



# Remoção de carga orgânica e produtividade da aveia forrageira em cultivo hidropônico com águas residuárias da suinocultura<sup>1</sup>



Raimundo R. Gomes Filho<sup>2</sup>, Antonio T. Matos<sup>3</sup>, Demetrius D. Silva<sup>4</sup> & Hermínia E.P. Martinez<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, parcialmente financiada pela FAPEMIG

<sup>2</sup> DNOCS. Rua Coronel Sólón, 330, Fátima, CEP 60040-270, Fortaleza, CE. Fone: (85) 226 - 2551. E-mail: rgomes@alunos.ufv.br (Foto)

<sup>3</sup> DEA/UFV. Av. PH Rolffs, s/n, Centro, CEP 36571-000, Viçosa, MG. Fone: (31) 3899-1886. E-mail: atmatos@mail.ufv.br

<sup>4</sup> DEA/UFV. Fone: (31) 3899-1904. E-mail: david@mail.ufv.br

<sup>5</sup> DFT/UFV. Fone: (31) 3899-1144. E-mail: herminia@mail.ufv.br

Protocolo 090 - 26/07/2000

**Resumo:** Um estudo para quantificar a produtividade de aveia forrageira e a eficiência na remoção da carga orgânica de águas residuárias da suinocultura, utilizadas em diferentes proporções para composição da solução nutritiva do cultivo hidropônico, foi realizado dentro de um galpão contendo sistemas individualizados de cultivo, constituídos por tanques de 3,20 x 0,80 m, equipados com sistemas de aeração. Foram utilizadas as proporções de 70, 50, 30 e 10% de águas residuárias da suinocultura no preparo da solução nutritiva, todas representadas por valores de condutividade elétrica inicial de 4,2, 2,8, 1,8 e 0,97 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente, e a aveia semeada sobre tela plástica, dentro dos tanques de cultivo. Diariamente, determinou-se a concentração de oxigênio dissolvido, a condutividade elétrica e a temperatura das soluções nutritivas e do ar dentro do galpão, enquanto semanalmente foram coletadas amostras das soluções para determinação da concentração de DQO e DBO. Utilizou-se um tratamento com solução nutritiva convencional como testemunha, enquanto o cultivo hidropônico de aveia forrageira, com aproveitamento de águas residuárias da suinocultura no preparo da solução nutritiva, proporcionou produtividades de até 31,5 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e diminuição significativa da carga orgânica da solução nutritiva.

**Palavras-chave:** hidroponia, tratamento de resíduos, água residuária, suinocultura

## Removal of organic load and productivity of forage oat in a hydroponic system with swine wastewaters

**Abstract:** A study to quantify the productivity of forage oat and the efficiency in the removal of the organic load of swine wastewater, used in different proportions for composition of the nutritive solution for the hydroponic cultivation, was accomplished inside a shed, containing individualized systems of cultivation, in tanks of 3.20 x 0.80 m, equipped with aeration systems. The proportions of 70, 50, 30 and 10% of swine wastewater were used in the preparation of the nutritive solution, represented by values of initial electrical conductivity of 4.2, 2.8, 1.8 e 0.97 dS m<sup>-1</sup>. The oat was sown on a plastic screen inside the cultivation tanks. The concentration of dissolved oxygen, the electrical conductivity and the temperature of both the nutritive solutions and the air inside the shed were monitored daily, while samples of the solutions were collected weekly for determination of the concentration of COD and BOD. A treatment was used with a conventional nutritive solution as the control. The forage oat cultivated in a hydroponic system, with the use of swine wastewater in the preparation of the nutritive solution, provided productivities of up to 31.5 t ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup> and significant decrease of the organic load of the nutritive solution.

**Key words:** hydroponia, treatment of wastes, wastewater, pork production

## INTRODUÇÃO

Na exploração pecuária, os dejetos diluídos, a água desperdiçada em bebedouros e a água de lavagem de instalações para criação em regime de confinamento, geram grandes volumes de águas residuárias, as quais são fontes significativas de poluição ambiental.

