

## DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DE QUATRO ESPÉCIES DE GRAMA IRRIGADAS COM EFLUENTE DOMÉSTICO.

**Aline Regina Piedade<sup>1</sup>; Raimundo Leite Cruz<sup>2</sup>; Sérgio Campos<sup>2</sup>; Roberto Lyra Villas Boas<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Cidade Universitária “Zeferino Vaz”, Campinas, SP, [aline.piedade@agr.unicamp.br](mailto:aline.piedade@agr.unicamp.br)

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP

<sup>3</sup>Departamento de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP

### 1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi comparar o desenvolvimento vegetativo de quatro espécies de grama irrigadas por gotejamento com efluente de Estação de Tratamento de Esgoto Doméstico e água de abastecimento (Sabesp). O experimento foi conduzido em casa de vegetação da área experimental da FCA/UNESP (Botucatu-SP) durante 12 meses, em um delineamento inteiramente casualizado num fatorial 4 x 3, seguidos de quatro repetições totalizando 48 parcelas. As espécies de grama utilizadas foram: Santo Agostinho (*Stenotaphrum secundatum* (Walt.) Kuntze); Bermudas (*Cynodum dactylon*); Esmeralda (*Zoysia japonica*) e São Carlos (*Axonopus sp.*). E os tratamentos foram: T1- Irrigação com reuso; T2- Irrigação com reuso + adubação química e T3- Irrigação com água de abastecimento da Sabesp + adubação química (Testemunha). Os dados foram submetidos à comparação de médias por Tukey com 5 % de probabilidade. Verificou-se que o nitrogênio presente na água de reuso foi suficiente para o bom desenvolvimento das espécies de grama, porém a sua utilização proporcionou uma maior lixiviação de potássio.

**UNITERMOS:** reuso de água, irrigação, gramados, água residuária, esgoto.

### PIEDADE, A. R.; CRUZ, R. L.; CAMPOS, S.; BOAS, R. L. V. VEGETATIVE DEVELOPMENT OF FOUR GRASS SPECIES IRRIGATED WITH EFFLUENT OF DOMESTIC

### 2 ABSTRACT

This research aimed to compare the development of four grasses species irrigated by dripping with an effluent from a domestic wastewater station treatment in a small rural community, and supply water from Sabesp. For this purpose, an experiment was conducted in a greenhouse at the FCA/UNESP (Botucatu - SP) for 12 months in a completely randomized 4 x 3 factorial design, with four replications, totalizing 48 parcels. Grass species used in this experiment were: Santo Agostinho (*Stenotaphrum secundatum* (Walt.) Kuntze); Bermudas (*Cynodum dactylon*); Esmeralda (*Zoysia japonica*) and São Carlos (*Axonopus sp.*). The treatments were: T1- Irrigation with re-use; T2- Irrigation with re-use + chemical fertilization and T3- Irrigation with supply water from Sabesp + chemical fertilization (control). Data were submitted to comparison of means by Tukey's test at 5 %. The results

showed that nitrogen in the wastewater was enough for the good development of the grass species. However, its use caused higher potassium loss.

**KEYWORDS:** re-use water, effluent, irrigation, grass, sludge.

### 3 INTRODUÇÃO

O crescimento desordenado associado ao processo de degradação da qualidade da água vem ocasionando sérios problemas de escassez tanto quantitativa quanto qualitativa e, conflitos de uso até mesmo nas regiões naturais com excedente hídrico vêm se tornando cada vez mais freqüente.

Em resposta á essa degradação, diferentes sistemas de tratamento de efluentes de origem urbana, industrial ou agrícola estão sendo desenvolvidos atualmente.

A principal função das Estações de Tratamento de Esgoto é contribuir com Ciclo Hidrológico na sua etapa final, fazendo com que a água retorne ao ambiente sem oferecer riscos. Após a saída das estações de tratamento, a água pode não ter, ainda, qualidades para consumo, mas pode ter utilidade em tarefas que não necessitam de água com qualidade superior, por exemplo, a prática da irrigação, em áreas agrícolas.

