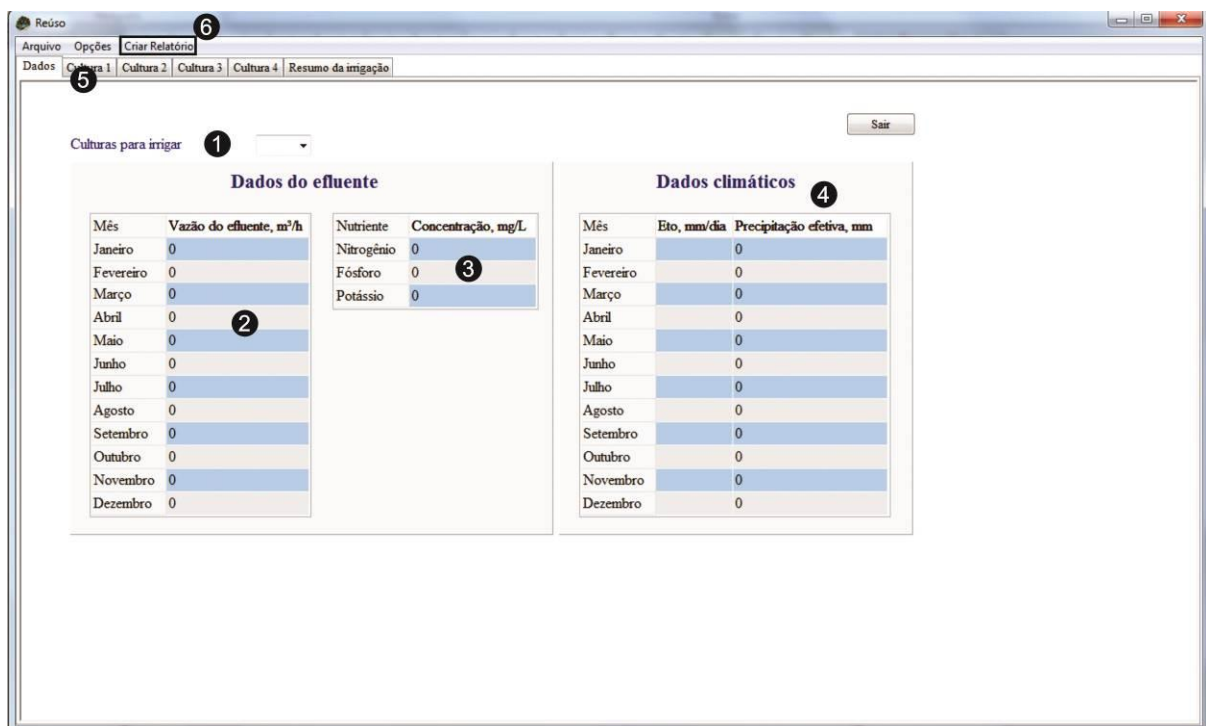


Figura 2 – Tela de entrada dos dados referentes ao efluente e ao clima.

O próximo passo é indicar, para as culturas, o nome da cultura (1), os dados referentes à área (2): área cultivada, densidade do solo, capacidade de campo, ponto de murcha. Dados de irrigação (2): eficiência de irrigação, fator de disponibilidade, razão de lixiviação. Da cultura:

profundidade efetiva das raízes (2) e coeficiente de cultivo (4) e os dias de cultivo no mês (4), conforme a Figura 3. Ainda é possível obter o fator de disponibilidade (3) e o Kc equivalente (5).

The screenshot shows the 'Reúso' software interface. At the top, there are menu options: 'Arquivo', 'Opções', and 'Criar Relatório'. Below that, there are tabs for 'Dados', 'Cultura 1', 'Cultura 2', 'Cultura 3', 'Cultura 4', and 'Resumo da irrigação'. The main window is titled 'Dados da área e de irrigação'. It contains a table for input data with columns for 'Valor' and 'Cultura:'. The table lists various parameters like 'Área cultivada, ha', 'Eficiência da irrigação, %', etc. Below this is a 'Ver' button. A 'Cultura:' dropdown menu is labeled with a circled '1'. A 'Sair' button is also present. Below the input section is a table for irrigation volume and nutrients. The table has columns for 'Mês', 'Kc', 'Dias', 'ITN, mm', 'Total', 'Efluente', 'Potável', '% do efluente', 'Turno de rega, dias', and 'Adicionado, kg/ha' (with sub-columns for N, P, K). The 'Kc' column for January is labeled with a circled '4'. At the bottom, there is a 'Kc equivalente' field labeled with a circled '5' and a 'Total' row showing values for N, P, and K.

