



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
COORDENADORIA SISTÊMICA DE PESQUISA  
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E INOVAÇÃO

PROJETO DE PESQUISA

<b>Título do Projeto</b>	RESFRIAMENTO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA EM CULTIVO HIDROPÔNICO DA ALFACE ( <i>Lactuca sativa</i> L.).
<b>Área de Conhecimento</b>	<input type="checkbox"/> <u>Ciências Exatas e da Terra;</u> <input type="checkbox"/> <u>Ciências Biológicas;</u> <input type="checkbox"/> <u>Engenharias;</u> <input type="checkbox"/> <u>Ciências da Saúde;</u> <input checked="" type="checkbox"/> <u>Ciências Agrárias;</u> <input type="checkbox"/> <u>Ciências Sociais Aplicadas;</u> <input type="checkbox"/> <u>Ciências Humanas.</u>
<b>Nº de Inscrição</b>	<i>Área Reservada para a Coordenação do PIBITI / PIVITI</i>

**Obs.: O Projeto de Pesquisa será enviado para um consultor ad-hoc e não pode conter a identificação do proponente ou da equipe executora em seu texto.**

## 1) Resumo do Projeto de Pesquisa (PP)

O resfriamento da solução nutritiva em cultivo hidropônico tem se mostrado viável para o aumento da produtividade de morangueiro, pimentão e outras culturas. Produtores rurais têm utilizado a redução de temperatura da solução nutritiva de forma empírica, sem parâmetros técnicos e científicos de temperatura ideal e custo energético. O objetivo do projeto é desenvolver um sistema de resfriamento de solução nutritiva e estudar o efeito na produtividade, qualidade e custo de produção de alface em cultivo hidropônico. Os experimentos serão realizados em um sistema hidropônico do tipo NFT, com um sistema de resfriamento inédito, que deverá reproduzir condições diferenciadas de temperatura de solução nutritiva nos vários tratamentos, com o abaixamento da temperatura nas horas quentes do dia, controlando sua temperatura máxima. O grande diferencial do sistema é seu baixo custo por aproveitar elementos domésticos para a construção. Um freezer horizontal será utilizado como resfriador de uma solução refrigerante, de álcool etílico diluído a 25% (ponto de congelamento =  $-14,72$  oC). Será instalada uma bomba submersa para o recalque do líquido refrigerante, que será distribuído por uma linha de tubulação especial de PVC aquaterm® e passará por uma serpentina de mangueira flexível de borracha, com retorno para o freezer por tubulação de PVC. Serão utilizados controladores de temperatura utilizados comumente em sistemas de refrigeração com sensores NTC, que acionarão válvulas solenóides de máquina de lavar roupa, utilizadas no controle de fluxo do líquido refrigerante. Serão realizados dois experimentos, com vários tratamentos de temperatura máxima da solução e condutividade elétrica (CE), variando de 22 a 32oC, e CE variando de 1 a 2 dS m<sup>-1</sup>. Durante o experimento, diariamente serão monitoradas as variáveis ambientais (temperatura, fluxo de fótons fotossintéticos (FFF), radiação global e umidade relativa do ar) por meio de sensores ligados ao datalogger. Os dados serão submetidos à análise de variância em um esquema experimental inteiramente casualizado e analisados por regressão. Nas plantas coletadas serão avaliados: número de folhas, altura de planta, diâmetro da cabeça, massa fresca e massa seca (estufa a 80oC), aspecto visual e índice de queima de bordas. Com os dados obtidos nesse experimento, espera-se possível recomendar com segurança o limite de temperatura da solução nutritiva, para a tomada de decisão na utilização de resfriamento. Hoje, esse conhecimento é utilizado empiricamente, podendo acarretar até mesmo prejuízo na produção hidropônica, além de gerar custos adicionais no consumo de energia elétrica.

