

ANTONIO APRIGIO

**NITRATO NA FOLHA DE ALFACE (*LACTUCA SATIVA L.*) NO
CULTIVO HIDROPÔNICO COM DIFERENTES VAZÕES EM FUNÇÃO
DO TEMPO DE PÓS-COLHEITA**

**MARINGÁ
PARANÁ – BRASIL
NOVEMBRO – 2008**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

ANTONIO APRIGIO

**NITRATO NA FOLHA DE ALFACE (*LACTUCA SATIVA L.*) NO
CULTIVO HIDROPÔNICO COM DIFERENTES VAZÕES EM FUNÇÃO
DO TEMPO DE PÓS-COLHEITA**

Tese apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de Concentração em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Rezende
Co-Orientador: Prof. Dr. Antonio Saraiva Muniz

**MARINGÁ
PARANÁ – BRASIL
NOVEMBRO – 2008**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

A68 Aprígio, Antonio
 Nitrato na folha de alface (*Lactuca Sativa L.*) no
cultivo hidropônico com diferentes vazões em função
do tempo de pós-colheita/Antonio Aprígio. -- Maringá:
[s.n.],2008.
 70 f. : il.

 Orientador : Profº Drº Roberto Rezende.
 Tese (doutorado) - Programa de Pós-Graduação em
Agronomia. Universidade Estadual de Maringá.

 1. *Lactuca Sativa L.* 2. Alface - Cultivo. 3.
Nitrito. 4. Condutividade elétrica. 5. Saúde. 6.
Hidroponia. I. TÍTULO

DEDICO: a Carla, minha querida esposa,
a José Aprício, meu pai e Silvéria Etelvina Aprício, minha mãe, *in memoriam*,
a meus filhos, **Arquimedes, Galileu, Newton e Einstein.**

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo de bom que aconteceu e está acontecendo em minha vida.

À Universidade Estadual de Maringá – UEM e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, pela oportunidade de realizar pós-graduação, em nível de doutorado.

Aos professores que ministraram as aulas no decorrer do curso, principalmente ao Prof. Dr. Roberto Rezende, pela orientação e ao Prof. Dr. Antonio Saraiva Muniz, pela contribuição na orientação nos trabalhos de campo e laboratório.

Às minhas colegas de trabalho Jandira, Sônia, Dolores e Magela por todo apoio dado durante todo o curso, principalmente conduzindo as tarefas dos vestibulares e dos concursos nas minhas ausências.

Aos meus colegas de turma e aos amigos e colaboradores nos experimentos.

Ao Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos, da Unioeste, *Campus* de Cascavel, pelo apoio durante o curso.

Às Professoras Dr^a Ivone Carletto de Lima e Dr^a Saraspathy Naidoo Terroso de Mendonça, pelo apoio durante o curso.

Ao Professor Marcelo Anami, pela ajuda no laboratório.

Ao Professor Dr. Carlos Alberto Mucelin, pela ajuda durante o curso.

Ao Prof. Dr. José Airton de Azevedo, pelo incentivo e leituras de correção do trabalho.

Às professoras Joice e Simone, pelas correções de textos em Inglês para publicações e Abstract.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, *campus* de Medianeira, pelo uso dos laboratórios para secagem do material de experimento e ao Bolsista Wesley, pela ajuda no cultivo da hidroponia.

Ao Prof. Antonio Luis Baú, Diretor da UTFPR, *campus* de Medianeira, pela força e apoio.

A Prof^a. Maria de Fátima Nicoden, Coordenadora do curso no qual estou lotado, Prof. Flávio Pauli, Gerente de Ensino e Pesquisa e ao Prof. Marlos Grigoletto, Gerente da Geric, onde atuo como Coordenador do Processo Seletivo do *campus* de Medianeira.

Aos Srs. José Aprígio Neto e José Gomes Jardim, pelos conselhos e ensinamentos durante toda minha vida.

Ao Prof. Antonio Ferreira Leite, pelas aulas de Língua Inglesa.

BIOGRAFIA

Escrever a Biografia, pois é obrigatória.

Ver modelo em outras teses

ÍNDICE

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E SIGLAS	xi
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Vazões	3
2.2 Hidroponia	4
2.2.1 Aplicações da hidroponia	5
2.2.2 Sistemas hidropônicos	6
2.2.3 Solução nutritiva	8
2.3 A alface	9
2.3.1 Cultivo de alface em hidroponia	12
2.4 Nitrato	12
2.4.1 Acúmulo de nitrato	14
2.4.2 O nitrato e suas conseqüências para a saúde humana	17
2.4.3 Redução do teor de nitrato nas plantas	18
2.4.4 Fotossíntese e assimilação de NO_3^-	20
2.5 Condutividade elétrica	20
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 Caracterização da área experimental	23
3.2 Tratamentos estudados e delineamento experimental	24
3.3 Montagem da bancada	27
3.3.1 Reservatório e condução da solução até a bancada de cultivo	28
3.3.2 Vazões e calibrações nos perfis	28