Mês	Kc	Dias	Volume de irrigação, m ³			Adicionado, kg/ha					
			ITN, mm	Total	Efluente	Potável	% do efluente	Turno de rega, dias	N	P	K
Janeiro	4		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fevereiro			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Março			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Abril			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mai			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Junho			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Julho			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Agosto			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Setembro			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Outubro			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembro			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dezembro			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total									0,00	0,00	0,00

Figura 3. Tabela referente às culturas. Entrada de dados da área, de irrigação, da cultura e dias de cultivo no mês. Dados de saída: volume de irrigação (efluente e potável), porcentagem do efluente utilizado, turno de irrigação e nutrientes adicionados.

The dialog box is titled 'Fator de disponibilidade de água no solo (f):'. It contains a section 'Grupo de culturas de acordo com a resistência ao déficit de água no solo' with four radio button options: 'Cebola, Pimenta e Batata', 'Banana, Repolho, Uva, Ervilha e Tomate' (labeled with a circled '1'), 'Alfafa, Feijão, Citricas, Amendoim, Abacaxi, Girassol, Melancia e Trigo', and 'Algodão, Milho, Azeitona, Açafrão, Sorgo, Soja, Beterraba, Cana e Fumo'. Below this is a field for 'Evapotranspiração de referência (mm/dia):' with a 'Selecione' button (labeled with a circled '2'). At the bottom, there is a field for 'Fator de disponibilidade de água no solo (f):' and a 'Concluir' button (labeled with a circled '3').

Figura 4 – fator de disponibilidade de água no solo

Ao selecionar o item 5 da Figura 3 é possível calcular o kc equivalente para o mês. Para isso deve-se indicar conforme a Figura 5 a cultura (1); o mês (2); kc para o período 1 e 2 (3); e dias período 1 e 2 (4); no item 5 estará disponível o resultado. Ao clicar em concluir o resultado aparecerá automaticamente na cultura e no mês indicado.

Figura 5 – cálculo do coeficiente de cultura equivalente.

Conforme os dados são adicionados, o programa indicará o volume de efluente e se necessário o volume adicional de água potável para atender a demanda hídrica.

Buscando facilitar a compreensão dos dados criou-se um resumo de dados (6) onde é possível visualizar o volume mensal de irrigação para cada cultura, bem como o volume de efluente e a sua porcentagem do total.

Mês	Efluente, m³		Volume mensal de irrigação, m³					
	Disponível	Utilizada	Soja			Trigo		
			Volume efluente	% do efluente	Volume potável	Volume efluente	% do efluente	Volume potável
Janeiro	33480	33480	33480,00	100,00	156240,00	0,00	0,00	0,00
Fevereiro	30240	30240	30240,00	100,00	129920,00	0,00	0,00	0,00
Março	34968	34968	34968,00	100,00	53232,00	0,00	0,00	0,00
Abril	33840	33840	0,00	0,00	0,00	33840,00	100,00	9360,00
Maiο	35712	35712	0,00	0,00	0,00	35712,00	100,00	113088,00
Junho	36000	36000	0,00	0,00	0,00	36000,00	100,00	119100,00
Julho	37200	37200	0,00	0,00	0,00	37200,00	100,00	102300,00
Agosto	38688	38688	0,00	0,00	0,00	38688,00	100,00	15312,00
Setembro	35280	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Outubro	34968	32900	32900,00	94,09	0,00	0,00	0,00	0,00
Novembro	34560	34560	34560,00	100,00	123840,00	0,00	0,00	0,00
Dezembro	36456	36456	36456,00	100,00	145824,00	0,00	0,00	0,00

Figura 6- Planilha do relatório, com dados do volume mensal de irrigação para cada cultura, volume de efluente e a sua porcentagem do total.

Os cálculos são realizados mês a mês. Com os dados disponíveis para as culturas selecionados, o software irá distribuir o efluente proporcionalmente de acordo com a necessidade de irrigação, e se este não atender a demanda indicará o volume adicional de água que deverá ser fornecido, e também disponibilizará a quantidade de nutrientes que serão adicionados por hectare.

Ainda é possível gerar e imprimir um gráfico (7), no qual poderá ser observado, mensalmente, o volume disponível e o utilizado por cultura. Por fim, pode-se gerar um relatório de cálculo com todos os dados de entrada e saída, para posterior utilização.