Diante disso, surgiu o interesse em realizar estudos nessa linha objetivando desenvolver novas tecnologias para o tratamento e o reuso de águas oriundas de atividades domésticas, levando em consideração a viabilidade econômica e operacional do sistema desenvolvido.

Portanto, o objetivo desse trabalho foi estudar o efeito da aplicação de efluente doméstico, gerado numa Estação de Tratamento de Esgoto Doméstico, para irrigação em espécies de grama.

### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em área da Fazenda Experimental do Lageado, Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP, município de Botucatu, SP, Brasil. O efluente utilizado na irrigação foi proveniente da Estação Experimental de Tratamento de Efluente Doméstico do Lageado.

As espécies de grama utilizadas foram: Santo Agostinho (*Stenotaphrum secundatum*), Bermudas (*Cynodum dactylon x Cynodum transversalis*), Esmeralda (*Zoysia japônica* Steud.) e São Carlos (*Axonopus compressus* Chase.). Foram utilizados *plugs* de gramas como meio de propagação. Os *plugs* de grama foram transplantados no dia 14 de maio de 2003, e o espaçamento utilizado foi de 0,33 por 0,33 m.

O experimento foi instalado em casa de vegetação, com área de 144 m<sup>2</sup> (dimensão 24,0 x 6,0 m), em 8 canteiros de alvenaria que foram subdivididos em 6 partes iguais, perfazendo um total de 48 parcelas. Cada parcela possuía uma área de 0,676 m<sup>2</sup> (dimensão 1,30 x 0,52 m) e profundidade de 0,55 m. O solo do experimento, segundo classificação EMBRAPA (1999) é um Latossolo Vermelho Distrófico – LE<sub>d</sub>.

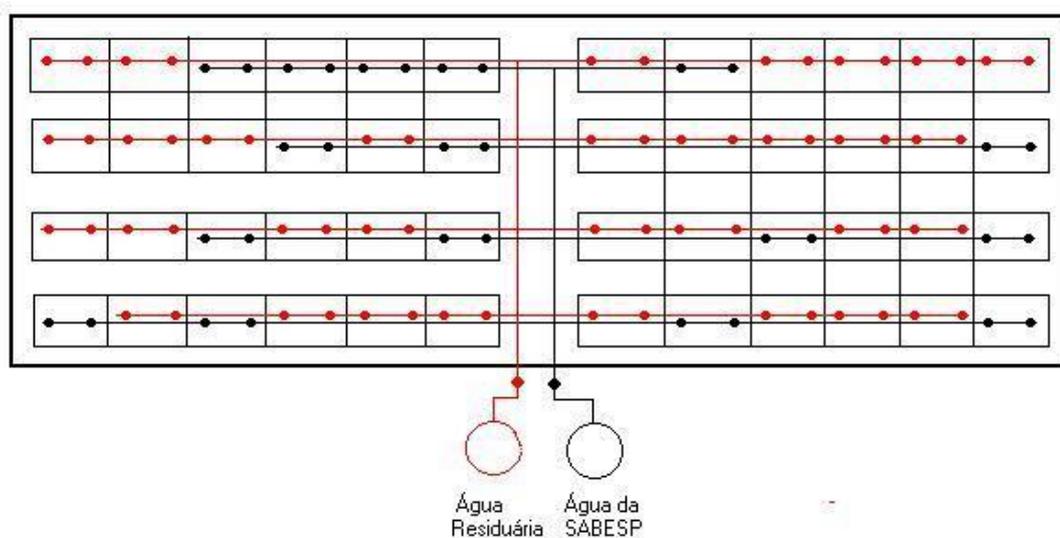
Para avaliar os impactos causados no solo pela prática da irrigação com reuso de água, foi enviada para o Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Recursos Naturais, Área Ciência do Solo, da FCA/UNESP, amostras de solo para análise química do solo na profundidade de 0-0,10 m, com objetivo de verificar a fertilidade antes de se iniciar o

desenvolvimento do experimento e também para se fazer à recomendação de adubação e calagem.