3.4 Condições do cultivo	29
3.4.1 Solução nutritiva utilizada	29
3.5 A produção da alface	30
3.6 Análises de nitrato	31
3.6.1 Preparo do ácido salicílico	31
3.6.2 Curva padrão	32
3.6.3 Preparo do NaOH 2N	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1 Produção de alface hidropônica em função das vazões	33
4.1.1 Massa fresca total	33
4.1.2 Massa seca total	35
4.1.3 Número de folhas e medidas do caule	37
4.2 Teores de nitrato em função das vazões e dos tempos de pós-colheita	38
4.2.1 Teores de nitrato em função das vazões	38
4.2.2 Teores de nitrato em função dos tempos de pós-colheita	41
5 CONCLUSÕES	48
REFERÊNCIAS	49
APÊNDICES	59
APÊNDICE A – Gráficos de validação do modelo	60
APÊNDICE B – Valores das análises de nitrato	63
ANEXOS	64
ANEXO A – Análise de variância – nitrato	65
ANEXO B – Análise de variância – vazão em função do tempo	67
ANEXO C – Análise de variância – tempo em função da vazão	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Tratamentos das vazões e dos tempos de pós-colheita	25
Tabela 2	Concentrações de macronutrientes (g 1000 L ⁻¹) da solução usada no cultivo hidropônico de alface	30
Tabela 3	Concentrações de micronutrientes (g 1000 L ⁻¹) da solução usada para o cultivo hidropônico de alface	30
Tabela 4	Medidas de MFT, MFPA, MFF, MFC e MFR, média geral, coeficiente de variação e Anova	34
Tabela 5	Médias das medidas de MST, MSPA, MSF, MSC e MSR, média geral, coeficiente de variação e Anova	37
Tabela 6	Médias das medidas NFNA, NFA, NFT, CC e DC média geral, coeficiente de variação e Anova	38
Tabela 7	Análise de variância fatorial entre as vazões de 0,5 L min ⁻¹ , 1,0 L min ⁻¹ , 1,5 L min ⁻¹ e os tempos: 0, 24, 48 e 72 horas de pós-colheita	40
Tabela 8	Resumo estatístico dos tratamentos e análise de variância da quantidade de nitrato na folha de alface hidropônica, em função de três vazões	40
Tabela 9	Resumo estatístico dos tratamentos e análise de variância da quantidade de nitrato na folha de alface hidropônica, em função do tempo de pós-colheita de zero a 72 horas	43
Tabela 10	Interação das vazões em cada nível de tempo de pós-colheita	44
Tabela 11	Interação das três vazões dentro dos tempos de zero hora, 24 horas, 48 horas e 72 horas de pós-colheita	44
Tabela 12	Análise do desdobramento do tempo de pós-colheita, em função das vazões	45
Tabela 13	Teste de média de Scott Knott, em função do tempo de pós-colheita para a vazão de 0,5 L min ⁻¹	46

Tabela 14	Teste de média de Scott Knott, em função do tempo de pós-colheita, para a vazão $1,0 \text{ L min}^{-1}$	47
Tabela 15	Teste de média de Scott Knott, em função do tempo de pós-colheita, para a vazão $1,5 \text{ L min}^{-1}$	47
Tabela 1B	Teores de nitrato em função da vazão e do tempo de pós-colheita	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Bancada do experimento com detalhe dos registros da entrada no controle das vazões	23
Figura 2	Bancada do experimento com detalhe das saídas da solução e o retorno para o reservatório	24
Figura 3	Esquema do sistema de cultivo	26
Figura 4	Massa fresca da produção total de alface hidropônica produzida em três vazões	33
Figura 5	Produção de massa seca total	36
Figura 6	Concentração de nitrato em mg kg^{-1} de NO_3^- na MF de alface hidropônica, em função das vazões de $0,5 \text{ L min}^{-1}$, $1,0 \text{ L min}^{-1}$ e $1,5 \text{ L min}^{-1}$	39
Figura 7	Concentração de nitrato em mg kg^{-1} de NO_3^- na MF, de alface hidropônica em função do tempo de pós-colheita de NO_3^- nitrato, MF massa fresca	42
Figura 1A	Resíduos versus ordem da quantidade de nitrato na folha de alface hidropônica em função do tempo	60
Figura 2A	Normalidade dos erros dos dados do teor de nitrato em função do tempo	61
Figura 3A	Box-plot da quantidade de nitrato na folha de alface em função do tempo de pós-colheita	62

LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E SIGLAS

ADP	Adenosina Difosfato
ANOVA	Análise de Variância
ATP	Adenosina Trifosfato
cm	Centímetro
CV	Coeficiente de Variação
DFT	Deep film technique
F	Valor da Análise de Variância
FAO	Organização Mundial para Agricultura e Alimentação
g	Grama
gl	Graus de liberdade
IUPAC	União Internacional de Química Pura e Aplicada
L	Litro
m	Metro
mg	Miligrama
mL	Mililitro
mm	Milímetro
mol	Molécula grama
mS	Mili Siemens
NADH	Cofator da redutase do nitrato
NFT	Nutrient film technique
NH ₄ ⁺	Amônia
nm	Nanômetro
NO ₃ ⁻	Nitrato
OMS	Organização Mundial da Saúde
RNO ₂	Redutase do Nitrito
RNO ₃	Redutase do Nitrato
W	Watt

RESUMO

APRIGIO, Antonio, DS., Universidade Estadual de Maringá, novembro de 2008. **Nitrato na folha de alface (*Lactuca sativa* L.) no cultivo hidropônico com diferentes vazões em função do tempo de pós-colheita.** Orientador: Prof. Dr. Roberto Rezende. Co-orientador Prof. Dr. Antonio Saraiva Muniz.

