

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE AGRONOMIA**  
**CURSO DE PÓS - GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**  
**CIÊNCIA DO SOLO**

**DISSERTAÇÃO**

**Racionalização do Uso de Nutrientes para o Cultivo**  
**Hidropônico do Tomateiro**  
**(*Lycopersicon esculentum* Mill.)**

**Gláucio da Cruz Genúncio**

**2005**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
CIÊNCIA DO SOLO**

**RACIONALIZAÇÃO DO USO DE NUTRIENTES PARA O  
CULTIVO HIDROPÔNICO DO TOMATEIRO  
(*Lycopersicon esculentum* MILL.)**

**GLÁUCIO DA CRUZ GENÚNCIO**

*Sob a Orientação da Professora*

**Nidia Majerowicz**

*Co-orientação do Professor*

**Everaldo Zonta**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências** em Agronomia, Área de Concentração em Ciência do Solo.

Seropédica, RJ  
Fevereiro de 2005

635.642

G341r

T

Genúncio, Gláucio da Cruz, 1974-  
Racionalização do uso de nutrientes para o cultivo  
hidropônico do tomateiro(*Lycopersicon esculentum* Mill.)  
/ Gláucio da Cruz Genúncio. – 2005.  
61f. : il.

Orientador: Nidia Majerowicz.  
Dissertação(mestrado) – Universidade Federal Rural do  
Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia.  
Bibliografia: 50-56.

1. Tomate – Cultivo – Teses. 2. Tomate – Frutos –  
Qualidade – Teses. 3. Tomate – Nutrição – Teses. 4.  
Hidroponia – Teses. I. Majerowicz, Nidia. II. Universidade  
Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Agronomia.  
III. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta dissertação, desde que seja citada a fonte.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE AGRONOMIA**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – CIÊNCIA DO SOLO**

**GLAUCIO DA CRUZ GENUNCIO**

Dissertação submetida ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de Concentração em Ciência do Solo, como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, em Agronomia, área de Concentração em Ciência do Solo.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 28/02/2005

---

Nidia Majerowicz. Dr. UFRRJ  
(Orientador)

---

Everaldo Zonta. Dr. UFRRJ  
(Co-orientador)

---

Lázaro Eustáquio Pereira Peres. Dr. ESALQ-USP

---

Sonia Regina de Souza. Dr. UFRRJ

## RIO DE JANEIRO

Terra de encantos e belezas,  
Pontos turísticos, riquezas,  
Praias lindas, contrastes, pobreza,  
Violência, seres humanos, fraquezas.

Estrangeiros turistas, Copacabana,  
Acidentes, assaltos na Suburbana,  
Rio, cidade maravilhosa e bacana,  
Capixaba, Paulista, Mineiro se engana.

Ilha do Governador, Galeão,  
Linha vermelha, contra-mão,  
Centro, Zona Sul, rápido chegarão,  
Maria da Graça, Botafogo, embaixo do chão.

O metrô é seguro e necessário,  
Avenidas cheias de restaurantes, cardápio,  
Praias lotadas, ponte, pedágio,  
A Rio-Niterói, lance rápido.

Ipanema, Leblon, São Conrado,  
Zona Sul, terra invejada,  
Barra da Tijuca, águas geladas,  
Recreio, Grumari, verdes matas.

O carioca, malandro, enrola,  
Teatro, cinema, escola,  
Sambas na esquina, Vila Mimosa,  
Maracanã lotado, Flamengo, cartolas.

O Rio traz grandes emoções,  
Veio inspirar poetas e canções,  
Festival, músicas, Canecão,  
Para o mundo, ele chama a atenção.

Sua história, enredos, carnaval,  
Terra do samba, alegria geral,  
Trabalham muito, a força é total,  
A tristeza volta, três dias, que mal!

Crianças e velinhos na favela,  
Poluição, praias, linha amarela,  
Ruas sujas, avenidas paralelas,  
Escolas de samba, Portela.

Pedra de Guaratiba, praia,  
Próximo à Restinga da Marambaia,  
Baía de Sepetiba, pesca, raia,  
Garotas bonitas, mini-saia.

Trem suburbano, viagem maneira,  
Santa Cruz, Campo Grande, Madureira,  
Vendedores ambulantes, papos, besteira,  
Cascadura, Méier, Centro, viagem ligeira.

Malandragem, gíria, cidade,  
Acari, Mesquita, amizade,  
Ônibus lotado, movimento, cidade,  
Característica do povo, “maldade”.

Subindo para Xerém, serra,  
Matas, lagos, riachos, terra,  
Conhecidos, coincidência mera!  
Motoristas de táxi são “feras”.

Bar do Alemão, Rio-Petropolis,  
Entrar a direita, Teresópolis,  
Ainda há Magé,  
Ao longe, Nilópolis,  
Mauá, praia de pesca, petróleo.

Próximo a Região dos lagos, “Saquê”,  
Cariocas vão, fogem dos problemas por lá,  
Violência, poluição e ecossistemas,  
Verão, gente bonita, Ipanema.

A violência é um mal devassador,  
O Rio é uma cidade boa, merece amor,  
Tem cultura para o povo merecedor,  
O problema é atraso, desamor.

Por Edimilson Gomes da Cruz  
*(um primo mineiro, apaixonado pelo Rio de Janeiro).*

## DEDICATÓRIA

*Este trabalho Dedico: à Deus, pela minha existência;  
Aos meus pais, pelo amor, carinho e apoio por todos estes anos de caminhada;  
A minha irmã e cunhado, pelos conselhos e carinho;  
A Clarissa, por estes dois anos e meio de cumplicidade.*

## AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, por sempre confiar no meu trabalho e por nestes dois anos me mostrar que: “sempre duas ou mais cabeças pensam melhor que uma”;

Ao Armando, amigo recente e que, sutilmente, demonstrou que estará sempre presente, em qualquer ocasião (amigo por definição), obrigado!

Ao Sergio André, primeiramente pela divertida convivência nas aulas de métodos e depois por demonstrar que é uma pessoa justa e de caráter (obrigado por ampliar o conceito de amizade)!

Ao meu Co-orientador Everaldo Zonta por, como haveria de ser esperar, sempre estar pronto para ajudar;

Aos Amigos Pedro Paulo e Wellington Mary, quem diria? Mestrado e Hidroponia (influência de vocês!);

Às professoras Sônia Regina e Lúcia Helena e aos Professores Leonardo Médici, Marcos Gervásio, Nelson Moura, Eduardo Lima e Manlio Silvestre pelas preciosas informações transmitidas neste período de convivência.

À professora Regina (Fitotecnia), pelo empréstimo do espectrofotômetro;

Aos colegas do mestrado, todos sem exceção, pela convivência divertida em todas as ocasiões;

À Vanessa, Marcelle, Wagner, Zé, Daniel e Geovani pela convivência no decorrer do experimento (final de semana, o que é isso?);

Aos estagiários de Fisiologia Vegetal César e Isaías, pela contribuição em parte (preciosa, claro) do meu trabalho;

Ao Laboratório de Nutrição Mineral e as pessoas que lá estão, obrigado pela “mão”!

A Luciene, a Beth, ao Roberto, ao Marquinhos e ao Henrique, por me agüentarem na pressa do dia a dia;

Ao professor Lázaro e ao Professor Furlani, pela disponibilidade ao esclarecimento de quaisquer dúvidas;

Aos produtores hidropônicos Marcelino, Daniel, Francisco e Dejair, por acreditarem no SER: Engenheiro Agrônomo;

Ao meu tio Marco, que apesar da “distância”, participou da minha caminhada até aqui, me ajudando e apoiando;

Ao Tatagiba e família, pela convivência e pelas conversas construtivas sobre produção de morango, tomate, pimentão, salsa crespa, repolho, alface e tomate (e/ou o que desse pra produzir) e as possíveis melhorias na agricultura do Estado do Rio de Janeiro;

Aos Professores Pimentel e Paulo Brioso, pelas preciosas observações “fitopatológicas”.

As firmas Hidrogood (Carlos), Tropical Estufas (Nelson), Qualifértil (Bruno), Sakata, Isla e Takii, pelos materiais doados para a execução deste trabalho;

A minha mãe, a Aldenice e a Geovana pela ajuda no transplante das mudas;

À dona Pá e ao 309 (F-3), pelo café com prosa...;

A UFRuralRJ, ao CPGA-CS e ao LABFER por toda a infraestrutura disponibilizada;

A CAPES pela bolsa concedida;

Ao Brasileiro, que merece sempre, um retorno por todo este “**investimento**”.

## BIOGRAFIA

Gláucio da Cruz Genúncio nasceu em 23 de maio de 1974, no Rio de Janeiro (Carioca da Gema). Aos primeiros 12 meses de vida foi “levado” para Sepetiba, lugarejo em que passou toda a sua infância e adolescência (época boa, diria ele...grandes e inesquecíveis carnavais, falaria em seguida). Filho de Maria Eliza da Cruz Genúncio e Waulir Genúncio Lustoza (com grande orgulho e imensa gratidão), desde cedo trabalhava no comércio pertencente à família. O pai dava-lhe muito carinho, mas cobrava-lhe responsabilidade. Fez certo..., pois ele lhe é grato pelo resto da vida. Estudou desde o jardim da infância (junto com a irmã, pois precisava dela para ir a escola desde cedo) até o segundo ano do segundo grau (ainda juntos!!!) no Instituto Sepetiba. ...Saudosos “Tio Carminho e Tia Inaiá”, donos da escola (ficaram orgulhosos, pois foi um dos primeiros, de vários, à passar no vestibular de uma Instituição Pública. Logo depois, foi concluir seus estudos em Campo Grande (“cidade imensa e barulhenta”, achava ele). Entrou para a Rural no Curso de Agronomia (um mundo novo, repleto de desafios...). No segundo semestre, ingressou como estagiário no Laboratório de Ecofisiologia de Plantas do Instituto de Agronomia. Foi bolsista de IC de 1995 até 1998, orientado pelo Professor Rossiello e co-orientado pelo Estudante de Mestrado Everaldo Zonta, hoje Professor. Formou-se em 1998. Como Agrônomo (orgulho da mãe e do pai, de onde ele estiver) achou interessante o cultivo hidropônico. Antes, pelo desafio lançado por três amigos (Wellington, Zonta e Pedro) que foi o de ajudar na famosa Tese “do Pedro” e após, pela percepção da possibilidade da convivência direta com todas as dificuldades do produtor e de contribuir para a superação das mesmas. Durante cinco anos, ele vivenciou, sorriu e preocupou-se com pessoas que estão dispostas a “viver da” agricultura no Estado do Rio de Janeiro. Se perguntarem das dificuldades, ele responderá: vida de agrônomo e extensionista (sem hesitar e se queixar). Porém, não deixou a vida acadêmica, fez dois aperfeiçoamentos e foi bolsista de apoio técnico. Um certo dia vislumbrou que a sua contribuição poderia ser muito maior se fizesse um estudo mais aprofundado (um Mestrado) na sua segunda casa (que sente um imenso orgulho por ser tão bem acolhido, sempre). Ingressou no Mestrado e hoje sai com um diploma e com mais um desafio (aliás, isso lhe traz uma felicidade imensa, viver sem ele, não teria graça) que é tentar aplicar na prática todos os conceitos aprendidos nestes dois anos de estudo, no intuito de minimizar as agressões ao meio ambiente através da capacitação e conscientização do produtor ao que ele executa.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>3</b>
2.1	A Cultura do Tomateiro.....	3
2.2	Taxonomia do Tomateiro.....	3
2.3	Fatores Ambientais.....	4
2.4	Fatores Nutricionais.....	5
2.5	Nutrição Mineral em Sistemas Hidropônicos.....	7
2.6	Nutrição Mineral do Tomateiro.....	9
2.7	A Técnica do Cultivo Hidropônico.....	11
2.8	Hidroponia: sua Importância e Desafios.....	11
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>13</b>
	<b>Ensaio I - Racionalização no Uso de Nutrientes Minerais no Cultivo Hidropônico de Plantas Jovens de <i>Lycopersicon esculentum</i>.....</b>	<b>13</b>
3.1	Características do Sistema Hidropônico.....	14
3.2	Material Vegetal.....	15
3.3	Condução do Experimento.....	15
3.4	Preparo da Solução Nutritiva.....	17
3.5	Controle Fitossanitário e Dados Ambientais.....	18
3.6	Coletas e Análises do Material Vegetal.....	18
3.7	Análise Estatística.....	19
	<b>Ensaio II: Uso Racional de Nutrientes Minerais para o Crescimento e Produtividade de Genótipos Comerciais de <i>Lycopersicon Esculentum</i> sob Cultivo Hidropônico.....</b>	<b>20</b>
3.8	Condução do Experimento.....	20
3.9	Preparo da Solução Nutritiva.....	23
3.10	Controle Fitossanitário.....	23
3.11	Dados Ambientais.....	23
3.12	Coleta e Análise de Plantas.....	23
3.13	Análise Estatística.....	24
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>25</b>
	<b>Ensaio 1: Racionalização no Uso de Nutrientes Minerais no Cultivo Hidropônico de Plantas Jovens de <i>Lycopersicon Esculentum</i>.....</b>	<b>25</b>
4.1	Caracterização das Condições Ambientais.....	25
4.2	Caracterização do Sistema Hidropônico.....	27
4.3	Crescimento e Acumulação de Biomassa na Parte Aérea do Tomateiro.....	29
4.4	Frações Nitrogenadas e Açúcares Solúveis.....	34
4.4.1.	Teores de nitrato.....	34
4.4.2.	Teores de N-amino livre.....	36
4.4.3.	Teores de açúcares solúveis.....	38
	<b>Ensaio 2: Uso Racional de Nutrientes Minerais para o Crescimento e Produtividade de Genótipos Comerciais de <i>Lycopersicon Esculentum</i> sob Cultivo Hidropônico.....</b>	<b>39</b>
4.5	Caracterização das Condições Ambientais.....	39
4.6	Acúmulo de Biomassa.....	40
4.7	Produção e Qualidade dos Frutos.....	43
4.8	Produtividade.....	45
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>48</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>49</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>50</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>57</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Classificação de tomateiro para fins comerciais. ....	<b>4</b>
<b>Tabela 2.</b> Concentrações iônicas de nutrientes da solução de hoagland & arnon (1950). ....	<b>17</b>
<b>Tabela 3.</b> Concentrações de nutrientes em g.1000l da solução de hoagland ajustada aos tratamentos 100 %, 75% e 50% (t1, t2 e t3, respectivamente). ....	<b>18</b>
<b>Tabela 4.</b> Características fenóticas das cultivares de lycopersicon esculentum utilizadas no ensaio. ....	<b>20</b>
<b>Tabela 5.</b> Produtividade em t.ha <sup>-1</sup> e kg/m <sup>2</sup> das cultivares de tomateiro uc-82, saladinha e t-93 em 50, 75 e 100% de concentração iônica da solução de hoagland (1950). ....	<b>46</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Casa de vegetação do Departamento de Solos, Instituto de Agronomia, UFRRJ, local de implantação e condução do experimento. .... 13
- Figura 2:** Croqui do sistema hidropônico e disposição dos tratamentos (concentração iônica) nos canais de cultivo. .... 14
- Figura 3:** Croqui da área experimental e disposição dos tratamentos: solução de Hoagland & Arnon (1950) diluída a  $\frac{1}{2}$  (50 %)(T1); “Hoagland” diluída a  $\frac{3}{4}$  (75 %)(T2), “Hoagland” na concentração iônica total (100 %)(T3). .... 16
- Figura 4:** Vista geral da área e plantas de tomateiro da cultivar UC-82 em estádio de crescimento vegetativo aos 15 DAT. .... 16
- Figura 5:** Croqui da área experimental com a disposição dos tratamentos: solução de Hoagland & Arnon (1950) diluída a  $\frac{1}{2}$  (50 %); Hoagland diluída a  $\frac{3}{4}$  (75 %), Hoagland na concentração iônica total (100 %) (ensaio 2). C1: cultivar UC-82, C2: cultivar Saladinha e C3: cultivar T-93. .... 21
- Figura 6:** Vista geral da área e das cultivares de tomateiro UC 82, Saladinha e T-93 aos 90 DAT (21/10/2004). .... 22
- Figura 7:** Vista detalhada das cultivares de tomateiro UC-82, Saladinha e T-93 em estádio de desenvolvimento reprodutivo (90 DAT). .... 22
- Figura 8.** Temperatura e umidade relativa (UR %) às 9:00 h (A), 11:00 h (B) e 15:00 h (C) durante a condução do ensaio 1 em 2003. .... 26
- Figura 9.** Condutividade elétrica (CE), temperatura e pH da solução nutritiva durante a condução do ensaio 1 em 2003. .... 28
- Figura 10.** Altura da cultivar UC-82 sob três concentrações da solução de Hoagland & Arnon (1950). Letras maiúsculas comparam efeito da concentração iônica nos dias após plantio (DAT) e letras minúsculas comparam coletas. As barras indicam erro padrão ..... 29
- Figura 11.** Diâmetro do caule da cultivar UC-82 sob três concentrações da solução de Hoagland & Arnon (1950). Letras maiúsculas comparam efeito da concentração iônica nos dias após plantio (DAT) e letras minúsculas comparam coletas. As barras indicam erro padrão. .... 29
- Figura 12.** Massa fresca, em gramas (g), da parte aérea (A), folhas (B) e hastes (C) da cultivar UC-82 sob três concentrações da solução Hoagland & Arnon (1950). Letras maiúsculas comparam efeito da concentração iônica nos dias após plantio (DAT) e letras minúsculas comparam coletas. As barras indicam erro padrão. .... 31
- Figura 13.** Massa seca, em gramas (g), da parte aérea (A), das folhas (B) e nas hastes (C) da cultivar UC-82 sob três concentrações da solução de Hoagland & Arnon (1950). Letras maiúsculas comparam efeito da concentração iônica nos dias após plantio (DAT) e letras minúsculas comparam coletas. As barras indicam erro padrão. .... 32
- Figura 14.** Conteúdo de nitrato ( $\text{mg NO}_3^- \cdot \text{g}^{-1}$  massa fresca) nas folhas e nas hastes da cultivar UC-82 sob três concentrações da solução de Hoagland & Arnon (1950). Letras maiúsculas comparam efeito da concentração iônica nos dias após plantio (DAT) e letras minúsculas comparam coletas. As barras indicam erro padrão. .... 35

- Figura 15.** Conteúdo de N-amino ( $\mu\text{mol.g}^{-1}$  massa fresca) nas folhas (A) e nas hastes (B) da cultivar UC-82 sob três concentrações da solução de Hoagland & Arnon (1950). Letras maiúsculas comparam efeito da concentração iônica nos dias após plantio (DAT) e letras minúsculas comparam coletas. As barras indicam erro padrão. .... 37
- Figura 16.** Conteúdo açúcares ( $\text{mg.g}^{-1}$  massa fresca) nas folhas e nas hastes da cultivar UC-82 sob três concentrações da solução de Hoagland & Arnon (1950). Letras maiúsculas comparam efeito da concentração iônica nos dias após plantio (DAT) e letras minúsculas comparam coletas. As barras indicam erro padrão. .... 38
- Figura 17.** Temperatura e umidade relativa (UR %) as 15:00h durante a condução do ensaio 2 em 2004. .... 39
- Figura 18.** Altura (cm) das cultivares UC-82, Saladinha e T-93, sob três concentrações iônicas de solução nutritiva. As barras representam o erro padrão. .... 40
- Figura 19.** Massa fresca, em gramas (g), parte aérea (A), das folhas (B) e das hastes (C) das cultivares UC-82, Saladinha e T-93, sob três concentrações iônicas de solução nutritiva. Letras maiúsculas comparam efeito da concentração iônica nas cultivares. As barras representam o erro padrão. .... 41
- Figura 20.** Massa seca, em gramas (g), parte aérea (A), das folhas (B) e das hastes (C) das cultivares UC-82, Saladinha e T-93, sob três concentrações iônicas de solução nutritiva. As barras representam o erro padrão..... 42
- Figura 21.** Massa fresca média de frutos em gramas ( $\text{g.fruto}^{-1}$ )(A), número total de frutos ( $\text{frutos.planta}^{-1}$ )(B) Massa fresca média de fruto ( $\text{kg.planta}^{-1}$ )(C) das cultivares UC-82, Saladinha e T-93, sob três concentrações iônicas de solução nutritiva. As barras indicam erro padrão. .... 44
- Figura 22.** Sólidos solúveis ( $^{\circ}\text{Brix}$ ) das cultivares UC-82, Saladinha e T-93, sob três concentrações iônicas de solução nutritiva. .... 45
- Figura 23.** Produtividade por coleta das cultivares UC-82, Saladinha e T-93 nos tratamentos 50 %, 75% e 100% de concentração iônica.durante os 138 DAT ..... 47

## RESUMO

GENUNCIO, Gláucio da Cruz. **Racionalização no uso de nutrientes minerais no cultivo hidropônico do tomateiro** (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Seropédica: UFRRJ, 2004. 61f. (Dissertação, Mestrado em Ciência do Solo).

O cultivo hidropônico do tomateiro requer pesquisas visando à melhoria qualitativa e quantitativa dos fatores envolvidos no processo produtivo. Objetivou-se neste trabalho avaliar o desenvolvimento de três cultivares comerciais de tomateiro em diferentes concentrações iônicas da solução de Hoagland. O experimento foi conduzido em casa de vegetação e sistema hidropônico do tipo NFT (Técnica de Fluxo Laminar de nutrientes) do Departamento de Solos da UFRRJ, Seropédica (RJ). As cultivares utilizadas foram UC-82 e Saladinha, de crescimento determinado e T-93 de crescimento indeterminado. Os nutrientes minerais foram supridos utilizando-se a solução nutritiva de Hoagland nas concentrações iônicas 50%, 75% e 100%. A temperatura e umidade relativa no interior da casa de vegetação foram monitoradas e o pH e a condutividade elétrica das soluções nutritivas controlados no decorrer do experimento. Realizaram-se dois ensaios. No primeiro, avaliou-se o desenvolvimento vegetativo de plantas jovens da cultivar UC-82 quanto ao acúmulo de biomassa fresca e seca e quanto aos teores de  $\text{NO}_3^-$ , N-amino e açúcares solúveis na parte aérea. No segundo ensaio, avaliou-se o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das cultivares UC-82, Saladinha e T-93 quanto ao acúmulo de biomassa fresca e seca na parte aérea, massa fresca de fruto, número de frutos por planta, massa fresca total de frutos por planta, teor de sólidos solúveis totais ( $^{\circ}\text{Brix}$ ) e produtividade. Nas condições climáticas de Seropédica, fatores ambientais críticos como temperatura e umidade relativa, no interior da casa de vegetação, assumiram valores extremos ao longo do experimento, indicando a necessidade de dispositivos que melhorem o balanço térmico no interior da estufa. O crescimento vegetativo da cultivar UC-82 foi melhor na concentração iônica 75% nos dois ensaios. A cultivar Saladinha superou as demais cultivares quanto à altura, massa fresca e seca da parte aérea e produtividade em todos os tratamentos. As concentrações iônicas pouco influenciaram o crescimento vegetativo das cultivares Saladinha e T-93. A menor produtividade foi observada na cultivar UC-82. A produtividade foi fortemente influenciada pelas características genotípicas das cultivares. Porém observou-se que a concentração iônica 75% promoveu a produção de um maior número de frutos por planta nas cultivares Saladinha e T-93, influenciando a produtividade nesta concentração iônica. Nas condições deste estudo, elevada irradiância e temperaturas, a solução de Hoagland com 75 % de força iônica mostrou-se adequada ao crescimento e produtividade das três cultivares. A cultivar Saladinha demonstrou maior produtividade no sistema de cultivo hidropônico NFT nas condições climáticas da região da Baixada Fluminense.

**Palavras chave:** Concentração salina, qualidade de frutos, produtividade.

## ABSTRACT

GENUNCIO, Gláucio da Cruz. **Rationalization the use of mineral nutrients in hidroponic cultivation of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.)**. Seropédica: UFRRJ, 2004. 61f. (Dissertation, Master Science in Agronomy, Soil Science).

Hydroponics cultivation of tomato plants requires research to improve qualitative and quantitative factors involved in the productive process. The aim of this work was to study development of three commercial cultivars of *Lycopersicon esculentum* grown in different concentrations of Hoagland nutrient solution. The experiment was conducted in a greenhouse at Soil Department of UFRRJ, Seropédica (RJ), using the Nutrient Film Technique system (NFT). Two tomato cultivars of determined growth known as UC-82 and 'Saladinha' and another one of undetermined growth named T93 were supplied with 50 %, 75 % and 100 % Hoagland nutrient solution. Temperature and relative humidity in the greenhouse and the pH and electric conductivity of nutrient solutions were monitored. Two experiments were set in the greenhouse. In the first, it was evaluated the vegetative growth of young plants of UC-82 cultivar by determining the fresh and dry mass accumulation as well as the  $\text{NO}_3^-$ , amino-N and soluble sugars concentration in the shoot tissues. In the second experiment it was evaluated the vegetative and reproductive growth of UC-82, 'Saladinha' and T93 cultivars. In this experiment it was determined the fresh and dry mass accumulation in the shoot, the fruit fresh mass, the number of fruits per plant, total fresh mass per plant, the concentration of soluble solutes (°Brix) and productivity. In the climatic conditions of Seropédica, critical environmental factors such as temperature and relative humidity reached extreme values during the day time. This indicates the need of some device to improve the thermal balance in the greenhouse. The vegetative growth of UC-82 cultivar was better in 75 % ionic strength in both experiments. The 'Saladinha' cultivar surpassed the other cultivars in final height, fresh and dry mass accumulation in the shoots and productivity in all treatments. The nutrient concentrations poorly influenced the vegetative growth of 'Saladinha' and T93 cultivars. The lowest productivity was found in the UC-82 cultivar. Plant productivity was strongly dependent on the genotype. On the other hand, the nutrient solution with 75 % of ionic strength tended to increase the number of fruits per plant in 'Saladinha' and T93 cultivars thus positively affecting plant productivity. In the conditions of this study, high irradiance and temperatures, the 75% strength Hoagland solution showed to be more adequate for growth and productivity in all studied cultivars. The 'Saladinha' cultivar was the most productive in the NFT system in the climatic conditions of 'Baixada Fluminense' region.

**Keywords** : Saline concentration, fruit quality, productivity

## 1 INTRODUÇÃO

Os cultivos hidropônicos representam uma alternativa aos sistemas convencionais por possibilitar a obtenção de produtos de boa qualidade, de maior uniformidade e com menor gasto de água (CASTELLANE & ARAÚJO, 1994; FAQUIN et. al., 1996; RESH, 1997; GARCIA et. al., 1998; GUALBERTO et. al., 1999), representando uma alternativa promissora para a diversificação do agronegócio. Destacam-se, também, outras motivações em relação à tecnologia de cultivo hidropônico, dentre elas: maior rendimento por área, menor incidência de pragas e doenças, maior facilidade de execução dos tratamentos culturais, melhor programação de produção e ciclos mais curtos, em decorrência de melhor controle ambiental (MARTINEZ & BARBOSA, 1996).