A prática da calagem é recomendada para elevação da saturação de bases (V) a 65 %, porém através dessa análise verificou-se uma V % de 81,5, portanto não havendo a necessidade de correção do solo. Também foi verificado que para o cultivo de grama, necessitava-se apenas de adubação por cobertura de nitrogênio e potássio, na forma de uréia e cloreto de potássio respectivamente.

A quantidade da adubação nitrogenada por cobertura varia de espécie para espécie, sendo a grama Santo Agostinho a mais exigente (40-50 g de N m<sup>-2</sup>), seguindo da grama Bermudas (50 g de N m<sup>-2</sup>), a grama Esmeralda (40 g de N m<sup>-2</sup>) e a grama São Carlos (20 g de N m<sup>-2</sup>). A quantidade aplicada de K, na forma de cloreto de potássio foi de 100 g m<sup>-2</sup>, independente da espécie de grama a ser cultivada. Também, recomendou-se fazer adubação (N e K) em 3 épocas distintas, aplicando-se: P1- 30 dias após o transplântio (d.a.t.), P2 - 90 d.a.t. e P3 - 120 d.a.t.

O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento com linhas laterais superficiais, com gotejadores de vazão de 3,75 L H<sup>-1</sup>, espaçados a cada 0,5 m de maneira que cada parcela fosse irrigada por 2 gotejadores. Para que fossem possíveis as irrigações das parcelas com reuso de água e água de abastecimento da Sabesp de maneira casualizada foram utilizadas duas linhas de distribuição foram montadas e dois reservatórios (Figura 1).



**Figura 1.** Esquema do sistema de irrigação do experimento, sem escalas e sem dimensões.

Para o manejo da irrigação foi utilizado Tanque Classe A para determinação da evapotranspiração de referência (E<sub>t0</sub>) no interior da casa de vegetação, conforme a metodologia de Doorenbos & Kassan (1994). Adotou-se, também, o coeficiente K<sub>p</sub> de 0,8 sugerido por Doorenbos & Kassan (1994).

Para a avaliação do sistema de irrigação calculou-se o coeficiente de uniformidade de irrigação pela metodologia descrita por Pizarro (1996). Os valores encontrados para água de reuso e água de abastecimento da Sabesp foram 92 % e 96 %, respectivamente, portanto com boa uniformidade de aplicação de água.

Foi utilizado no experimento o Delineamento inteiramente casualizado, num fatorial 4 x 3, sendo 4 espécies de grama e 3 tipos de águas de irrigação, seguidos de 4 repetições

totalizando 48 parcelas. As espécies de grama cultivadas foram: E1- Santo Agostinho; E2- Bermudas; E3- Esmeralda e E4- São Carlos. E os tratamentos foram: T1- Irrigação com reuso; T2- Irrigação com reuso + adubação química e T3- Irrigação com água de abastecimento da Sabesp + adubação química (Testemunha). Os dados referentes às variáveis observadas foram analisados estatisticamente por meio do *software* SISVAR e submetidos à comparação de médias por Tukey com 5 % de probabilidade.

As amostras de água foram analisadas no Laboratório de Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Rural (LRH/DER) da FCA/UNESP para avaliação dos parâmetros físico-químico da água: demanda química de oxigênio (DQO), oxigênio disponível (OD), condutividade elétrica (CE), potencial hidrogeniônico (pH), sólidos totais (ST), coliformes (CT) e (CF). Além dessas análises, as amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do DRN/CS, onde foram analisadas para a determinação de N, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Avaliação no desenvolvimento das espécies de grama

#### 5.1.1. Análise foliar

As amostras analisadas para a determinação dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) permitiram inferir que a espécie Bermudas apresentou médias de teor de nitrogênio significativamente superior às demais, independentemente do tipo de tratamento de irrigação aplicado entre as espécies. Esse comportamento provavelmente seja resultado de características da espécie em função da manutenção do maior acúmulo de nitrogênio nos três tratamentos de irrigação utilizados.