Este trabalho teve como objetivo verificar as alterações dos parâmetros relativos à produção de alface (*Lactuca sativa* L.) da cultivar Vera, em cultivo hidropônico em função da vazão e, avaliar os teores de NO_3^- (Nitrato) nas plantas obtidas ao longo do período de pós-colheita. Foram utilizadas três vazões: $0,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, $1,0 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ e $1,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ e verificado o teor de Nitrato em quatro tempos de pós-colheita: a zero hora (imediatamente após a alface ser colhida), 24, 48 e a 72 h. O delineamento experimental utilizado em função da produção foi o DIC inteiramente casualizado, com três tratamentos e oito repetições. Cada unidade experimental foi composta de oito plantas de alface, perfazendo um total de 192 plantas, sendo avaliadas as massas fresca e seca, da raiz, do caule, da folha e da parte aérea totais, número total de folhas, aproveitáveis e não-aproveitáveis, comprimento e diâmetro do caule. Para as análises do nitrato, foram adotados os seguintes procedimentos: 0,1 g da amostra seca de folha foi colocado no tubo da centrífuga, adicionaram-se 10 mL de água deionizada, levou-se à estufa por uma hora a 45°C , centrifugou-se a solução a 500 rpm, durante 15 min, e, em seguida, foi procedida a leitura no espectrofotômetro a 410 nm. O delineamento experimental utilizado para a quantificação da redução do teor de nitrato em função do tempo de pós-colheita foi o DIC inteiramente casualizado, As maiores quantidades de massa fresca e massa seca foram produzidas na vazão de $1,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$. Em relação à redução da quantidade de nitrato, em função do tempo de pós-colheita, ocorreram diferenças significativas entre os tempos analisados. Os teores de NO_3^- reduziram com o tempo de pós-colheita compreendido entre zero e 72 h, com valores de 37,15% menor neste tempo, em média.

Palavras-chave: nitrito, condutividade elétrica, saúde, hidroponia.

ABSTRACT

APRÍGIO, Antonio, DS, State University of Maringá, November 2008. **Nitrate in the leaf of lettuce (*Lactuca sativa* L.) for hydroponic cultivation with different flow rates depending on time of post harvest.** Advisor: Prof. Dr. Roberto Rezende. Co-Advisor: Prof. Dr. Antonio Saraiva Muniz.

This study aimed at to verify the changes of parameters on the production of lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivar Vera, under hydroponic cultivation according to the flow, and evaluate the content of NO_3^- (nitrate) in plants collected during the post-harvest period. Three flow rates were used: 0.5 L min^{-1} , 1.0 L min^{-1} and 1.5 L min^{-1} and the content of nitrate was verified in four post-harvest times: at zero hour (immediately after the lettuce is harvested), 24, 48 and 72 h. The experimental design in used according to the production was the completely randomized DIC, with three treatments and eight repetitions. Each experimental unit was composed of eight plants of lettuce, a total of one hundred and ninety-two plants, and evaluated the fresh and dry dough of the root, stem, the leaf and shoot total number of leaves, possible and not to use, length and diameter of the stem. For the analysis of nitrate were adopted the following procedures: 0.1 g sample of dry leaf was placed in the centrifuge tube, added 10 mL of deionized water, led to the oven for one hour at 45°C , the solution was centrifuged at 500 rpm for 15 minutes, and then it was made a reading in the spectrophotometer at 410 nm. The experimental design to quantify the reduction of nitrate levels in the period of post-harvest DIC was completely randomized; the largest quantities of fresh and dry dough were produced in the flow rate of 1.5 L min^{-1} . In relation to the reduction of the amount of nitrate, depending on the time of post harvest, significant differences occurred among the analyzed times. The levels of NO_3^- decreased with the post harvest time between zero and 72 hours, with values of 37.15% lower, on average, at this time.

Keywords: nitrite, electrical conductivity, health, hydroponics.

1. INTRODUÇÃO

Depois da água, um dos principais problemas encontrados para a produção de alimento é a ausência de solos cultiváveis disponíveis em todos os lugares do planeta, por isso cientistas de todo o mundo têm buscado novas técnicas de cultivo que superem essas limitações.

A exigência do consumidor por produtos frescos, saudáveis e de bom aspecto, gerou aumento da demanda por frutas e hortaliças semiprocessadas ou *in natura*, fazendo da manutenção da qualidade destes produtos um fator fundamental e que tem determinado mudanças nas formas de produção.

A hidroponia atende a essas condições e já é bastante explorada em determinados países da Europa. No Brasil, o seu uso tem se expandido, principalmente no cultivo da alface, pois apresenta vantagens significativas, em relação ao cultivo conduzido no solo.

A técnica de cultivo hidropônico, em que se substitui o solo por perfis de cultivo contendo uma solução nutritiva com os nutrientes necessários, é aplicada, geralmente, em ambiente de cultivo protegido para proteção das plantas. Essas duas condições: a hidroponia e o ambiente protegido diminuem o nível de infestação de patógenos e possibilitam maior controle da produção e, conseqüentemente, melhor qualidade do produto.

No Brasil, a importância da alface é indiscutível, pois é a hortaliça mais consumida e uma das principais espécies cultivadas, tanto em termos de volume de comercialização quanto do ponto de vista econômico. O seu cultivo se estende por todo território brasileiro e é bastante sensível a condições climáticas adversas, como: chuva, granizo e temperatura, e, também, à presença de patógenos de solo. A preocupação com a sua qualidade se justifica, também, porque é consumida basicamente na forma *in natura*.

As tendências atuais de mercado e a busca pelo aumento da produção e da qualidade de alimentos tornam o cultivo hidropônico uma alternativa

importante para a produção de alimentos, por aumentar a produtividade com redução da área de plantio, economicidade dos recursos hídricos, redução da dependência climática, mínimo de impacto ambiental, quando observadas as condições necessárias de descarte das soluções utilizadas, evitando a poluição pela disposição direta ou sem controle no meio ambiente.

