



## Qualidade química da água residual da criação de peixes para cultivo de alface em hidroponia

**Glauco E. P. Cortez<sup>1</sup>, Jairo A. C. de Araújo<sup>2</sup>, Paulo A. Bellingieri<sup>3</sup> & Alexandre B. Dalri<sup>1</sup>**

### RESUMO

Com o objetivo de avaliar a associação do cultivo de alface em hidroponia com utilização dos resíduos do sistema de criação intensiva de peixe, desenvolveu-se um trabalho no Centro de Aquicultura, na FCAV–UNESP, Campus de Jaboticabal, SP. A integração foi projetada para que a água circulasse de maneira fechada entre os sistemas, passando pelos tanques de criação de peixes, por um decantador, para remoção dos resíduos por um reservatório para conversão biológica da amônia em nitrato e pelo sistema hidropônico, retornando aos tanques de criação dos peixes. Foram avaliadas três cultivares de alface, que constituíram os tratamentos com quatro repetições. Os resultados da análise química da água residual da criação indicaram a presença da maioria dos nutrientes minerais necessários ao desenvolvimento vegetal, em concentração próxima aos valores encontrados em soluções nutritivas utilizadas para o cultivo da alface em hidroponia, exceto potássio e magnésio. A baixa concentração de magnésio na água não impediu o desenvolvimento da alface; entretanto, as plantas indicaram sintomas visuais de deficiência deste nutriente. Não houve diferenças entre as cultivares quanto à produtividade e ao peso fresco de plantas.

**Palavras-chave:** *Lactuca sativa*, *Brycon cephalus*, sistema integrado

## Chemical quality of residual water from fish breeding tanks for cultivation of hydroponic lettuce

### ABSTRACT

Aiming to evaluate the association of hydroponic lettuce cultivation with residues from a fish intensive breeding system, a project was carried out in the Aquaculture Center in the FCAV-UNESP at Jaboticabal, SP, Brazil. A closed system was designed in order to allow the water to circulate through the fish tanks, a clarifier tank for removal of residues, a reservoir for biological conversion of ammonia into nitrate, and the hydroponic system. After this process, water returned back to the fish tanks. Three varieties of lettuce, constituting the treatments with four repetitions were evaluated. The results of the chemical analysis of the residual water from the fish tanks indicated the presence of the majority of the mineral nutrients necessary for vegetable development. Their concentration was close to that found in nutrient solutions, used for lettuce hydroponic cultivation, except for potassium and magnesium. The low concentration of magnesium in the water did not prevent lettuce development, although the plants presented visual symptoms of deficiency of this nutrient. Differences were not found between the varieties produced, regarding productivity and the mean weight of fresh plants.

**Key words:** *Lactuca sativa*, *Brycon cephalus*, recirculating systems

<sup>1</sup> CUML, Centro Universitário Moura Lacerda, CEP 14076-510 Ribeirão Preto, SP. Fone (16) 2101-1167. E-mail: [glauco.cortez@uol.com.br](mailto:glauco.cortez@uol.com.br)

<sup>2</sup> DER/UNESP, CEP 14884-900, Jaboticabal, SP. Fone (16) 3209-2638. E-mail: [jaca@fcav.unesp.br](mailto:jaca@fcav.unesp.br)

<sup>3</sup> DT/UNESP, CEP 14884-900, Jaboticabal, SP. Fone (16) 3209-2675. E-mail: [pabellin@fcav.unesp.br](mailto:pabellin@fcav.unesp.br)

## INTRODUÇÃO

O cultivo hidropônico de vegetais está se desenvolvendo graças ao aprimoramento de novas tecnologias de cultivo e custos cada vez maiores da terra e do processo de produção extensivo, além do grande desenvolvimento urbano, que obriga os sistemas produtores de alimentos a migrarem para regiões cada vez mais distantes dos centros consumidores, utilizando áreas pouco adequadas para a produção de alimentos.