**Tabela 1.** Teor de nitrogênio nas folhas, em g kg<sup>-1</sup> das espécies de grama.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	-----g kg <sup>-1</sup> -----			
Reuse	21 ab A	28 c A	17 a A	23 b A
Reuso + Ad. Química	26 b B	35 c B	21 a A	23 ab A
Testemunha	24 a AB	34 b B	20 a A	21 a A

DMS = 4,6

CV (%) = 10,89

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5 % de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

O tratamento de irrigação constituído de água de reuso + adubação química apresentou uma tendência de aumento do teor médio de nitrogênio para todas as espécies de grama utilizadas, embora não significativos.

É possível observar um padrão de comportamento entre os tratamentos de irrigação aplicados, isto é, o tratamento testemunha (água de abastecimento + adubação química) e o de reuso + adubo químico apresentaram valores médios de acúmulo de nitrogênio superiores em relação ao tratamento onde se aplicou somente água de reuso. Isto pode ser devido à presença

do adubo químico que favoreceu o acúmulo deste nutriente. A espécie São Carlos apresentou acúmulo de nitrogênio superior no tratamento de reuso em relação à testemunha. Portanto, nota-se que a água de reuso nessa espécie, superou a adubação química em nitrogênio, compensou para a espécie Esmeralda e ficou abaixo apenas para as espécies Bermudas e Santo Agostinho.

Os resultados médios obtidos para as concentrações foliares de fósforo foram baixos (em torno de 2,0 a 2,5 g Kg<sup>-1</sup>) e sem diferença significativa entre eles, o que de certa forma já era esperado, considerando a baixa concentração de fósforo na água de reuso.

Para o teor de potássio nas folhas, observou-se que os tratamentos reuso + ad. química e testemunha apresentaram valores superiores e significativos ao tratamento reuso, exceto para a grama São Carlos. Notou-se, portanto, maior absorção deste nutriente pelas espécies de grama quando adicionado por adubação química somente (testemunha), verificando-se uma inibição da absorção de potássio pela água de reuso, não afetando, entretanto o desenvolvimento das plantas, o que pode ser justificado por uma superdosagem a necessidade da planta nestes tratamentos.

### 5.1.2 Porcentagem de cobertura

O tempo de duração da fase experimental foi em decorrência da análise de cobertura do solo pelas espécies de grama, isto é, o término do experimento se deu quando as parcelas estiveram 100 % cobertas por grama. Com o auxílio de fotografias e do *Corel photo-paint, software* para tratamentos de imagens, foi possível avaliar a porcentagem de cobertura da grama. As fotografias foram tiradas em 3 períodos distintos da fase experimental: (1) 90 dias após o transplante (d.a.t.); (2) 180 d.a.t. e 270 d.a.t. (parcelas 100 % cobertas com grama). O comportamento das espécies de grama, ou seja, o tempo que necessitam para preenchimento da cobertura do solo tem uma ligação direta com os fatores climáticos e nutricionais. Dessa forma, procurou-se fazer as discussões dessa análise considerando os dados de temperatura e umidade relativa do período.

**Tabela 2.** Porcentagem de cobertura nas parcelas das espécies grama cultivadas em resposta aos tratamentos aplicados, aos 90 d.a.t.. Média de 4 repetições.

Tratamentos	Espécies			
	Santo Agostinho	Bermudas	Esmeralda	São Carlos
	-----%-----			
Reuso	22 ab A	40 b A	9 a A	19 ab A
Reuse + Ad. Química	11 ab A	32 b A	4 a A	11 ab A
Testemunha	18 ab A	40 b A	4 a A	17 a A

DMS = 22,0

CV (%) = 62,28

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si significativamente pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Letras minúsculas diferem na linha.

Letras maiúsculas diferem nas colunas.