Hanger (2001) fez um levantamento dos principais países em relação à área, em hectares, implantada e espécies cultivadas hidroponicamente. As classificações foram ordenadas de forma decrescente por países, por área e tipos de culturas: Holanda (10.000 ha; tomate, pepino, pimentão, gerbera, rosas, crisântemos, cravo, rabanete, e alface); Espanha (4.000 ha; alface, pepino e tomate); Canadá (2.000 ha; tomate, pimentão e pepino); França (1.000 ha; pepino, tomate, pimentão e flores); Japão (1000 ha; Tomate, morango, alface, pepino, rosas e crisântemos); Israel, Bélgica, Alemanha, Nova Zelândia, Austrália, Itália, EUA, entre outros, tem áreas menores que 1000 ha e a produção varia entre tomate, pepino, pimentão e flores de corte. Segundo o autor, o Brasil encontra-se na vigésima posição, com uma área de aproximadamente 50 ha. Acredita-se, porém, que atualmente, essa área seja, no mínimo, duas vezes maior que esse valor.

Texeira (1996) destaca que, praticamente, em todos os estados brasileiros cultiva-se hortaliças em hidroponia, tendo como culturas principais alface, rúcula, pimentão, morango e tomate. Outras hortaliças estão restritas a pequenas áreas experimentais ainda sem representatividade no mercado, como é o caso do agrião, salsa e melão (COSTA et al., 2000).

Economicamente, deve-se considerar o custo de implantação e o alto nível tecnológico exigido nesse sistema (MARTINEZ & BARBOSA, 1996; COSTA et al., 2000), além da necessidade de mão-de-obra especializada e capacitação do produtor com uma assistência técnica especializada (TEIXEIRA, 1996). Segundo Bernardes (1997), o custo na implantação de um sistema hidropônico era de R\$ 45,00/m<sup>2</sup>. O custo médio atualmente, está em torno de R\$ 65,00/m<sup>2</sup> (considerando-se: montagem das estufas, do sistema hidropônico, do sistema de abastecimento hidráulico e elétrico).

De modo geral, a condução de cultivos hidropônicos requer um acompanhamento permanente do funcionamento do sistema, principalmente o fornecimento de energia elétrica e o controle das características químicas e físicas da solução nutritiva (FAQUIN, 1996). Pesquisas de novos produtos e técnicas adequadas ao controle de pragas e doenças são de primordial importância, visto que a utilização de agrotóxicos convencionais elimina um dos atrativos comerciais do produto hidropônico que é a qualidade biológica (TEIXEIRA, 1996).

No cultivo do tomate em hidroponia, o sistema mais utilizado é classificado como Nutrient Film Technique ('NFT') ou fluxo laminar de nutrientes. Moraes (1997) descreve o sistema 'NFT' afirmando que os nutrientes são disponibilizados por uma lâmina de solução nutritiva que passa pelas raízes das plantas, em perfis apropriados para o cultivo (tubos de PVC ou polipropileno), em frequências e turnos de rega pré-estabelecidos. No entanto, este sistema ainda carece de informações quanto aos aspectos

de montagem e manutenção, exigindo a intensificação de pesquisas visando condições locais (KOEFEENDER, 1996; BERNARDES, 1997; COHEN, 1998).

Dentre os fatores de produção, a nutrição mineral é essencial para elevar a produtividade e melhorar a qualidade. Todos os nutrientes essenciais fornecidos devem ser aplicados em níveis compatíveis às exigências de cada cultura e de acordo com a fase de desenvolvimento (HAAG et. al., 1993; PINTO et. al., 1997).

A diagnose do estado nutricional é de grande interesse para a pesquisa em nutrição mineral. Devido à ausência de tamponamento na solução nutritiva, as concentrações de fósforo são 125 a 675 vezes mais elevadas do que as do elemento em um solo fértil, as de potássio 49 a 126 vezes e as de nitrogênio 16 a 56 vezes maiores. Para cálcio, magnésio e enxofre, as diferenças são de menor magnitude, como também para os micronutrientes, à exceção do ferro (MARTINEZ & BARBOSA, 1996).

A proporção relativa entre cátions é também bastante diferente nas soluções nutritivas e na solução do solo. Enquanto no solo a relação K/Ca permanece relativamente estável, em soluções nutritivas ela se apresenta muito elevada no início do cultivo, caindo bruscamente, tornando-se mínima antes da renovação. Essas diferenças devem-se ao fato de o solo apresentar capacidade de repor elementos minerais continuamente para a solução à medida que estes são absorvidos pelas raízes, o que se denomina capacidade tampão (FURLANI et al., 1999). Martinez & Barbosa (1996) afirmam que para a minimização de erros experimentais na análise de sintomas induzidos pelo excesso ou deficiência de um nutriente em solução nutritiva é recomendável a utilização de concentrações mínimas do mesmo. A definição destas concentrações mínimas deve ser objeto de estudo tendo em vista as diferenças genotípicas, ambientais e as demandas associadas às diferentes fases do desenvolvimento.

Demais fatores como temperatura da solução nutritiva (níveis ótimos em torno de  $22 \pm 3$  °C); temperatura ambiente ( $25 \pm 5$  °C); umidade relativa (60-70 %); faixas de pH (entre 5,5 a 6,5) devem ser monitorados e, na medida das possibilidades técnicas, controlados. O controle do pH é relevante para a manutenção da integridade das membranas (pH = 4,0) e para evitar a precipitação de micronutrientes como ferro, boro e manganês ou o fósforo (FURLANI et al., 1999; MARTINEZ, 2002). A condutividade elétrica ( $1,5$  a  $4,0$  mS.cm<sup>-1</sup>) encontra-se diretamente associada à concentração iônica e a absorção dos nutrientes pela cultura ao longo do seu desenvolvimento. A reposição diária de sais bem como a renovação da solução nutritiva em intervalos pré-determinados é orientada pela condutividade elétrica. Em média, a renovação da solução nutritiva se dá a cada 30 dias e o seu manejo adequado influencia qualitativamente e quantitativamente o desempenho da cultura.

Em geral, há uma tendência à redução da concentração iônica da solução nutritiva nos cultivos hidropônicos comerciais, especialmente em ambientes cujas temperaturas, luminosidade e umidade relativa são altas e nas estações mais quentes do ano (FURLANI et al., 1999).

O objetivo deste trabalho foi avaliar respostas fisiológicas, crescimento e produtividade do tomateiro (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) em relação à concentração iônica da solução nutritiva em sistema de fluxo laminar de nutrientes, em casa de vegetação, nas condições da Baixada Fluminense, caracterizada por elevadas temperaturas.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A Cultura do Tomateiro

O tomateiro é originário da América do Sul, mais especificamente entre o Equador e o Norte do Chile, encontrando-se muitas espécies desde o litoral do Pacífico até uma altitude de 2.000 metros nos Andes, sendo, portanto uma planta de clima tropical de altitude que se adapta a quase todos os tipos de climas, porém não tolerando temperaturas extremas (GOTO, 1995). A espécie cultivada *Lycopersicon esculentum* originou-se da espécie andina e silvestre *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme* (TAYLOR, 1986).

No mundo, o tomateiro é a segunda hortaliça cultivada, sendo apenas superada pela batata. No Brasil, o tomateiro foi introduzido por imigrantes europeus no fim do século XIX (CANÇADO JÚNIOR et al., 2003). Desde então, o seu cultivo começou a se consolidar, tornando-se a hortaliça de fruto mais importante do Brasil a ponto de ocupar o primeiro lugar em valor e volume de produção (MARTINS, 1992; SCHMIDT, 2000).

Com uma produção anual de cerca de 3,04 milhões de toneladas, numa área em torno de 60.000 ha, o Brasil é o oitavo maior produtor mundial e o décimo primeiro em termos de produtividade, com cerca de 55 t.ha<sup>-1</sup>. Considerando-se o panorama nacional, Goiás é o maior produtor, com área de 10.274 ha e produção de 721.525 toneladas (produtividade igual a 70,22 t.ha<sup>-1</sup>), em seguida, Minas Gerais com uma área de 10.245 ha e 626.580 t. (61,16 t.ha<sup>-1</sup>), São Paulo com 10.290 de área e 625.630 toneladas (60,79 t.ha<sup>-1</sup>), Bahia (35,38 t.ha<sup>-1</sup>) e o Estado do Rio de Janeiro, que ocupa a quinta posição, segundo dados publicados pelo IBGE (2002). A produtividade do Rio de Janeiro, ao lado dos três primeiros Estados, está acima da média nacional (59 t.ha<sup>-1</sup>), com uma área de 3.342 ha e produção de 197.398 toneladas. A produção de tomate no Estado do Rio de Janeiro, principalmente para consumo *in natura*, tem grande potencial para expandir-se, tendo em vista a proximidade dos grandes centros consumidores.

### 2.2 Taxonomia do Tomateiro

O tomateiro pertence à família botânica Solanaceae e ao gênero *Lycopersicon*. Este último é, atualmente, constituído de nove espécies (TAYLOR, 1986). A espécie cultivada é uma planta herbácea, com folhas pecioladas, compostas e com número ímpar de folíolos e caule flexível com abundância em brotações laterais (FILGUEIRA, 2000).

O gênero *Lycopersicon* pode ser dividido em dois complexos: o *esculentum*, que engloba: *Lycopersicon esculentum* Mill., *L. pimpinelifolium* (juisl.) Miller, *L. cheesmani* Riley, *L. hirsutum* Humb. & Bonpl., *L. pennellii* (Corr) D' Arcy., *L. chmielewskii* Rick, Kes., Fob & Holle, *L. parviflorum* Rick, Kes., Fob & Holle e o complexo *peruvianum*, composto de duas espécies: *Lycopersicon. peruvianum* (L) Miller e *L. chilense* Dun.. Um aspecto relevante no complexo *esculentum* é a possibilidade de melhoramento genético devido à inexistência de barreiras reprodutivas entre as espécies. Cabe ressaltar, no entanto, que existem barreiras no cruzamento entre espécies dos dois complexos do gênero. Rick et al. (1990) propuseram uma chave dicotômica simplificada facilitando a identificação das nove espécies dos dois complexos. Por outro lado, existem classificações para fins comerciais fundamentadas em características do fruto e hábito de crescimento das plantas, conforme descrito na Tabela 1.

**Tabela 1.** Classificação de tomateiro para fins comerciais.

<b>Grupo</b>	<b>Razão comprimento/diâmetro equatorial</b>	<b>Número de lóculos do fruto</b>	<b>Hábito de crescimento (Maior % no Grupo)</b>
CAQUI	< 0,9	5-10	Indeterminado
SALADA	>0,9 e <1,0	5-10	Indeterminado
SANTA CRUZ	>1,0 e <1,15	2-3	Indeterminado
ITALIANO	> 1,15	2	Determinado
CEREJA	Diâmetro equatorial < 39 mm	2	Indeterminado

Fonte: Filgueira (2000).

### 2.3 Fatores Ambientais

Os fatores do meio ambiente que mais influenciam a composição e qualidade da parte aérea e dos frutos de tomate são: luminosidade, temperatura, umidade relativa e disponibilidade de nutrientes (MONTAGU, 1990; YADAV et. al., 1992; EL-GIZAWY et al., 1993; NAPHADE, 1993; JOHJIMA, 1994; YANAGI et. al., 1995; SAMPAIO & FONTES, 1998). Em especial, para hidroponia, a aeração ( $6,5 \text{ mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$  de solução) e temperatura da solução nutritiva ( $22 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ ) são fundamentais (MORAES, 1997).

O tomateiro adapta-se melhor em climas mais amenos, com variação de temperaturas diurnas de  $27 \pm 4 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $18 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  para as noturnas. Considera-se que esta variação é ideal, sendo um fator preponderante na obtenção de maiores produções (MORAES, 1997). Cabe ressaltar que o tomateiro não é tolerante as variações extremas de temperatura e que algumas cultivares exibem um grau de tolerância maior a temperaturas mais elevadas. Quando exposto a baixas temperaturas, o tomateiro tem seu comportamento afetado quanto ao crescimento e desenvolvimento. Filgueira (2003) destaca, que sob tais condições, ocorrem os fenômenos de encurtamento dos entrenós, diminuição do porte da planta, inibição da formação de frutos e, conseqüentemente, uma colheita tardia. Por outro lado, a exposição a temperaturas noturnas elevadas, acima de  $32^\circ\text{C}$ , causa abortamentos de flores, mau desenvolvimento dos frutos e formação de frutos ocos, além da produção de pólen ser afetada, com influencia direta na polinização e, conseqüentemente, na produtividade (SILVA & GIORDANO, 2000).

O tomateiro é pouco responsivo ao fotoperíodo, desenvolvendo-se bem tanto em dias curtos como em dias longos. Porém, na prática, as lavouras instaladas na primavera-verão podem apresentar uma produtividade maior em relação às lavouras de outono-inverno (MORAES, 1997).

A umidade relativa é um fator preponderante no cultivo do tomateiro. Segundo Moraes (1997), a faixa de umidade relativa favorável situa-se em torno de 60 a 70 %. Nesta faixa, ocorre um maior controle de doenças fúngicas, como requeima e septoriose. As flutuações de umidade, aliadas às variações bruscas na temperatura e desequilíbrios nutricionais associados (cálcio, por exemplo) podem favorecer ao aparecimento de distúrbios fisiológicos como: a morte de meristema apical; podridão estilar dos frutos; bifurcação do racimo; abortamento de flores; frutos ocos e defeituosos; branqueamento ou escurecimento dos frutos; maturação irregular dos frutos; lóculo aberto e rachadura do caule.

A mobilidade do cálcio dentro da planta é altamente dependente do fluxo transpiratório. Por ser revestido por uma película cerosa, que reduz perdas de água por transpiração, o fruto do tomateiro apresenta limitações à entrada de cálcio em seus tecidos. Em condições de alta transpiração, as folhas do tomateiro mobilizam

relativamente mais cálcio para si do que os frutos. Com isso, os frutos em crescimento não recebem a quantidade necessária de cálcio para a estruturação de seus tecidos, ocorrendo uma maior fluidez nas paredes celulares (FERREIRA et al., 1992).

## 2.4 Fatores Nutricionais

Os nutrientes minerais são elementos obtidos na forma de íons inorgânicos da solução do solo (TAIZ & ZEIGER, 2004) e de soluções nutritivas (FURLANI et al., 1999). Apesar de esses nutrientes circularem continuamente por todos os organismos, os sistemas radiculares das plantas são percussores na entrada dos mesmos na biosfera (EPSTEIN, 1999).

A produtividade da maioria das culturas agrícolas aumenta linearmente com a quantidade de nutrientes que absorvem até a faixa de consumo de luxo (LOOMIS & CONNER, 1992; TAIZ & ZEIGER, 2004). Porém, a taxa de crescimento ou de produção é função da concentração mínima dos elementos minerais no sistema planta-solo ou planta-solução nutritiva (no caso da hidroponia).

O deslocamento dos elementos minerais ocorre pelas vias floemática e xilemática. Por meio da corrente transpiracional, os nutrientes são rapidamente distribuídos. A etapa limitante para translocação de nutrientes é a absorção e o transporte iônico via simplástica na raiz. A corrente transpiracional (sistema solo-planta-atmosfera) é uns dos fatores reguladores no transporte dos nutrientes (LARCHER, 2000). No entanto, mesmo com uma velocidade transpiracional pequena, ainda assim, ocorre à movimentação de nutrientes absorvidos pelas raízes para a parte aérea da planta, através da pressão de raiz (FURLANI, 2004).

As formas iônicas dos nutrientes absorvidas pelas plantas são: o nitrogênio ( $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$ ), o fósforo ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ), o potássio ( $\text{K}^+$ ), o cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), o magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), o enxofre ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), o boro ( $\text{H}_2\text{BO}_3^-$ ), o cobre ( $\text{Cu}^{2+}$ ), o ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ), o manganês ( $\text{Mn}^{2+}$ ), o molibdênio ( $\text{MoO}_4^{4-}$ ), o zinco ( $\text{Zn}^{2+}$ ), o níquel ( $\text{Ni}^{2+}$ ) e o cloro (Cl). O carbono (C), o hidrogênio (H) e o oxigênio (O) são incorporados ao metabolismo vegetal através do processo fotossintético a partir da água e do  $\text{CO}_2$  atmosférico.

Uma vez incorporados aos tecidos das plantas, os nutrientes minerais tornam-se componentes de moléculas estruturais ou ativadores de enzimas ou reguladores do grau de hidratação do protoplasma e, por extensão, da atividade biológica de proteínas. Como função fisiológica de cada elemento, Larcher (2000) enumera que o nitrogênio é um componente essencial do protoplasma e das enzimas; o fósforo faz parte do metabolismo basal e síntese como a fosforilação; o enxofre é componente do protoplasma e enzimas; o potássio tem função sinergista com o amônio e sódio, e antagonista com o cálcio, tendo efeito eletroquímico no potencial da membrana, na osmorregulação, na movimentação estomática e na ativação enzimática; o magnésio tem função na regulação da hidratação e metabolismo basal (fotossíntese) e, finalmente, o cálcio é um ativador enzimático, mensageiro secundário nas vias de transdução de sinais, participa da estrutura da parede celular e da integridade estrutural e funcional das membranas (MARSHNER, 1995).

A proporção dos elementos minerais requerida pelas plantas pode ser fortemente determinada pela família, espécie, pelo estágio de desenvolvimento ou pelo órgão da planta. Entretanto, para a planta atingir um metabolismo balanceado, uma alta produção de matéria seca e desenvolvimento adequado existem dois fatores primordiais: quantidades suficientes e proporções balanceadas de nutrientes (LARCHER, 2000).

Liebig em 1862 estabeleceu que a substância mineral em menor concentração limita o crescimento das plantas. Para Arnon & Stout (1936), um elemento é essencial quando a sua ausência impede a planta de completar o seu ciclo de vida, por estar envolvido em um evento fisiológico vital (EPSTEIN, 1999). Esses conceitos são

conhecidos como “critérios de essencialidade” e definem os nutrientes minerais. Cabe ressaltar, que alguns elementos são considerados “benéficos” ao crescimento de plantas, pois apesar de não atenderem aos critérios de essencialidade, de alguma forma, trazem melhoria em fases do ciclo de algumas plantas. Por exemplo, o sódio (Na) é exigido pelas plantas halófitas, o silício (Si) aumenta a resistência ao ataque de pragas e doenças para algumas gramíneas e o cobalto (Co) participa na fixação biológica do nitrogênio atmosférico em plantas leguminosas (LARCHER, 2000).

Quando o suprimento de nutrientes para as plantas é inadequado, desenvolvem-se desordens fisiológicas manifestadas por sintomas característicos de deficiência ou toxidez, estes sintomas dependem da função ou funções do nutriente e de sua capacidade de movimentação no floema e xilema (ROBERTS & HARMON, 1992; LARCHER, 2000).

Taiz & Zeiger (2004), relatam que os sistemas de cultivo hidropônico permitem a remoção de um elemento essencial, podendo ser prontamente correlacionado a um determinado conjunto de sintomas. Para Martinez (2002) o uso de cultivo hidropônico na pesquisa é de grande importância para a diagnose do estado nutricional, para o estabelecimento de sintomas induzidos de carência ou de excessos de elementos e para o estudo da interação entre os nutrientes e o crescimento das plantas. A autora ainda destaca que sistemas hidropônicos facilitam estudos sobre as taxas de translocação e compartimentalização de nutrientes em plantas, efeitos da temperatura na absorção de nutrientes e de concentrações iônicas elevadas de sais na absorção de íons, transpiração, fotossíntese, crescimento e produção de plantas.

Taiz & Zeiger (2004) classificam os nutrientes em grupos bioquimicamente funcionais, cujas funções distinguem-se como: grupo 1 - nutrientes que fazem parte dos compostos de carbono (N e S); grupo 2 - importantes no armazenamento de energia e integridade estrutural (P e B); grupo 3 - nutrientes que permanecem na planta em sua forma iônica (K, Ca, Mg, Cl e Na) e grupo 4 - nutrientes envolvidos em reações redox (Fe, Zn, Cu, Ni e Mo).

Furlani et al. (1999), classifica os nutrientes em três grupos distintos, de acordo com a redistribuição no interior das plantas: os móveis ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , P, K e Mg), os de mobilidade moderada (S, Mn, Fe, Zn, Cu e Mo) e os imóveis (Ca e B).

A imobilidade de um nutriente na planta está associada à sua falta de mobilidade no floema, impedindo a sua remobilização na planta. Se um elemento essencial é móvel, sintomas de deficiência tendem a aparecer primeiro em folhas mais velhas devido a remobilização. Por outro lado, se a deficiência é de um elemento imóvel, a manifestação dos sintomas de deficiência será em folhas novas. Os elementos como o N, P e K podem prontamente mover-se de folha para folha, sendo redistribuídos no interior da planta. Entretanto, boro, ferro e cálcio são relativamente imóveis na maioria das espécies vegetais e seus sintomas de deficiência são diagnosticados em órgãos jovens (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Os sintomas de deficiência de fósforo são expressos por uma perturbação no processo reprodutivo através do atraso da floração e coloração verde-escura ou bronze-violeta das folhas e hastes. Para o potássio, observam-se ondulações, necroses das margens foliares e distúrbios no balanço hídrico da planta Taiz & Zeiger (2004).

Os sintomas de deficiência de cálcio expressam-se em folhas jovens devido à sua imobilidade no floema, sendo influenciado por condições ambientais específicas, como, por exemplo, elevadas umidade relativa do ar e temperaturas diurnas e noturnas (LOPES & SANTOS, 2003). O Ca é um elemento altamente dependente do fluxo transpiratório na planta e mesmo em concentrações adequadas na solução nutritiva pode tornar-se deficiente em alguns órgãos. Quando a sua distribuição entre os drenos (ápices vegetativos e frutos, por exemplo) é limitada por fluxos transpiratórios desiguais,

podem surgir distúrbios fisiológicos (TAIZ & ZEIGER, 2004). A podridão estilar em frutos de tomateiro desenvolve-se quando os mesmos crescem rapidamente e os fluxos transpiratórios foliares são muito intensos (GOTO et al. 2001). Isto ocorre devido ao baixo fluxo transpiratório nos frutos em formação. Convém ressaltar que o Ca é um elemento de extrema importância para a síntese de paredes celulares, integridade das membranas celulares, entre outras funções sendo primordial para a produção de hortaliças de fruto e tornando-se um dos nutrientes mais limitantes no cultivo hidropônico de várias hortaliças, dentre elas o tomateiro (MARSCHNER, 1995; SILVA & GIORDANO, 2000; TABATABAEI et al., 2001).

## 2.5 Nutrição Mineral em Sistemas Hidropônicos

Uma solução nutritiva favorável ao desenvolvimento vegetal não envolve apenas o atendimento da demanda nutricional da cultura, mas também um controle contínuo dos fatores que influenciam o equilíbrio e a disponibilidade dos nutrientes na solução nutritiva, tais como a qualidade da água, o pH, a aeração, a temperatura e a condutividade elétrica da solução Martinez (2002).

Texeira (1996) destaca que a água utilizada para hidroponia não deve conter mais do que 350 ppm de sais totais, no entanto, a qualidade da água para uso agrícola não refere-se apenas à sua salinidade, que é à quantidade de sólidos totais dissolvidos (expressa em  $\text{mg.L}^{-1}$ , ppm ou  $\text{mS.cm}^{-1}$ ), outros parâmetros devem ser avaliados para a qualificação da água para fins de irrigação, tais como: a proporção relativa de sódio em relação aos demais sais, a concentração de elementos tóxicos, concentração de bicarbonatos e aspectos sanitários (BERNARDO, 1995).

A alta concentração de sais é um fator de estresse para as plantas, pois apresenta atividade osmótica reduzindo o potencial hídrico, além das ações tóxicas de íons como o  $\text{Na}^+$  sobre o protoplasma. A água é osmoticamente retida em uma solução salina de forma que o aumento da concentração de sais torna a água cada vez menos disponível para a planta (LARCHER, 2000).

Cuartero & Muñoz (1999) verificaram uma inibição da germinação em oito genótipos de tomateiros a partir de concentrações acima de 80mM de NaCl. O estresse osmótico leva a uma redução da taxa fotossintética das plantas, não somente pelo fechamento estomático, mas também pelo efeito salino nos cloroplastos, em particular no transporte eletrônico e nos processos secundários Larcher (2000). Quando o conteúdo de NaCl é alto, a absorção de  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Ca}^{2+}$  é reduzida. Cabe ressaltar que os processos de crescimento e expansão celular são particularmente sensíveis ao estresse salino, podendo ocorrer nanismo e inibição da expansão das raízes, por exemplo. Em plantas submetidas ao estresse salino, o desenvolvimento da gema apical é retardado, os ramos ficam atrofiados e a área foliar é reduzida. Ocorre ainda o aparecimento de necroses nas folhas e há a indução do processo de senescência precoce devido a um decréscimo nos níveis de citocinina e aumento nos níveis de ácido abscísico e de etileno (LARCHER, 2000).

Uma classificação proposta pelo U.S. Salinity Laboratory Staff – U.S.D.A Agriculture Handbook N<sup>o</sup> 60 estabelece níveis de condutividade elétrica (CE) adequados para a água de irrigação como de salinidade baixa em torno de  $0,25 \text{ mS.cm}^{-1}$  e salinidade média entre  $0,25$  a  $0,75 \text{ mS.cm}^{-1}$  (BERNARDO, 1995). De modo geral, uma água cuja CE esteja acima de  $0,5 \text{ mS.cm}^{-1}$  pode ser desfavorável ao uso em hidroponia (MARTINEZ, 2002). Outros parâmetros devem ser avaliados para a qualificação química da água para fins de irrigação como: razão de adsorção de sódio (RAS), alta concentração de elementos tóxicos (Cl, Na e B) e de bicarbonatos (BERNARDO, 1995).