Estudos recentes (Rakocy et al., 1993; Quilleré et al., 1993; Seawright et al. 1998) indicam a possibilidade da criação intensiva de peixes associada ao cultivo de vegetais em hidroponia, como forma de se utilizar os resíduos (excrementos dos peixes e sobras de alimento) dissolvidos na água pelas plantas, sendo esta uma maneira de se melhorar a qualidade da água antes do retorno aos tanques de criação de peixes e obter maior rentabilidade.

Nos sistemas intensivos de criação de peixes a água apresenta acúmulo de nutrientes que necessitam ser eliminados para então possibilitar seu reaproveitamento. Este processo de eliminação dos resíduos pode ser realizado pelos vegetais cultivados em hidroponia, uma vez que os nutrientes acumulados na água são por eles absorvidos (Rakocy et al., 1993). Além disso, uma pequena proporção dos nutrientes fornecidos aos peixes na forma de alimento é retida por eles, sendo a maior parte excretada na forma sólida ou dissolvida em água o que, nos sistemas integrados gera um nível de nutrientes que se aproxima dos valores encontrados em algumas soluções nutritivas para o cultivo de vegetais (Rakocy & Hargreaves, 1993).

Para integração entre a criação de peixes e a hidroponia, os resíduos sólidos (sobras de alimento e excrementos dos peixes) devem ser retirados, pois o cultivo hidropônico utiliza apenas os nutrientes dissolvidos na água residual. Esta remoção de resíduos sólidos pode ser realizada através dos processos de sedimentação ou filtração, que removem a maior parte dos resíduos, deixando uma porção relativamente pequena em suspensão, na forma de partículas coloidais (Rakocy et al., 1993). A sedimentação é o processo mais frequentemente utilizado para remover os resíduos sólidos maiores que 0,1 mm e novas tecnologias em que se utiliza o processo de filtragem, têm sido desenvolvidas para remover resíduos em suspensão com tamanho menor que este (Rakocy & Hargreaves, 1993).

O nitrogênio é o nutriente que ocorre em mais alto nível na água residual do sistema, sob a forma de N-orgânico, através das contínuas excreções dos organismos aquáticos, uma vez que os peixes excretam amônia diretamente na água; desta forma, o nitrogênio deve ser reciclado pela ação de bactérias nitrificantes para ser melhor aproveitado pelos vegetais sendo que, para a maior parte do nitrogênio ser convertido em nitrato por meio da nitrificação, a amônia ( $\text{NH}_3$ ) excretada pelos peixes deve dissolver-se na água formando o íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ).

Devido à rápida circulação da água nos sistemas integrados, a nitrificação pode ocorrer apenas parcialmente e em pequena taxa (Quilleré et al., 1993), razão por que, no biofiltro devem ser utilizados areia, pedregulho, cascalho, conchas ou

outros materiais como substrato para fixar as bactérias (Rakocy & Hargreaves, 1993) e reduzir a velocidade de circulação da água residual, para aumentar o potencial de nitrificação por meio de maior tempo de contato com as bactérias.

Propôs-se, ao presente estudo, avaliar as características químicas da água residual de um sistema de criação intensiva de peixes, visando à sua possível utilização no cultivo de alface em hidroponia.

## MATERIAL E MÉTODOS

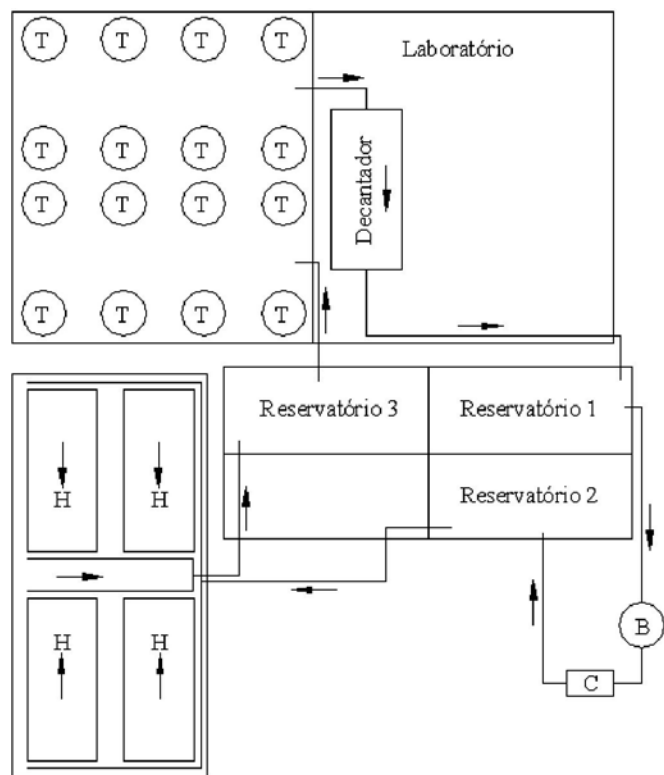
O experimento foi instalado no Centro de Aqüicultura, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal, SP.