A grama Bermudas (Tabela 2) apresentou porcentagem de crescimento superior às demais gramas apesar de não diferir significativamente da grama Santo Agostinho e São Carlos, já a grama Esmeralda apresentou porcentagem de cobertura menor, indicando um crescimento mais lento até os 90 d.a.t.. Esse comportamento pode ser explicado aos fatores

climáticos, em que para esse período a temperatura e umidade relativa foram em média de 17,4°C e 58,6 % respectivamente, valores não muito propícios para o desenvolvimento da grama Esmeralda quando comparada com as outras espécies. Os diferentes tratamentos aplicados nas gramas não apresentaram diferenças significativas (Tabela 2), o que leva a crer que a aplicação de reuso de água foi tão eficiente quanto ao tratamento testemunha.

Comportamento similar ocorreu também aos 180 d.a.t., em que a grama Esmeralda continuou com uma porcentagem de cobertura inferior as demais espécies de grama, sendo a temperatura e umidade relativa no período, em média, de 18,4°C e 54,7 %, respectivamente.

Aos 270 d.a.t. as parcelas já estavam cobertas totalmente por grama. A grama Esmeralda se igualou na cobertura do solo junto às outras espécies, porque os valores climáticos contribuíram, com uma elevação de temperatura para 21,0 °C e umidade relativa para 67,1 %.

## 5.2 Avaliação dos parâmetros físico-químico da água

A água de reuso (Tabela 3) apresenta todas as características de água poluída, com elevado teor de nutrientes, elevada DQO, baixo oxigênio disponível e elevada condutividade elétrica, enquanto que o pH mostrou-se alcalino para ambas as águas utilizadas.

**Tabela 3.** Dados referentes à análise físico-química das águas de reuso e Sabesp.

Parâmetros	Água de reuso	Água Sabesp
DQO (mg L <sup>-1</sup> )	68	3,3
OD (mg L <sup>-1</sup> )	0,4	8,2
CE (µS cm <sup>-1</sup> )	777	74,1
pH	8,1	7,9
ST (mg L <sup>-1</sup> )	4,22.10 <sup>-2</sup>	0,8.10 <sup>-2</sup>
CT (NMP 100ml <sup>-1</sup> )	> 2419,20	<1
CF (NMP 100ml <sup>-1</sup> )	>2419,20	0,0
N (mg L <sup>-1</sup> )	143,0	6,4
K (mg L <sup>-1</sup> )	59,5	0,83
Ca (mg L <sup>-1</sup> )	25,0	5,25
Mg (mg L <sup>-1</sup> )	4,0	0,92
Cu (mg L <sup>-1</sup> )	0,01	-
Fe (mg L <sup>-1</sup> )	1,24	0,02
Mn (mg L <sup>-1</sup> )	0,16	0,02
Zn (mg L <sup>-1</sup> )	0,10	0,01

## 5.3 Avaliação no solo

### 5.3.1 Análise do solo

Com o objetivo de observar a ocorrência de algumas diferenças devido ao acúmulo de nutrientes, foram coletadas amostras de solo em duas faixas de profundidade (0-0,10 m e 0,10-0,20 m).

Na análise inicial do solo obteve-se um valor de pH de 6,2. Os valores de pH encontrados no final do experimento são menores ao encontrado no início. Essa diminuição pode ser atribuída às reações de nitrificação e a geração de ácidos orgânicos das reações envolvidas na degradação da carga orgânica para ambas as profundidades. A diminuição do pH refletiu diretamente nos valores de H<sup>+</sup>/Al, resultando num aumento significativo desse parâmetro. Notou-se que o comportamento da acidez potencial foi inversamente proporcional ao pH.

Para a matéria orgânica no solo, a análise inicial de solo antes da instalação do experimento acusava um valor para matéria orgânica de  $16,5 \text{ g dm}^{-3}$ , notou-se que houve acréscimo no solo de M.O., mais evidente na camada de 0,10-0,20 m de solo, principalmente nos tratamentos que foram aplicados o reuso de água.