As hortaliças correspondem ao grupo de alimentos que contribuem para a ingestão de nitrato (NO_3^-) que, em excesso, é nocivo em função de sua conversão a nitrito (NO_2) no organismo humano. Embora o nitrogênio seja indispensável para o ser humano, as espécies folhosas como a alface e o espinafre podem conter altos níveis de nitrato, por este motivo, é necessário o monitoramento do seu teor nos alimentos, pois, após a ingestão, podem ser transformados em compostos prejudiciais à saúde.

Por essas razões, foram estabelecidos como objetivos gerais desta pesquisa:

- definir a melhor vazão para produção de massa fresca dentre os seguintes valores: $0,5 \text{ L min}^{-1}$, $1,0 \text{ L min}^{-1}$ e $1,5 \text{ L min}^{-1}$;
- quantificar o teor de nitrato em quatro tempos de pós-colheita pré-determinados e compará-los aos valores previstos por órgãos normatizadores oficiais.

E como objetivos específicos:

- detectar se há ou não redução ou diferenças no teor de nitrato em folhas de alface de uma cultivar Vera, cultivada pelo sistema hidropônico, em função de três vazões: $0,5 \text{ L min}^{-1}$, $1,0 \text{ L min}^{-1}$ e $1,5 \text{ L min}^{-1}$; e de quatro tempos pós-colheita: 0 h, imediatamente após a alface ser colhida, 24, 48 e 72 h de pós-colheita.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Vazões

A vazão utilizada no sistema hidropônico, aplicada em níveis adequados, além de possibilitar o crescimento das plantas, determina menor consumo de energia elétrica, promovendo maior ganho econômico no processo de produção (PILAU et al., 2000a).

Helbel Jr (2004), estudando vazões de 0,8 e 1,2 L min⁻¹, verificou que não houve efeito significativo para o fator vazão, quando estudado isoladamente. Desse modo, pode-se argumentar que os níveis estudados por esse pesquisador, para este fator, não proporcionaram às plantas maior ou menor oportunidade de absorção de nutrientes e de oxigenação da solução, o que poderia resultar em diferenças significativas na biomassa fresca.

Ainda, segundo Helbel Jr (2004), esse comportamento de resposta das plantas, pode ter como possível justificativa o fato de que ambos os valores de vazão (0,8 e 1,2 L min⁻¹) atenderam ao que a velocidade de circulação da solução (vazão) deve atender, ou seja, suprir a necessidade de oxigenação da planta e evitar a carência mineral.

Lopes et al. (2003b) utilizaram vazões diferentes para a bancada de crescimento (vazão da solução 1,0 L min⁻¹) até atingirem de seis a oito folhas e serem transplantadas para a bancada definitiva com uma vazão de 1,5 a 2,0 L min⁻¹, onde permaneceram até a colheita.

Valores de 0,5 L min⁻¹ até 1,5 L min⁻¹ são recomendados por diversos autores e estão próximos aos recomendados por Faquin e Furlani (1999) e por grande parte dos autores encontrados na literatura da área, que sugerem a faixa entre 1,0 e 2,0 L min⁻¹ em cada canal.

Segundo Rezende et al. (2007), a maioria dos sistemas em uso oscila entre 1,5 e 2,0 L por minuto em cada canal de cultivo.

2.2 Hidroponia

No século XX, surgiram duas tecnologias complementares de cultivo, de grande importância: a hidroponia e o cultivo em ambiente protegido. Ambas propiciam ao agricultor maior potencial de produção, de agregação de valor, qualidade e constância da oferta de produtos hortícolas.

A hidroponia desenvolveu-se juntamente com a Química, na busca do homem pelo entendimento da influência dos elementos químicos no crescimento das plantas. Esse conhecimento desenvolveu-se desde a constatação e comprovação da necessidade de água para a sobrevivência das plantas até o conhecimento da necessidade dos sais minerais dissolvidos para o seu desenvolvimento (GERICK, 2008).

Segundo Teixeira (1996), a hidroponia é uma técnica alternativa de cultivo em que o solo é substituído por uma solução aquosa contendo os elementos essenciais para o desenvolvimento da planta. Segundo o autor, essa técnica tem como vantagens a maior eficiência no uso da água e dos fertilizantes e o menor impacto ambiental.

De um modo geral, a hidroponia possibilita o aumento da produtividade com menor impacto ambiental e a obtenção de produtos com a qualidade superior ao cultivo no solo, desde que descartados os resíduos de forma correta, maior eficiência na utilização da água de irrigação e fertilizantes, redução da quantidade ou eliminação de alguns defensivos. Além disso, a hidroponia tem gerado e aperfeiçoado tecnologias aproveitadas em outros setores da agricultura ou em áreas diferentes (RODRIGUES, 2002).

O produto de cultivo hidropônico tem encontrado boa aceitação comercial. A alface hidropônica, principal produto dessa linha, obtém preços superiores, entre 35 e 50% acima dos alcançados pelo produto cultivado em sistemas tradicionais, mesmo quando comercializada em engradados comuns, (JUNQUEIRA, 1999). Os nutrientes que a planta precisa para o seu desenvolvimento e produção são fornecidos somente por água enriquecida (solução nutritiva) com os nutrientes necessários.

O sucesso da hidroponia está no manejo dos nutrientes, por isso o cuidado em manter as plantas com ótimo teor nutricional. A formulação deverá conter os nutrientes necessários ao crescimento das plantas de forma adequada e constante, para que se obtenha boa produtividade. Segundo Faquin et al. (1996), a extração de nutrientes pela alface obedece à seguinte ordem decrescente: K, N, Ca, P, Mg, S, Fe, Zn, Mn, B, Cu. Entretanto, essa ordem e a magnitude de extração podem ser alteradas por diferenças varietais e da concentração de nutrientes na solução nutritiva.