Quanto à ausência de parasitas e microrganismos patogênicos aos seres humanos, Cometti (2003) afirma que a utilização de água de boa qualidade em cultivos hidropônicos permite a produção de hortaliças para consumo *in natura* livres de contaminação. Uma das principais contaminações dos produtos hortigranjeiros é, de modo geral, verminoses. Porém, a principal doença para o manipulador do sistema de irrigação é a esquistossomose (BERNARDO, 1995). De acordo com Marouelli et al (2001) o índice de coliformes totais e fecais para o uso da água para fins de irrigação do tomateiro é de 200 coliformes fecais/100 mL de água e 1000 coliformes totais/100mL de água. Quanto ao pH, a sua manutenção é de extrema importância para o cultivo hidropônico, sendo uma das atividades de controle da solução nutritiva mais laboriosa. A faixa de pH ideal para a maioria das plantas esta entre 5,5 a 6,5 (MORAES, 1997; MARTINEZ, 2002; FURLANI et al, 1999). O efeito do pH sobre o crescimento das plantas em solução pode ser direto e indireto. O direto resulta da ação dos íons  $H^+$  sobre as membranas das células das raízes. Em valores de pH inferiores a 4,0, há um comprometimento da permeabilidade das membranas, o crescimento radicular é retardado. Por outro lado, o pH elevado, acima de 7,5, afeta o potencial eletroquímico transmembrana, havendo também alteração da estrutura e da solubilidade de compostos fenólicos do citosol, vacúolos e paredes celulares (MARTINEZ, 2002). O efeito indireto diz respeito à redução da solubilidade de nutrientes, afetando a capacidade de absorção dos mesmos na planta. Quando o pH esta abaixo de 5,0 (ácido), a disponibilidade dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S é baixa. Por outro lado, em valores de pH acima de 6,5 (alcalino), a disponibilidade de micronutrientes como Fe, Cu, Mn e Zn é reduzida. Portanto, a manutenção da faixa de pH em valores de  $6,0 \pm 0,5$  é de extrema importância para o cultivo de plantas em solução nutritiva (FURLANI et al., 1999).

De acordo com Marschner (1995), embora os processos físicos sejam pouco afetados pela temperatura, as reações químicas sofrem grande influência deste fator. Uma das possíveis explicações para a influência da temperatura sobre a absorção de íons pelas plantas é a alteração da atividade de proteínas ligadas ao sistema de transporte de íons nas células vegetais. Em cultivos hidropônicos, a elevação da temperatura acima de 32 °C inibe o crescimento radicular. A faixa ótima encontra-se entre 23 e 27 °C (MORAES, 1997).

Processos vitais do sistema radicular, como a absorção de nutrientes e manutenção do metabolismo basal, envolvem gasto de energia produzida a partir da respiração radicular diretamente dependente do oxigênio ( $O_2$ ) dissolvido na solução. A quantidade de  $O_2$  dissolvido na água depende da temperatura da solução (MARTINEZ, 2002). A falta de oxigenação no meio radicular prejudica a absorção de nutrientes. Em geral, os níveis de oxigênio ao atingirem valores inferiores a 6,5  $mg.L^{-1}$  na solução são prejudiciais à absorção de nutrientes (MORAES, 1997). Segundo Martinez (2002) a solubilidade máxima de  $O_2$  em água a 28 °C é de 7,9  $mg.L^{-1}$ , enquanto que a 45 °C é de apenas 6,1  $mg.L^{-1}$ . Quando a temperatura da solução aumenta de 23 para 28 °C, o percentual de oxigênio em solução se reduz de 78 para 66 % da solubilidade máxima (6,5 para 5,2  $mg.L^{-1}$ ). De modo geral, recomenda-se a manutenção da temperatura da solução em valores abaixo de 32 °C.

Existem diferenças importantes entre a adubação em cultivo hidropônico e no solo, que são a ausência da capacidade tampão e de reposição natural de nutrientes na solução nutritiva, quando estes são retirados do meio pelas as raízes. O tamponamento e a reposição de nutrientes são, normalmente, observados no cultivo no solo entre as fases sólida e líquida (FURLANI et al., 1995). A ausência de uma solução de nutrientes tamponada em hidroponia implica na necessidade de concentrações mais elevadas na solução. À medida que as plantas vão absorvendo os nutrientes, a concentração relativa entre estes vai sendo alterada. Furlani et al. (1995) destaca que a relação  $NO_3^-:NH_4^+$

(nitrato:amônio) em uma solução tem grande influência na manutenção do pH. Observa-se que as relações 90:10 e 80:20 foram as que menos alteraram o pH da solução. Logo, a maioria das fórmulas utilizadas para cultivo hidropônico utilizam relações próximas à estas para que não haja necessidade de constantes correções de pH. A quantidade de N amoniacal na formulação não deve ultrapassar 20 % do total de nitrogênio recomendado ou necessário (FURLANI et al, 1999).

A composição de uma solução nutritiva também depende de fatores ligados ao cultivo, incluindo variáveis ambientais, a época do ano, a espécie vegetal ou mesmo a cultivar utilizada Furlani et al (1999). Quando se procede a uma análise das exigências nutricionais das plantas, devem-se focar as relações entre os nutrientes, pois essa é uma indicação da relação de extração do meio de crescimento. Considerando-se o cultivo de hortaliças folhosas, por exemplo, plantas de espinafre e rúcula irão absorver maiores quantidades de cálcio do que plantas de alface e agrião, devido à sua maior demanda por esse nutriente. Conseqüentemente, a afirmação de que não existe uma solução nutritiva ideal para todas as espécies vegetais e condições de cultivo são justificáveis. Cada espécie vegetal ou mesmo cultivar tem exigências nutricionais específicas e o sucesso do cultivo hidropônico requer o seu conhecimento.

Uma possibilidade de se avaliar a quantidade de sais no cultivo hidropônico é através do controle da condutividade elétrica da solução nutritiva. Essa característica está ligada à quantidade de sais presentes no meio. A condutividade elétrica é dependente da cultura a instalar. Alberoni (1998) e Benoit (1987) relatam como valores ideais de  $1,5 \text{ mS.cm}^{-1}$  para o morango,  $2,5 \text{ mS.cm}^{-1}$  para a alface e outras folhosas e  $3,5 \text{ mS.cm}^{-1}$  para o tomate e pepino cultivados no sistema NFT. Já para Furlani et al. (1999), a faixa de CE para hortaliças folhosas encontra-se entre  $1,0$  a  $1,6 \text{ mS.cm}^{-1}$  e para hortaliças de fruto  $2,0$  a  $4,0 \text{ mS.cm}^{-1}$ .

Muitas vezes, uma mesma solução nutritiva não responde eficazmente ao crescimento e produtividade de uma mesma cultivar em diferentes condições de cultivo e clima. Raj (1993) afirma que diferenças nas recomendações de adubação em olericultura são conseqüência da falta de experimentação e de critérios ao estabelecer as quantidades de fertilizantes a serem aplicados. No entanto, faltam informações sobre a influência do ambiente, principalmente em cultivos protegidos, sobre o crescimento e o desenvolvimento de cultivares em hidroponia. Teixeira (1996) afirma que o conhecimento e manejo da nutrição mineral são essenciais para melhorar a qualidade da parte aérea, raízes e dos frutos das hortaliças. Entretanto, existe a necessidade do desenvolvimento de protocolos de cultivo ajustados ao tipo de planta e às condições ambientais de cada localidade para a obtenção de maior eficiência na utilização dos fertilizantes, redução no uso de agrotóxicos, melhor nutrição das plantas e melhoria da produção e produtividade em cultivos hidropônicos.

## **2.6 Nutrição Mineral do Tomateiro**

No Brasil, um dos primeiros trabalhos visando o conhecimento da marcha de absorção dos nutrientes pelo tomateiro foi realizado por Gargantini & Blanco (1963), utilizando a cultivar Santa Cruz-1639, conduzida em ambiente protegido. Este estudo mostrou que o nutriente absorvido em maior quantidade pelo tomateiro é o K, seguido pelo N, Ca, S, P e Mg. Os autores verificaram que as taxas de absorção de N, K, Mg e S alcançaram valores máximos no período de 100 a 120 dias após a germinação, enquanto que o Ca e o P foram absorvidos durante todo o ciclo da cultura. No entanto, Fayad et al. (2002) chegaram a resultados diferentes quanto à exigência quantitativa de nutrientes pelo tomateiro que decresceu do N, K, Ca, S, P, Mg, Cu, Mn, Fe até o Zn.

O tomateiro é uma das hortaliças mais exigentes quanto à adubação, apresentando demandas nutricionais diferenciadas com os estádios de desenvolvimento

(SILVA & GIORDANO, 2000), com o ciclo de cultivo (curto, médio e longo), com o genótipo (MORAES, 1997) e com a época do ano (FURLANI et al., 1999). Cabe ressaltar que teores de nutrientes nos diversos órgãos da planta apresentam grande variação e dependem da atividade metabólica e fisiológica da planta (MINAMI & HAAG, 1989).

O transplantio do tomateiro para o campo ou hidroponia tem sido realizado entre 22 e 35 dias após a germinação. A acumulação de massa seca pelo tomateiro é relativamente pequena até 40 dias após o transplante (DAT). Após esse período ocorre grande acúmulo de massa seca até os 90 dias. A taxa de absorção de nutrientes, de modo geral, acompanha o acúmulo de massa seca. As taxas de absorção de nutrientes aumentam com o surgimento das primeiras flores. A partir desse estágio, a absorção atinge valores máximos nas fases de pegamento e crescimento dos frutos, voltando a decrescer durante a maturação dos frutos (SILVA & GIORDANO, 2000). Até fase de crescimento dos frutos, as folhas são os órgãos da planta com maior concentração de nutrientes e massa seca. A partir de então, alguns nutrientes, como nitrogênio, potássio e fósforo são remobilizados para os frutos. Pode-se afirmar então, que os frutos são grandes drenos de nutrientes e fotoassimilados para a cultura do tomateiro e, que nesse estágio, o manejo nutricional é um fator determinante para a produtividade e qualidade da cultura.

Para Andriolo (1999), o cultivo do tomateiro em ambiente protegido no período de entressafra é desejável, obtendo-se elevadas produtividades, superiores a  $100 \text{ t.ha}^{-1}$ , em ciclos de 150 dias. Cabe ressaltar que a produtividade média brasileira encontra-se em torno de  $55 \text{ t.ha}^{-1}$  em cultivos tradicionais (CANÇADO JUNIOR et al., 2003). Fayad (2002) cultivando dois híbridos de tomateiro constatou que a máxima absorção diária dos nutrientes coincide com o período inicial da frutificação. Neste período ocorre o estabelecimento de uma força mobilizadora de nutrientes e fotoassimilados. O aumento da atividade metabólica está associado ao balanço hormonal, à divisão e ao crescimento celular. Outros trabalhos têm mostrado que a qualidade de tomates cultivados em hidroponia depende diretamente da adequação da solução nutritiva empregada às fases de desenvolvimento da cultura (ADAMS, 1994) e que a partir da maturação dos primeiros frutos, observa-se à entrada do período crítico da cultura quanto ao fornecimento de nutrientes e água (GOTO et al., 2001).

Na época de enchimento de frutos, quando as taxas de transpiração são muito baixas ou muito elevadas há um aumento da probabilidade de aparecimento de um distúrbio fisiológico denominado de podridão estilar. Por outro lado, (LOPES & SANTOS, 1994) afirmam que a podridão estilar pode também ser desencadeada por outros fatores ligados à absorção de nutrientes na rizosfera, como a insuficiência temporária de água, salinidade excessiva do solo e danos físicos ocasionados às raízes por ataque severo de nematóides. A adubação excessiva de nitrogênio também favorece o aparecimento do distúrbio devido ao aumento excessivo de área foliar e, conseqüentemente, maior destinação de cálcio para as folhas que são as principais locais de transpiração.

Nos cultivos hidropônicos atuais, as soluções nutritivas utilizadas têm como origem comum a fórmula de Dennis Robert Hoagland e Daniel I. Arnon (HOAGLAND & ARNON, 1950), que foi desenvolvida para o cultivo do tomateiro (PASSOS, 1996). Esta solução disseminou-se para várias culturas e tem servido de base para soluções nutritivas até os dias atuais. No entanto, as soluções utilizadas em hidroponia apresentam níveis elevados de nutrientes (FURLANI et al., 1999). O uso racional de adubos, além de reduzir custos e garantir qualidade da produção, minimiza a contaminação do ambiente e suas conseqüências como a eutrofização de águas superficiais e subterrâneas e o acúmulo de elevados teores de nitrato nos lençóis

freáticos e plantas (GOTO & TIVELLI, 1998). Atualmente, há uma tendência à redução da concentração da solução nutritiva nos cultivos hidropônicos comerciais, especialmente em ambientes tropicais e nas estações mais quentes do ano (FURLANI et. al., 1999).

## **2.7 A Técnica do Cultivo Hidropônico**

Aristóteles a 350 a.C, já questionava a respeito de como as plantas se alimentavam. Porém, foi entre o século XVI e XX que vários pesquisadores impulsionaram o que hoje é a Nutrição Mineral de Plantas. A primeira referência em literatura sobre o cultivo de plantas em hidroponia data de 1766, quando o pesquisador inglês John Woodward cultivou plantas em vasos irrigadas com água de chuva, torneira, enxurrada e líquido de esgoto diluído, tendo observado maior crescimento vegetal em plantas irrigadas com esgoto diluído (FURLANI, 2004). A técnica hidropônica (*hydor*: água e *ponos*: trabalho) para o cultivo de hortaliças, começou a se destacar em 1938, através dos trabalhos de Gericke que, durante toda a década pesquisou o assunto.

Allen Cooper em 1965 desenvolveu a técnica de cultivo hidropônico denominada “Nutrient Film Technique” (NFT), que consiste na passagem de uma lâmina de solução nutritiva por um leito contendo as plantas (COMETTI, 2003). O sistema ‘NFT’ é praticamente o único adotado no país para o cultivo de tomate (MORAES, 1997). Sua irrigação é feita a partir de um reservatório contendo a solução nutritiva. Esta é recalçada através de um conjunto moto-bomba para o início dos canais. Existe uma declividade em torno de 3 %, onde a solução nutritiva desce por canais, cujo comprimento varia de 12 a 18 m (no caso do cultivo do tomateiro). Logo após, a solução nutritiva é recolhida e retornada ao reservatório por um sistema de drenagem (TEIXEIRA, 1996; FAQUIN, 1996). Este sistema é conhecido como um sistema de circulação fechada de nutrientes e tem programação de irrigação pré-definida por um sistema comandado por um temporizador e uma chave contactora.

Em vista do manejo diferenciado do cultivo hidropônico, em comparação ao convencional, existe uma demanda por cultivares mais adaptadas, para proporcionem um máximo de rendimento de produtos e elevado padrão de qualidade, saís adequados (sem contaminantes e de alta solubilidade), recomendações de soluções nutritivas com adaptabilidade regional, manejo ambiental em relação aos microclimas regionais e técnicas alternativas de controle fitossanitário.

## **2.8 Hidroponia: sua Importância e Desafios**

Existem algumas justificativas para que a prática do cultivo hidropônico. Entretanto, cabe ressaltar que é uma atividade que exige um indispensável acompanhamento técnico. Os fatores vantajosos para se cultivar hortaliças de folhas e frutos e plantas ornamentais, aromáticas e medicinais em sistema hidropônico são a independência do cultivo às intempéries, tais como: veranico, geadas, chuvas de granizo, ventos, encharcamentos e às estações climáticas. Permitindo o cultivo durante todo o ano, a possibilidade de produção de alimentos próxima aos centros consumidores, melhor eficiência no uso da água e melhor controle de sua qualidade, melhor utilização dos fertilizantes, redução no uso de agrotóxicos devido à melhor nutrição das plantas, menor ataque de pragas e doenças, maior produtividade e, conseqüentemente, redução dos custos de produção, redução do uso de mão-de-obra nas atividades “braçais”, tais como a eliminação da capina e preparo de solo, produtos mais limpos e de melhor qualidade biológica, antecipação da colheita devido ao encurtamento do ciclo da planta e rápido controle em caso de deficiências nutricionais visíveis.

Os sistemas hidropônicos demandam um alto custo de implantação, a ser avaliado, como também a necessidade de mão-de-obra especializada. A grande dependência de energia elétrica e a necessidade de controle intensivo da solução nutritiva são fatores a serem levados em consideração (COMETTI, 2003; FURLANI et al., 1999; ALBERONI, 1998).

Pesquisas visando à racionalização do uso de fertilizantes para a formulação de soluções nutritivas em diferentes regiões do país são pré-requisitos importantes para o cultivo do tomateiro em sistema NFT. Segundo Cometti (2003) há uma grande carência técnico-científica sobre o método de cultivo.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### **Ensaio I – Racionalização no Uso de Nutrientes Minerais no Cultivo Hidropônico de Plantas Jovens de *Lycopersicon esculentum***

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, localizada no Departamento de Solos, Instituto de Agronomia, UFRRJ (Figura 1). A casa de vegetação é do tipo arco, com dimensões de 22,0 m x 20,0 m com 4,20 m de pé-direito e 5,30 m de vão-central, com lanternin longitudinal em cada vão, cobertura plástica com filme difusor de luz de 150 micras de espessura, laterais protegidas com tela anti-afídeo branca e fechamento em cortinas móveis. Possui abertura zenital para circulação natural de ar.

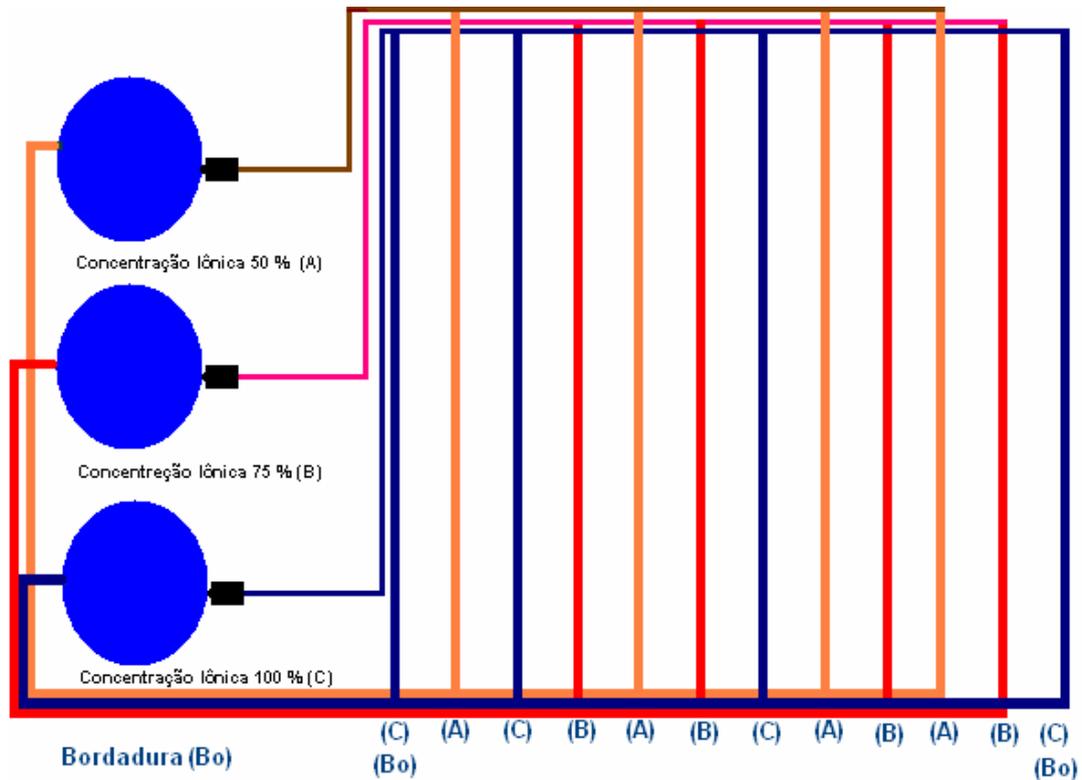
A estrutura da casa de vegetação segue as recomendações de posicionamento local, quanto aos ventos e sentido norte – sul (rosa dos ventos) descrito por (MORAES, 1997).



**Figura 1.** Casa de vegetação do Departamento de Solos, Instituto de Agronomia, UFRRJ, local de implantação e condução do experimento.

### 3.1 Características do Sistema Hidropônico

De acordo com (FURLANI et al. 1999), o sistema 'NFT' é composto basicamente de um tanque para armazenamento da solução nutritiva, um sistema para o bombeamento, canais de cultivo e um sistema de retorno ao tanque. A solução é bombeada aos canais e escoa por gravidade formando uma fina lâmina de solução que irriga as raízes. Na figura 2, observa-se o sistema descrito e disponibilização das concentrações iônicas da solução nutritiva testadas neste trabalho.



**Figura 2.** Croqui do sistema hidropônico e disposição dos tratamentos (concentração iônica) nos canais de cultivo.

Para a montagem do sistema de 'NFT', os seguintes materiais foram utilizados:

- Três reservatórios de solução nutritiva, em material de fibra de vidro. Cada reservatório tem capacidade para 1500 L de solução nutritiva;
- Três bombas centrífugas de ½ CV de potência;
- Tubulação e conexões de recalque para a solução nutritiva em PVC com diâmetro de 25 mm;
- Doze canais de cultivo em polipropileno hidrogood®, com secção em formato elíptico, com 150 mm de diâmetro maior, 10 metros de comprimento e capacidade para 21 plantas por canal;
- Tubulação em PVC com diâmetro de 75 mm para retorno da solução nutritiva ao reservatório (sistema de drenagem da solução nutritiva);
- Três sistemas de oxigenação da solução nutritiva tipo 'venturi', construídos em tubo de PVC com diâmetro de 25 mm, segundo Furlani, et al. (1999);
- Três temporizadores eletro-mecânicos com ciclo mínimo de 15 minutos ligados e 15 minutos desligados e ciclo total de 24 horas.

### **3.2 Material Vegetal**

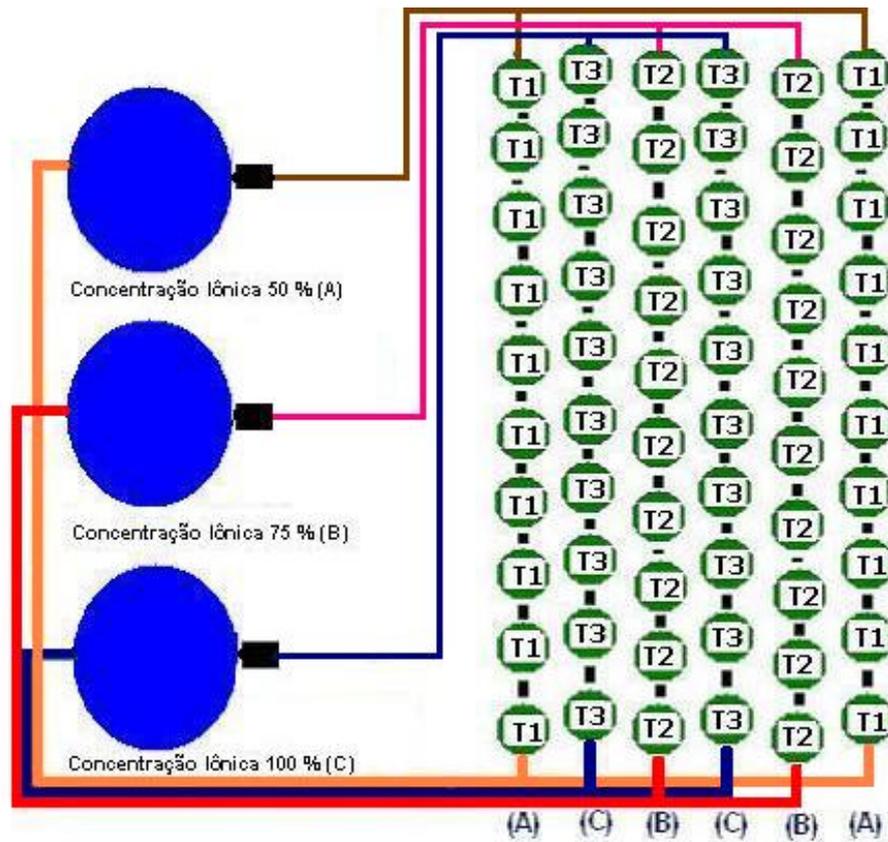
Foi utilizada a cultivar de tomateiro UC-82. Que possui ciclo de 110 dias, tem hábito de crescimento determinado e peso médio de fruto de 60 gramas. Caracteriza-se por ser de uso industrial segundo ISLA (2004).

### **3.3 Condução do Experimento**

As sementes foram germinadas em substrato de espuma fenólica pré-tratada com NaOH 0,1 mmolar (COMETTI, 2003). As dimensões de cada célula da espuma fenólica utilizada são: 2 cm x 2 cm x 3 cm e 216 células por placa. Utilizou-se câmara de germinação para o controle da temperatura (25 °C diurna / 20 °C noturna) e umidade relativa de 60-70%, durante 96 horas, onde observou-se a emissão do hipocótilo. A seguir foram retiradas do germinador e colocadas em bandejas plásticas contendo solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950) com  $\frac{1}{8}$  de concentração iônica, em sistema de fluxo e refluxo, sob iluminação artificial ( $150 \mu\text{mol}$  de fótons. $\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ), temperaturas diurnas de 26 °C e noturnas de 21 °C e umidade relativa de 60 %. Aos 15 dias após germinação (DAG), as plântulas receberam solução de Hoagland & Arnon (1950) diluída a  $\frac{1}{4}$  de concentração iônica. Aos 30 DAG (13/10/2003), as células de espuma fenólica foram destacadas e as mudas transplantadas para os canais definitivos de cultivo (Figura 3).

Na casa de vegetação, os tratamentos foram aleatoriamente disponibilizados em seis canaletas no total; o espaçamento utilizado foi de 0,50 m entre plantas e 0,60 m entre linhas duplas e 1,00 m de corredor, totalizando 21 plantas por canaleta (Figura 4).

As parcelas foram disponibilizadas ao acaso; no total foram 18 plantas por tratamento e 54 plantas no experimento. Suas combinações levaram em consideração as concentrações iônicas da solução nutritiva. Os tratamentos foram: solução de "Hoagland" diluída a  $\frac{1}{2}$  (50 %); diluída a  $\frac{3}{4}$  (75 %), e com concentração iônica total (100 %) (Tabelas 2 e 3).



**Figura 3.** Croqui da área experimental e disposição dos tratamentos: solução de Hoagland & Arnon (1950) diluída a  $\frac{1}{2}$  (50 %)(T1); “Hoagland” diluída a  $\frac{3}{4}$  (75 %)(T2), “Hoagland” na concentração iônica total (100 %)(T3).



**Figura 4.** Vista geral da área e plantas de tomateiro da cultivar UC-82 em estágio de crescimento vegetativo aos 15 DAT.

### 3.4 Preparo da Solução Nutritiva

A solução nutritiva foi formulada com os sais comerciais: nitrato de cálcio, monofosfato de potássio (MKP), fosfato monoamônio (MAP), nitrato de potássio, sulfato de magnésio, sulfato de cobre, sulfato zinco, sulfato manganês, ácido bórico, molibdato de sódio e ferrilene<sup>®</sup> (FeEDDHA-6 %) de acordo com as concentrações da Tabela 2.