Os componentes poluentes (carga orgânica elevada, nitrogênio, fósforo, cobre, sódio etc.) em particular das águas residuárias das suinoculturas, apresentam-se em concentrações suficientemente altas para constituírem risco de desequilíbrio ecológico, quando dispostos inadequadamente. Em geral, no Brasil, essas águas têm sido dispostas de forma inadequada,

isto é, lançadas diretamente em cursos d'água sem passar por um tratamento prévio, acarretando sérios danos ao meio ambiente, visto que, muitas vezes, as propriedades rurais que têm como atividade predominante a suinocultura, estão localizadas em regiões de topografia acidentada, dificultando a implantação de sistemas de tratamento convencionais.

As águas residuárias da suinocultura podem apresentar nutrientes em quantidades suficientes para serem aproveitadas na fertirrigação de culturas agrícolas, levando ao aumento da produção e produtividade, sendo que aproximadamente dois terços do nitrogênio, um terço do fósforo e quase 100% do potássio, encontram-se na água residuária na forma mineral, isto é, numa forma prontamente assimilável pelas culturas.

Jewell et al., citados pela FAO (1992) desenvolveram um processo a partir da técnica de cultivo com fluxo laminar de nutrientes (NFT) capaz de, simultaneamente, tratar águas residuárias e cultivar plantas ornamentais ou culturas para alimentação humana ou animal, no qual a solução nutritiva convencional é substituída pela água residuária que se deseja tratar.

Itaborahy (1998) verificando o desempenho de sistemas com aguapés no tratamento de águas residuárias da suinocultura, obteve taxas médias de remoção de 37,84 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de DQO e 19,6 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de DBO, correspondentes às cargas aplicadas médias de 1.968 kg ha<sup>-1</sup> de DQO e 938,9 kg ha<sup>-1</sup> de DBO, respectivamente. Reis (1999) analisando a eficiência de um sistema de tratamento de águas residuárias da suinocultura com o cultivo hidropônico da alface, obteve taxas médias de remoção de 53,36 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de DQO e 28,52 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de DBO correspondentes, respectivamente, às cargas aplicadas médias de 681,8 kg ha<sup>-1</sup> de DQO e 349 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de DBO. Os autores concluíram que os sistemas proporcionaram melhoria significativa na qualidade do efluente e que a alface e o aguapé mostraram-se viáveis tecnicamente, no polimento dos efluentes com águas residuárias da suinocultura.

Tem-se conhecimento de que a deficiência de oxigênio na água residuária da suinocultura é um dos fatores que têm prejudicado o uso desses resíduos em hidroponia. Em vista disso, acredita-se que a aeração artificial venha minimizar esses problemas (Gomes Filho, 2000).

Em razão da falta de dados sobre uso de águas residuárias da suinocultura na produção de forrageiras em cultivo hidropônico e da necessidade de se disponibilizar, para o produtor, alternativas

de baixo custo para o tratamento dessas águas, justifica-se a realização de estudos que permitam avaliar a eficiência de remoção de DQO e DBO e a produtividade da aveia forrageira em cultivo hidropônico com soluções nutritivas preparadas com diferentes proporções de águas residuárias da suinocultura.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Área Experimental do setor de Hidráulica, Irrigação e Drenagem do Departamento de Engenharia Agrícola/UFV.

O cultivo hidropônico da aveia forrageira foi conduzido em quinze sistemas individuais de cultivo hidropônico, constituídos por um tanque de alvenaria (3,20 x 0,80 e 0,20 m de profundidade) conectado hidráulicamente a um conjunto de alimentação capaz de manter, no interior de cada tanque de cultivo, uma lâmina de solução de aproximadamente 0,01 m. O conjunto de alimentação dos tanques com solução nutritiva foi composto de duas caixas de amianto, com capacidade de até 500 L cada uma, interligadas nas extremidades de cada tanque; a primeira, instalada a uma altura de 1,00 m acima do nível do solo, liberava o líquido, de maneira controlada, para o tanque de cultivo, e a segunda, instalada em nível mais baixo, no final do tanque, para recepção da solução nutritiva do efluente (Figura 1).