Muitos países já definiram padrões de qualidade dos produtos vegetais, baseados naqueles obtidos por meio da hidroponia, na sua maioria, impossíveis de serem obtidos pela prática da agricultura convencional. Outros, atualmente, produzem várias cultivares exclusivamente por meio da hidroponia, como é o caso das orquídeas da Nova Zelândia, um dos maiores exportadores mundiais dessa planta.

Além desses aspectos, são fatores positivos para o desenvolvimento da hidroponia o auxílio à pesquisa e o incentivo ao desenvolvimento de novas tecnologias, visando aumentar a eficiência de irrigação, da aplicação de fertilizantes e de defensivos agrícolas para a produção de hortaliças com menor impacto ambiental (RODRIGUES, 2002 apud HELBEL JR, 2004). Atualmente, cultivos hidropônicos podem ser encontrados em todo o país, do Rio Grande do Sul até o Acre; o Estado de São Paulo abrange de 80 a 90% da área cultivada.

2.2.1 Aplicações da hidroponia

A hidroponia pode ser aplicada ao cultivo de grande variedade de hortaliças e leguminosas, incluindo: alface, brócolis, feijão-de-vagem, repolho, couve, salsa, melão, agrião, pepino, berinjela, pimentão, tomate, arroz, morango, forrageiras para alimentação animal, mudas de árvores, plantas ornamentais, entre outras espécies. O limitante maior é a arquitetura da planta, pois o solo é um fixador natural da planta, como na hidroponia não há um fixador, não é possível produzir um vegetal que tenha o caule muito estendido, em função da

necessidade de fixação. Outras partes da planta também podem impedir a produção hidropônica, como é o caso das raízes. Por esse motivo a alface é a hortaliça mais produzida em hidroponia.

A alface (*Lactuca sativa L.*) é a planta cultivada em maior escala em sistema hidropônico. Isso se deve à sua fácil adaptação ao sistema, no qual tem revelado alto rendimento e reduções de ciclo em relação ao cultivo no solo (FURLANI, 1999). Ainda segundo este autor, no Brasil, as principais culturas produzidas por hidroponia são: a alface (*Lactuca sativa L.*), a abobrinha (*Cucurbita pepo L.*), o aipo (*Apium graveolens L.*), o agrião (*Lepidium sativum L.*), a cebolinha (*Allium fistulosum L.*), o manjericão (*Ocimum basilicum L.*), a menta (*Mentha piperita L.*), o morango (*Fragaria spp.*), o pepino (*Cucumis sativus L.*), o pimentão (*Capsicum cordiforme Mill.*), a rúcula (*Eruca sativa L.*), a salsa (*Petroselinum spp.*), o tomate (*Lycopersicon esculentum P. Miller*), entretanto, a alface é preferida por 90% dos hidroponicultores, pois apresenta ciclo de vida curto, alta produtividade e ampla aceitação no mercado.

2.2.2 Sistemas hidropônicos

De acordo com Furlani (1999), os tipos de sistemas hidropônicos determinam estruturas com características próprias. Entre os mais utilizados está o Sistema *Nutrient Film Technique* - NFT ou de técnica de fluxo laminar de nutrientes, composto basicamente por um tanque de solução nutritiva, um sistema de bombeamento, canais de cultivo e por um sistema de retorno ao tanque. A solução nutritiva é bombeada aos canais e escoada por gravidade formando uma fina lâmina de solução que irriga as raízes.

De acordo com Uniagua (2008), por ser um cultivo protegido, a produção pode ocorrer durante todo o ano, mantendo alta produtividade: um único empregado pode cuidar de mais de 10.000 plantas; o custo de manutenção (empregado, água, luz, frete, entre outros) para o cultivo de alface, por exemplo, está em torno de R\$ 0,15 por pé; a ergonomia é muito melhor, pois se trabalha em bancadas; o trabalho é mais leve e mais limpo; não há desperdício de água e

nutrientes; a economia de água em relação ao solo é de cerca de 70%; a produtividade em relação ao solo aumenta em cerca de 30%; o retorno do investimento se dá entre seis e oito meses; por ser colhida com raiz, a sobrevivência da planta hidropônica é muito maior que a da cortada no solo (CASTELLANE; ARAÚJO, 1994).

De acordo com Faquin et al. (1996), na hidroponia há maior qualidade e aceitação do produto e são eliminadas operações como: aração, gradeação, coveamento, capina e a manutenção dos equipamentos utilizados para essas operações; a produtividade e a uniformidade da cultura são maiores; há redução de pulverizações; pode ser realizada em qualquer local, mesmo onde o solo é impróprio para o desenvolvimento da agricultura; um projeto comercial para a produção de 3.400 pés de alface/mês requer uma área de somente 140 m²; não há preocupação com a rotação de culturas e o replantio pode ocorrer imediatamente após a colheita.

Esse método de cultivo foi empregado na antiguidade, mas somente há alguns anos vem sendo utilizado, principalmente, no cultivo de hortaliças e flores (PENNINGSFELD; KURZMANN, 1983; PELLINCER; RINCON; SAEZ, 1995).

Decorrente da sensibilidade da alface às intempéries e às variações climáticas, o seu cultivo em ambiente protegido vem ganhando grande importância nos últimos anos. Além da praticidade no manejo, a limpeza e a versatilidade dessa modalidade de cultivo conferem ótimas condições para redução na utilização de produtos químicos, menor consumo de água, produção fora de época, maior produtividade e, conseqüentemente, melhor preço, pela alta qualidade do produto (RESH, 1997; PAIVA, 1998).