## **2) Introdução e justificativa**

A alface, hortaliça de grande importância econômica possui um consumo crescente e versátil, exigindo qualidade e regularidade de oferta. Este crescimento tem refletido diretamente nas áreas de produção que, para atender a esta importante demanda do mercado, comprometem-se a modernizar, sendo esta realidade transformada em importantes introduções tecnológicas, com conseqüente aprimoramento técnico da mão-de-obra (Silva et al., 1999). Uma das técnicas utilizadas é a hidroponia, porém, os produtores convivem com sérios problemas de nutrição e manejo das plantas, já que esta foi importada de países de clima temperado e que necessita adaptação às nossas condições de alta temperatura e luminosidade. Alguns dos problemas enfrentados são os relacionados com a temperatura e a concentração da solução nutritiva. Em condições de clima tropical, no qual ocorrem altas temperaturas e grande incidência de luz, normalmente há redução no crescimento de plantas de clima ameno se a temperatura da zona radicular não for controlada (Lee & Cheong, 1996; He & Lee, 1998). A técnica do NFT (Fluxo Laminar de Nutrientes) é a que proporciona a maneira mais eficiente de controlar a temperatura das raízes, independentemente da temperatura da parte aérea das plantas. Além da produtividade, há possibilidade de melhoria na qualidade da alface em função do controle de temperatura. No que diz respeito ao acúmulo de nitrato nos tecidos, espera-se que com o resfriamento da solução nutritiva haja uma redução na velocidade de absorção de nitrato pelas raízes. O resfriamento da solução nutritiva pode ser uma alternativa viável em relação ao controle da ambiência da casa de vegetação (estufa), visto que o custo energético é bem menor. Portanto, esses estudos devem trazer uma nova luz à questão, que é determinante para a produção vegetal em cultivo protegido em ambiente tropical. Diante disto faz-se necessário conhecer a temperatura e a concentração ideal da solução nutritiva para utilização pelos produtores rurais, a fim de obter a maior produtividade sem prejuízo da qualidade da alface, bem como os custos que o manejo destas técnicas implicaria. A partir das análises completas do tecido das plantas será possível formular uma nova solução mais adequada ao ambiente da região Noroeste e predominante do Estado do Espírito Santo.

## **3) Objetivos e metas do PP**

Objetiva-se com este trabalho desenvolver, estudar e avaliar o resfriamento e concentração da solução nutritiva no cultivo hidropônico da alface .

Objetivos específicos:

- Desenvolver um sistema robusto e de baixo custo para refrigeração de solução nutritiva, com a instalação e teste de um protótipo;
- Instalar um sistema de controle de temperatura em seis tratamentos em um sistema de pesquisa em cultivo hidropônico do tipo NFT;
- Avaliar produtividade e qualidade da alface em função da refrigeração da solução nutritiva em função da temperatura a partir de instalação de um experimento;
- Avaliar produtividade e qualidade da alface em função da refrigeração da solução nutritiva em função da temperatura e condutividade elétrica a partir de instalação de um experimento;
- Avaliar o balanço energético e análise econômica (relação custo x benefício do controle de temperatura de solução);
- Publicar parâmetros para a tomada de decisão técnica e econômica quanto ao ponto crítico para acionamento de sistema de refrigeração da solução nutritiva.

#### 4) Fundamentação teórica do PP

No Estado do Espírito Santo, a técnica da hidroponia vem sendo utilizada especialmente nas áreas próximas à Grande Vitória, Linhares e Colatina, três dos maiores centros urbanos. Essas regiões possuem características climáticas de alta temperatura, que torna o cultivo de hortaliças um desafio, mesmo em hidroponia (Cometti, 2003). Há, entretanto, sistemas hidropônicos em NFT distribuídos em vários municípios, como João Neiva, São Mateus, Marechal Floriano, Guarapari, Santa Teresa e Venda Nova do Imigrante (Cometti, 2009).

O resfriamento da solução nutritiva tem se mostrado viável para o aumento da produtividade de morangueiro (Mary, 2004; Villela Júnior et al., 2004). Dodd et al. (2000), estudando a cultura do pimentão submetida a diferentes temperaturas da solução nutritiva, sob condições de cultivo hidropônico, concluíram que houve aceleração do crescimento da cultura quando exposta à temperatura de 20°C, quando comparada à temperatura de 30°C. Segundo Morgan (2002), em sistemas de cultivo hidropônico, a temperatura da solução nutritiva está intimamente relacionada com a quantidade de oxigênio (O<sub>2</sub>) dissolvido na solução. Com o aumento da temperatura da solução, o O<sub>2</sub> dissolvido, que estava “aprisionado”, desprende-se.