O parâmetro de controle utilizado para a medida da quantidade totais de sais dissolvidos em solução foi a condutividade elétrica (CE) em  $\text{mS.cm}^{-1}$ . O medidor utilizado foi da marca UNITY 3405, com medição de 2 a 20  $\text{mS.cm}^{-1}$ , correção de temperatura para 25 °C e erro de leitura máximo de 2 %. Para o controle do pH, utilizou-se o aparelho UNITY 1201, com faixa de medição de 0 a 14, correção de temperatura para 25 °C e erro de leitura máximo de 2 % . O eletrodo utilizado foi o de vidro combinado da marca Micronal. A temperatura da solução foi monitorada diariamente com termômetro de bulbo de mercúrio e conjuntamente com as leituras de pH e CE nos horários de 9:00 h, 11:00 h e 15:00 h.

As soluções foram preparadas quinzenalmente de acordo com os protocolos descritos por Martinez (2002) e Moraes (1997). As correções do pH foram realizadas, sempre quando necessárias, logo após as leituras, feitas diariamente e na parte da manhã. Utilizaram-se soluções de KOH à 0,1 mol L<sup>-1</sup> e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> à 0,1 mol L<sup>-1</sup> para corrigir o pH para 5,5±0,5. Para a manutenção da condutividade elétrica adequada, utilizou-se o procedimento descrito por Furlani et al. (1999) A reposição dos sais foi realizada de acordo com a leitura diária da CE. Os valores iniciais e de manutenção da CE foram para o tratamento 50 % de 1,44  $\text{mS.cm}^{-1}$ , 75 % de 2,16  $\text{mS.cm}^{-1}$  e 100 % de 2,88  $\text{mS.cm}^{-1}$ .

**Tabela 2.** Concentrações iônicas de nutrientes da solução de Hoagland & Arnon (1950).

Nutrientes	100 % (T3)	75 % (T2)	50 % (T1)
<i>Concentração em mmol.L<sup>-1</sup></i>			
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	14,0	10,50	7,0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,0	0,75	0,5
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1,0	0,75	0,5
K <sup>+</sup>	6,0	4,50	3,0
Ca <sup>2+</sup>	4,0	3,00	2,0
Mg <sup>2+</sup>	2,0	1,50	1,0
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2,0	1,50	1,0
<i>Concentração em μmol.L<sup>-1</sup></i>			
Fe <sup>2+</sup>	90,00	67,50	45,00
Mn <sup>2+</sup>	9,00	6,75	4,50
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	46,00	34,50	23,00
Zn <sup>2+</sup>	0,80	0,60	0,40
Cu <sup>2+</sup>	0,30	0,22	0,15
Mo <sup>6+</sup>	0,10	0,08	0,05

Fonte: Bugbee (1995).

**Tabela 3.** Concentrações de nutrientes em g.1000L da solução de Hoagland ajustada aos tratamentos 100 %, 75% e 50% (T1, T2 e T3, respectivamente).

Concentração	(g.1.000 L)		(g.1.500 L)	
	Nutrientes	100 %	100 % (T3)	75 % (T2)
Nitrato de Cálcio	845,15	1.267,73	950,79	633,86
Hydro				
Nitrato de Potássio	568,42	852,63	639,47	426,32
MAP	50,71	76,07	57,05	38,03
MKP	68,52	102,78	77,09	51,39
Sulfato de Magnésio	480,00	702,00	540,00	360,00
Cloreto de Potássio	12,80	19,20	14,40	9,60
Sulfato de Manganês	1,92	2,88	2,16	1,44
Sulfato de Zinco	0,23	0,34	0,26	0,17
Ácido Bórico	2,94	4,41	3,31	2,21
Sulfato de Cobre	0,15	0,23	0,17	0,12
Molibdato de sódio	0,03	0,04	0,03	0,02
FeEDDHA (6 %)	10,50	15,75	11,81	7,88

### 3.5 Controle Fitossanitário e Dados Ambientais

No decorrer do experimento, as pragas controladas foram: Mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*) e Mosca branca (*Bremisia* sp.). Para o controle fitossanitário foram utilizadas técnicas descritas por Penteadó (1999), Campanhola (2003) e Feitosa (2003).

Os dados climáticos registrados foram os de umidade relativa (UR %) e temperatura no decorrer do dia. Utilizou-se um termohigrômetro mecânico para avaliação semanal destas variáveis. As leituras das temperaturas máximas, mínimas e médias (°C) foram determinadas diariamente por um termômetro de máxima e mínima de bulbo de mercúrio.

### 3.6 Coletas e Análises do Material Vegetal

Aos 15, 30 e 45 DAT determinou-se a altura da planta e o diâmetro basal do caule. Foram coletadas 9 plantas por tratamento (3 repetições x 3 plantas por repetição) aos 15, 30 e 45 DAT, para a determinação da massa fresca da parte aérea (MFPA), separadas em massa fresca de folhas (MFF) e massa fresca de hastes (caule + pecíolo) (MFH). Posteriormente, determinou-se a massa seca das folhas (MSF) e massa seca das hastes (MSH), através da secagem do material em estufa de circulação forçada de ar a 70° C até massa constante (TEDESCO, 1995). A massa seca da parte aérea foi calculada através do somatório das duas partes.

Amostras de um grama de tecido fresco das folhas e partes foram colocadas em etanol 80 %, a seguir trituradas em almofariz por 3 a 4 minutos, filtradas em quatro camadas de gaze e papel de filtro de filtragem rápida. O filtrado foi transferido para

funil de separação onde sofreu partição com igual volume de clorofórmio, agitado suavemente e deixado em repouso por 40 minutos para a completa separação. A fração apolar foi descartada e a polar foi recolhida, completada a 25 mL com etanol a 80 % e guardada em geladeira para as determinações de  $\text{NO}_3^-$ , N-amino livre e açúcares solúveis

O nitrato foi determinado colorimetricamente pela técnica descrita por Cataldo et al (1975), através nitração do ácido salicílico e leitura em espectrofotômetro em 410 nm. A determinação de N-amino foi realizada utilizando-se o método da ninidrina, descrito por Yemm & Cocking (1955) e a leitura feita em espectrofotômetro em 570 nm. Os açúcares solúveis foram determinados pelo método da antrona descrito por Yemm & Willis (1954) e a leitura feita em espectrofotômetro em 620 nm. Para as leituras, foi utilizado um espectrofotômetro Shimadzu UV1200.

### **3.7 Análise Estatística**

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado. Contendo uma cultivar de tomateiro comercial (UC-82), três repetições e três tratamentos (50, 75 e 100 % de concentração iônica da solução nutritiva de Hoagland) e três épocas de coleta (15, 30 e 45 DAT).

A análise estatística foi realizada através do programa SAS software versão 6.12 4ª Ed. (SAS INSTITUTE, 1993). O modelo foi fatorial 3X3. Utilizou-se o teste de Tukey para comparação de médias, à 5 % de significância. Avaliou-se o acúmulo de biomassa fresca e seca, altura e diâmetro de caule. Para as medidas repetidas no tempo (nitrato, N-amino e açúcares solúveis) utilizou-se a análise de variância no tempo.

## Ensaio II: Uso Racional de Nutrientes Minerais para o Crescimento e Produtividade de Genótipos Comerciais de *Lycopersicon Esculentum* sob Cultivo Hidropônico

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, localizada no Departamento de Solos, Instituto de Agronomia, UFRRJ (Figura 1). Foram utilizadas as cultivares de tomateiro UC-82, Saladinha e T-93, conforme descrição na Tabela 4.

**Tabela 4.** Características fenotípicas das cultivares de *Lycopersicon esculentum* utilizadas no ensaio.

Cultivares	UC-82	Saladinha	T-93
Ciclo (dias)	110	110	100
Peso do Fruto (g)	60	180	220
Hábito de Crescimento	determinado	determinado	indeterminado

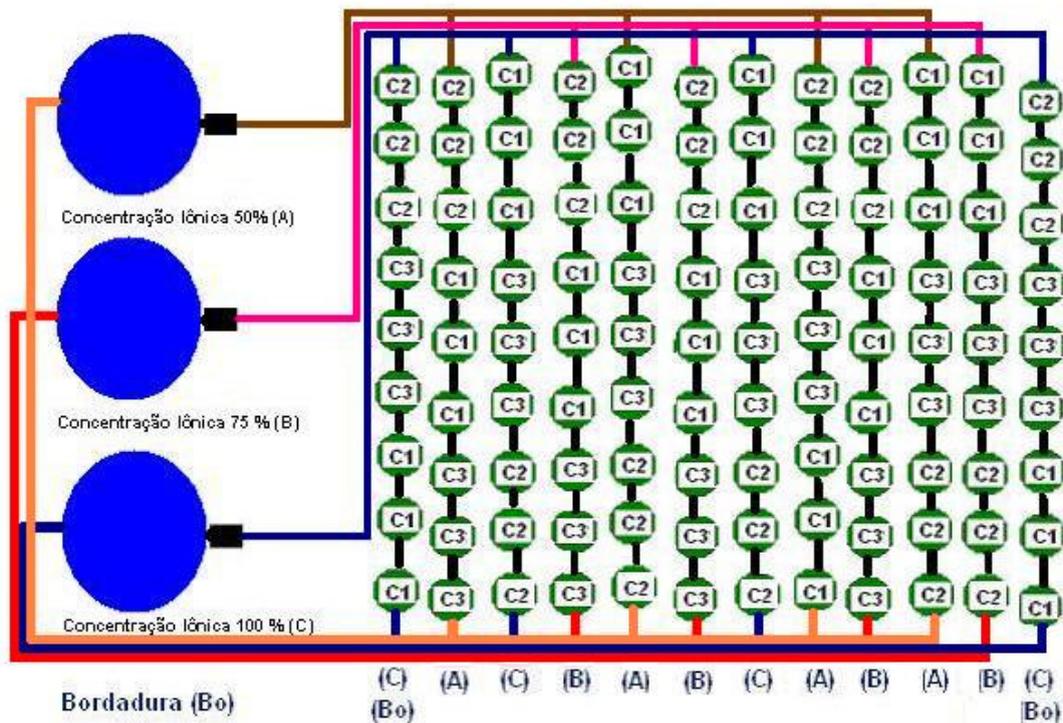
Fontes: Isla (2004), Sakata (2004) e Takii (2004).

### 3.8 Condução do Experimento

As sementes foram germinadas em substrato de espuma fenólica pré-tratada com NaOH 0,1 mmolar (COMETTI, 2003). As dimensões de cada célula da espuma fenólica utilizada são: 2 cm x 2 cm x 3 cm e 216 células por placa. Utilizou-se câmara de germinação para o controle da temperatura (25 °C diurna / 20 °C noturna) e umidade relativa de 60-70 %, durante 96 horas, onde observou-se a emissão do hipocótilo. A seguir foram retiradas do germinador e colocadas em bandejas plásticas contendo solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950) com  $\frac{1}{8}$  de concentração iônica, em sistema de fluxo e refluxo, sob iluminação artificial (150  $\mu\text{mol}$  de fótons. $\text{s}^{-1}.\text{m}^{-2}$ ), temperaturas diurnas de 26 °C e noturnas de 21 °C e umidade relativa de 60 %. Aos 15 dias após germinação (DAG), as plântulas receberam solução de Hoagland & Arnon (1950) diluída a  $\frac{1}{4}$ . Aos 30 DAG (23/06/2004), as células foram destacadas e as mudas levadas à casa de vegetação e transplantadas para os canais definitivos de cultivo (Figuras 5 e 6).

Os tratamentos foram aleatoriamente disponibilizados em 12 canaletas de cultivo com 10 metros de comprimento; o espaçamento utilizado foi de 0,50 m entre plantas, 0,60 m entre linhas e 1,00m nos corredores, totalizando 21 plantas por canaleta (Figuras 5, 6 e 7).

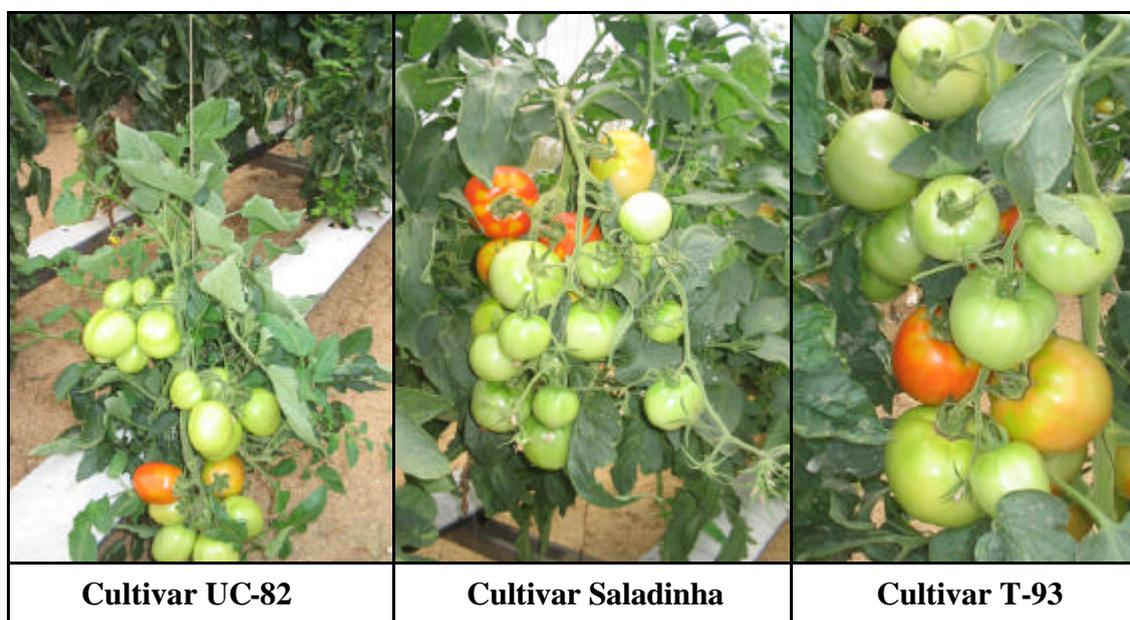
As parcelas foram disponibilizadas ao acaso e as plantas foram conduzidas com uma haste e tutoradas com arames e fitilhos (MORAES, 1997); no total foram 15 plantas por tratamento e 252 plantas no experimento. Suas combinações levaram em consideração três níveis de concentração iônica da solução nutritiva. Os tratamentos foram solução de Hoagland diluída a  $\frac{1}{2}$  (50 %); diluída a  $\frac{3}{4}$  (75 %); e com a concentração iônica total (100%) (Tabela 2). O fluxo da solução nutritiva disponibilizada ao sistema radicular das plantas foi programado em intervalos pré-determinados (intermitência de irrigação), através da utilização de temporizadores eletro-mecânicos, seguindo recomendações de Moraes (1997). A vazão de solução nutritiva por canal foi de 5  $\text{L}.\text{min}^{-1}$  e o volume de 18  $\text{L}.\text{planta}^{-1}$ .



**Figura 5.** Croqui da área experimental com a disposição dos tratamentos: solução de Hoagland & Arnon (1950) diluída a  $\frac{1}{2}$  (50 %); Hoagland diluída a  $\frac{3}{4}$  (75 %), Hoagland na concentração iônica total (100 %) (ensaio 2). C1: cultivar UC-82, C2: cultivar Saladinha e C3: cultivar T-93.



**Figura 6.** Vista geral da área das cultivares de tomateiro UC 82, Saladinha e T-93 aos 90 DAT (21/10/2004).



**Figura 7.** Vista detalhada das cultivares de tomateiro UC-82, Saladinha e T-93 em estágio de desenvolvimento reprodutivo (90 DAT).

### 3.9 Preparo da Solução Nutritiva

A solução nutritiva foi formulada com os sais comerciais: nitrato de cálcio, monofosfato de potássio (MKP), fosfato monoamônio (MAP), nitrato de potássio, sulfato de magnésio, sulfato de cobre, sulfato zinco, sulfato manganês, ácido bórico, molibdato de sódio e ferrilene<sup>®</sup> (FeEDDHA-6 %) de acordo com as concentrações da tabela 2.

O parâmetro de controle utilizado para a medida da quantidade total de sais dissolvidos em solução foi a condutividade elétrica (CE) em  $\text{mS.cm}^{-1}$ . O medidor utilizado foi da marca UNITY 3405, com medição de 2 a 20  $\text{mS.cm}^{-1}$ , correção de temperatura para 25 °C e erro de leitura máximo de 2 %. Para o controle do pH, utilizou-se o aparelho UNITY 1201, com faixa de medição de 0 a 14, correção de temperatura para 25 °C e erro de leitura máximo de 2 % . O eletrodo utilizado foi o de vidro combinado da marca Micronal. A temperatura da solução foi monitorada diariamente com termômetro de bulbo de mercúrio e conjuntamente com as leituras de pH e CE nos horários de 9:00 h, 11:00 h e 15:00 h.

As soluções foram preparadas quinzenalmente de acordo com os protocolos descritos por Martinez (2002) e Moraes (1997). As correções do pH foram realizadas, sempre quando necessárias, logo após as leituras, que eram feitas diariamente e na parte da manhã. Utilizaram-se soluções de KOH à 0,1  $\text{mol.L}^{-1}$  e  $\text{H}_2\text{SO}_4$  à 0,1  $\text{mol.L}^{-1}$  para corrigir o pH para  $5,5 \pm 0,5$ . Para a manutenção da condutividade elétrica adequada, utilizou-se o procedimento descrito por Furlani et al (1999) A reposição dos sais foi feita de acordo com a leitura diária da CE, os valores iniciais e de manutenção da CE de acordo com os tratamentos foram para o tratamento 50 % de 1,44  $\text{mS.cm}^{-1}$ , 75 % de 2,16  $\text{mS.cm}^{-1}$  e 100 % de 2,88  $\text{mS.cm}^{-1}$ .

### 3.10 Controle Fitossanitário

No decorrer do experimento, as pragas controladas foram: Tripes (*Frankliniella schulzei*); Mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*); Mosca branca (*Bremisia p.*); Ácaro do bronzeamento (*Aculops lycopersici*) e Pulgão verde (*Myzus persicae*). A doença controlada foi o Oídio (*Erysiphe cichoracearum*).

Para o controle fitossanitário foram utilizadas técnicas descritas por Penteadó (1999), Campanhola (2003) e Feitosa (2003).

### 3.11 Dados Ambientais

Os dados climáticos registrados foram os de umidade relativa (UR %) e temperatura no decorrer do dia, Utilizou-se um termohigrômetro mecânico para avaliação semanal destas variáveis. As leituras das temperaturas máximas, mínimas e médias (°C) foram determinadas diariamente por um termômetro de máxima e mínima de bulbo de mercúrio.

### 3.12 Coleta e Análise de Plantas

Foram coletadas 45 plantas aos 138 dias após transplante (DAT) para avaliação de altura das plantas e determinação da massa fresca da parte aérea (MFPA), separadas em massa fresca de folhas (MFF), massa fresca das hastes (caule + pecíolo)(MFH). Posteriormente, determinou-se a massa seca das folhas (MSF) e massa seca das hastes (MSH), através da secagem do material em estufa de circulação forçada de ar à 70° C até massa constante (TEDESCO et al., 1995) A massa seca da parte aérea foi calculada através do somatório das duas partes.

Foram realizadas nove coletas para a determinação da quantidade de frutos ( $\text{nr}^2$  de frutos.planta<sup>-1</sup>), massa fresca de fruto (kg.fruto<sup>-1</sup>), massa fresca total de frutos por planta (kg.planta<sup>-1</sup>), produção (kg.m<sup>-2</sup>), produtividade (t.ha<sup>-1</sup>) e teor de sólidos solúveis totais (°Brix). A cronologia de coleta foi: 90 DAT (21/10), 94 DAT (25/10), 99 DAT (30/10), 104 DAT (05/11), 110 DAT (11/11), 119 DAT (20/11), 124 DAT (25/11), 130 DAT (01/12) e, finalmente, 138 DAT (09/12/2004).

Os frutos foram retirados no ponto de colheita agrônômico a cada coleta, ensacados e armazenados em recipientes de isopor. Logo após foram levados ao laboratório e pesados em balança digital com precisão centesimal. Para a obtenção do teor de sólidos solúveis totais utilizou-se um refratômetro ATAGO, modelo N1. Aleatoriamente, selecionou-se de 3 a 5 frutos por planta e procedia-se à homogeneização da amostra através de liquidificador de uso doméstico. Duas a três gotas eram transferidas para o prisma do aparelho para a obtenção do teor de sólidos solúveis em °Brix, de acordo com as Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985).

### **3.13 Análise Estatística**

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado. Contendo três cultivares de tomateiro comercial: UC-82, Saladinha e T-93 (tabela 3), cinco repetições e três tratamentos (50, 75 e 100 % de concentração iônica).

A análise estatística foi realizada através do programa SAS software versão 6.12 4ª Ed. (SAS Institute, 1993). O modelo foi fatorial 3x3 e utilizou-se para comparação de médias, o teste de Tukey à 5 % de significância.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Ensaio 1: Racionalização no Uso de Nutrientes Minerais no Cultivo Hidropônico de Plantas Jovens de *Lycopersicon Esculentum*

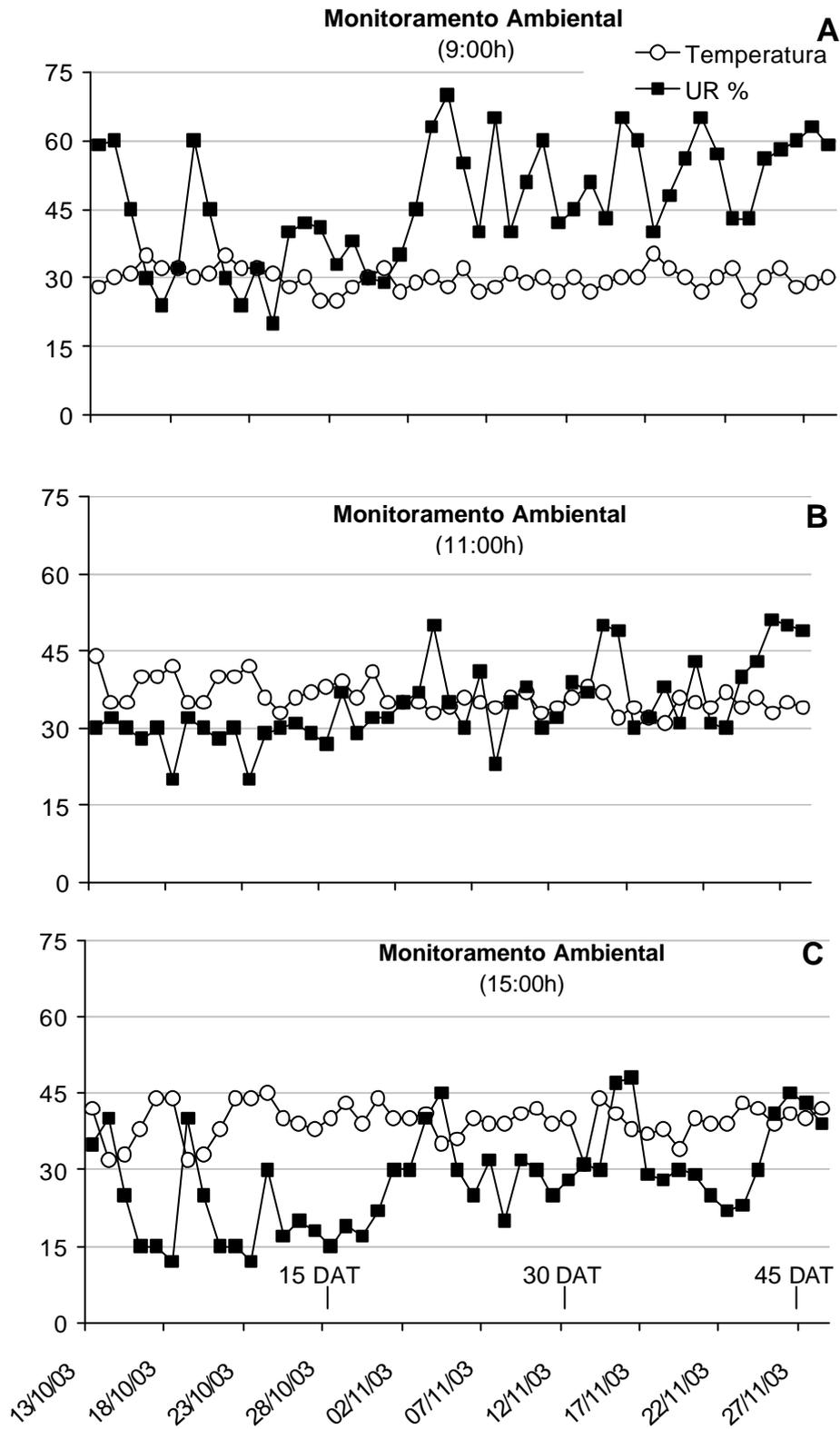
#### 4.1 Caracterização das Condições Ambientais

Observou-se, durante o dia, um decréscimo nos valores umidade relativa (UR %) no ambiente (Figuras 8A, 8B e 8C). Valores extremamente baixos de UR % foram observados a partir das 15:00 h (Figura 8C). Neste horário, as temperaturas médias no interior da casa de vegetação foram de cerca de  $40 \pm 5$  °C e os valores médios da UR % foram de cerca de  $25 \pm 5$  %. A faixa de umidade considerada ideal para o cultivo do tomateiro está em torno de 60 a 70 % no ambiente (MORAES, 1997).

O estudo do conforto térmico em ambientes protegidos, através do monitoramento de temperatura e umidade relativa é de fundamental importância para a melhoria da qualidade e da produtividade em cultivos protegidos e hidropônicos (COMETTI, 2003; MARY, 1997). De acordo com Cermeño (1993), a temperatura do ar dentro de ambientes protegidos depende do balanço de energia do sistema. Portanto o aquecimento e o resfriamento não dependem somente dos processos de incidência da radiação solar, mas também da reflexão e re-irradiação através dos objetos no interior do ambiente, convecção e condução através da cobertura plástica e cortinas laterais, renovação do ar no interior do ambiente, evapotranspiração e troca de calor com o solo.

Os valores de temperatura e umidade relativa no interior da casa de vegetação, durante a condução do experimento, indicam que o balanço de energia do sistema precisa ser aprimorado (Figura 8). Avaliando-se a eficiência do sistema de nebulização em ambiente protegido Furlan & Folegatti (2000), constataram uma redução de temperatura, nas horas mais quentes do dia (cerca de 4,5 °C, em média), quando comparada com a casa de vegetação sem o sistema de nebulização (testemunha). Na casa de vegetação onde o sistema de nebulização estava implantado, os mesmos autores observaram uma diferença de temperatura de 1,5 °C acima à do ambiente externo.

O desempenho de culturas como a do tomateiro pode ser beneficiado com o uso de tecnologias que aumentem a reflexão da radiação incidente (ex. instalação de uma manta reflectiva) e a dissipação da energia térmica interna (ex. instalação de sistema de nebulização) em regiões quentes como a baixada fluminense.