Cada sistema estava conectado a uma motobomba submersa móvel, instalada no interior da caixa mais baixa, acionada para recalcar toda a solução para a caixa alta promovendo, então, a recirculação da solução. A condução da solução nutritiva da caixa à maior altura até o ponto onde a solução deveria ser distribuída, já no interior do tanque, foi feita com o emprego de uma mangueira flexível de diâmetro de 20 mm. Uma extremidade da mangueira foi acoplada a uma válvula de gaveta adaptada à caixa e, na outra, a um dispositivo capaz de distribuir a solução nutritiva em diversos pontos da seção inicial do tanque, objetivando reduzir a ocorrência de fluxo preferencial no interior dos tanques.

Nas caixas de armazenamento da água residuária foram instalados sistemas de aeração para aumentar a concentração de oxigênio dissolvido no meio líquido, constituído por microcompressores de ar, colocados em funcionamento contínuo, e uma tubulação de plástico perfurada, para promover a distribuição do ar dentro da caixa. A vazão média dos microcompressores, instalados um em cada caixa, foi de 60 L h<sup>-1</sup>.

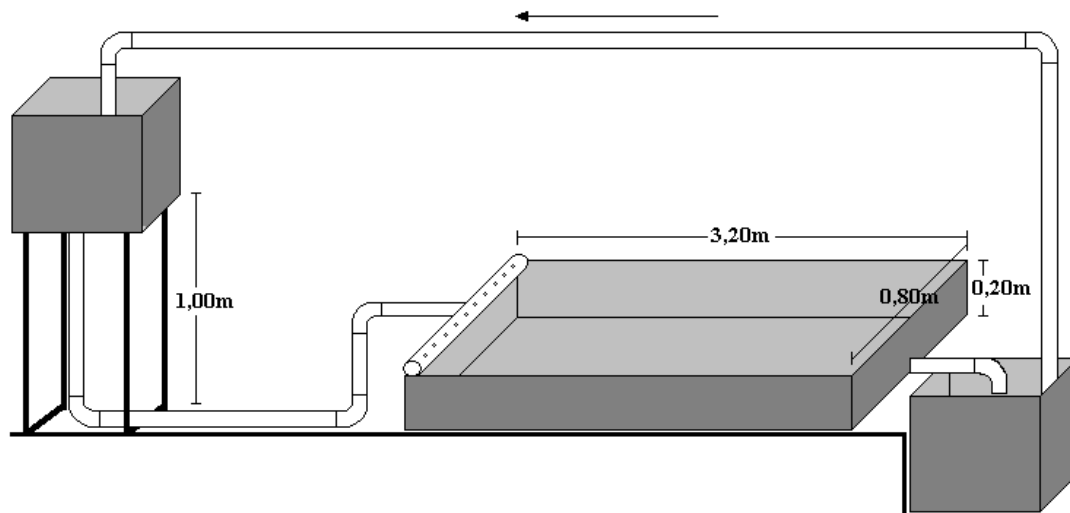


Figura 1. Representação esquemática do sistema individual do cultivo hidropônico

As sementes de aveia foram umedecidas com água durante 24 h sobre um substrato de lã sintética apoiada em uma rede fixada no tanque, ocupando uma área de 2,16 m<sup>2</sup>. Após a germinação, que ocorreu seis dias depois da semeadura, a cultura passou a receber a solução nutritiva definida para cada tratamento.

A água residuária da suinocultura foi coletada em um tanque de recepção de águas resultantes de limpeza das baias de uma granja suinícola localizada no Município de São Miguel do Anta, MG, e as soluções nutritivas foram preparadas com diferentes proporções de águas residuárias da suinocultura: 70, 50, 30 e 10%, sendo, por exemplo, para proporção de 70%, colocados 280 L de águas residuárias da suinocultura e 120 L de água da rede de abastecimento. O mesmo raciocínio foi utilizado para a obtenção das demais soluções.

Diariamente, foram determinadas a concentração de oxigênio dissolvido, a condutividade elétrica e a temperatura das soluções nutritivas e do ar dentro do galpão e, semanalmente, coletadas amostras das mesmas para a determinação da DQO e DBO. O experimento foi interrompido no 42º dia, em virtude da redução da solução nutritiva em decorrência do consumo de água e nutrientes pelas plantas, da depleção de fósforo e cálcio e da elevação da temperatura ambiente, que passou a ser inadequada para o cultivo da aveia forrageira.