O cultivo hidropônico da alface (*Lactuca sativa* L.) foi projetado para integrar-se à criação intensiva de matrinxã (*Brycon cephalus*), de forma que a água circulasse de maneira fechada entre os dois sistemas produtivos. Após a passagem pelos tanques de criação de peixes no laboratório, a água foi conduzida a um decantador, construído de fibra de vidro e com formato retangular em cujo interior existem abas para reduzir a velocidade da água e possibilitar a decantação dos resíduos sólidos, os quais foram removidos diariamente do sistema. Os tanques de criação de peixes tinham uma capacidade de armazenamento aproximado de 2,5 m<sup>3</sup> cada, um sendo que, em cada tanque havia, em média, 60 peixes, colocados no estágio inicial de desenvolvimento e nele permaneceram até a fase ideal para despesca.

Após o decantador a água foi armazenada em tanque externo ao laboratório e, a partir daí, conduzida ao biofiltro, reservatório plástico de forma cilíndrica, com volume aproximado de 4 m<sup>3</sup> sendo que, no seu interior, foi colocado um composto à base de argila extrusada para reduzir a velocidade da água e atuar como substrato para fixação das bactérias nitrificantes, responsáveis pela conversão biológica da amônia em nitrato; neste ponto do sistema, a água foi conduzida para uma caixa contendo rocha calcária a fim de promover uma neutralização do pH, a partir da qual ficou armazenada em tanque com capacidade aproximada de 12 m<sup>3</sup>, que funcionou como reservatório da hidroponia. Por meio de um conjunto motobomba a água foi conduzida aos canais de cultivo, retornando após passagem pelas bancadas de crescimento das plantas, para outro tanque; em seguida, foi bombeada para os tanques de criação de peixes dentro do laboratório, fechando o sistema (Figura 1). Na saída do laboratório a água dos tanques de criação de peixes foi agrupada para passar pelo decantador, biofiltro e hidroponia, antes de retornar ao laboratório.

Os nutrientes dissolvidos na água residual utilizada para o cultivo hidropônico foram provenientes da ração (Tabela 1) e dos excrementos dos peixes; para o cultivo hidropônico se utilizou uma estufa tipo arco, coberta com filme de polietileno transparente de 100  $\mu$ , contendo quatro bancadas de madeira com 1,20 m de altura na extremidade mais alta, 2,0 m de largura e 8,0 m de comprimento, com declividade de 2%.

Em cada bancada foram montados seis canais de cultivo, formados de tubos de PVC branco com 100 mm de diâmetro,



**Figura 1.** Esquema do sistema produtivo peixe-alface, com destaque para o fluxo de água percorrendo os tanques de criação de peixes (T), decantador, biofiltro (B), reservatório de rocha calcária (C) e bancadas de cultivo hidropônico (H)

cortados longitudinalmente e espaçados 0,30 m; os canais de cultivo foram cobertos com placas de PVC de 5 mm de espessura, encaixadas sobre os canais, com furos equidistantes 0,30 m, nos quais foram colocadas as plantas.

A fim de controlar o bombeamento da água residual do reservatório da hidroponia para as bancadas de cultivo, utilizou-se um timer programado para operar intermitentemente a cada 15 minutos, das 6:00 às 18:00 h e duas vezes durante o período noturno, às 22:00 h e às 24:00 h. Adotou-se uma vazão regular de 1,5 L.min<sup>-1</sup> em cada canal.