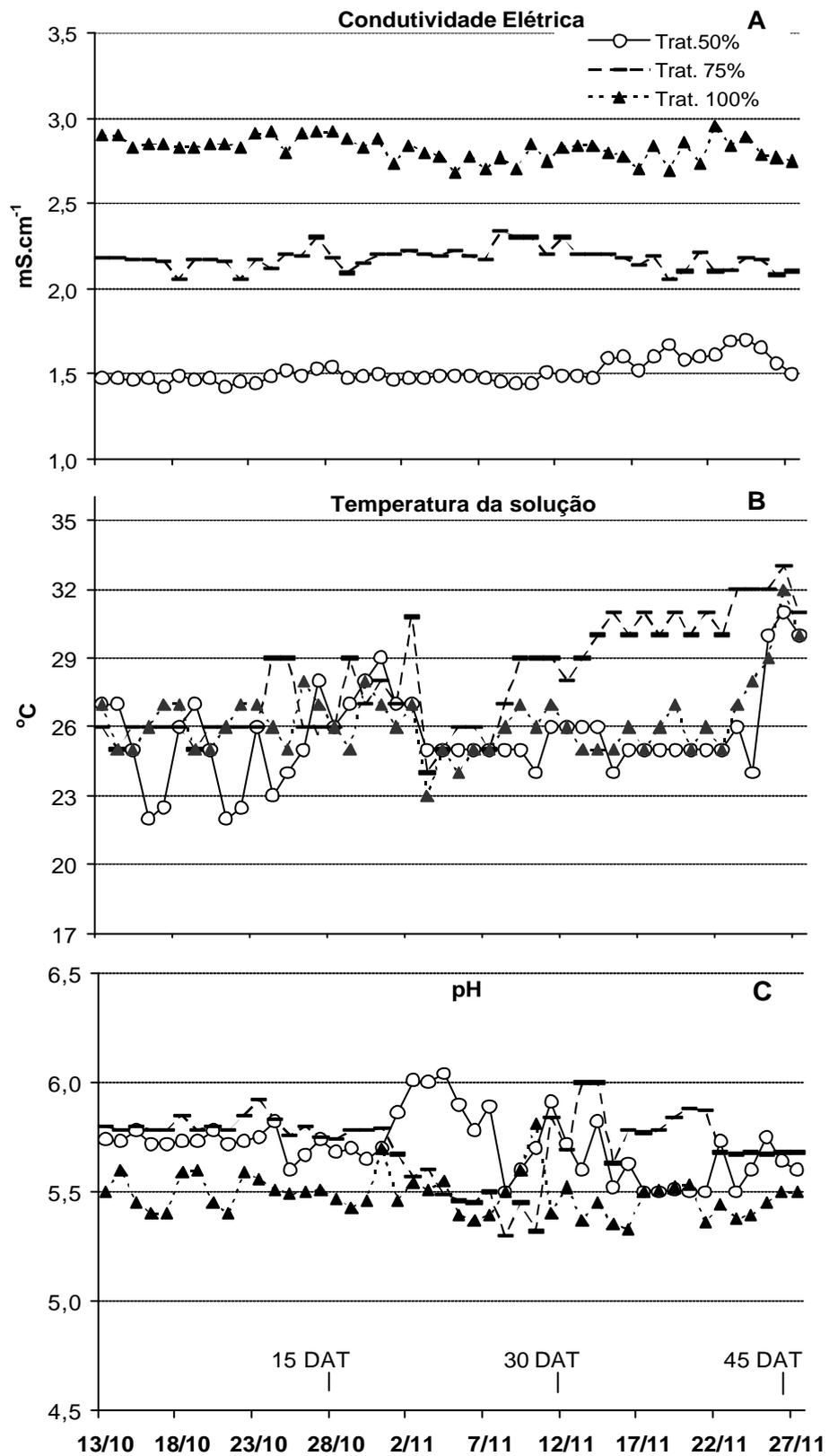
**Figura 8.** Temperatura e umidade relativa (UR %) nos horários das 9:00 h (A), 11:00 h (B) e 15:00 h (C) durante o ensaio 1 do cultivo do tomateiro em sistema hidropônico cultivar UC-82. Realizado em 2003. ↑ indica a época de coleta das plantas para análises.

## 4.2 Caracterização do Sistema Hidropônico

O elevado volume da solução nutritiva, cerca de 120 % superior à demanda diária das plantas em sua fase inicial de crescimento vegetativo, contribuiu para a estabilidade dos valores de condutividade elétrica (CE) (Figura 9A), temperatura da solução (Figura 9B) e pH (Figura 9C) no decorrer do experimento, facilitando a rotina de condução do mesmo. Cabe ressaltar que, a partir do dia 12/11/03, observaram-se variações médias de temperatura de até 5 % no tratamento 75 %. Contudo, estas variações ficaram dentro da faixa de temperatura recomendada para o cultivo hidropônico (Tmax. 32 °C e Tmin. 15 °C) (MORAES, 1997).

O pH também oscilou, em média, na faixa ótima, sem que houvesse necessidade de correções periódicas freqüentemente utilizadas no cultivo comercial. A faixa de pH da solução nutritiva considerada ótima para o crescimento vegetal situa-se entre 5,5 a 6,5 (FURLANI et al., 1997).

Para a CE, observou-se uma variação a partir do 02/11/03 no tratamento 100 %. Já, para os demais tratamentos, as maiores variações foram observadas a partir dos 17/11/03. O monitoramento e correção da CE são indispensáveis para o equilíbrio nutricional em cultivos hidropônicos (MARTINEZ, 2002; FURLANI et al, 1999).

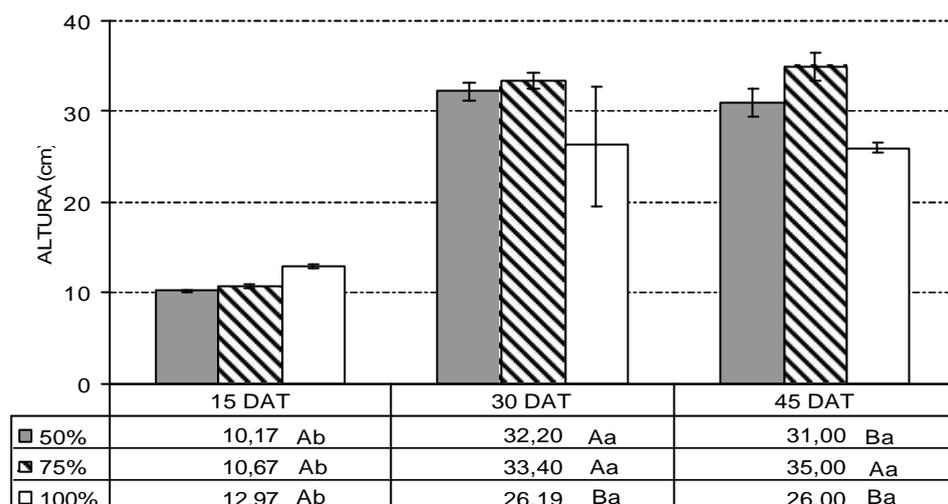


**Figura 9.** Condutividade elétrica (CE), temperatura e pH da solução nutritiva durante o ensaio 1 do cultivo do tomateiro em sistema hidropônico cultivar UC-82. Realizado em 2003. ↑ indica a época de coleta das plantas para análises.

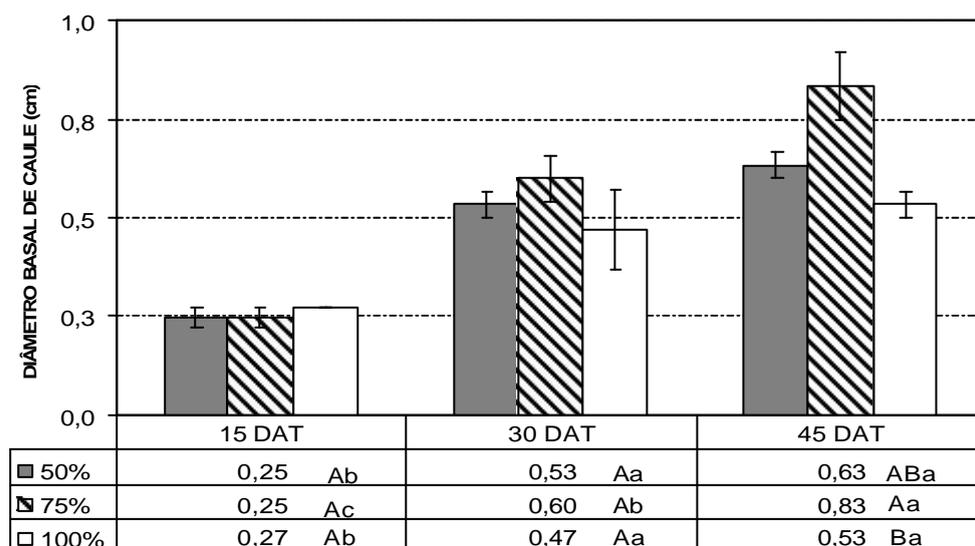
### 4.3 Crescimento e Acumulação de Biomassa na Parte Aérea do Tomateiro

A altura e o diâmetro do caule das plantas da cultivar UC-82 apresentaram incremento significativo dos 15 aos 30 dias após transplante (DAT) em todas as concentrações de solução nutritiva (Figuras 10 e 11). A partir dos 30 DAT até os 45 DAT houve estabilização e, aumento apenas para o diâmetro de caule em 75 % da concentração iônica da solução de Hoagland (Figura 11).

Cabe ressaltar que o aumento da concentração iônica da solução nutritiva de 75 % para 100 % diminuiu a altura das plantas tanto aos 30 DAT quanto aos 45 DAT (Figura 10). Enquanto o diâmetro do caule foi afetado apenas aos 45 DAT (Figura 11).



**Figura 10.** Altura da cultivar UC-82 sob três concentrações da solução de Hoagland & Arnon (1950). Letras maiúsculas comparam efeito da concentração iônica nos dias após plantio (DAT) e letras minúsculas comparam coletas. As barras indicam erro padrão

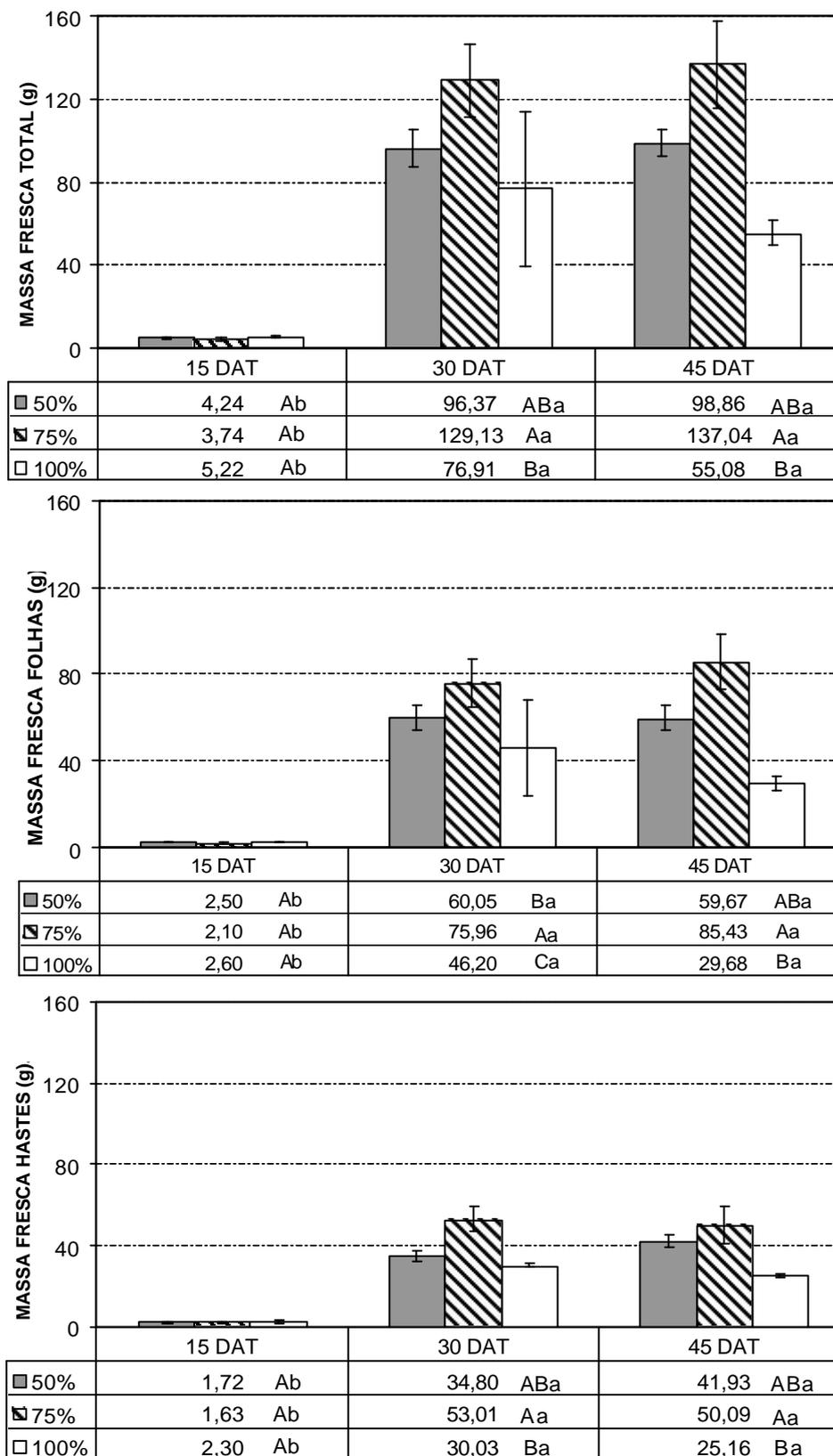


**Figura 11.** Diâmetro do caule da cultivar UC-82 sob três concentrações da solução de Hoagland & Arnon (1950). Letras maiúsculas comparam efeito da concentração iônica nos dias após plantio (DAT) e letras minúsculas comparam coletas. As barras indicam erro padrão.

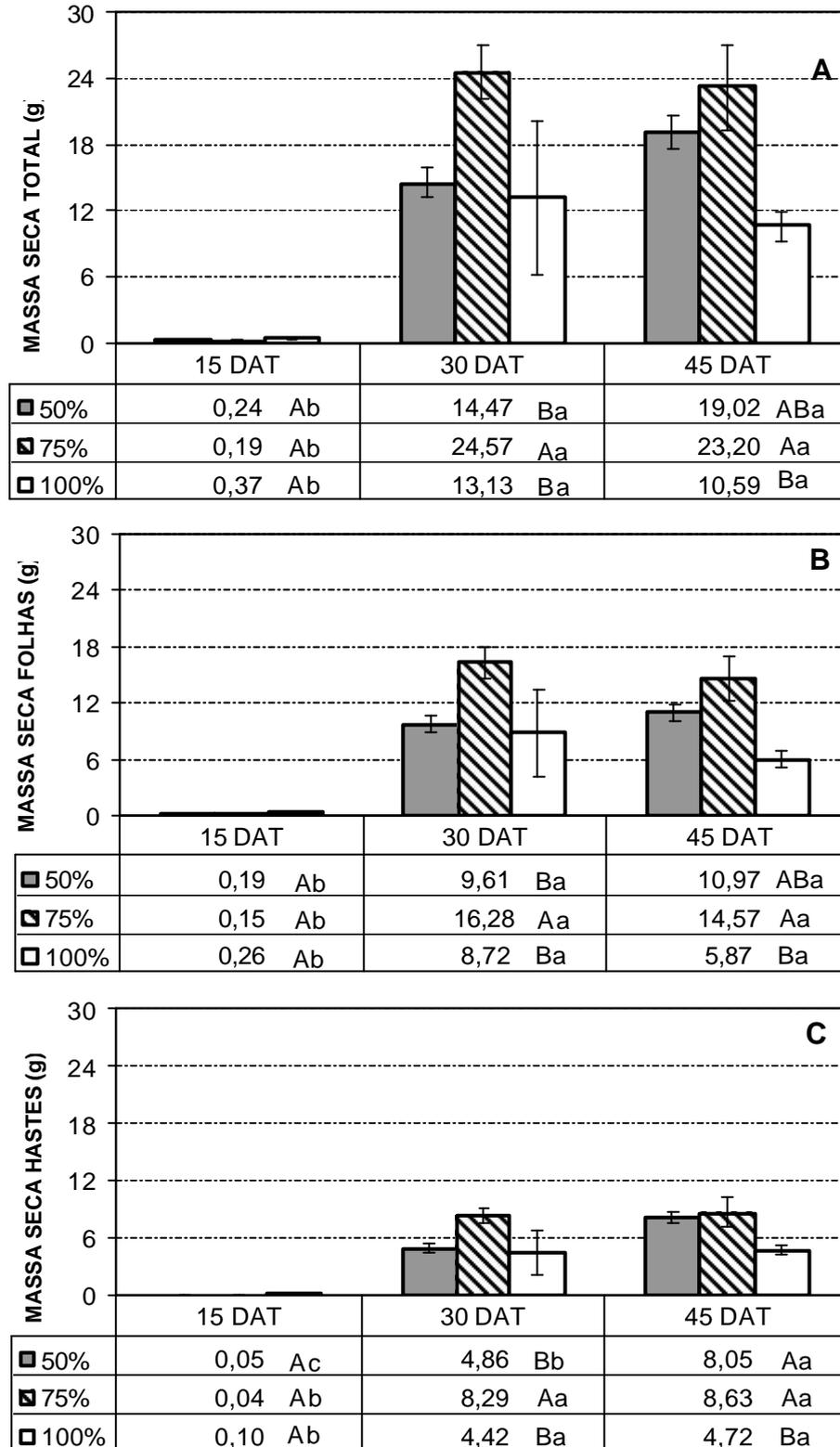
Entre direcionou mais massa fresca e seca para a formação das folhas (Figuras 12B e 13B). Entre 15 e 45 DAT, o acúmulo de biomassa fresca e seca na parte aérea foi reduzido quando o tomateiro foi cultivado em solução com 100 % da concentração iônica da solução de Hoagland. Observou-se maior acúmulo de biomassa fresca e seca nas plantas crescidas com 75 % da concentração iônica da solução nutritiva.

O movimento da água no sistema 15 e 30 DAT, período de intenso crescimento vegetativo, o tomateiro solo-planta-atmosfera depende do potencial hídrico ( $\psi_w$ ) em cada ponto do sistema. Nos solos, o  $\psi_w$  pode ser decomposto em quatro componentes: o potencial osmótico ( $\psi_o$ ), potencial gravitacional ( $\psi_g$ ), potencial matricial ( $\psi_m$ ) e o potencial de pressão ( $\psi_p$ ). Nos solos, o  $\psi_o$  tem valores desprezíveis, pois a concentração de solutos é baixa, apresentando valores típicos da ordem de -0,02 MPa. O oposto ocorre nos solos salinos onde a concentração do soluto é elevada. Por outro lado, em solos saturados com água, o  $\psi_p$  é próximo a zero. Em soluções, o componente do  $\psi_w$  mais importante é o  $\psi_o$ . Cabe ressaltar que o  $\psi_o$  da água nas soluções é sempre menor do que o da água pura à mesma pressão e temperatura, assumindo, portanto, valores mais negativos por reduzirem a energia livre da água por diluição da mesma (TAIZ & ZEIGER, 2004; LARCHER, 2000). Nas soluções nutritivas utilizadas para hidroponia, devido à maior concentração salina, o potencial osmótico torna-se o componente principal do potencial hídrico (COMETTI, 2003; MARTINEZ, 2002). Sendo que a variação aceitável do  $\psi_o$  esta entre -0,07 MPa e -0,08 MPa, não podendo exceder -0,12 MPa. Se em uma solução o potencial osmótico for muito negativo, as plantas terão dificuldade na absorção de água. Se a concentração de sais for realmente excessiva, os vegetais poderão perder água para o meio (TAIZ & ZEIGER, 2004), podendo causar a plasmólise e morte das células radiculares.

Nas horas mais quentes do dia, as plantas sofrem estresse hídrico porque tendem a perder mais água por transpiração do que seu sistema radicular pode absorver. Isto ocorre devido ao elevado gradiente de potencial hídrico que se estabelece entre a folha e a atmosfera devido às elevadas temperaturas e redução da umidade relativa do ar (Figura 8B e 8C). Nestas condições, as plantas reduzem significativamente a abertura estomática e conseqüentemente à captação de CO<sub>2</sub> para o processo fotossintético. Outro aspecto relevante é que a expansão celular depende da turgescência das células em expansão (TAIZ & ZEIGER, 2002).



**Figura 12.** Massa fresca, em gramas (g), da parte aérea (A), folhas (B) e hastes (C) da cultivar UC-82 sob três concentrações da solução Hoagland & Arnon (1950). Letras maiúsculas comparam efeito da concentração iônica nos dias após plantio (DAT) e letras minúsculas comparam coletas. As barras indicam erro padrão.



**Figura 13.** Massa seca, em gramas (g), da parte aérea (A), das folhas (B) e nas hastes (C) da cultivar UC-82 sob três concentrações da solução de Hoagland & Arnon (1950). Letras maiúsculas comparam efeito da concentração iônica nos dias após plantio (DAT) e letras minúsculas comparam coletas. As barras indicam erro padrão.

A maior concentração iônica da solução de Hoagland completa pode reduzir de absorção de água devido ao seu menor potencial osmótico e conseqüentemente menor potencial hídrico (MARSCHNER, 1995; TAIZ & ZEIGER, 2004). Tal redução na absorção de água pode ser crítica nos períodos mais quentes do dia, podendo ter provocado o pior desempenho dos tomateiros jovens na solução com concentração iônica 100 %. Plantas jovens são mais sensíveis aos baixos  $\psi_o$  causados por altas concentrações salinas (MARTINEZ, 2002).

Depois do potássio (K), o nitrogênio é o elemento exigido em maiores quantidades pelo tomateiro (SILVA & GIORDANO, 2000). A solução nutritiva de Hoagland completa tem 15 mM de N em sua composição, suprido em sua maior parte na forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) (Tabela 2). Para cultivares comerciais de *L. esculentum* valores entre 7-8 mM de  $\text{NO}_3^-$  são tidos como concentrações limite para o crescimento da planta e produção de frutos (SIDDIQI et al., 1998.). Estes autores, no entanto, observaram que concentrações entre 5,5 mM e 2,75 mM de  $\text{NO}_3^-$  não causavam efeitos adversos ao crescimento do tomateiro, produção e qualidade do fruto. Os mesmos autores relataram ainda que a concentração 1,1 mM de  $\text{NO}_3^-$  causou redução de cerca de 30 % no crescimento de plantas e frutos.

Oliveira (2004) em um estudo realizado com genótipos selvagens e comerciais de *Lycopersicon* em hidroponia constatou que concentrações de N inferiores a 6,0 mM na solução nutritiva de Hoagland limitaram drasticamente o desenvolvimento vegetativo de todos os genótipos e reduziram a produção de frutos nas cultivares comerciais

Bugbee (1995) afirma que sob condições normais de  $\text{CO}_2$  da atmosfera, apenas  $\frac{1}{4}$  da concentração original da solução nutritiva de Hoagland seria suficiente para o crescimento ótimo das plantas cultivadas.

Segundo Gualberto et al. (2000) o cultivo hidropônico tipo “NFT” no Brasil carece de maiores informações em relação ao comportamento das cultivares de tomate em solução nutritiva. De acordo com Furlani et al (1999), propostas de redução da concentração das soluções nutritivas em regiões mais quentes como a Norte e a Nordeste são tecnicamente viáveis e merecem maiores estudos.

## 4.4 Frações Nitrogenadas e Açúcares Solúveis

### 4.4.1. Teores de nitrato

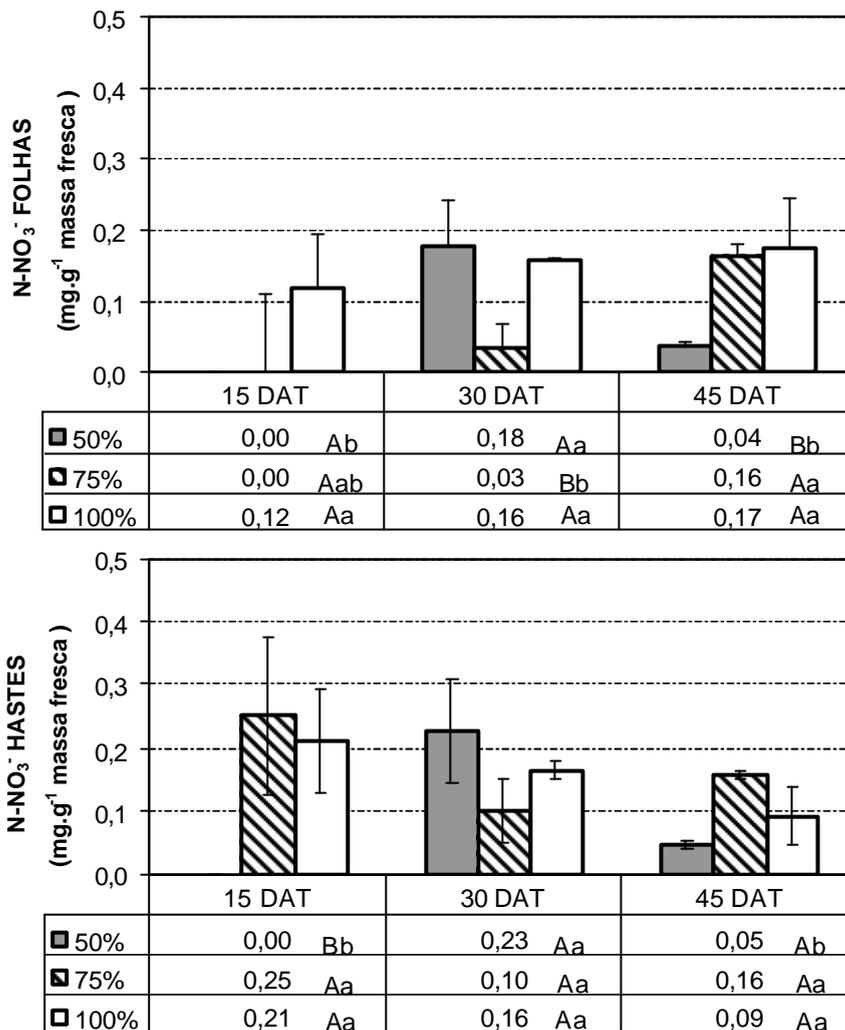
O  $\text{NO}_3^-$  é a principal forma de nitrogênio disponível para a maioria das plantas, incluindo o tomateiro. Sua concentração na solução do solo pode variar de menos 1 mM para mais de 10 mM, dependendo de fatores como pH, disponibilidade de oxigênio, chuvas e suprimento de fertilizantes (MARSCHNER, 1995).