A DBO foi determinada por incubação das amostras a 20 °C, por cinco dias, com posterior quantificação do oxigênio dissolvido pelo método iodométrico (APHA, 1995) e a DQO por oxidação com dicromato de potássio (APHA, 1995).

Os tratamentos foram constituídos por cultivo da aveia forrageira em soluções nutritivas contendo águas residuárias da suinocultura, nas proporções de 70, 50, 30 e 10%, além do cultivo em solução nutritiva convencional (testemunha) ou seja, preparada com sais minerais. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com três repetições; por outro lado, a produtividade da aveia forrageira em solução nutritiva preparada com proporções de águas residuárias, foi comparada com a da testemunha (solução nutritiva convencional) utilizando-se o teste de Dunnett, a nível de 5% de probabilidade.

As variáveis utilizadas para análise do sistema de cultivo hidropônico foram: concentração inicial (CI), concentração final (CF), tempo de detenção (TD), remoção máxima (RM) e eficiência de remoção (ER). O desempenho do sistema quanto à remoção de massa foi avaliado com auxílio da carga aplicada (CA), carga removida máxima (CRM) e taxa média de remoção (TMR) de DQO e DBO, calculados pelas equações:

$$CA = CI \times 1,852; CRM = RM \times 1,852; TMR = CRM / (TD - 1)$$

Os resultados de eficiência de remoção de poluentes das águas residuárias foram comparados aos encontrados na literatura.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As proporções de 70, 50, 30 e 10% de água residuária da suinocultura, por apresentarem pequeno valor referencial, passaram a ser representadas por valores de condutividade elétrica inicial (CEI) iguais a 4,2, 2,8, 1,8 e 0,97 dS m<sup>-1</sup>. A solução nutritiva convencional apresentou uma CEI igual a 2,1 dS m<sup>-1</sup>.

Verificaram-se grandes variações de temperatura no decorrer do cultivo da aveia, de 13,5 a 31 °C, embora não tenha havido grandes variações de temperatura da solução nutritiva entre os tratamentos nem ao longo do experimento, que variou entre 16,1 a 18,9 °C.

Na Figura 2, tem-se os valores de concentração de oxigênio dissolvido nas soluções nutritivas, ao longo do experimento, e nela se verifica que houve mais rápido aumento e em maior intensidade nas soluções com CEI menores, ou seja, com menores proporções de água residuária. A maior demanda de oxigênio pelas bactérias aeróbias para a oxidação do material orgânico, em maior abundância nas soluções de maior CEI, deve ser a explicação para os resultados obtidos.

A concentração de oxigênio dissolvido foi nula para as soluções com CEI igual a 0,97, 1,8, 2,8 e 4,2 dS m<sup>-1</sup> até os segundo, sétimo, décimo quarto e vigésimo primeiro dias, respectivamente, enquanto no final do experimento todas apresentaram nível razoável de oxigênio dissolvido na solução nutritiva (de 2,7, 4,3, 6,7, 6,9 e 8,6 mg L<sup>-1</sup> para os tratamentos com CEI igual a 0,97, 1,8, 2,8 e 4,2 e 2,1 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente).

Verificou-se decréscimo da condutividade elétrica ao longo do período de cultivo da aveia, em razão da remoção de nutrientes em solução, por absorção pelas raízes das plantas, estando os valores da concentração inicial, concentração final, tempo de detenção, remoção máxima, eficiência máxima de remoção, carga aplicada, carga removida máxima e taxa média de remoção de DQO e DBO nas soluções nutritivas, apresentados na Tabela 1.