No sistema hidropônico foram cultivadas as alfaces ‘Tainá’ (americana), ‘Verônica’ (crespa) e ‘Elisa’ (lisa), em que a produção de mudas foi realizada em bandejas de poliestireno com vermiculita e mantidas em hidroponia utilizando-se a solução nutritiva apresentada por Pereira Neto (1997) até os 21 dias, quando foram transplantadas no sistema integrado.

Realizaram-se, durante o período de crescimento das plantas, amostragens para determinação do pH e condutividade elétrica da água residual, com vistas a evitar a ocorrência de desequilíbrios que poderiam prejudicar a eficiência de absor-

ção dos nutrientes. Essas leituras foram realizadas retirando-se amostras de água do reservatório da hidroponia.

A avaliação do estado nutricional da cultura foi realizada por meio de amostras de plantas coletadas aos 22, 40 e 56 dias após a semeadura e a colheita, 35 dias após o transplante, quando as plantas estavam com 56 dias.

O delineamento experimental adotado foi blocos ao acaso, com três tratamentos (cultivares de alface) e quatro repetições, sendo cada bancada considerada um bloco e cada parcela experimental composta de 48 plantas. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e os efeitos dos tratamentos comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pH da água residual apresentou, após a passagem pelos tanques de criação de peixes, valor médio de 7,2; após o biofiltro o pH foi reduzido para 5,7 em função da nitrificação e, com a passagem pelo reservatório de rocha calcária, elevou-se para 6,2, em média. Durante as amostragens periódicas de pH o valor indicou uma oscilação entre 5,7 e 6,4 relacionada, provavelmente, com o crescimento dos peixes, maior quantidade de alimento fornecida e maior quantidade de excrementos; referidos valores de pH estão dentro da faixa considerada ideal para o cultivo de alface em hidroponia, segundo Castellane & Araújo (1995), Furlani (1995) e Martinez (1997).

A condutividade elétrica apresentou variação de 2,0 a 2,5 mS.cm<sup>-1</sup> nas diferentes amostragens, permanecendo na faixa adequada de valores para o bom desenvolvimento da alface, segundo Castellane & Araújo (1995).

Comparando-se a concentração dos nutrientes dissolvidos na água residual do sistema integrado com as soluções nutritivas propostas por Benoit & Ceustermans (1989) e Castellane & Araújo (1995) (Tabela 2), nota-se que a maioria dos nutrientes estava presente em quantidade próxima dos valores médios encontrados nessas soluções, com exceção do potássio e do magnésio. Comparando-se com a água residual utilizada nos sistemas integrados desenvolvidos por Rakocy (1992) e Seawright et al. (1998), verifica-se que ocorrem variações na concentração de nutrientes nos diferentes sistemas (Tabela 2), o que pode ser explicado devido à variação de fatores, como espécie e densidade de peixes (Seawright et al., 1998), qualidade e quantidade de alimento fornecido aos peixes durante o período de engorda (Rakocy & Hargreaves, 1993; Quilleré et al., 1995) e qualidade da água utilizada (Rakocy et al. 1993; Rakocy & Hargreaves, 1993).

A maioria dos estudos que integram cultivos hidropônicos com criação de peixes, tem indicado resultados semelhantes aos verificados nesse estudo, ressaltando-se que os peixes são capazes de fornecer quantidades suficientes de quase todos os nutrientes de planta, exceto potássio e magnésio (Lewis et al., 1978; Quilleré et al., 1995), independente da espécie de peixe utilizada, o que torna necessário uma suplementação mineral para o correto desenvolvimento das plantas.