Com relação à CTC, observaram-se valores menores ao acusado na análise inicial ( $108,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ). Tal resultado se mostra de difícil entendimento, pois era esperada uma elevação dos mesmos, conforme o ocorrido à M.O., uma vez que a mesma exerce influência direta sobre a CTC. Na camada de 0,10 a 0,20 m do solo, notou-se elevação da CTC para os tratamentos que receberam água de reuso.

Os valores dos teores de fósforo foram menores quando comparados ao encontrado na análise inicial ( $90,2 \text{ mg m}^{-3}$ ). Esse valor, de acordo com o indicado por Raij (1983) para culturas perenes, foi classificado como muito alto. Com a aplicação dos tratamentos sobre as espécies de grama, para o tratamento reuso + ad. química, os valores indicavam concentração de  $P_{\text{resina}}$  de médio a alto e os tratamentos reuso e testemunha apresentaram valores classificados como alto e muito alto apesar de serem menores ao valor inicial de P do solo ( $90,2 \text{ mg m}^{-3}$ ).

O valor inicial encontrado no solo para o K foi de  $2,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Porém, no final da fase experimental observou-se que apenas no tratamento testemunha esses valores foram superiores ao inicial, uma hipótese que explica tal acontecimento se deve ao fato que o tratamento testemunha tenha na sua composição a adubação química nitrogenada na forma de uréia e adubação potássica na forma de cloreto de potássio. Apesar do tratamento reuso + ad. química também possuir a mesma dose de adubação da testemunha, seus valores não acusaram a mesma observação, indicando valores menores e significativos quando comparados ao tratamento reuso. Os resultados observados mostram uma maior lixiviação de potássio pela água de reuso.

Para os tratamentos que utilizaram o reuso de água como forma de irrigação, os valores determinados foram classificados, segundo Raij (1983), como baixos e muito baixo, concordando com Breda (2003), que afirma que os baixos os teores de K disponíveis na água de esgoto limitam o crescimento e produtividade das plantas.

Com relação aos demais cátions trocáveis, Ca e Mg ocorreram algumas diferenças significativas entre os tratamentos aplicados, no entanto sem uma tendência definida. Mas em todos os casos, os valores foram inferiores aos encontrados no início do experimento ( $63,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  para Ca e  $22,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  para MG).

A soma de bases (SB), calculada em função das bases trocáveis K, Ca e MG, apresentou comportamento semelhante ao já descrito para os referidos nutrientes e os resultados de saturação por bases (V%) seguiram a mesma tendência de SB.

### 5.3.2 Análise de micronutrientes

Os micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn), no início do experimento o solo apresentaram teores elevados de Fe ( $17,5 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e Zn ( $4,1 \text{ mg dm}^{-3}$ ), além de baixo para B ( $0,18 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e médio para Cu ( $0,65 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e Mn ( $2,7 \text{ mg dm}^{-3}$ ). Os valores para a maioria dos micronutrientes encontrados foram superiores aos aqueles observados no início da fase experimental, pois a aplicação de esgoto ao solo ocasiona aumentos nos teores de micronutrientes, uma vez que a principal fonte desses elementos no solo é a matéria orgânica.

## 6 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos e a metodologia utilizada permitiram concluir que a água de reuso na irrigação causou maior lixiviação de potássio, quando comparado à água de abastecimento da Sabesp e o nitrogênio presente na água de reuso foi suficiente para o bom desenvolvimento das espécies de grama.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BREDA, C. C. **Utilização de lodo de efluente doméstico:** Efeitos na produtividade agrícola e alguns aspectos ambientais. 2003. 143 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas..** Campina Grande: UFPB, 1994. 306 p. Estudos da FAO: Irrigação e drenagem 33

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de pesquisa de solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: 1999, 421p.

PIZARRO, C. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF):** goteo, microaspersion, exudación. Madri: Mundi Prensa, 1996. 513 p.

RAIJ, B. V.; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade.** Campinas: Iac, 1983. 31 p. Boletim Técnico 81.