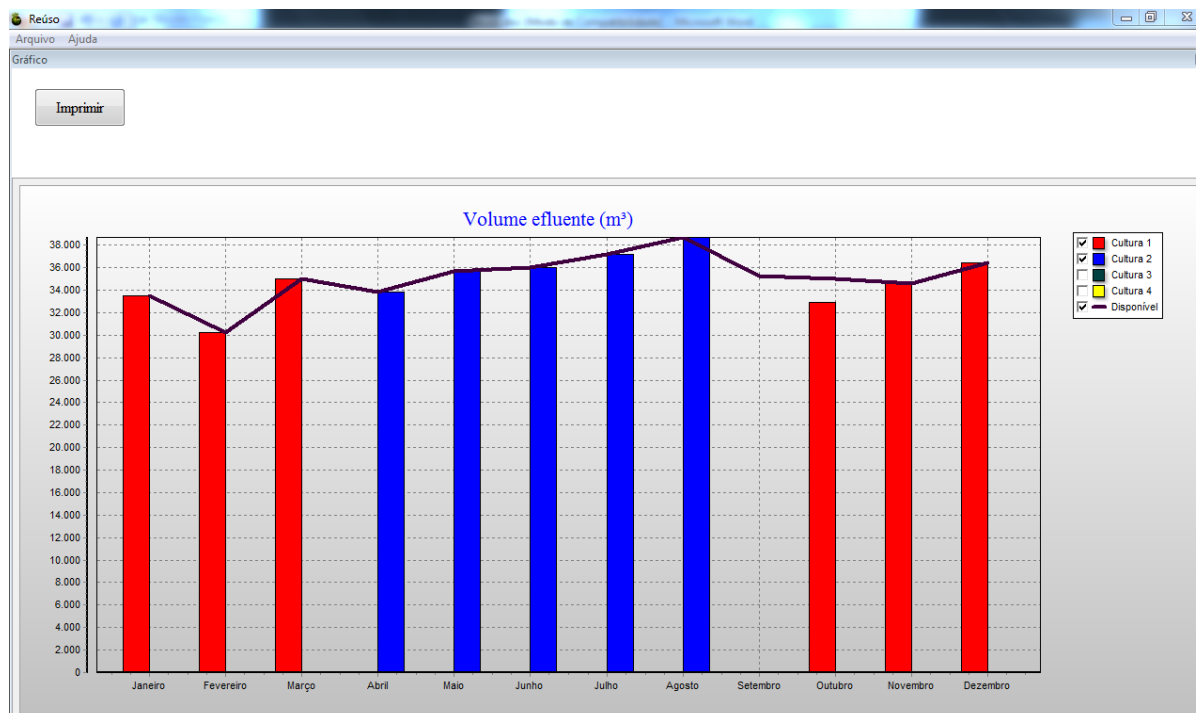


Figura 7- Gráfico gerado pelo software, no qual pode ser observado, mensalmente, o volume de efluente disponível e o utilizada por cultura.

Conclusões

O software desenvolvido é uma opção de utilização para quem deseja implantar um sistema de reúso de água, aliando a irrigação e a incorporação de nutrientes ao solo, servindo como um complemento à adubação convencional. A principal característica do programa é ser de fácil aplicação, interpretação e manuseio, permitindo uma rápida obtenção de resultados confiáveis.

Além disso, proporciona uma alternativa de destino aos efluentes, que deixam de ser lançados em rios, e são utilizados para fins agrícolas. Esta opção, além de diminuir os impactos ambientais, proporciona uma alternativa de renda, pelo reaproveitamento da água e pela diminuição de adubação química.

Referências

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução N°54, de 28 de novembro de 2005**. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável da água. Brasília, DF, 2005a.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução N°357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF, 2005b.

FLORENCIO, L. et al. Utilização de Esgotos Sanitários: Marcos Conceituais e Regulatórios. In: FLORENCIO, L. et al. **Tratamento e Utilização de esgotos Sanitários**. Rio de Janeiro: Abes, 2006. p. 1-16.

LEENAERS, H.; SCHALKE, H. **O Planeta Terra nas nossas mãos: Ciências da Terra para a Sociedade**. Planet earth Earth Sciences for Society. 2007. Disponível em: <http://www.yearofplanetearth.org/content/downloads/portugal/brochura1_web.pdf>.

SAMPAIO, Silvio César et al. ESTUDO DA PRECIPITAÇÃO EFETIVA PARA O MUNICÍPIO DE LAVRAS, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p.210-213, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662000000200013&script=sci_arttext>. Acesso em: 11 out. 2012.

SHIKLOMANOV, I. A. **A new Appraisal and Assessment for the 21st Century. A summary of the monograph (World Water Resources). Published in 1998 by the United Nations**.

SILVESTRE, M. E. D. **Água doce no Brasil: razões de uma nova política**. 2003. 134f. **Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente)** - Universidade Federal do Ceará. Disponível em: <<http://www.prodema.ufc.br/dissertacoes/077.pdf>>.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. 2ªEd. São Carlos, Rima, 2005, 248p.

VIEIRA, D. B. **As Técnicas de Irrigação**. São Paulo: Globo, 1989. 263 p.