Como observados na figura 14, aos 15 DAT não foi detectado acúmulo de  $\text{NO}_3^-$  nos tecidos da parte aérea dos tomateiros cultivados em solução com 50 % da concentração iônica. Nesta fase, os teores de nitrato não diferiram nas soluções nutritivas mais concentradas (75 % e 100 %). Aos 30 DAT, por outro lado, os maiores teores de  $\text{NO}_3^-$  nos tecidos da parte aérea foram observadas nos tratamentos 50 % e 100 %. Aos 45 DAT os menores níveis de  $\text{NO}_3^-$  nos tecidos foram obtidos na menor concentração iônica utilizada (50 %). Com exceção dos 30 DAT, os tomateiros acumularam teores semelhantes de  $\text{NO}_3^-$  em seus tecidos quando cultivados nas concentrações iônicas mais elevadas (75 % e 100 %). De modo geral, no tratamento 50 %, a cultivar estudada comportou-se de forma inversa em relação aos demais tratamentos, sendo o máximo de acúmulo de nitrato aos 30 DAT enquanto, que as maiores taxas de consumo de nitrato dos demais tratamentos foram neste período do experimento.

A absorção de  $\text{NO}_3^-$  pelas células das raízes é o primeiro passo da via de assimilação de N em plantas superiores (ORSEL et al, 2002). Após sua absorção, o  $\text{NO}_3^-$  pode ser assimilado na própria raiz ou sofrer efluxo para o apoplasto, ser translocado via simplasto para o xilema da raiz atingindo a parte aérea das plantas ou ser armazenado nos vacúolos radiculares (MARSCHNER, 1995).

Costa et al. (2004) estudando a cultivar comercial Nemadoro de *Lycopersicon esculentum* em cinco concentrações de N (3, 6, 9, 12 e 15 mM) verificaram que até a floração e sob elevada disponibilidade  $\text{NO}_3^-$ , as raízes do tomateiro foram o principal órgão de acúmulo de  $\text{NO}_3^-$ . Bendix et al (1982) e Fernandes et al (1985) verificaram que raízes e rizomas de *Paspalum notatum* têm efeito tampão, acumulando o excesso de nitrato absorvido. No presente estudo, o sistema radicular dos tomateiros não foi analisado devido à impossibilidade da separação dos sistemas radiculares das plantas no sistema 'NFT'.

Nos tecidos clorofilados da parte aérea, o  $\text{NO}_3^-$  pode ser acumulado nos vacúolos ou ser assimilado formando moléculas orgânicas nitrogenadas (MARSCHNER, 1995) O acúmulo de  $\text{NO}_3^-$  nos tecidos da parte aérea é, portanto, reflexo da sua disponibilidade no sistema radicular e depende do balanço entre a quantidade do íon transportada para a parte aérea pelo fluxo transpiratório e a quantidade de  $\text{NO}_3^-$  reduzida e assimilada em moléculas orgânicas nos tecidos clorofilados. Segundo Smart & Bloom (1993), concentrações de nitrogênio no pecíolo refletem a disponibilidade de nitrogênio no meio, sendo observado que as concentrações de nitrato nos pecíolos aumentam significativamente com o aumento da dose de nitrogênio na solução nutritiva.

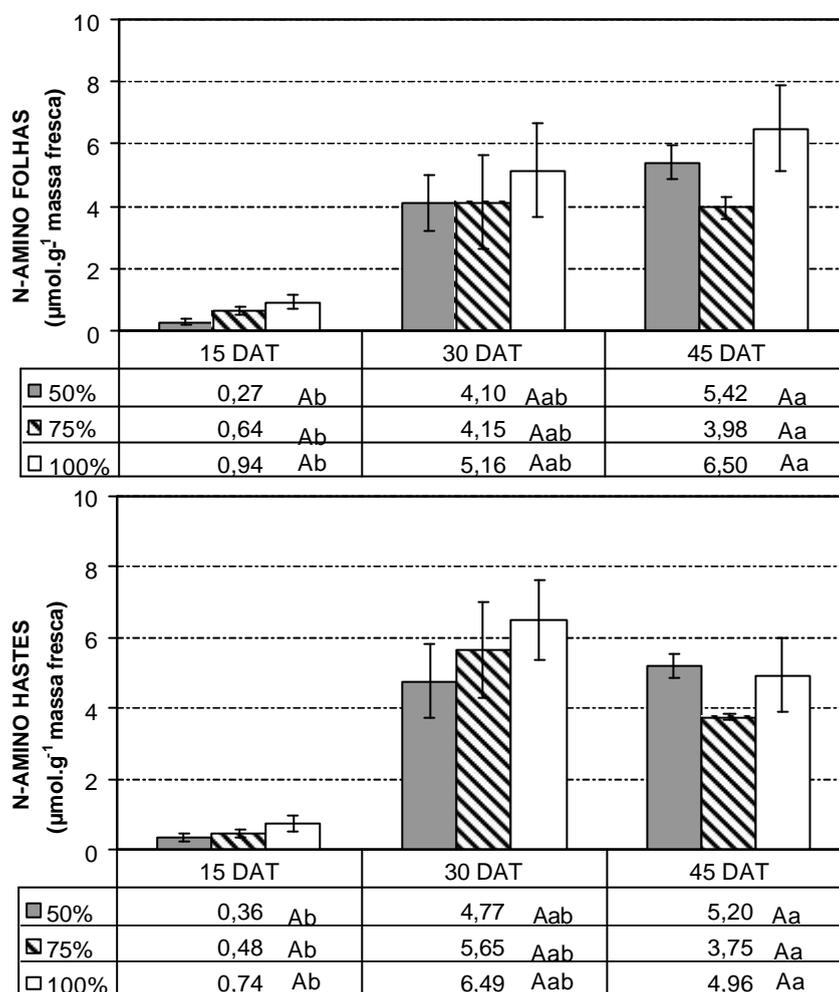


**Figura 14.** Teor de nitrato ( $\text{mg NO}_3^- \cdot \text{g}^{-1}$  massa fresca) nas folhas e nas hastes da cultivar UC-82 sob três concentrações da solução de Hoagland & Arnon (1950). Letras maiúsculas comparam efeito da concentração iônica nos dias após plantio (DAT) e letras minúsculas comparam coletas. As barras indicam erro padrão.

Mason & Wilcox (1982) afirmam que os teores de  $\text{NO}_3^-$  nos pecíolos de tomateiro refletem a disponibilidade e a absorção de nitrogênio. Fontes et al. (1995) pesquisando o nível de  $\text{NO}_3^-$  em pecíolos de tomateiro observaram valores de  $1,25 \text{ mg.g}^{-1}$  de massa fresca de  $\text{NO}_3^-$  quando cultivados em solução nutritiva contendo  $7 \text{ mmol.L}^{-1}$  de N-  $\text{NO}_3^-$ . Os autores também afirmam que valores abaixo de  $1,78 \text{ mg NO}_3^- \text{ g}^{-1}$  massa fresca de pecíolo são limiares para a constatação de um nível crítico de nitrato em pecíolos de tomateiro. Pode-se afirmar então, que os valores acumulados nos tecidos da parte aérea neste ensaio foram baixos. Resultados de Fernandes (1990) indicam uma tendência à redução nos teores de açúcares solúveis da parte aérea de plantas de arroz em situação de alta disponibilidade de nitrato.

#### **4.4.2. Teores de N-amino livre**

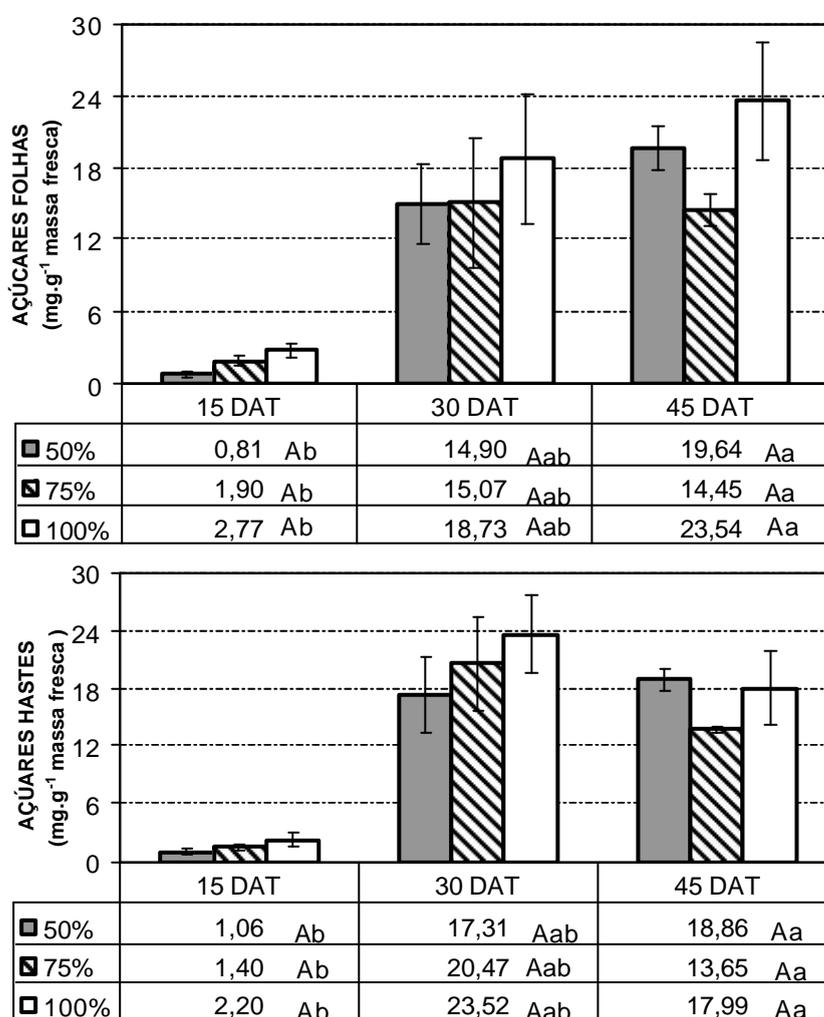
Os menores teores de N-amino livre nos tecidos da parte aérea foram encontrados aos 15 DAT (Figura 15). Os tomateiros apresentaram um maior conteúdo de aminoácidos no tratamento 100 % aos 15 DAT ( $0,94 \mu\text{mol N-amino.g}^{-1}$  massa fresca na folha e  $0,74 \mu\text{mol N-amino.g}^{-1}$  massa fresca no colmo) (Figuras 15A e 15B). Aos 30 DAT e 45 DAT, as concentrações de N-amino nos tecidos apresentaram um aumento muito expressivo, atingindo valores superiores a  $6 \mu\text{mol N-amino.g}^{-1}$  massa fresca em folhas e hastes. No tratamento 75 % e aos 45 DAT, a concentração de N-amino foi reduzida em relação aos 30 DAT, apresentando também valores inferiores ao observado nos tomateiros crescidos com 50 % e 100 % da concentração iônica da solução de Hoagland. Teores de N-amino elevados, normalmente indicam situação de estresse nutricional ou ambiental em plantas (FERNANDES & ROSSIELLO, 1995; FERNANDES, 1983). No presente experimento, o maior acúmulo de biomassa foi encontrado no tratamento 75 % (Figura 12 e 13). Sugere-se que o menor teor de N-amino livre no tratamento 75 % aos 45 DAT possa ser resultado da maior alocação desta forma de N para a biossíntese de proteínas e conseqüentemente acúmulo de biomassa.



**Figura 15.** Teor de N-amino livre ( $\mu\text{mol.g}^{-1}$  massa fresca) nas folhas (A) e nas hastes (B) da cultivar UC-82 sob três concentrações da solução de Hoagland & Arnon (1950). Letras maiúsculas comparam efeito da concentração iônica nos dias após plantio (DAT) e letras minúsculas comparam coletas. As barras indicam erro padrão.

#### 4.4.3. Teores de açúcares solúveis

Os teores de açúcares solúveis nos tecidos da parte aérea dos tomateiros seguiram tendências semelhantes às variações dos níveis de N-amino livre em todas as fases de crescimento das plantas jovens (Figuras 16A e 16B). Os teores de açúcares solúveis bem como os de N-amino livre nos tecidos foram expressivamente mais baixos aos 15 DAT do que nas duas fases posteriores. Entre 15 e 30 dias, o crescimento e acúmulo de biomassa foram intensos nos tomateiros e em todos os tratamentos. A baixa concentração destes dois solutos fundamentais no “pool” metabólico pode estar associada à sua alocação para a biossíntese de macromoléculas (proteínas, ácidos nucleicos, celulose, etc) e liberação da energia necessária ao crescimento e ao acúmulo de biomassa nas plantas. O mesmo raciocínio pode ser utilizado para explicar as menores concentrações de açúcares solúveis e de N-amino aos 45 DAT e na concentração iônica 75 % (Figuras 16A e 16B), uma vez que apresentaram os melhores resultados quanto ao crescimento vegetativo.



**Figura 16.** Teores açúcares solúveis (mg.g<sup>-1</sup> massa fresca) nas folhas e nas hastes da cultivar UC-82 sob três concentrações da solução de Hoagland & Arnon (1950). Letras maiúsculas comparam efeito da concentração iônica nos dias após plantio (DAT) e letras minúsculas comparam coletas. As barras indicam erro padrão.

## Ensaio 2: Uso Racional de Nutrientes Minerais para o Crescimento e Produtividade de Genótipos Comerciais de *Lycopersicon Esculentum* sob Cultivo Hidropônico.

### 4.5 Caracterização das Condições Ambientais

A variação das temperaturas, no horário de 15:00 horas, nos meses de junho, julho e agosto foram menores, quando comparadas ao período entre setembro e dezembro de 2004. Observaram-se médias de temperaturas de  $25 \pm 3^\circ\text{C}$  até o mês de agosto e, após este período, houve uma tendência à elevação de temperatura dentro da casa de vegetação (Figura 17). A partir do mês de novembro, a temperatura média no interior do ambiente foi de  $40 \pm 3^\circ\text{C}$ . Em relação à UR %, observaram-se menores variações nos meses de junho a setembro. A partir de setembro, ocorreu uma tendência a maiores variações nos valores de UR % no ambiente. Mesmo nos meses de temperaturas mais amenas, constatou-se que a UR % estava abaixo do mínimo de 60 % recomendado por Moraes (1997) (Figura 17). Quando as temperaturas tenderam a aumentar (meses mais quentes), observaram-se, em alguns dias, valores de UR % próximos a 15 %.

Schiedeck et al. (2000), monitorando o balanço de energia no interior da casa de vegetação em Piracicaba, obteve resultados semelhantes aos encontrados neste experimento. Às 15:00 h as temperaturas médias em Piracicaba foram de cerca de  $45^\circ\text{C}$  e os valores de umidade abaixo de 25 %. Tanto os valores de temperatura e UR % foram abaixo dos valores mínimos recomendados para o cultivo de plantas em ambiente protegido. Cabe ressaltar que os valores relativos mais próximos dos recomendados observados pontualmente no gráfico foram, de modo geral, favorecidos pela presença de fenômenos climáticos como: chuvas e frentes frias.

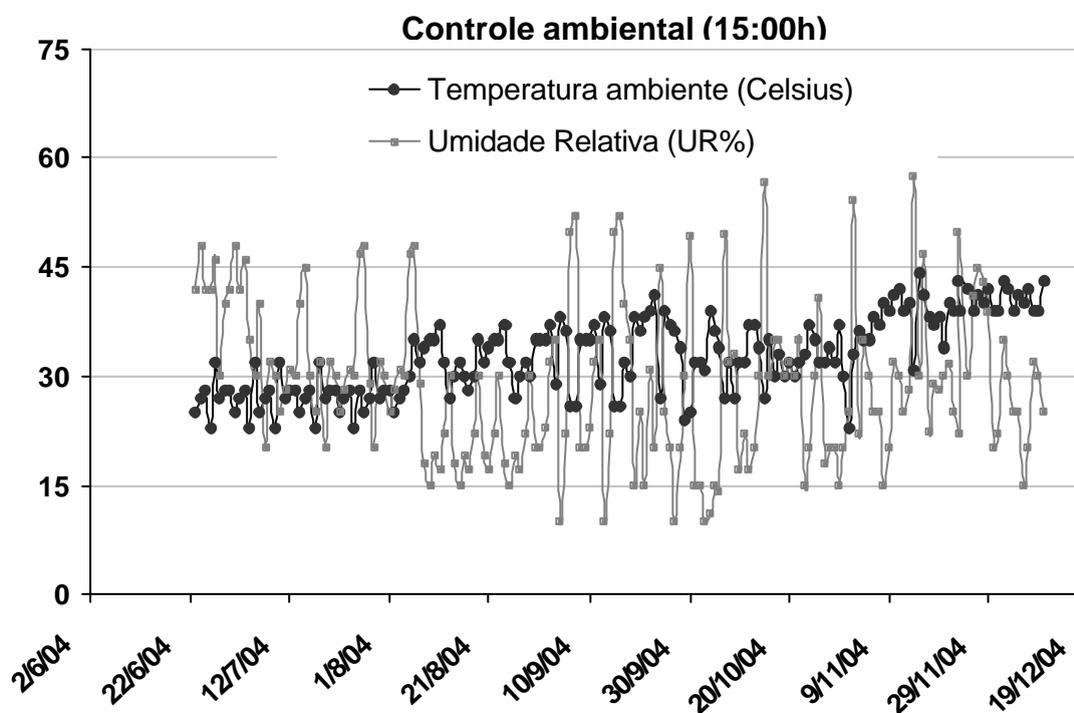


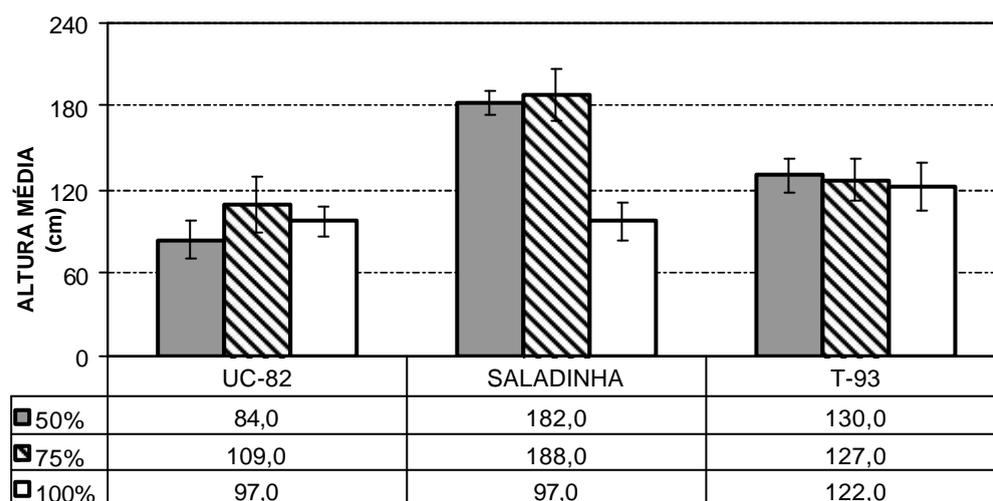
Figura 17. Temperatura e umidade relativa (UR %) as 15:00h durante a condução do ensaio 2 no ano de 2004.

#### 4.6 Acúmulo de Biomassa

As cultivares UC-82 e Saladinha são de crescimento determinado e apresentam peso médio de frutos de 60 g e 180 g respectivamente (ISLA, 2004; SAKATA, 2004). Já a cultivar T-93 é de crescimento indeterminado e produz frutos maiores com massa média unitária de 220 g (TAKII, 2004).

A cultivar Saladinha atingiu a maior altura (188,0 cm), seguida pela cultivar T-93 (130,0 cm). A cultivar UC-82 foi a que apresentou a menor altura (109,0 cm).

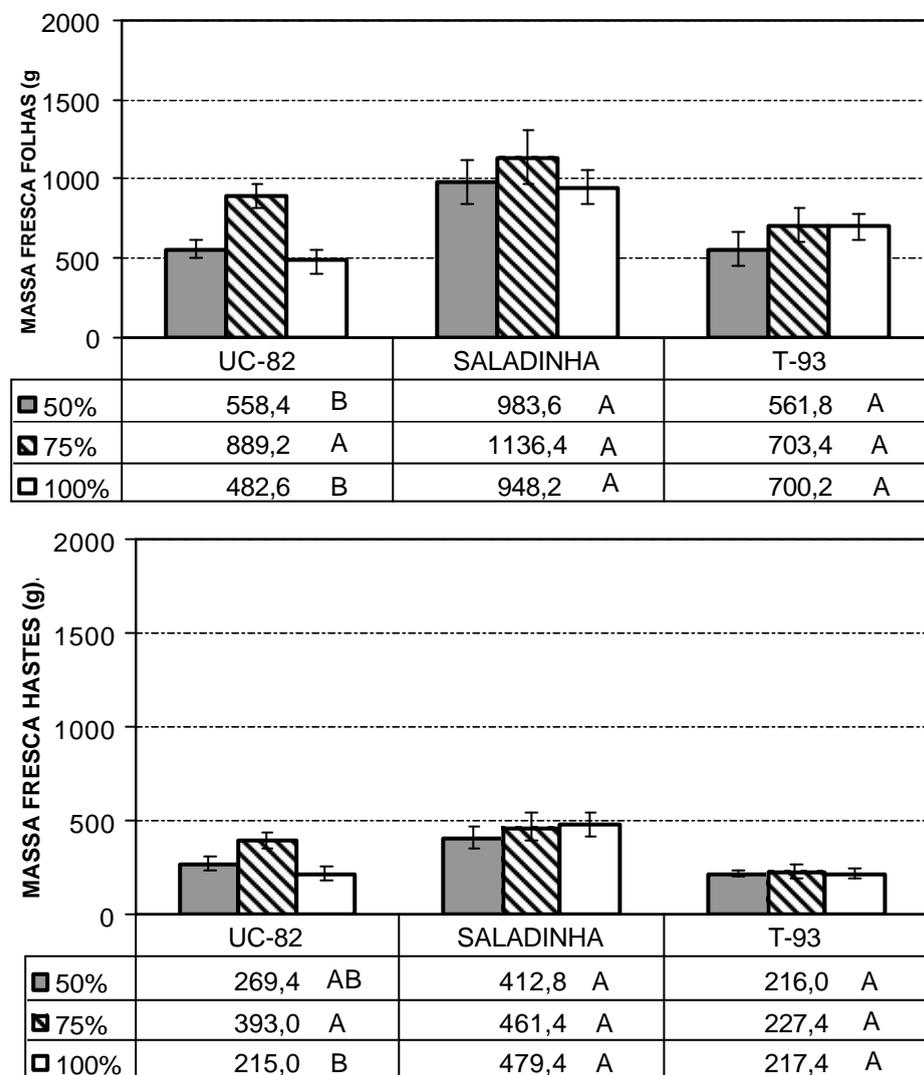
A altura das plantas não foi alterada pelas concentrações iônicas nos genótipos UC-82 e T-93. A cultivar Saladinha, por outro lado, apresentou menor altura apenas quando cultivada em 100 % da solução nutritiva (Figura 18). O menor crescimento em altura da cultivar Saladinha na solução com concentração iônica máxima pode ter relação com o efeito do baixo potencial osmótico sobre o balanço hídrico das plantas, nos momentos mais quentes do dia. Cabe ressaltar que a expansão celular é dependente do grau de hidratação das células em expansão uma vez que o potencial de pressão ( $\psi_p$ ) é a força motriz para o crescimento celular (TAIZ & ZEIGER, 2004). Provavelmente, a superfície transpirante da cultivar Saladinha foi superior à das outras cultivares, favorecendo o desenvolvimento de um estresse hídrico mais acentuado nos momentos mais quentes do dia (Figura 19B).



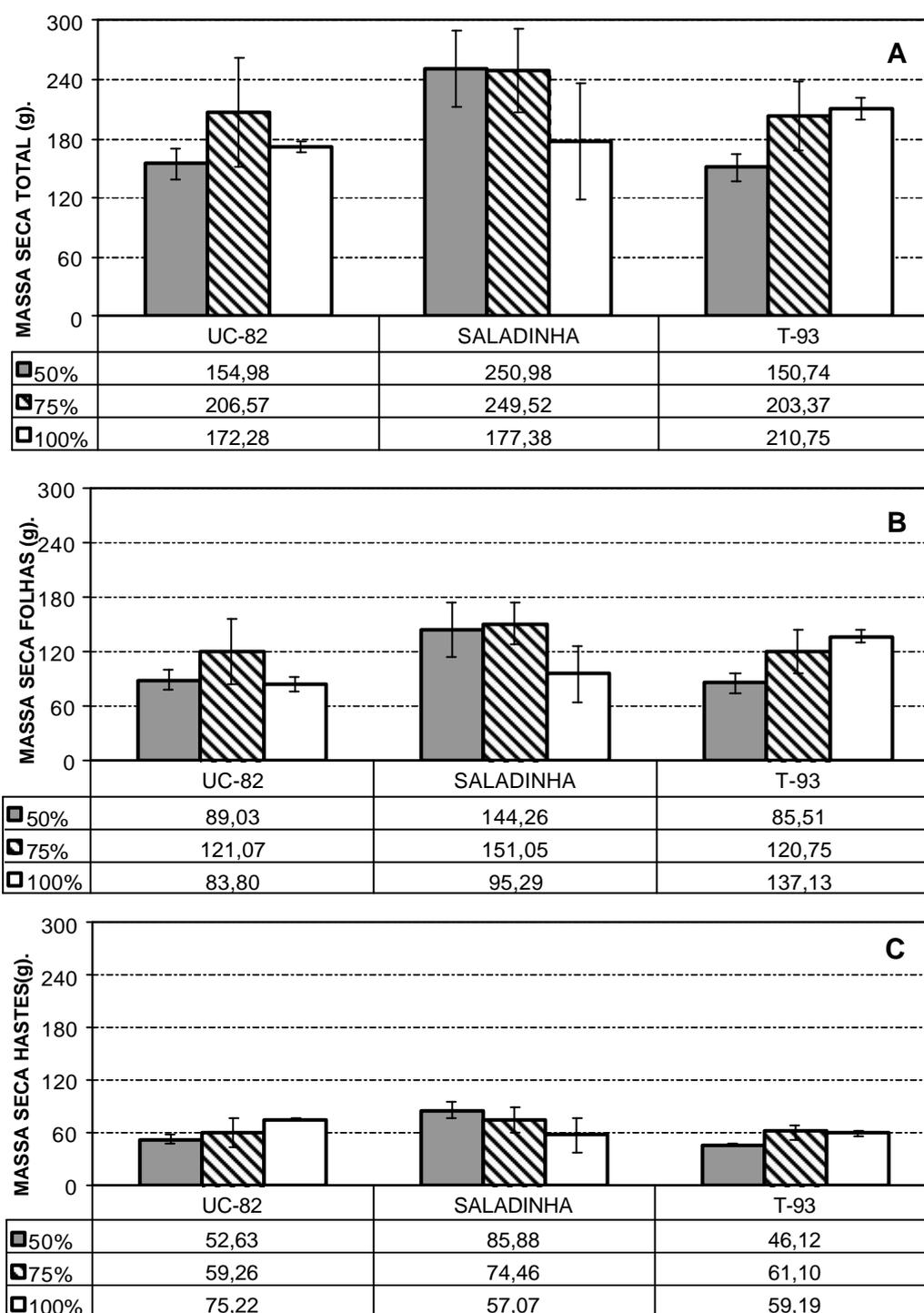
**Figura 18.** Altura (cm) das cultivares UC-82, Saladinha e T-93, sob três concentrações iônicas de solução nutritiva aos 138 DAT. As barras representam o erro padrão.