**Tabela 1.** Análise química da ração fornecida aos peixes

Macro nutriente (g kg <sup>-1</sup> )	Micro nutriente (mg kg <sup>-1</sup> )	Metais pesados (mg kg <sup>-1</sup> )
N	0,5	Cu 30,0 Cd 0
P	10,5	Fe 636 Pb 7,0
K	9,9	Mn 115 Ni 0,5
Ca	18,2	Zn 177 Cr 3,0
Mg	2,2	- - -
S	3,4	- - -

**Tabela 2.** Concentração de elementos químicos na água do sistema integrado em comparação com soluções nutritivas propostas por Benoit & Ceustermans (1989) e Castellane & Araújo (1995) com sistemas integrados de Rakocy (1992) e Seawright et al. (1998)

Elementos	Sistema Integrado	Benoit & Ceustermans (1989)	Castellane & Araújo (1995)	Rakocy (1992)	Seawright et al. (1998)
N <sup>(1)</sup>	0,192	0,250	0,238	0,180	0,144
P <sup>(1)</sup>	0,069	0,062	0,062	0,035	0,130
K <sup>(1)</sup>	0,072	0,430	0,426	0,440	0,147
Ca <sup>(1)</sup>	0,283	0,190	0,161	0,082	0,146
Mg <sup>(1)</sup>	0,017	0,024	0,024	0,026	0,203
S <sup>(1)</sup>	0,047	0,032	0,032	0,018	-
Cu <sup>(2)</sup>	0,33	0,05	0,05	-	0,04
Fe <sup>(2)</sup>	19,00	2,24	5,00	-	2,10
Mn <sup>(2)</sup>	1,00	0,55	0,40	-	0,21
Zn <sup>(2)</sup>	0,33	0,26	0,30	-	0,14
B <sup>(2)</sup>	0,62	0,32	0,30	-	0,20
Cd <sup>(2)</sup>	0	-	-	-	-
Pb <sup>(2)</sup>	0,01	-	-	-	-
Ni <sup>(2)</sup>	0,01	-	-	-	-
Cr <sup>(2)</sup>	0	-	-	-	-

<sup>1</sup> g dm<sup>-3</sup>; <sup>2</sup> mg dm<sup>-3</sup>

Quanto à concentração dos micronutrientes, todos foram gerados pela criação de peixes em quantidade superior à recomendada nas soluções nutritivas de Benoit & Ceustermans (1989) e Castellane & Araújo (1995) e aos sistemas integrados de Rakocy (1992) e Seawright et al. (1998). Na maioria dos estudos com sistemas integrados os resultados foram semelhantes constatando-se, em alguns casos, apenas a deficiência de ferro (Lewis et al., 1978; Rakocy et al., 1993; Seawright et al., 1998). Esses resultados comprovam que, em sua maioria, os sistemas integrados são capazes de gerar níveis adequados de micronutrientes para o cultivo hidropônico de vegetais.

A análise química de plantas (Tabela 3), utilizada para avaliação do estado nutricional da cultura, em três amostragens, indicou que os nutrientes foram absorvidos e acumulados em quantidades próximas aos valores encontrados no cultivo hidropônico convencional e em solo.

No sistema integrado desenvolvido por Seawright et al. (1998), o teor de nitrogênio nas plantas de alface aos 49 dias

variou de 43 a 47 g kg<sup>-1</sup>, valores superiores aos obtidos neste experimento, em decorrência de uma diferença de exigência mineral entre as cultivares utilizadas.

Para o fósforo e o cálcio, praticamente não houve diferença entre os teores obtidos e os citados por Garcia et al. (1982) para o cultivo de alface em solo; com relação ao potássio, os valores encontrados foram inferiores aos obtidos por Seawright et al. (1998) em sistema integrando alface e tilápias.

A maior diferença encontrada foi com relação ao teor de magnésio. Garcia et al. (1982) obtiveram valores entre 3 e 5 g kg<sup>-1</sup>, muito abaixo do encontrado nesta pesquisa, indício de que a quantidade inicial de magnésio na água foi suficiente para um desenvolvimento inicial das plantas; entretanto, é provável que o sistema integrado não tenha sido capaz de gerar maior quantidade de magnésio com o avanço do ciclo cultural, quando houve maior necessidade deste nutriente, promovendo uma clorose foliar típica de deficiência de magnésio nas plantas, principalmente na cultivar “lisa”, que apresentou o menor teor de magnésio na última amostragem. Comparando este sistema com outros sistemas integrados, os valores de magnésio também podem ser considerados elevados, uma vez que Seawright et al. (1998) verificaram uma faixa de 2,1 a 4,6 g kg<sup>-1</sup>.