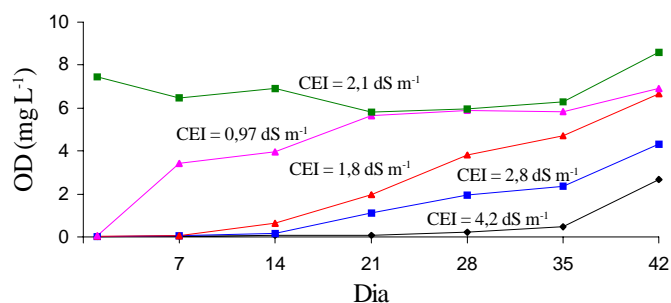


Figura 2. Concentração de oxigênio dissolvido (OD) nas soluções nutritivas preparadas com diferentes proporções de águas residuárias da suinocultura e solução nutritiva convencional, ao longo do cultivo hidropônico da aveia

Tabela 1. Avaliação da eficiência de remoção de DQO e DBO da solução nutritiva, preparada com diferentes proporções de águas residuárias da suinocultura utilizadas no cultivo hidropônico da aveia

Variáveis	CEI (dS m <sup>-1</sup> )							
	4,2		2,8		1,8		0,97	
	DQO	DBO	DQO	QBO	DQO	DBO	DQO	DBO
Concentração inicial (mg L <sup>-1</sup> )	4.533	2.704	3.200	1.969	1.933	1.153	978	603
Concentração final (mg L <sup>-1</sup> )	1.420	184	824	157	613	109	420	81
Tempo de detenção (Dia)	42	42	42	42	42	42	42	42
Remoção máxima (mg L <sup>-1</sup> )	3.113	2.520	2.376	1.812	1.320	1.044	558	522
Eficiência máxima de remoção (%)	68,7	93,2	74,3	92,0	68,3	90,5	57,1	86,6
Carga aplicada (kg ha <sup>-1</sup> )	8.395	5.007	5.926	3.646	3.580	2.135	1.811	1.117
Carga removida máxima (kg ha <sup>-1</sup> )	5.765	4.667	4.400	3.356	2.445	1.933	1.033	967
Taxa média remoção (kg ha <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	141	114	107	82	60	47	25	24

Observa-se que as concentrações finais de DQO e DBO foram superiores aos limites estabelecidos pela Deliberação Normativa nº 10/86 do COPAM (BRASIL, 1998) para efluentes a serem lançados em cursos d'água de, respectivamente, 90 e 60 mg L<sup>-1</sup>, razão pela qual existe a necessidade do efluente do cultivo hidropônico passar por outra etapa de tratamento, que pode ser, por exemplo, a aplicação na fertirrigação de culturas agrícolas ou um tratamento por escoamento, sobre o solo, antes do lançamento em corpos hídricos.

Comparando-se os resultados obtidos por Itaborahy (1998) e Reis (1999) verificou-se que, à exceção da solução nutritiva com CEI igual a 0,97 dS m<sup>-1</sup>, as taxas médias de remoção de DQO e DBO obtidas neste trabalho foram superiores aos valores obtidos pelos referidos autores, indicando melhor eficiência do cultivo hidropônico da aveia em conjunto com o sistema de aeração, no tratamento de águas residuárias da suinocultura (Tabela 1).

As taxas médias de remoção de DQO e DBO nas soluções nutritivas foram inferiores às obtidas por Gomes Filho (2000) no cultivo de braquiária, submetidas às mesmas condições de aeração, as quais variaram de 81 a 477 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de DQO e de 44 a 398 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de DBO. Pode-se afirmar que o cultivo hidropônico da braquiária foi mais eficiente na remoção de DQO e DBO, mesmo quando a carga orgânica aplicada no cultivo da braquiária foi superior à aplicada no cultivo da aveia.

Na Tabela 2 tem-se os valores de produtividade e produção de massa verde da aveia forrageira, cultivada com diferentes soluções nutritivas.

Tabela 2. Produção e produtividade média de massa verde da aveia forrageira, cultivada com soluções nutritivas, de diferentes CEI, preparadas com concentrações variáveis de águas residuárias da suinocultura, e convencional

Soluções Nutritivas	Produção Média de Massa Verde (kg)	Produtividade Média	
		t ha <sup>-1</sup>	t ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
CEI = 4,20 dS m <sup>-1</sup>	0,095	0,324	1,3 *
CEI = 2,80 dS m <sup>-1</sup>	0,690	3,487	14,1 *
CEI = 1,80 dS m <sup>-1</sup>	1,920	7,750	31,5 <sup>ns</sup>
CEI = 0,97 dS m <sup>-1</sup>	0,940	3,650	14,8 *
CEI = 2,10 dS m <sup>-1</sup>	1,960	8,620	34,9