Estudos realizados na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, avaliando quatro concentrações da solução nutritiva (Cometti et al., 2008a; Matias et al., 2003; Cometti et al., 2003a; Cometti et al., 2003b) concluíram que era perfeitamente viável a

utilização da solução nutritiva a 50% da solução original (Furlani, 1999), com condutividade elétrica (CE) em torno de 1 dSm-1 sem prejuízo da produtividade da alface hidropônica, o que acarreta uma redução de custo em nutrientes para o produtor em torno de R\$ 6.000,00/ha/ano. A partir desse estudo, evidenciou-se que plantas que receberam soluções mais concentradas no início possuíam maior taxa de crescimento relativo, que pode ter sido preponderante para o resultado final da produção de fitomassa pelas plantas (Cometti, 2003). Essa informação contrapõe-se ao que se encontra na literatura, que sugere a utilização de soluções muito diluídas na produção de mudas até o transplante para as bancadas de produção definitiva. (Furlani, 1999). Entretanto, alguns produtores hidropônicos têm seguido em direção oposta a essa orientação, e obtido resultados aparentemente favoráveis. Recentes trabalhos realizados no setor de Horticultura do Instituto Federal do Espírito Santo – IFES, Campus Itapina mostram essa nova realidade, comprovando os resultados obtidos nos trabalhos realizados no Rio de Janeiro (Cometti et al., 2008b).

#### **5) Metodologia e Estratégia de Ação**

O trabalho será conduzido em condições de casa de cultivo hidropônico (estufa) do IFES - Campus Itapina, Colatina - ES. O sistema será composto de quatro bancadas de 3m de comprimento, contendo 8 canais de cultivo hidropônico com 75 mm de diâmetro, espaçados em 25 cm, com 10 plantas cada (Figura 1). Dois canais laterais atuarão como bordadura, enquanto os seis internos serão os seis tratamentos. O sistema será composto de 7 sub-sistemas hidropônicos independentes compostos de um reservatório de solução nutritiva com 50 L e conjunto motobomba de 1/3 CV para cada um. Seis subsistemas serão utilizados para os tratamentos, e um para a bordadura. A tubulação de recalque e de retorno da solução será independente para cada canal, permitindo a aleatorização total dos tratamentos em cada uma das quatro bancadas (que funcionam como quatro repetições).

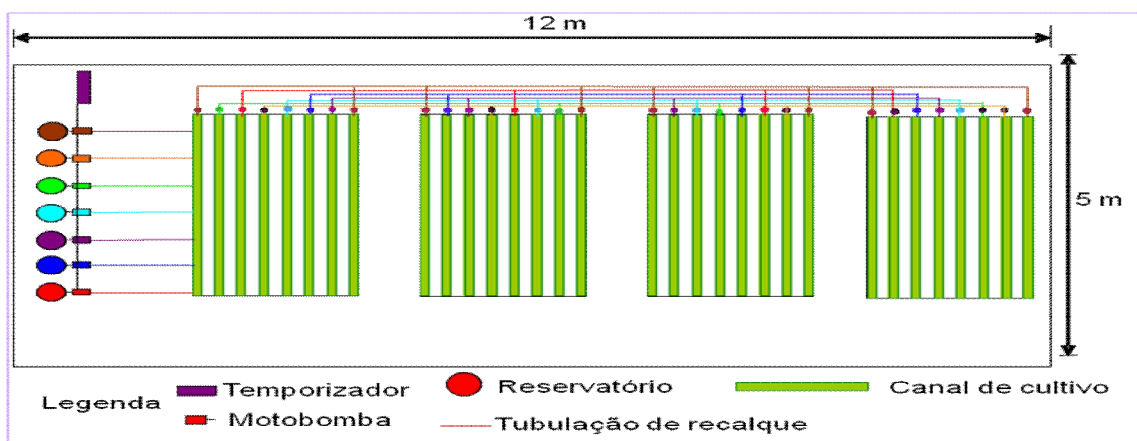


Figura 1. Disposição dos canais de cultivo hidropônico aleatoriamente nas bancadas.