Quanto aos micronutrientes, os valores obtidos foram superiores aos apresentados por Seawright et al. (1998) devido, possivelmente, à maior concentração desses elementos na água; entretanto, não se constataram sintomas de toxicidade nas plantas de alface.

É possível concluir que o sistema de criação de matrinxã não foi capaz de gerar, por meio dos excrementos dos peixes e sobras de alimento, resíduos dissolvidos com níveis adequados de potássio e magnésio para o cultivo da alface em hidroponia, tornando oportuna a suplementação mineral a fim de possibilitar um bom desenvolvimento das plantas.

As composições químicas da água residual dos sistemas integrados diferem em virtude da proporção de nutrientes disponíveis pelos peixes e dissolvidos na água e os nutrientes absorvidos pelas plantas. Desta forma, a maioria das pesquisas não conseguiu estabelecer uma relação coerente entre número de plantas e população de peixes que resultasse em uma concentração de equilíbrio para a geração da maioria dos nutrientes necessários ao pleno desenvolvimento vegetal, sendo conveniente a realização de novos estudos.

**Tabela 3.** Teores de macro e micronutrientes na parte aérea das plantas de alface, determinados aos 22, 40 e 56 dias após a semeadura

Nutriente	22 dias			40 dias			56 dias		
	Tainá	Verônica	Elisa	Tainá	Verônica	Elisa	Tainá	Verônica	Elisa
N <sup>(1)</sup>	18,90	20,30	19,60	22,40	21,35	19,25	26,60	23,10	26,95
P <sup>(1)</sup>	6,79	5,76	7,65	6,56	6,11	5,90	7,04	6,04	3,13
K <sup>(1)</sup>	57,10	66,30	60,10	64,00	61,70	56,70	57,00	57,90	54,40
Ca <sup>(1)</sup>	17,70	15,30	17,40	13,10	12,90	11,70	13,60	14,50	6,80
Mg <sup>(1)</sup>	8,50	7,30	7,70	6,90	8,60	9,90	6,50	7,30	3,60
S <sup>(1)</sup>	2,33	2,71	3,16	3,96	2,94	2,54	3,80	2,88	1,50
Cu <sup>(2)</sup>	47	44	44	76	65	67	12	8	5
Fe <sup>(2)</sup>	1282	1528	1179	2115	2531	4859	370	361	227
Mn <sup>(2)</sup>	200	160	142	262	300	277	72	66	39
Zn <sup>(2)</sup>	233	260	305	369	365	330	80	80	42

<sup>1</sup> g kg<sup>-1</sup>; <sup>2</sup> mg kg<sup>-1</sup>

**Tabela 4.** Produtividade ( $\text{kg m}^{-2}$ ) e peso médio fresco (g) das plantas de alface

Parâmetro	Cultivares			Média
	Tainá	Verônica	Elisa	
Produtividade	2,33 A1	3,64 A	4,49 A	3,48
Peso médio fresco	209,95 A	327,66 A	403,95 A	313,62

<sup>1</sup>médias seguidas de mesma letra dentro de cada parâmetro não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A produtividade da cultura não apresentou diferenças significativas entre as cultivares, variando de 2,33 a 4,49  $\text{kg m}^{-2}$  (Tabela 4). Rakocy (1989) obteve produtividade de 1,0  $\text{kg m}^{-2}$  no sistema integrado entre a criação de tilápias e o cultivo hidropônico de alface, enquanto Seawright et al. (1998) encontraram valores de 1,8  $\text{kg m}^{-2}$  para a mesma integração.