De acordo com Vaz e Junqueira (1998), a estrutura básica de um sistema NFT é composta de casa-de-vegetação ou estufa, reservatório para solução nutritiva, bancada ou mesa para canais, bomba, encanamento e temporizador.

Segundo Carmello e Paoli (1999), o cultivo em solução com circulação contínua é o meio mais prático para se obter o controle das variáveis ambientais do sistema radicular.

Essa técnica permite que as plantas cresçam durante um grande período de tempo, sob um preciso controle da temperatura das raízes, do pH da solução e em umas soluções nutrientes, cuja concentração de íons é diluída quanto à solução do solo. Esse controle é essencial, nos estudos quantitativos dos efeitos das variáveis do ambiente radicular sobre a absorção de nutrientes e o crescimento das plantas superiores.

Conforme Adams (1994) e Furlani (1999), em se tratando de cultivos hidropônicos, a absorção de água e nutrientes pelas plantas é proporcional à concentração dos nutrientes na solução próxima às raízes.

A produção e o consumo de alface obtida pela técnica do fluxo laminar (NFT) de solução têm aumentado consideravelmente, pelo seu melhor aspecto visual, à sua maior durabilidade e à facilidade na limpeza.

O sistema hidropônico *Nutrient Film Technique* - NFT caracteriza-se pela aplicação e passagem de lâminas de soluções nutritivas nos canais de cultivo entre as raízes das plantas, com frequência e turnos previamente programados. É formado por um reservatório de solução nutritiva, um sistema de bombeamento e de retorno da solução nutritiva ao reservatório por meio de tubos e de bancadas com canais de cultivo (HELBEL JR, 2004).

2.2.3 Solução nutritiva

Na perspectiva de se obter a máxima eficiência da cultura, surgiram várias propostas de solução nutritiva, para o cultivo hidropônico da alface, entre elas as de: Ueda (1990), Furlani (1995), Castellane e Araújo (1994), Soares (2002), com as mais variadas formulações, e, na sua maioria, procura-se manter tanto a concentração dos nutrientes oferecidos às plantas como a condutividade elétrica da solução nutritiva, com pouca variação, de acordo com a idade da planta, época do ano e fatores ambientais.

Bernardes (1997) afirma que a solução nutritiva a ser utilizada no cultivo hidropônico depende do tipo de cultura, do estágio de crescimento, das condições climáticas, da estação do ano, da luminosidade e da altitude local.

No Brasil, de acordo com Furlani (1999), a cultura da alface representa 80% da produção hidropônica. O restante da produção é distribuído entre as culturas de agrião, rúcula, salsa, cebolinha, morango, manjeriço e menta cultivados, principalmente, pela Técnica de Fluxo Laminar de Solução Nutritiva – NFT. Este autor cita também que a área estimada para o cultivo sem solo no Brasil já ultrapassa 50 mil ha.

O consumo da alface é feito *in natura* e, nessa condição, apresenta a seguinte composição média por 100 g: água: 94%; valor calórico: 18 Kcal; proteína: 1,3 g; extrato etéreo: 0,3 g; carboidratos totais: 3,5 g; fibra: 0,7 g; cálcio: 68 mg; fósforo: 27 mg; ferro: 1,4 mg; potássio: 264 mg; tiamina: 0,05 mg; riboflavina: 0,08 mg; niacina: 0,4 mg; vitamina C: 18,0 mg, de acordo com Sgarbieri (1987), para a alface produzida no solo.

2.3 A alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma planta herbácea com um caule diminuto ao qual se prendem as folhas. Sua coloração pode variar do verde-amarelado até o verde escuro e, dependendo da cultivar, também pode ser roxa. Pertence à família Cichoriaceae (Compositae), a mesma das chicórias e almeirões (GOTO; TIVELLI, 1998).

As raízes são do tipo pivotante e podem atingir até 60 cm de profundidade, porém, apresentam ramificações delicadas, finas e curtas, explorando somente os primeiros 25 cm de solo. De acordo com Filgueira (1982), Santiago (1990) e Büchele e Silva (1992), a maior concentração do sistema radicular da alface encontra-se entre 0 e 20 cm. Essa faixa de exploração das raízes tem grande importância quando se faz uso da adubação e da irrigação.

Originária da região do Mediterrâneo, essa espécie vegetal já era utilizada como planta medicinal há 4.500 a.C. Como hortaliça, sua utilização é registrada desde 2.500 a.C. e veio para o Brasil com os portugueses, no período da colonização. As espécies trazidas na época ainda podem ser encontradas em regiões de clima temperado, no Sul da Europa e na Ásia Ocidental.

Atualmente, de acordo com Costa e Sala (2005), a alface é a hortaliça de maior importância econômica no Brasil, com uma área plantada em solo de, aproximadamente, 35 mil ha. Tem cultivo intensivo e o mercado atual de sementes é estimado em US\$ 2 milhões/ano.

É a hortaliça folhosa mais frequente na alimentação do brasileiro, o que assegura à cultura expressiva importância econômica (OSHE et al., 2001).

É, também, a mais produzida e consumida no Brasil, de baixo valor calórico, sendo fonte de vitaminas e de sais minerais (LOTTO; VALARINI, 2007).