Neste sistema, será adicionado um sistema de resfriamento inédito, que deverá reproduzir condições diferenciadas de temperatura de solução nutritiva nos vários tratamentos, com o abaixamento da temperatura nas horas quentes do dia, controlando sua temperatura máxima. O grande diferencial do sistema é seu baixo custo por aproveitar elementos domésticos para a construção. Um freezer horizontal será utilizado como resfriador de uma solução refrigerante, de álcool etílico diluído a 25% (ponto de congelamento =  $-14,72^{\circ}\text{C}$ ). Será instalada uma bomba centrífuga para o recalque do líquido refrigerante, que será distribuído por uma linha de tubulação especial de PVC aquaterm® e passará por uma serpentina de mangueira flexível de borracha, com retorno para o freezer por tubulação de PVC. Serão instalados controladores de temperatura utilizados comumente em sistemas de refrigeração com sensores NTC, cuja função será o acionamento das válvulas de controle de fluxo do líquido refrigerante (Figura 2).

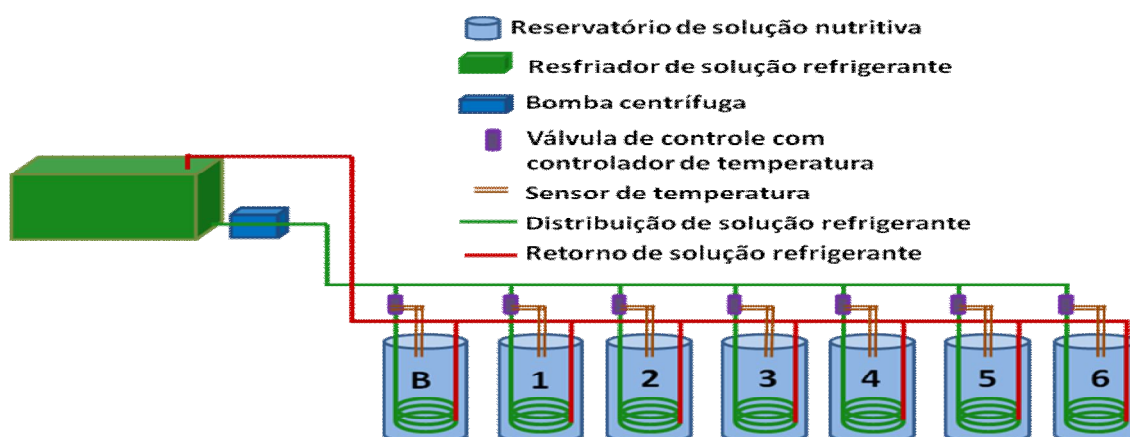


Figura 2. Desenho esquemático do sistema de resfriamento da solução nutritiva nos reservatórios (B – bordadura, números de 1 a 6 – tratamentos).

Serão realizados dois experimentos (1 e 2) com vários tratamentos de temperatura máxima da solução e condutividade elétrica (CE), descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Temperatura e condutividade elétrica dos tratamentos em cada experimento.

Tratamentos	Experimento 1		Experimento 2	
	Temp. (°C)	CE (dS m <sup>-1</sup> )	Temp. (°C)	CE (dS m <sup>-1</sup> )
Bordadura	Sem tratamento	Sem tratamento	Sem tratamento	Sem tratamento
1	22	1,25	20	1
2	24	1,25	25	1
3	26	1,25	30	1
4	28	1,25	20	2
5	30	1,25	25	2
6	32	1,25	30	2

A semeadura será feita em espuma fenólica, irrigada por 5 dias apenas com água, quando as células serão destacadas e transplantadas para os canais de cultivo, quando receberão as soluções iniciais dos tratamentos.. As irrigações serão intermitentes, com 10 minutos de bomba ligada, e 10 minutos desligada.

Solução nutritiva: serão feitas correções diárias da concentração da solução por reposição com soluções estoques, a partir da leitura de condutividade elétrica. O pH será corrigido também diariamente, se necessário, utilizando-se solução de ácido nítrico a 0,05 mol L<sup>-1</sup>, ou hidróxido de potássio a 0,05 mol L<sup>-1</sup>.