O peso médio fresco das plantas (Tabela 4) também não mostrou diferenças estatísticas entre as cultivares, variando entre 209 e 403 g, para um ciclo cultural de 56 dias. Em cultivo hidropônico convencional, Antonio (1998) encontrou peso médio entre 182 e 206 g, em um período de 50 dias, enquanto Vaz & Junqueira (1998) obtiveram valores de 175 a 183 g, em um período de 56 dias. Rakocy et al. (1989) verificou peso médio fresco de 98 a 131 g, em 42 dias e Seawright et al. (1998) um valor de 120 g, em 35 dias, ambos em estudos com sistemas integrando tilápias e alface.

## CONCLUSÕES

1. A água residual do sistema de criação de matrinxã não foi capaz de atender à demanda das três cultivares de alface por nutrientes, principalmente potássio e magnésio, para o cultivo hidropônico.

2. Não houve diferenças entre as cultivares quanto à produtividade e ao peso médio fresco de plantas.

## LITERATURA CITADA

Antonio, I. C. Análise do comportamento da cultura da alface em sistema hidropônico, tipo NFT, com e sem uso de nutrientes quelatizados na solução nutritiva. Jaboticabal: UNESP, 1998. 9p. Dissertação Mestrado

Benoit, F.; Ceustermans, N. Recommendations for the commercial production of butterhead lettuce in NFT. *Soilless Culture*, v.5, n.1, p.1-12, 1989.

Castellane, P.D.; Araújo, J. A. C. Cultivo sem solo – hidroponia. 3.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 43p.

Furlani, P. R. Cultivo de alface pela técnica de hidroponia. Campinas: Instituto Agrônomo, 1995. 20p. Documentos IAC, 55

Garcia, L. L. C.; Haag, H. P.; Minami, K.; Dechen, A. R. Nutrição mineral de hortaliças. XLIX. Concentração e acúmulo de macronutrientes em alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Brasil 48 e Clause's Aurélia. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, v.39, p.455-484, 1982.

Lewis, W. M.; Yopp, J. H.; Schramm Jr., H. L.; Branderburg, A. M. Use of hydroponics to maintain quality of recirculated water in a fish culture system. *Transactions of American Fisheries Society*, v.107, n.1, p.92-9, 1978.

Martinez, H. E. P. Formulação de soluções nutritivas para cultivos hidropônicos comerciais. Jaboticabal: FUNEP, 1997. 31p.

Pereira Neto, O. C. Soluções nutritivas para o cultivo hidropônico. Jaboticabal: Colégio Técnico Agrícola "José Bonifácio"/UNESP. 1997. 12p.

Quilléré, I.; Marie, D.; Roux, L.; Gosse, F.; Morot-Gaudry, J.F. An artificial productive ecosystem based on a fish/bacteria/plant association. 1. Design and management. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.47, n.1, p.13-30, 1993.

Quilléré, I.; Roux, L.; Marie, D.; Roux, Y.; Gosse, F.; Morot-Gaudry, J. F. An artificial productive ecosystem based on a fish/bacteria/plant association. 2. Performance. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.53, p.19-30, 1995.

Rakocy, J. E. Hydroponic lettuce production in a recirculating fish culture system. University of the Virgin Island Agricultural Experiment Station. *Islands Perspectives*, v.3, p.4-10, 1989.

Rakocy, J. E. Waste management in integrated recirculating systems. Kingshill: University of the Virgin Islands Agricultural Experiment Station, 1992. 23p.

Rakocy, J. E.; Hargreaves, J. A. Integration of vegetable hydroponics with fish culture: a review. In: *Techniques for Modern Aquaculture – Aquacultural Engineering Conference, 1993, Spokane. Proceedings...* Spokane: ASAE, 1993. p.112-36.

Rakocy, J. E.; Losordo, T. M.; Masser, M. P. Recirculating aquaculture tank production systems integrating fish and plant culture. Auburn: Southern Regional Aquaculture Center: 1993. 8p. SRAC publication, 454

Seawright, D. E.; Stickney, R. R.; Walker, R. B. Nutrient dynamics in integrated aquaculture-hydroponics systems. *Aquaculture*, v.160, p.215-237, 1998.

Vaz, R.M.R.; Junqueira, A.M.R. Desempenho de três cultivares de alface sob cultivo hidropônico. *Horticultura Brasileira*, v.16, n.2, p.178-180, 1998.