Aos 138 DAT as principais diferenças observadas quanto ao acúmulo de massa fresca e seca na parte aérea foram genótípicas (Figuras 19A e 20A). As concentrações iônicas 50 %, 75 % e 100 % pouco afetaram o acúmulo de biomassa na parte aérea dos três genótipos estudados. De modo geral, as plantas das três cultivares produziram mais biomassa nas folhas do que nas hastes (Figuras 19B e 20B). O maior acúmulo absoluto de biomassa fresca e seca na parte aérea foi encontrado na cultivar de crescimento determinado Saladinha (Figuras 19A e 20A). O genótipo UC-82 acumulou mais massa fresca e seca foliar na concentração iônica 75 %, seguindo a mesma tendência observada no ensaio com plantas jovens (Figura 19B, 20B; Figura 12). Resultados similares foram observados por Torres et al. (2004) que, estudando os estádios de crescimento vegetativo e reprodutivo do tomateiro em quatro concentrações iônicas de solução nutritiva, verificaram que em soluções nutritivas com menores concentrações

iônicas a altura, o diâmetro de caules, a área foliar e a massa seca das folhas foram pouco afetadas quando comparados ao tratamento de maior concentração iônica.



**Figura 19.** Massa fresca, em gramas (g), parte aérea (A), das folhas (B) e das hastes (C) das cultivares UC-82, Saladinha e T-93, sob três concentrações iônicas de solução nutritiva aos 138 DAT. Letras maiúsculas comparam efeito da concentração iônica nas cultivares. As barras representam o erro padrão.



**Figura 20.** Massa seca, em gramas (g), parte aérea (A), das folhas (B) e das hastes (C) das cultivares UC-82, Saladinha e T-93, sob três concentrações iônicas de solução nutritiva aos 138 DAT. As barras representam o erro padrão.

#### 4.7 Produção e Qualidade dos Frutos

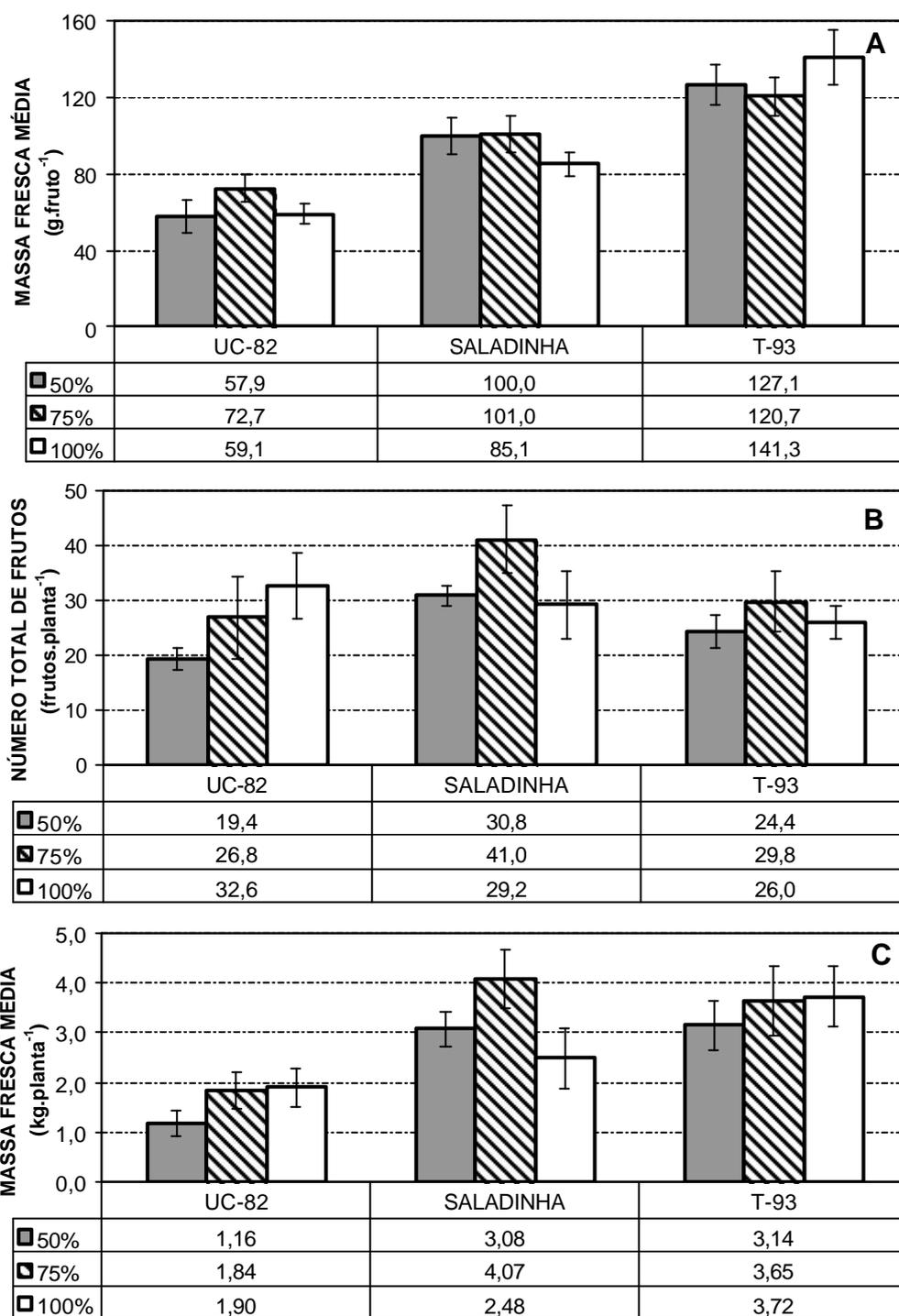
Nas condições hidropônicas utilizadas, as cultivares Saladinha e T-93 produziram frutos com massa fresca média inferior ao seu potencial genético (180 g e 220 g, respectivamente) (Figura 21A; Tabela 3). Tais reduções foram de, respectivamente, 52,9 % e 58,9 % em relação à massa fresca média esperada. Já a cultivar UC-82, apresentou massa fresca média dos frutos muito semelhante à esperada genotipicamente (60 g/fruto), atingindo massa fresca média superior a este valor no tratamento 75 % (73 g/fruto). Em todos os tratamentos, as cultivares Saladinha e T-93 produziram maior número de frutos do que a cultivar UC-82. Este maior número de frutos por planta pode estar associado à menor massa individual dos frutos nas cultivares Saladinha e T-93 e à não realização de raleio de frutos. Costa et al. (2000) cultivando tomate híbrido Momorato (cultivar T-93) em sistema hidropônico, testou a produção em alguns substratos naturais, obtendo resultados similares aos deste experimento. Com valores médios de peso de fruto de 120 g.fruto<sup>-1</sup>.

A massa fresca média por fruto foi influenciada pela cultivar, sendo pouco afetada pela concentração iônica da solução nutritiva (Figura 21A). O número de frutos por planta, por outro lado, foi afetado pela concentração iônica e de modo diferenciado entre as cultivares. A cultivar Saladinha produziu maior número de frutos por planta na concentração 75 %.(Figura 21B). A cultivar UC-82, de menor porte, aumentou a produção de frutos por planta quando a concentração iônica da solução nutritiva passou de 50 % para 100 % (Figura 21). No entanto, os maiores acúmulos de massa fresca por fruto nas cultivares Saladinha e T-93 foram observados na concentração 75 % da solução nutritiva.

A massa fresca total de frutos por planta foi pouco afetada pela concentração iônica da solução nutritiva para as cultivares UC-82 e T-93. A menor produção de massa fresca total de frutos foi observada na cultivar UC-82. A cultivar Saladinha produziu mais massa fresca de frutos nas plantas da concentração iônica de 75 % (4,07 kg/planta). A maior produção de massa fresca total de fruto foi influenciada pelo número de frutos por planta na concentração iônica 75% das cultivares Saladinha e T-93 (Figura 21C).

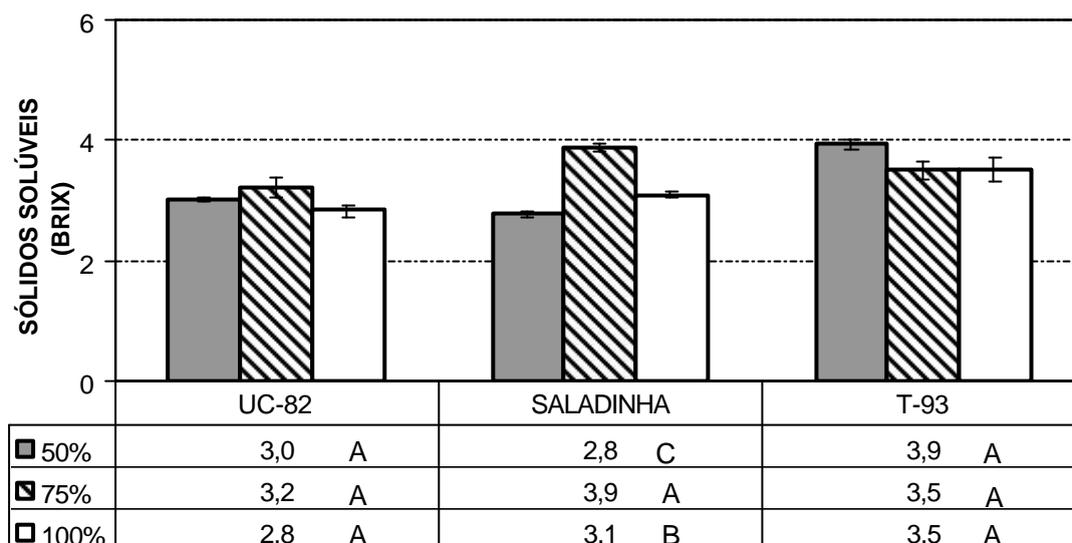
Adams (1994) afirma que a qualidade dos frutos no cultivo de tomateiro em hidroponia depende diretamente da adequação da solução nutritiva empregada a cada fase de desenvolvimento da cultura. Ao avaliar-se os teores de sólidos solúveis totais (°Brix) nas plantas das cultivares UC-82 e T-93, verificou-se que estes teores não foram afetados pela diferentes concentrações iônicas das soluções nutritivas. A cultivar Saladinha apresentou maior teor de sólidos solúveis sob 75 % da concentração iônica da solução nutritiva. Porém, observaram-se valores mais baixos de °Brix na concentração iônica 100%. Os valores médios de °Brix obtidos neste ensaio foram entre 2,8 e 3,9 (Figura 22). No entanto, estes valores são inferiores aos valores médios recomendamos para fins de industrialização (4,4 - 6,0) de acordo com Silva & Giordano (2000).

Silva et al. (1994) indicaram que, no Brasil, a matéria prima recebida pelas indústrias, é mais valorizada quando os frutos apresentam valores acima de 4,0 °Brix. Por outro lado, diversos trabalhos têm demonstrado que a média obtida em cultivos de tomate dificilmente alcança estes valores. Em experimentos conduzidos por Cintra et al (2000), para características qualitativas de frutos para a industrialização, de vinte e oito cultivares de tomate, os valores de sólidos solúveis totais foram entre 2,66 e 3,95 °Brix. Já Grille et al. (2000), em experimentos em campo obtiveram valores médios de 3,8 °Brix. Tais valores são próximos dos obtidos neste experimento (Figura 22).



**Figura 21.** Massa fresca média de frutos em gramas ( $\text{g.fruto}^{-1}$ )(A), número total de frutos ( $\text{frutos.planta}^{-1}$ )(B) Massa fresca média de fruto ( $\text{kg.planta}^{-1}$ )(C) das cultivares UC-82, Saladinha e T-93, sob três concentrações iônicas de solução nutritiva aos 138 DAT. As barras indicam erro padrão.

Segundo Carvalho (1980), a adubação nitrogenada e a densidade de plantio podem influenciar positivamente os teores de sólidos solúveis do tomate. O autor afirma ainda que a fração de sólidos solúveis encontrados no fruto como a presença de açúcares e os ácidos como o cítrico e o málico são fatores preponderantes na qualificação do sabor dos frutos. Grierson & Kaden (1986) afirmam que combinação de alta acidez e alto teor de sólidos solúveis esta associada a um melhor sabor dos frutos. Pesquisas direcionadas à adequação da nutrição mineral do tomateiro e acréscimo no teor de sólidos solúveis nos frutos são de primordial importância para a melhoria em qualidade no cultivo de tomateiro para fins de comercialização.



**Figura 22.** Sólidos solúveis (°Brix) das cultivares UC-82, Saladinha e T-93, sob três concentrações iônicas de solução nutritiva.

#### 4.8 Produtividade

A cultivar UC-82 apresentou maiores médias absolutas de produtividade nos tratamentos 75 % (46,69 t.ha<sup>-1</sup>) e 100% (50,34 t.ha<sup>-1</sup>) da concentração iônica da solução de Hoagland. Houve uma perda de 28,8% em produtividade para o tratamento 50% quando comparada ao tratamento de maior produtividade. Estas perdas representam valores de 14,38 t.ha<sup>-1</sup> (Tabela 4 e 5; Figura 23).

A produtividade da cultivar Saladinha, de modo geral, foi superior à das demais cultivares no tratamento 75 % (101,3 t.ha<sup>-1</sup>)(Tabela 4). Comparando-se as produtividades desta cultivar nos tratamentos 50 % e 100%, observou-se um decréscimo de 16,3 % e 25,5%, respectivamente, em relação ao tratamento 75%. Estas reduções na produtividade correspondem a perdas de 16,47 e 25,67 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Cabe ressaltar que a média de produtividade do tomateiro no Brasil em cultivo tradicional esta em torno de 55 t.ha<sup>-1</sup> (CANÇADO-JUNIOR et al., 2000).

A produtividade da cultivar T-93 foi semelhante nos tratamentos 75 % e 100% de concentração iônica (Figura 23). No tratamento 50% observaram-se perdas de cerca de 15 t.ha<sup>-1</sup> em produtividade quando comparada aos demais tratamentos (Tabela 4). Para esta cultivar, observou-se um adiamento do início da colheita em cerca de 30 dias no tratamento 50 % (Figura 23).

Em ambiente protegido, Marques et al (2000), cultivando tomateiros da cultivar Carmem, obtiveram produtividades médias de 77 t.ha<sup>-1</sup>. Já Gualberto et al. (2000) estudando o tomateiro em hidroponia, verificaram que as médias de produtividade e e

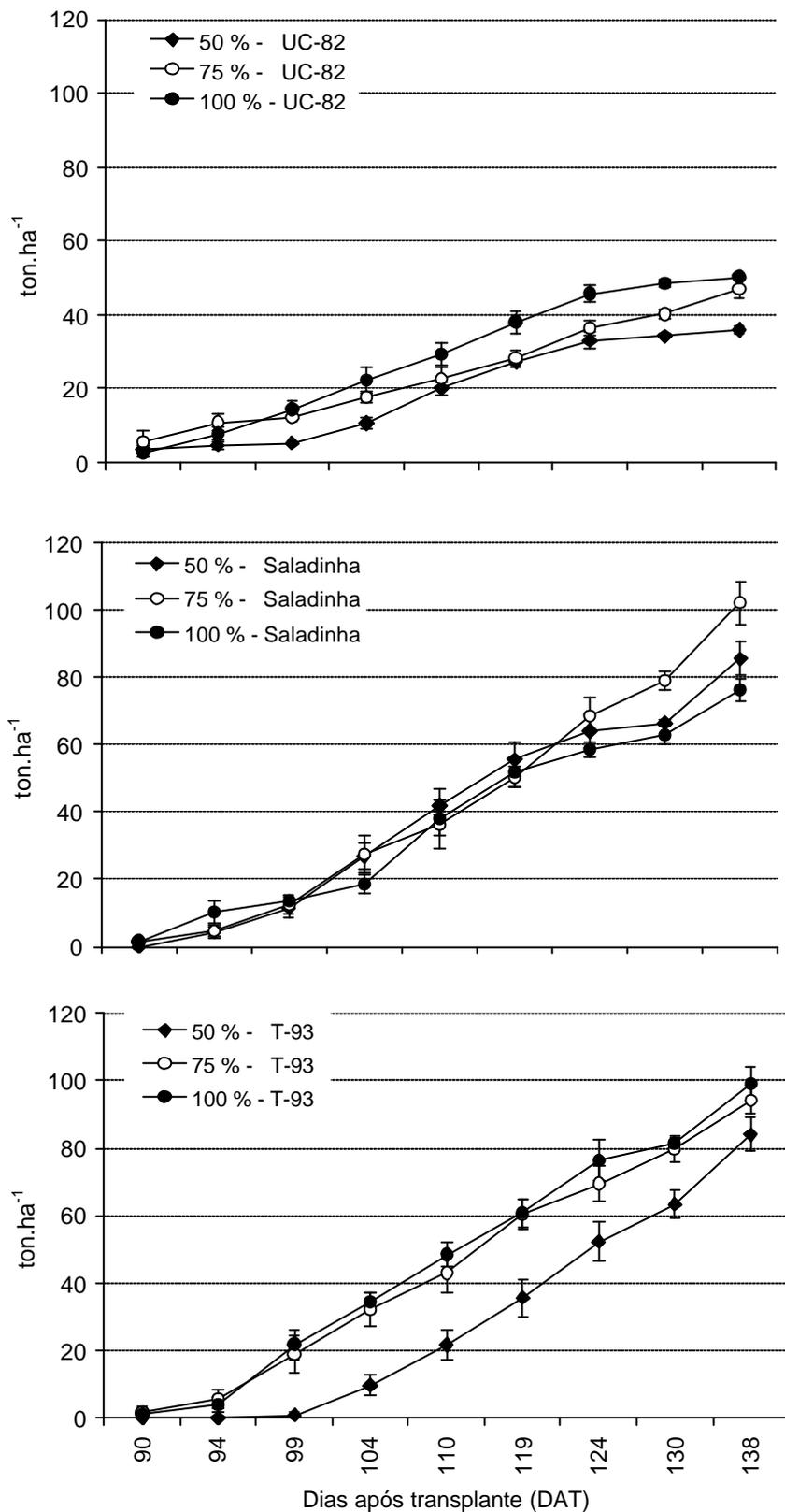
peso médio de frutos foram inferiores às médias normalmente obtidas em sistema tradicional de cultivo.

Segundo Schmidt et al (2000) uma solução nutritiva equilibrada é o princípio básico para a obtenção de qualidade em cultivos hidropônicos comerciais. Estes mesmos autores, cultivando tomateiros do tipo salada em hidroponia, obtiveram valores de produtividade maiores que as médias nacionais, superando médias de 100 t.ha<sup>-1</sup>. Valores semelhantes também foram encontrados por Fayad (1998). Costa et al. (2000) cultivando tomate Momorato (T-93) em solução nutritiva com variações na razão NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:NH<sub>4</sub><sup>+</sup> em 90:10 obteve peso do fruto em torno de 165,4 g. Carvalho et al (2000) testando a adaptabilidade de tomateiros de hábitos de crescimento determinado e semideterminado, em casa de vegetação e fertirrigação, no verão em Brasília produziram cerca de 51,62 t.ha<sup>-1</sup> e com médias de 156,36 g.fruto<sup>-1</sup> para a cultivar Queen Margot.& Mueller et al. (2000) em ambiente protegido obteve produtividades médias em tomateiro do tipo Santa Cruz e do tipo salada de 111,5 t.ha<sup>-1</sup> e 170 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Torres et al. (2004), cultivado tomate em hidroponia no estágio de desenvolvimento reprodutivo observaram que a redução da concentração iônica da solução nutritiva pouco afetou na massa seca dos frutos, produção e produtividade.

Os resultados deste experimento indicam que as médias de produção de frutos por planta, massa unitária de frutos, quantidade e massa de frutos por planta, teores de sólidos solúveis totais e produtividade estão próximas aos valores obtidos por vários pesquisadores, que estão envolvidos na melhoria da qualidade e na produção do tomateiro em sistema de cultivo protegido e hidropônico.

**Tabela 5.** Produtividade em t.ha<sup>-1</sup> e kg/m<sup>2</sup> das cultivares de tomateiro UC-82, Saladinha e T-93 em 50, 75 e 100% de concentração iônica da solução de Hoagland (1950).

<b>Produtividade</b>						
<b>Cultivares</b>	<b>UC-82</b>		<b>Saladinha</b>		<b>T-93</b>	
<b>Tratamentos</b>	t.ha <sup>-1</sup>	kg / m <sup>2</sup>	t.ha <sup>-1</sup>	kg / m <sup>2</sup>	t.ha <sup>-1</sup>	kg / m <sup>2</sup>
<b>50 %</b>	35,96	<b>3,60</b>	85,46	<b>8,55</b>	83,94	<b>8,39</b>
<b>75 %</b>	46,96	<b>4,70</b>	101,93	<b>10,19</b>	94,22	<b>9,42</b>
<b>100 %</b>	50,34	<b>5,03</b>	76,26	<b>7,63</b>	99,09	<b>9,91</b>



**Figura 23.** Produtividade, por coleta, das cultivares UC-82, Saladinha e T-93 nos tratamentos 50 %, 75% e 100% de concentração iônica, durante os 138 DAT.

## 5 CONCLUSÕES

### Considerações Ensaio 1

➤ A casa de vegetação utilizada precisa de dispositivos para a melhoria do balanço interno de energia. Nos momentos mais quentes do dia, as temperaturas foram muito elevadas e os de UR% muito baixos. O ambiente em questão encontra-se fora das faixas ótimas para o cultivo do tomateiro;

➤ Plantas jovens de *Lycopersicon esculentum* da cultivar comercial UC-82, após o transplântio para o sistema 'NFT' apresentaram maior crescimento vegetativo na concentração iônica equivalente a 75 % da solução de Hoagland.

### Considerações Ensaio 2

➤ O crescimento vegetativo foi mais influenciado por diferenças genótípicas entre as cultivares do que pela concentração de nutrientes das soluções nutritivas;

➤ A cultivar Saladinha, de crescimento determinado, atingiu valores maiores em altura, massa fresca e seca totais da parte aérea em todos os tratamentos, superando as demais cultivares quanto ao crescimento vegetativo;

➤ O crescimento em altura e o acúmulo de massa seca da parte aérea da cultivar Saladinha foram menores quando as plantas foram cultivadas em 100 % da concentração iônica da solução nutritiva de Hoagland;

➤ A cultivar UC-82 acumulou mais massa fresca nas folhas e na parte aérea na concentração iônica 75 %;

➤ A massa fresca média por fruto foi influenciada apenas pelo genótipo, tendo apresentado valores inferiores ao potencial genético referenciado para as cultivares Saladinha e T-93;

➤ Na cultivar UC-82, a massa fresca média por fruto foi superior ao potencial genético referenciado, no tratamento 75 %;

➤ A menor produção de frutos por planta foi observada na cultivar UC-82;

➤ A produção total de frutos por planta na cultivar Saladinha foi reduzida na solução de Hoagland com concentração iônica total;

➤ A concentração iônica 50 % retardou em 30 dias a colheita de frutos e reduziu a produtividade da cultivar T-93;

➤ O número total de frutos por planta foi maior em 75 % de concentração iônica nas cultivares Saladinha e T-93;

➤ O número de frutos por planta foi o fator que mais influenciou nas diferenças percentuais em produtividade das cultivares Saladinha e T-93;

➤ A cultivar Saladinha alcançou maior produtividade em relação a todos os tratamentos e cultivares na concentração iônica 75 %;

➤ São necessários estudos mais detalhados quanto ao comportamento da cultivar T-93 na concentração iônica 50 %.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

➤ Recomenda-se ao produtor, o uso da cultivar Saladinha em sistema hidropônico 'NFT', devido ao seu melhor desempenho em desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, menores tratos culturais, melhor qualidade de frutos e maior produtividade.

➤ A solução de Hoagland, na concentração iônica 75%, mostrou-se adequada ao cultivo do tomateiro em sistema hidropônico NFT, nas condições climáticas típicas da Baixada Fluminense, RJ.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, P. Nutrition of greenhouse vegetables in NFT and hydroponic systems. *Acta Horticulturae*, n. 361, p. 245-257, 1994.
- ALBERONI, R.B. **Hidroponia**: como instalar e manejar o plantio de hortaliças dispensando o uso do solo. São Paulo: Nobel, 1998. 102p.
- ANDRIOLO, J.L.; DUARTE, T.S.; LUDKE, L.; SKREBSKY, E.C. Crescimento e desenvolvimento do tomateiro cultivado em substrato com fertirrigação. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.15, n. 1, p. 28-32, 1997.
- ARNON, D.I.; STOUT, P.R. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to cooper. *Plant Physiol.*, v.14, p. 347-375, 1939.
- BENDIX, M.E.S.; FERNANDES, M.S.; ROSSIELLO, R.O.P. Aspectos de la nutrición nitrogenada de *Paspalum notatum* Flüggé, en respuesta a fuentes de nitrogeno e inhibicion de nitrificacion. Turrialba, v. 32, n. 1, p. 33-41, 1982.
- BENOIT, F. High-technology glasshouse vegetable growing in Belquim. *Soiless culture*, v. 3, p. 21-29, 1987.
- BERNARDES, L.J.L. **Hidroponia da alface: uma história de sucesso**. Piracicaba: Estação Experimental de Hidroponia: “Alface & Cia”, 1997. 129 p.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6ª ed. Viçosa, UFV: Imprensa Universitária, 1995. 657p.
- BUGBEE, B. Nutrient management in recirculating hydroponic culture. In: Annual Conference on Hydroponics, 16, 1995. Tucson. Proceedings. Tucson, Arizona: *Hydroponic Society of America*, 1995. p. 15-30.
- CAMPANOLA, C.; BETTIOL, W. **Métodos alternativos de controle fitossanitário**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2003. 279p.
- CANÇADO-JÚNIOR, F.L.; CAMARGO-FILHO, W.P.; ESTANISLAU, M.L.L.; PAIVA, B.M.; MAZZEI, A.R.; ALVES, H.S. Aspectos econômicos da produção e comercialização do tomate para mesa. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, MG, v.24, n. 219, p.7-18, 2003.
- CARVALHO, V.D. Características químicas e industriais do tomate. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, MG. V.6, n. 66, p. 63-68, 1980.
- CASTELLANE, P.D.; ARAÚJO, J.A.C. **Cultivo sem solo – hidroponia**. 4ª. ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1994, 43 p.
- CATALDO, D. A.; HAROON, M.; SCHRADER, L. E.; YOUNGS, V. L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Comm. Soil Sci and Plant Anal*, n.6, p.71-80, 1971.
- CERMEÑO, Z.S. **Cultivo de plantas hortícolas em estufa**. Litixa, Portugal: Ed Lisboa, 1993, 366p.
- CINTRA, A.A.D.; GRILLI, G.V.G.; BRAZ, L.T.; SANTOS, G.M.; BRAZ, B.A. Caracterização de frutos de cultivares de tomateiro para processamento. *Horticultura Brasileira*. Brasília, v. 18, p. 723-724, suplemento julho 2000.
- COHEN, A.I. Análise do comportamento da alface em sistema hidropônico tipo NFT, com e sem o uso de nutrientes quelatizados na solução nutritiva. 1998. 91 p. (Tese de Mestrado) - Jaboticabal: FCAV – UNESP, SP.