Avaliações: durante o experimento, diariamente serão monitoradas as variáveis ambientais (temperatura, fluxo de fótons fotossintéticos (FFF), radiação global e umidade relativa do ar) por meio de sensores ligados ao datalogger. Com o datalogger, será instalado o sensor de condutividade elétrica revezando aleatoriamente em um dia em cada tratamento para registro das variações diurnas de CE e oxigenação da solução nutritiva. Aproximadamente aos quarenta e cinco dias após a semeadura (DAS) será realizada a coleta final das plantas e serão avaliados os seguintes parâmetros: número de folhas, altura e diâmetro das plantas, comprimento do caule, comprimento das raízes, as massas secas (estufa a 80°C) e frescas da parte aérea, do caule e das raízes, aspecto visual e índice de queima de bordas, além da análise de nutrientes absorvidos. Os dados serão submetidos à análise de variância em um esquema experimental inteiramente casualizado e analisados por regressão utilizando os programas SigmaStat 2.0® e SigmaPlot 8.0®. Também serão avaliados o consumo de energia elétrica e os custos de todo o processo.

O projeto faz parte do trabalho de dissertação de mestrado de uma aluna do CCAUFES, que auxiliará na execução e coordenação dos trabalhos de PIBITI. O sistema hidropônico do tipo NFT será o existente no Campus Itapina, que se encontra em funcionamento, incluindo o datalogger com sensores de aquisição de dados de temperatura e fluxo de fótons fotossintéticos. O freezer para a refrigeração da solução, bem como a bomba, já se encontram à disposição no setor. Os sensores de temperatura, controladores e válvulas solenóides serão comprados com recurso de projeto de aproximadamente R\$ 60.000,00 na área de Aquaponia, aprovado e financiado pela SETEC, cujo equipamento é de múltipla utilização. O material de consumo, como sementes, espuma fenólica e nutrientes, já estão disponíveis no Campus, pois são de utilização na produção de alface hidropônica para o refeitório. As análises de tecido de plantas serão realizadas na UFRRJ, em parceria com pesquisador participante do projeto.

### 7) Resultados e impactos esperados do PP

Este trabalho pode ser um divisor de águas na atitude de produção hidropônica em ambiente tropical. A refrigeração da estrutura de proteção (estufa) é a forma convencional de manter a produção em condições de alta temperatura. O resfriamento da solução nutritiva pode abrir a possibilidade de um controle mais fino da temperatura do que aquele realizado na parte aérea e redução no consumo de energia elétrica.

Com os dados obtidos nesse experimento, espera-se que seja possível recomendar com segurança o limite de temperatura da solução nutritiva, para a tomada de decisão na utilização de resfriamento. Hoje, esse conhecimento é utilizado empiricamente, podendo acarretar até mesmo prejuízo na produção hidropônica, além de gerar custos adicionais no consumo de energia elétrica. O estudo econômico poderá indicar até mesmo o ponto crítico de temperatura para a tomada de decisão de acionamento do sistema com parâmetros econômicos.

### 8) Cronograma de Execução do PP

Etapas	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Instalação de protótipo do controle de temperatura	x											
Aquisição de controladores, sensores, datalogger e outros equipamentos	x											
Instalação do equipamento definitivo e ajuste		x	x	x								
Instalação e condução do experimento 1				x	x	x						
Tabulação e análise de dados do Experimento 1						x	x					
Instalação e condução do experimento 2						x	x	x				
Tabulação e análise de dados do Experimento 2								x	x			
Preparo e publicação de artigos										x	x	x