Obs: Produção no corte efetuado dia 03/08, 45 dias após a germinação

\* - Significativo a nível de 5% de probabilidade, pelo teste Dunnett em relação ao controle

ns - Não significativo a nível de 5% de probabilidade, pelo teste Dunnett em relação ao controle

Acredita-se que a forte condição salina das soluções nutritivas mais ricas em águas residuárias da suinocultura, possa ser fator limitante ao desenvolvimento da aveia, para os padrões de aeração impostos neste experimento. Por outro lado, soluções com proporção muito baixa de águas residuárias da suinocultura podem ter proporcionado fornecimento insuficiente de nutrientes à cultura.

Verificou-se que não houve diferença significativa, a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett, entre as produtividades médias da aveia forrageira em soluções nutritivas iguais a 1,8 dS m<sup>-1</sup> e 2,1 dS m<sup>-1</sup>; as demais soluções nutritivas ofereceram produtividades inferiores às obtidas com uso da solução convencional, a nível de 5% de probabilidade (Tabela 2) indicando que, para as condições experimentais em que foi

cultivada a aveia, o tratamento com CEI igual a 1,8 dS m<sup>-1</sup> é o que mais se aproxima do ótimo para o cultivo hidropônico da aveia forrageira.

Na Tabela 2 verifica-se que a produtividade média obtida para a solução nutritiva, preparada com águas residuárias da suinocultura com CEI igual a 1,8 dS m<sup>-1</sup>, superou a média de produtividade dessa espécie quando cultivada no solo, que é de 30 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de massa verde, porém foi inferior à produtividade média de 375 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, reportada na literatura por Resh (1992) obtida em cultivo hidropônico, utilizando-se solução nutritiva inorgânica convencional; isto pode ser explicado por ter o autor usado cultivo hidropônico em prateleiras, umas sobre as outras, o que proporcionou a multiplicação da produção mantendo-se a mesma área de cultivo; além disso, a má germinação das sementes, o intenso ataque de pássaros no início do experimento e a condição inadequada de temperatura ambiente para o cultivo da aveia, ocorridos neste experimento, também contribuíram para que se obtivessem esses resultados.

## CONCLUSÕES

O cultivo hidropônico da aveia forrageira pelo sistema NFT, com o aproveitamento de águas residuárias da suinocultura no preparo da solução nutritiva, proporcionou produtividade de até 31,5 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de aveia forrageira e melhoria significativa na qualidade do efluente e, quando associado ao fornecimento constante de ar nas soluções nutritivas preparadas com diferentes proporções de águas residuárias da suinocultura, apresentou taxas médias de remoção de DQO e DBO superiores às obtidas por cultivo hidropônico de aguapés e alface, nas mesmas condições experimentais. A condutividade elétrica inicial igual a 1,8 dS m<sup>-1</sup> na solução nutritiva preparada com águas residuárias da suinocultura foi considerada a mais adequada para o cultivo hidropônico da aveia forrageira.

## LITERATURA CITADA

- APHA - American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19.ed. Washington D.C.: 1995. 1000p.
- Brasil, Minas Gerais. Licenciamento ambiental: Coletânea de legislação. Belo Horizonte: FEAM. 1998. 382p.
- FAO. Wastewater treatment and use in agriculture. Roma: FAO, 1992. 125p. Irrigation and Drainage Paper 47
- Gomes Filho, R.R. Tratamento de águas residuárias da suinocultura utilizando o cultivo hidropônico de braquiária (*Brachiaria ruziziensis*) e aveia forrageira (*Avena strigosa*). Viçosa: UFV, 2000. 143p. Tese Doutorado.
- Itaborahy, C.R. Desempenho de sistemas estático e dinâmico com aguapé (*Eichhornia crassipes*) no tratamento de águas residuárias da suinocultura. Viçosa: UFV, 1998. 177p. Tese Doutorado.
- Reis, E.F. dos. Tratamento de águas residuárias da suinocultura, utilizando o cultivo hidropônico da alface. Viçosa: UFV, 1999. 91p. Tese Doutorado.
- Resh, H.M. Cultivos hidropônicos - nuevas técnicas de producción. 2ª ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1992. 369p.