Alface (*Lactuca Sativa L.*) é uma hortaliça mundialmente conhecida e consumida em forma de saladas. No Brasil, o consumo médio de hortaliças fica em torno de 41,0 kg per capita⁻¹ ano⁻¹ e a alface está entre as principais hortaliças cultivadas, ocupando a sexta posição na ordem econômica entre as mais produzidas (NADAL et al., 1986).

Atualmente, é explorada em todo território brasileiro, tanto em solo quanto em sistemas hidropônicos, sendo a principal cultura realizada por hidroponia no país (SOARES, 2002; LOPES et al., 2003a). É fonte de vitaminas e sais minerais, destacando-se seu elevado teor de vitamina A. É adaptada a climas amenos e é própria para cultivo no inverno, quando atinge as maiores produções.

Mesmo não sendo uma boa fonte de minerais e vitaminas, exceção feita à vitamina A, de uma maneira geral, é de grande importância nutricional por sua presença regular na dieta, principalmente, dos consumidores das regiões Sudeste e Sul do Brasil, em que se repete a situação constatada nos Estados Unidos da América, por Rick (1978).

A planta de alface é típica de inverno, capaz de resistir a baixas temperaturas e a geadas leves, sendo as temperaturas amenas essenciais durante toda a fase vegetativa de seu ciclo, especialmente no período de desenvolvimento da cabeça. Temperaturas elevadas (20-30°C) aceleram o ciclo cultural, resultando em plantas menores, induzindo à presença de um indesejável sabor amargo.

Filgueira (1982) e Jackson, Peterson e Lesho (1997) comentam que a alface exige temperatura distinta, e o ponto ótimo para o dia está em torno de 22,8°C e para a noite 7,2°C. Segundo Knott (1962), as temperaturas do ar mais favoráveis ao crescimento e à produção da alface situam-se entre 15 e 24°C, sendo a mínima de 7°C. Jackson, Mooney e Schulze (1997) concluíram que a alface americana requer como temperatura ideal para o desenvolvimento: 23°C durante o dia e 7°C à noite.

De acordo com Helbel Jr (2004), essa cultivar apresenta plantas vigorosas com folhas crespas, eretas e de coloração verde-clara brilhante. O ciclo de produção, da sementeira ao ponto ideal de colheita, varia em torno de 50 a 70 dias, conforme a região ou época de cultivo. Apresenta excelente resistência ao florescimento prematuro no verão, ótimo desempenho no inverno, a campo aberto e, em cultivo hidropônico, durante o ano todo.

O avanço tecnológico na produção de hortaliças nos últimos dez anos tem acontecido em velocidade extraordinária. A produção de mudas em canteiros móveis, o desenvolvimento de implementos para o preparo de solo e plantio específicos para a atividade, o lançamento de novas variedades de híbridos cada vez mais resistentes a doenças e adaptadas a qualquer época do ano, sistemas de irrigação, defensivos mais eficazes, cultivo protegido, entre outros, tem aumentado de maneira significativa a produtividade das hortaliças (SILVA; MARTINS, 2004).

Segundo Gualberto et al. (1999) citados por Beninni, Takahashi e Neves (2003), a hidroponia permite o cultivo da alface durante o ano todo, com grande produtividade, com qualidade e sem o risco de contaminação por microrganismos veiculados pelo solo.

Pela facilidade de cultivo, grande demanda pelo mercado e redução do período de cultivo a alface produzida nesse sistema tem obtido remuneração de 35 a 50% superior à cultivada no sistema convencional (JUNQUEIRA, 1999).

2.3.1 Cultivo de alface em hidroponia

Segundo Ohse (2000), embora a cultivar Deisy tenha demonstrado melhor desempenho que a Regina, em relação à fitomassa seca total, quanto à massa fresca total, as cultivares não diferiram significativamente entre si. Para número de folhas, Regina (lisa) foi superior a Deisy (crespa), concordando com os resultados apresentados por Schmidt e Santos (2000), que observaram um comportamento padrão, em que as cultivares do tipo lisa produzem maior número de folhas comparativamente às do tipo crespa.

Bonnecarrère et al. (2000a) avaliaram o desempenho de cultivares de alface em hidroponia, no inverno, e observaram que, de maneira geral, as cultivares do tipo lisa apresentaram maior número de folhas que as cultivares do tipo crespa. Da mesma forma, Pilau et al. (2000b), em cultivo na primavera, e Bonnecarrère et al. (2000b), no outono, observaram que a cultivar Regina foi superior à Deisy em número de folhas.

O cultivo hidropônico da alface é uma alternativa para o controle das condições adversas de clima e tem o objetivo de produzir plantas com melhor qualidade, sem problemas com doenças e pragas, isentas de partículas e/ou impurezas presentes quando os cultivos são efetuados no solo (HELBEL JR et al., 2007).

Os vegetais minimamente processados são produtos similares aos frescos, que passam por diversas operações, como: limpeza, classificação, pelagem e corte, as quais podem ser realizadas antes do branqueamento em uma linha de processamento convencional. Como não sofrem qualquer tipo de tratamento térmico, são constituídos por tecidos vivos, que continuam apresentando o mecanismo da respiração (ROLLE; CHISM, 1987).

2.4 Nitrato

Para ser metabolizado pela planta, incorporado a compostos orgânicos formando aminoácidos, proteínas e outros compostos nitrogenados, o nitrato

(NO₃⁻), absorvido pelas raízes, deve ser reduzido a amônio (NH₄⁺). As plantas, com exceção das leguminosas e de outras espécies vegetais que fixam o nitrogênio molecular (N₂) em simbiose com microrganismos, absorvem o nitrogênio mineral, principalmente nas formas nítrica (NO₃⁻) e amoniacal (NH₄⁺). O NO₃⁻ absorvido pelas raízes, reduzido a NH₄⁺, é incorporado a compostos orgânicos, formando os diversos compostos nitrogenados da planta.