- COMETTI, N.N. Nutrição Mineral da Alface (*Lactuca sativa* L.) em Cultura Hidropônica –Sistema NFT. 2003. 128p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro.
- COSTA, C.C.C.; MAJEROWICZ, N.; ZONTA, E.; OLIVEIRA, L.D.; D'AGOSTINI, F.S. Desenvolvimento de tomateiros cultivados com diferentes doses de nitrogênio. In: Jornada de Iniciação Científica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2004 p.18-22.
- COSTA, C.P.; RIZZO, A.A.N.; GAYOSO, A.A.F.T.; GOTO, R. Concentrações de nitrogênio e relações  $\text{NO}_3 / \text{NH}_4$  na produção e crescimento do tomateiro híbrido Momotaro em solução nutritiva. *Horticultura Brasileira*. Brasília, v. 18, p. 783-784, suplemento julho 2000.
- COSTA, J.S.; JUNQUEIRA, A.M.R. Diagnóstico do cultivo hidropônico de hortaliças na região do Distrito Federal. *Horticultura Brasileira*. V. 18, n. 1, p. 49-52, março 2000.
- CUARTERO, J.; FERNÁNDEZ-MUÑOZ, R. Tomato and salinity. *Scientia Horticulturae*, v.78, n.14, p. 83-125, 1999.
- EL-GIZAWY, A.M.; ABDALLAH, M.M.F.; GOMMA, H.M.; MOHAMED, S.S.; ABDUHADID, A.F.; SMITH, A.R. Effect of different shading levels on tomato plants. 2. Yield and fruit quality. *Acta Horticulturae*, v. 379, p. 349-354, 1993.
- EPSTEIN, E. Silicon. *Annu. Rev. Plant. Pysiol. Mol. Biol.* 50:641-664, 1999.
- FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; VILELA, L.A.A. **Produção de alface em hidroponia**. Lavras: UFLA, 1996. 50 p.
- FAYAD, J. A.; FONTES, P C R; CARDOSO, A A; FINGER, F. L.; FERREIRA, F.A. Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.20, n. 1, p.90-94, 2002.
- FEITOSA, F.A.A.; CRUZ, G.F. **Controle de pragas e doenças de flores e hortaliças**. Fortaleza: Instituto Frutal, 2003. 223p.
- FERNANDES, M.S. Efeitos de fontes e níveis de nitrogênio sobre a absorção e assimilação de N em arroz. *Rev. Bras. Fisiol. Vegetal*, v. 2, n. 1, p. 1-6, 1990.
- FERNANDES, M.S. Effects of light and temperature on the nitrogen metabolism of tropical rice. 1974. Tese (Ph.D. em Nutrição de Plantas) - Michigan State University, Michigan.
- FERNANDES, P.D.; CHURATA-MASCA, M.G.C.; OLIVEIRA, G.D.; HAAG, H.P. Nutrição mineral de hortaliças. In: XXVII. Absorção de nutrientes pelo tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) em cultivo rasteiro. 1975, Anc.Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz, p. 595-608.
- FERREIRA, M.E.; CASTELLANE, P.D.; CRUZ, M.C.P. **Nutrição e adubação de hortaliças**. São Paulo: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1992. 486p.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Solanaceas**: agroecologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló. Lavras: Editora UFLA, 2003, 85p.
- FILGUEIRA, F.A.R. Novo manual de olericultura. Viçosa: UFV, 2000. 402p.
- FURLAN, R.A.; FOLEGATTI, M.V. Efeito da nebulização na redução da temperatura do ar em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*. Brasília, v. 18, p.203-204, suplemento julho 2000.

- FURLANI, A.M.C. Nutrição Mineral. In: KERBAIY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Ed Guanabara Koogan, 2004. v.1. 45p.
- FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1999. 5p. (Boletim técnico, 180).
- FURLANI, P.R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia -NFT**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. 30p. (Boletim técnico, 168).
- FURLANI, P.R. **Cultivo de alface pela técnica de hidroponia NFT**. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 1995. 18p. (documentos IAC, 55).
- GARCIA, L.L.C.; HAAG, H.P.; DIEHL NETO, W. Nutrição mineral de hortaliças: deficiências de macronutrientes em alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Brasil 48 e Clause's Aurélia. In: HAAG, H.P.; MINAMI, K. (Ed.). Nutrição mineral em hortaliças. 1988, Campinas, SP: Fundação Cargill, 1988a. p. 77-99.
- GARGANTINI, H.; BLANCO, H.G. Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro. *Bragantia*, n.22, v.56, p. 693-714, 1963.
- GUALBERTO, R.; RESENDE, F.V.; BRAZ, L.T. Competição de cultivares de alface sob o cultivo hidropônico "NFT" em três diferentes espaçamentos. *Horticultura Brasileira*. V. 17, n. 2, julho, p. 155-158, 1999.
- GOTO, R. Manejo nutricional no cultivo de hortaliças em estufas. In: Encontro de hortaliças, 9. Encontro de plasticultura da região sul, 6, 1995, Maringá. Palestras e trabalhos apresentados..., Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1995. p. 11-18.
- GOTO, R.; GUIMARÃES, V.F.; ECHER, M.E. Aspectos fisiológicos e nutricionais no crescimento e desenvolvimento de plantas hortícolas. In: FOLEGATTI, M.V.; CASARINI, E.; BLANCO, F.F.; CAMPONEZ, R.P.do B.; RESENDE, R.S. **Fertirrigação de flores, frutas e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 336p.
- GOTO, R.; TIVELLI, S.W. **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais**. São Paulo: Fundações Editoras da UNESP, 1998, 309p.
- GRIERSON, D.; KADER, A.A Fruit ripening and quality In: ATHERTON, J.G.; RUDICH, J. eds The tomato crop: a scientific basis for improvement. London, Chapman and Hall, 1986, p. 241-280.
- GRILLI, G.V.G.; CINTRA, A.A.D.; BRAZ, L.T.; SANTOS, G.M.; BRAZ, B.A. Produtividade e classificação de frutos de tomateiro de hábito de crescimento determinado. *Horticultura Brasileira*. Brasília, v. 18, p. 727-728, suplemento julho 2000.
- GUALBERTO, R.; RESENDE, F.V.; OLIVEIRA, P.S.R. Produção de cultivares de tomate longa-vida no sistema hidropônico 'NFT'. *Horticultura Brasileira*. Brasília, v. 18, p. 195-197, suplemento julho 2000.
- HAAG, H.P.; DECHEN, A.R.; CARMELLO, Q.Q.C.; MONTEIRO, F.A. Princípios de nutrição mineral: aspectos gerais. In: Simpósio sobre Nutrição e Adubação de Hortaliças, 1993, Jaboticabal, SP. Anais. Piracicaba: Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1993. p. 51-73.
- HANGER, B. Hydroponics: The Word. *Australian and South Pacific Islands Scene*. In: Commercial Hydroponics in Australian. *A guide for Growers*. Pro-set Pty, Ltd, Hobart, 2001.

- HANGER, B.C. The nutrient solution and its preparation. In: **Hydroponics for schools and the home grower**. Melbourne: Victoriam School Nursery, 1986, 68p.
- HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. The water-culture method for growing plants without soil. Berkeley, CA: Agric. Exp. Stn., Univ. of California, 1950. (Circ. 347).
- IBGE. Quantidade produzida, valor da produção, área plantada e área colhida da lavoura temporária: tomate. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 jun. 2003.
- ISLA. Sementes:hortalças. Disponível em <[www.isla.com.br](http://www.isla.com.br)> Acesso em 14 de novembro de 2004.
- JOHJIMA, T. Carotene synthesis and coloring in tomato fruits of various genotypic lines. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, v. 63, n. 1 p. 109-114, 1994.
- KOEFENDER, V.N. Crescimento e absorção de nutrientes pela alface cultivada em fluxo laminar de solução. 1996, 85p. (Tese de Mestrado). Piracicaba: ESALQ.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Editora RIMA, 2000. 531p.
- LIEBG, J. V. Die naturgesetze des feldbaues. *Vieweg, Braunschweig*, 1862.
- LOOMIS, R.S.; CONNOR, D.J. Productivity and Management in Agricultural Systems. *Crop Ecology*, Cambridge University Press, Cambridge, 1992.
- LOPES, C.A.; SANTOS, J.R.M. dos. **Doença do tomateiro**. EMBRAPA-CNPQ:EMBRAPA-SPI, Brasília, 1994, 61p.
- MARQUES, F.C.; TIBOLA, A.J.; PRIEBE, A.J. Cultivo protegido de cultivares de tomateiro submetidas ou não à desbrota. *Horticultura Brasileira*. Brasília, v. 18, p. 190-191, suplemento julho 2000.
- MARSCHNER, H. 1995. **Mineral nutrition of higher plants**. Academic Press, 2<sup>nd</sup> ed, London, 889p.
- MASON, S.C.; WILCOX, G.E. Nitrogen status evaluation of tomato plants. *Lournal of American Society of Horticultural Science*, Alexandria, v. 107, n. 3, p. 483-486, 1982.
- MARTINEZ, H.E.P. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. Viçosa: UFV, 2002, 61p.
- MARTINEZ, H.E.P.; BARBOSA, J.G. **O cultivo de flores sob hidroponia**. Boletim de extensão, Viçosa, n. 38, 1996. 25p.
- MARTINS, G. Uso de casa de vegetação com cobertura plástica na tomaticultura de verão. Jaboticabal. 1992. 65p. Tese (Doutorado em produção vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.
- MARTINS, G. Produção de tomate em ambiente protegido. In: Encontro Nacional de Produção e Abastecimento de Tomate, 2, 1992, Jaboticabal. Anais...Jaboticabal: UNESP, FUNEP, 1992. p. 219-30.

- MARY, W. Produção sazonal de cultivares de alface sob estrutura de proteção tipo túnel alto, em clima tropical, com dois tipos de cobertura morta. 1997. 150p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Departamento de Fitotecnia, Instituto de Agronomia, UFRRJ.
- MAUROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C.; SILVA, H.R. **Irrigação por aspersão em hortaliças**: Qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo. Brasília: Embrapa informação tecnológica:Embrapa hortaliças, 2001, 111p.
- MINAMI, K (Org.) **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura**. São Paulo: T.A.Queiroz, 1995. 128 p.
- MINAMI, K; HAAG, H.P. **O tomateiro**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 397p.
- MONTAGU, K.D. Effects of forms and rates of organic and inorganic nitrogen fertilizers on the yield and some quality indices of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*, Mill.). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, v. 18, p. 31-37, 1990.
- MORAES, C. A. G. de. **HIDROPONIA**: Como cultivar tomates em sistema NFT. 1ª ed. Jundiaí: DISQ Editora, 1997, 143p.
- MORAES, C.A.G.; FURLANI, R.F. Cultivo protegido de frutos em hidroponia em ambiente protegido. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.20, n. 200/201, p. 105-113, set/dez, 1999.
- MUELLER, S.; MONDARDO, M. Produtividade de cultivares de tomate do grupo santa cruz em caçador, SC – ano 2000. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 18, p. 713-714, suplemento julho 2000.
- NAPHADE, A.S. Effect of water regimes on the quality of tomato. *Maharashtra Journal of Horticulture*, v. 7, n. 2, p. 55-60, 1993.
- NORMAS ANALITICAS DO INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. V. 1, São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. 553p.
- OLIVEIRA, L.D 2004. Disponibilidade de nitrogênio e crescimento de genótipos selvagens e cultivados de *Lycopersicon*. 108 p. Dissertação ( Mestrado em Fitotecnia) - UFRRJ, Seropédica, RJ.
- ORSEL, M.; FILLEUR, S.; FRAISIER, V.; DANIEL-VEDELE, F. Nitrate transport in plants: which gene and which control?. *Jornal of Experimental Botany*, n. 370, vol. 53; Inorganic Nitrogen Assimilation Special Issue, p. 825-833, 2002.
- PASSOS, L.P. Solução de Hoagland. In: PASSOS, L.P. (Ed.). **Métodos Analíticos e Laboratórios em Fisiologia Vegetal**. 1996, Coronel Pacheco: Embrapa, 1996. p.101-105.
- PENTEADO, S.R. **Defensivos alternativos e naturais**: para uma agricultura saudável. 3ª ed. Campinas, 2001. 96p.
- PINTO, J.M.; SOARES, J.M.; COSTA, N.D.; FARIA, C.M.B.; BRITO, L.T.L.; SILVA, D.J. Doses e períodos de aplicação de nitrogênio via água de irrigação na cultura de tomate. *Horticultura Brasileira*. V. 115, n. 1, maio, p. 15-18, 1997.
- RAIJ, B. Princípios de correção e adubação para mudas e para a produção comercial. In: FERREIRA, M.E.; CASTELLANE, P.D.; CRUZ, M.C.P. (ed.) **Nutrição e adubação de hortaliças**. Piracicaba: POTAFOS, 1993, p. 75-84.

- RESH, H.M. **Cultivos hidropônicos**: Nuevas técnicas de producción. 4<sup>ª</sup> ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1997, 378 p.
- RICK, C.M. Biosyntesmac studies in *Lycopersicon* and closed related species of *solanum*. In: Hawkes, J.G.; Lester, R.N.; SKELDING, A.D. (ed.). The biology and taxonomy of the solanaceae. 1979, London: Academic press, 1979. p. 667 - 677.
- ROBERT, D.M.; HARMON, A.C. Calcium-modulated proteins: targets of intracellular calcium in higher plants. *Annu. Rev. Plant. Physiol.*, V. 43, p. 375-414, 1992.
- SAS INSTITUTE. SAS/STAT User's guide: Version 6.12, 4<sup>ª</sup> ed. Carey, Inc: SAS Institute, v.2 , cap. 24, p. 891-996, 1993.
- SAKATA, Catalogo de produtos: hortaliças. Disponível em <[www.sakata.com.br](http://www.sakata.com.br)> Acesso em 14 de novembro de 2004.
- SAMPAIO, A.R.; FONTES R.C. Qualidade de frutos de tomateiro fertirrigado com potássio em solo coberto com polietileno preto. *Horticultura Brasileira*. V. 16, n. 2, novembro p. 136-139, 1998.
- SCHIEDECK, G.; MARTINS, S.R.; HOPPE, M.; FERNANDES, H.S. Comportamento da temperatura em estufa plástica em dias característicos. *Horticultura Brasileira*. Brasília, v. 18, p. 266-267, suplemento julho 2000.
- SCHMIDT, D.; SANTOS, S. dos S.; Bonnacarrère, R. A. G.; Pilau, F. G. Potencial produtivo de tomate cultivado com alta densidade, em hidroponia. *Horticultura Brasileira*. V. 18, suplemento junho, p. 273-274, 2000.
- SIDDIQI, M.Y.; GLASS, A.D.M.; RUTH, T.J.; RUFTY, T.W. Studies of the uptake of nitrate in barley: I. Kinetics of  $13\text{ NO}_3^-$  influx. *Plant Physiol.*, Rockville, v. 93, p. 1426- 1432, 1990.
- SILVA, J.B.C.; GIORDANO, L.B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa Hortaliças–Ministério da Agricultura e Abastecimento, 2000. 168p.
- SILVA, J.B.C.; GIORDANO, L.B.; BOITEUX, L.S.; LOPES, C.A.; FRANÇA, F.H.; SANTOS, J.R.M.; FURIMOTO, O.; FONTES, R.R.; MOUROELLI, W.A.; NASCIMENTO, W.M.; SILVA, W.L.C.; PEDREIRA, W. Cultivo do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) para industrialização, Brasília. CNPH, 1994. p 6-7.
- SMART, D.R.; BLOOM, A.J. Relationship between kinetics of  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$  absorption and growth in the cultivated tomato. *Plant Cell and Environment*, v. 16, p. 259-267, 1993.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Trad. SANTAREM, E.R. [et al.]. 3<sup>ª</sup> ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 719p.
- TAKII, Menu inicial: tomate. Disponível em <[www.takii.com.br](http://www.takii.com.br)> Acesso em 14 de novembro de 2004.
- TATABAEI, S.J.; HADLEY, P.; GREGORY, P.J. Fruit growth and Ca and K accumulation in the fruits of tomato grown under a spectral filter. *Plant Nutrition: Food security and sustainability of agro-ecosystems*, Netherlands, p. 301-311, 2000.
- TAYLOR, I. B. Biosystematics of the tomato. In: ATHERTON, J. G., RUDICH, J. (Eds.) The tomato crop: a scientific basis for improvement, 1986. London, Chapman and Hall. p. 1-34.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2<sup>a</sup> ed. Ver. E ampl. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS. 1995. 174p.

TEIXEIRA, N.T. **Hidroponia**: uma alternativa para pequenas áreas. Guaíba: Agropecuária, 1996. 86p.

TORRES, O.G.V.; GARCIA, P.S.CASTILLO, G.A.B.; MENDOZA, M.N.R.; LÓPEZ, C.T.; VILLA, M.S.; SORIANO, E.C. Desarrollo y producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* mill.) con solución nutritiva específica para cada etapa fenológica. In: XXVI Reunión Bras. Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, FertBIO, 2004, Lajes, SC, CD-ROOM.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – U.S.D.A. **Diagnostics and improvement of saline and alkaline** soils. Salinity laboratory staff. 1954, 160p. (Agriculture handbook nº 60).

YANAGI, B.S.; UEDA, Y.; SATO, H.; HIRAI, H.; ODA, Y. Effects of shading and fruit set order on fruit quality in single truss tomato. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, v. 64, n. 2, p. 291-297, 1995.

YEMM, E.W. ;WILLIS, A.J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *iochem. J.*, v. 57, p. 508-514, 1954.

YEMM, E.W.; COCKING, E.C. The determination of amino-acids with ninhydrin. *Analyst*, v. 80, p. 209-213, 1955.

## 8 ANEXOS

### ANOVA ENSAIO 1

**Anexo I.** Anova da Altura da cultivar UC-82 sob três concentrações iônicas da solução nutritiva de Hoagland.

Fontes de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado Médio	F	Significância
Total	26	2535,94			
Coleta	2	2235,12	1117,56	308,85	< 0,0001
Concentração	2	103,65	51,82	14,29	0,0002
Coleta x concentração	4	131,89	32,97	9,09	0,0003
Resíduo	18	65,28	3,68		
Número de dados	27				
Média geral	24,14				
<i>CV%</i>			7,89		

**Anexo II.** Anova do Diâmetro de caule da cultivar UC-82 sob três concentrações iônicas da solução nutritiva de Hoagland.

Fontes de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado Médio	F	Significância
Total	26	1,0567			
Coleta	2	0,8069	0,4034	77,92	< 0,0001
Concentração	2	0,0750	0,03751	7,25	0,0049
Coleta x concentração	4	0,08161	0,0204	3,94	0,0181
Resíduo	18	0,0932	0,0051		
Número de dados	27				
Média geral	0,49				
<i>CV%</i>	14,73				

**Anexo III.** Anova da massa fresca total (folhas+hastes) da cultivar UC-82 sob três concentrações iônicas da solução nutritiva de Hoagland.

Fontes de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado Médio	F	Significância
Total	26	73700,68			
Coleta	2	48982,90	24491,45	79,97	< 0,0001
Concentração	2	12546,68	6273,34	20,48	< 0,0001
Coleta x concentração	4	6658,31	1664,57	5,44	0,0048
Resíduo	18	5512,79	306,27		
Número de dados	27				
Média geral	64,57				
<i>CV%</i>			27,10		

**Anexo IV.** Anova da massa fresca de folhas da cultivar UC-82 sob três concentrações iônicas da solução nutritiva de Hoagland.

Fontes de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado Médio	F	Significância
Total	26	28098,38			
Coleta	2	17599,71	8799,85	70,30	< 0,0001
Concentração	2	5393,04	2696,52	21,54	< 0,0001
Coleta x concentração	4	2852,58	713,14	5,70	0,0038
Resíduo	18	2253,05	125,17		
Número de dados	27				
Média geral	38,44				
CV%			29,10		

**Anexo V.** Anova da massa fresca de hastes da cultivar UC-82 sob três concentrações iônicas da solução nutritiva de Hoagland.

Fontes de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado Médio	F	Significância
Total	26	11059,15			
Coleta	2	7869,62	3934,81	80,60	< 0,0001
Concentração	2	1452,90	726,45	14,88	0,0002
Coleta x concentração	4	857,93	214,48	4,39	0,0118
Resíduo	18	878,69	48,82		
Número de dados	27				
Média geral	25,99				
CV%			26,87		

**Anexo VI.** Anova da massa seca total (folhas+hastes) da cultivar UC-82 sob três concentrações iônicas da solução nutritiva de Hoagland.

Fontes de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado Médio	F	Significância
Total	26	2435,15			
Coleta	2	1665,69	832,84	90,97	< 0,0001
Concentração	2	380,68	190,34	20,79	< 0,0001
Coleta x concentração	4	223,98	55,99	6,12	0,0027
Resíduo	18	164,79	9,16		
Número de dados	27				
Média geral	11,34				
CV%			26,86		

**Anexo VII.** Anova da massa seca de folhas da cultivar UC-82 sob três concentrações iônicas da solução nutritiva de Hoagland.

Fontes de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado Médio	F	Significância
Total	26	992,68			
Coleta	2	633,72	316,86	83,24	< 0,0001
Concentração	2	186,49	93,25	24,50	< 0,0001
Coleta x concentração	4	103,94	25,98	6,83	0,0016
Resíduo	18	68,52	3,81		
Número de dados	27				
Média geral	27,66				
CV%			7,05		

**Anexo VIII.** Anova da massa seca de hastes da cultivar UC-82 sob três concentrações iônicas da solução nutritiva de Hoagland.

Fontes de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado Médio	F	Significância
Total	26	333,25			
Coleta	2	250,63	125,32	95,61	< 0,0001
Concentração	2	34,35	17,18	13,10	0,0003
Coleta x concentração	4	24,77	6,19	4,72	0,0088
Resíduo	18	23,59	1,31		
Número de dados	27				
Média geral	59,75				
CV%			44,94		

**Anexo IX.** Anova do NO<sub>3</sub><sup>-</sup> de folhas da cultivar UC-82 sob três concentrações iônicas da solução nutritiva de Hoagland.

Fontes de variação	GL	Valor F	Pr > F
Coleta	2	0,47	0,6347
Concentração	2	1,20	0,3275
Coleta x concentração	4	1,72	0,1963

**Anexo X.** Anova do NO<sub>3</sub><sup>-</sup> de hastes da cultivar UC-82 sob três concentrações iônicas da solução nutritiva de Hoagland.

Fontes de variação	GL	Valor F	Pr > F
Coleta	2	0,96	0,4015
Concentração	2	1,36	0,2808
Coleta x concentração	4	2,59	0,0718

**Anexo XI.** Anova do N-amino de folhas da cultivar UC-82 sob três concentrações iônicas da solução nutritiva de Hoagland.

<b>Fontes de variação</b>	<b>GL</b>	<b>Valor F</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Coleta	2	24,56	< 0,0001
Concentração	2	1,72	0,2065
<b>Coleta x concentração</b>	<b>4</b>	<b>0,50</b>	<b>0,7370</b>

**Anexo XII.** Anova do N-amino de hastes da cultivar UC-82 sob três concentrações iônicas da solução nutritiva de Hoagland.

<b>Fontes de variação</b>	<b>GL</b>	<b>Valor F</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Coleta	2	44,88	< 0,0001
Concentração	2	1,03	0,2065
<b>Coleta x concentração</b>	<b>4</b>	<b>0,90</b>	<b>0,7370</b>

**Anexo XIII.** Anova de açúcares solúveis de folhas da cultivar UC-82 sob três concentrações iônicas da solução nutritiva de Hoagland.

<b>Fontes de variação</b>	<b>GL</b>	<b>Valor F</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Coleta	2	47,64	< 0,0001
Concentração	2	0,98	0,3939
<b>Coleta x concentração</b>	<b>4</b>	<b>0,91</b>	<b>0,4772</b>

**Anexo XIV.** Anova de açúcares solúveis de hastes da cultivar UC-82 sob três concentrações iônicas da solução nutritiva de Hoagland.

<b>Fontes de variação</b>	<b>GL</b>	<b>Valor F</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Coleta	2	26,34	< 0,0001
Concentração	2	1,66	0,2175
<b>Coleta x concentração</b>	<b>4</b>	<b>0,51</b>	<b>0,7886</b>

## ANOVA ENSAIO 2

**Anexo XV.** Anova da massa fresca total (Folhas + Hastes) da cultivar UC-82 sob três concentrações iônicas da solução nutritiva de Hoagland.

Fontes de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado Médio	F	Significância
Total	14	1670766,4			
Tratamento	2	946820,3	473410,1	7,85	0,0066
Resíduo	12	723946,11	603228,8		
Número de dados	15				
Média geral	965,5				
CV%			25,4		

**Anexo XVI.** Anova da massa fresca de folhas da cultivar UC-82 sob três concentrações iônicas da solução nutritiva de Hoagland.

Fontes de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado Médio	F	Significância
Total	14	767561,6			
Tratamento	2	46749,4	233748,2	9,35	0,0036
Resíduo	12	300065,2	25005,4		
Número de dados	15				
Média geral	643,4				
CV%			24,8		

**Anexo XVII.** Anova da massa fresca hastes da cultivar UC-82 sob três concentrações iônicas da solução nutritiva de Hoagland.

Fontes de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado Médio	F	Significância
Total	14	171473,7			
Tratamento	2	83200,2	41600,2	5,66	0,0186
Resíduo	12	88273,2	7356,2		
Número de dados	15				
Média geral	292,5				
CV%			29,3		

**Anexo XVIII.** Anova do teor de sólidos solúveis totais (°Brix) da cultivar saladinha sob três concentrações iônicas da solução nutritiva de Hoagland.

Fontes de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado Médio	F	Significância
Total	14	3,2960			
Tratamento	2	3,1720	1,5860	153,48	< 0,0001
Resíduo	12	0,1240	0,0103		
Número de dados	15				
Média geral	3,24				
CV%			3,14		