## 9) Referências

- ALBERONI, R. B. **Hidroponia**. São Paulo. Nobel, 1998, 102 p.
- CARVALHO, J. E.; ZANELLA, F.; MOTA, J. H.; LIMA, A. L. S. Cobertura morcot do solo no cultivo de alface Cv. Regina 2000, em Ji-Paraná/RO. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 935-939, 2005.
- COMETTI, N.N. Hidroponia. **Revista PROCAMPO**, Linhares, v. 4. n.20. p.14-17, 2009.
- COMETTI, N. N., MATIAS, G.C. S.M., ZONTA, E., MARY, W., FERNANDES, M. S. Efeito da concentração da solução nutritiva no crescimento da alface em cultivo hidropônico – sistema NFT. **Horticultura Brasileira**, v.26, p. 252 - 257, 2008a.
- COMETTI, N. N., NOVO, A. A. C., PEREIRA, E. W. L., THOMAZINI, A. M. Plantas em fase inicial de crescimento em hidroponia devem receber soluções mais diluídas? In: 48 Congresso Brasileiro de Olericultura, 2008, Maringá. **48 Congresso Brasileiro de Olericultura**. Campinas: ABH, 2008b. CD-Rom.
- COMETTI, N.N. **Nutrição mineral da alface (*Lactuca sativa* L.) em cultura hidropônica – sistema NFT**. 2003. 128f. Tese de doutorado em Ciência do Solo – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2003.
- COMETTI, N. N.; MATIAS, G. C. S.; MARY,W.; FERNANDES,M. S. Efeito da concentração da solução nutritiva na concentração e na eficiência do uso dos nutrientes na alface em cultura hidropônica - sistema NFT. In: I Simpósio de Hidroponia do Rio de Janeiro, 2003, Seropédica. **I Simpósio de Hidroponia do Rio de Janeiro**. 2003b.
- DODD, L.C.; HE, J.; TURNBULL, C.G.N.; LEE, S.K.; CRITCHLEY, C. The influence of supra-optimal root-zone temperatures on growth and stomatal conductance in *Capsicum annum* L. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.51, n.343, p.239-48, 2000.
- FURLANI P.R., SILVEIRA L.C.P.; BOLONHEZI D.; FAQUIN V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. 52 p. (Boletim técnico, 180).
- HE, J.; LEE, S.K. Growth and photosynthetic characteristics of lettuce (*Lactuca sativa* L.) under fluctuation hot ambient temperatures with the manipulation of cool root-zone temperature. **Journal of Plant Physiology**. Stuttgart, v.152, p.387-91, 1998.
- LEE, S.K.; CHEONG, S.C. Inducing head formation of iceberg lettuce (*Lactuca sativa* L.) in the tropics through root zone temperature control. **Tropical Agriculture**, Surrey, v.73, p.34-42, 1996.
- MARY, W. **Desenvolvimento e análise de parâmetros ambientais em estrutura de proteção construída com bambu e de sistemas hidropônicos com zona de resfriamento**. 2004. Tese de doutorado (Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.
- MATIAS, G. C. S.; COMETTI, N. N.; MARY, W.; FURLANI, P. R.; ZONTA, E.; SOUZA, S. R. de; FERNANDES,M. S. Uma nova solução nutritiva para o cultivo de alface em hidroponia - sistema NFT, para regiões litorâneas na região sudeste. In: XIII Jornada de Iniciação Científica da UFRRJ, 2003, Seropédica. **XIII Jornada de Iniciação Científica da UFRRJ**. Seropédica - RJ: UFRRJ, 2003.
- SANTOS O. S. dos. Soluções nutritivas. In: SANTOS, S. dos S. (ed.). **Hidroponia da alface**. Santa Maria, RS: UFSM, 1998. p. 72-85.
- SILVA, E. L.; MARTINEZ, L. F.; YITAYEW, M. Relação entre coeficientes de cultura e graus-dia de desenvolvimento da alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 34-142, 1999.

OHSE, S.; DOURADO-NETO, D.; MANFRON, P. A.; SANTOS, O. S. Qualidade de cultivares de alface produzidos em hidroponia. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 181-185, 2001.

VILLELA JÚNIOR, L.V.E.; ARAÚJO, J.A.C. de; FACTOR, T.L. Análise do resfriamento da solução nutritiva para cultivo hidropônico do morangueiro. **Engenharia Agrícola**, v.24, n.2, p.338-346, 2004,

## 10) Anexos

Parecer conclusivo de aprovação do projeto intitulado:

**DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO EM AQUAPONIA PARA APLICAÇÃO EM PEQUENAS PISCICULTURAS ATRAVÉS DA AVALIAÇÃO DA ADAPTAÇÃO E PRODUTIVIDADE DA TILÁPIA (*OREOCHROMIS NILOTICUS*) À SOLUÇÃO NUTRITIVA UTILIZADA EM CULTIVO HIDROPÔNICO DE PLANTAS.**

Aprovado e financiado pela SETEC (Valor: 58.959,20)

Link para acesso ao parecer:

<http://www.pesca.iff.edu.br/nucleos/coordenacao-nacional/PARECER%20CONCLUSIVO%20PORTAL%202010.pdf>