Diversos são os fatores que afetam a redução e o conseqüente acúmulo de nitrato nas plantas, destacando-se os genéticos e os ambientais. Dentre os fatores ambientais, o suprimento de NO₃⁻ às plantas e a intensidade luminosa são os mais importantes (FAQUIN; ANDRADE, 2004).

Além de serem determinados pela espécie de cultivar, os teores de nitrato são influenciados por fatores como a intensidade luminosa (GRAZIA et al., 2001), de acordo com Larcher (2000), a intensidade do trabalho fotossintético diminui proporcionalmente à redução da intensidade luminosa. O sistema de cultivo (CAVARIANNI et al., 2000a; REZENDE et al., 2000) e a adubação ou composição da solução nutritiva (BONNECARRÈRE et al., 2000a, 2000b; SÁNCHEZ et al., 2001) apresentam fatores que podem influenciar o nível de nitratos e nitritos na planta de alface (GRAZIA; TITTONEL; CHIESA, 2001).

Segundo Faquin et al. (1996), as variações encontradas, não só se devem aos efeitos dos diversos fatores que regulam o acúmulo de nitrato nas plantas, mas também à variação dos métodos utilizados para a análise de nitrato. Quando o nitrato (NO₃⁻) é absorvido em grande quantidade, a planta não consegue metabolizá-lo totalmente (para incorporá-lo a compostos orgânicos formando aminoácidos, proteínas e outros compostos nitrogenados), ficando acumulado nos tecidos e, quando ingerido com os alimentos; no trato digestivo pode ser reduzido a nitrito (NO₂⁻) que, entrando na corrente sangüínea oxida o ferro (Fe⁺⁺====> Fe⁺⁺⁺) da hemoglobina, produzindo a metahemoglobina.

Esta forma de hemoglobina é incapaz de transportar o O₂ para a respiração normal das células dos tecidos causando a chamada metahemoglobinemia. Além disso, parte do nitrito pode acabar combinando-se com as amins formando nitrosaminas, as quais são cancerígenas e mutagênicas.

Destacam se ainda que, para pessoas adultas, esse processo é reversível pela ação da enzima redutase da metahemoglobina (RM) e com a participação do agente redutor NADH (Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo), conforme: $\text{metHb(Fe}_3^+) + \text{NADH} \rightarrow \text{oxyHb(Fe}_2^+) + \text{NAD}$.

2.4.1 Acúmulo de nitrato

A legislação brasileira não define teores máximos aceitáveis de nitrato para os vegetais consumidos pela população, e tampouco estes teores são monitorados nos vegetais comercializados, apesar do uso de fontes de nitrogênio em sistema de produção.

A comunidade europeia estabelece como limite máximo permitido, para alface produzida em estufa, teores de nitrato na massa fresca de 3.500 mg kg^{-1} de NO_3^- para o período de verão, 4.500 mg kg^{-1} de MF de NO_3^- para o período de inverno e, para alface produzida a campo aberto, o limite máximo permitido é 2.500 mg kg^{-1} de MF de NO_3^- (MCCALL; WILLUMSEN, 1998).

Os limites máximos admitidos, como se verifica por esses dados, não estão precisamente definidos e são, em alguns casos, divergentes entre a maioria dos autores e países. A Organização Mundial para Agricultura e Alimentação (FAO) e a Organização Mundial da Saúde (OMS) estabelecem como admissível a dose diária de $3,65 \text{ mg}$ do íon nitrato e $0,133 \text{ mg}$ do íon nitrito por kg de peso vivo (CORRÉ; BREIMER, 1979). De acordo com Van Der Boon, Steenhuizen, E Steingrover (1990), o limite aceitável de ingestão diária, é de 220 mg de NO_3^- dia para uma pessoa de, aproximadamente, 70 kg de massa.

Na Alemanha, o limite é de 2.000 mg kg^{-1} de MF de NO_3^- , na Áustria é 1.500 mg kg^{-1} de MF de NO_3^- e na Suíça é 875 mg kg^{-1} de MF de NO_3^- , mas para Graifenberg et al. (1993 apud OSHE et al., 2001), na Itália. consideram-se, genótipos de alface com alto conteúdo de NO_3^- quando esse valor chega a 1.000 mg kg^{-1} de MF de NO_3^- . De acordo com a Organização Mundial da Saúde, a ingestão diária aceitável de NO_3^- é de, no máximo, $3,65 \text{ mg kg d}^{-1}$ de peso corporal (OSHE, 2000). A ingestão de nitrato superior a $5,0 \text{ mg kg d}^{-1}$ representa

uma ameaça à saúde do consumidor pela capacidade que este apresenta de ser reduzido no trato digestivo a nitrito e na corrente sanguínea, poder formar as nitrosaminas, substâncias carcinogênicas, mutagênicas e teratogênicas (BARTSCH; MONTESANO, 1984, REYES; SCANLAN, 1984).

A capacidade de acúmulo de nitrato pelas plantas é de caráter genético. Diversos trabalhos demonstram que diferentes cultivares de alface apresentam diferentes teores de nitrato.

Estimativas de Maynard e Barker (1972) mostraram que a dose tóxica é de, aproximadamente, 0,7 a 1,0 g de N-nitrato para um adulto de 70 kg de peso e para crianças é menos de 10% deste valor.

Segundo Cometti (2003), o uso de amônio em forma de pequenas doses, não promove redução significativa na produção de fitomassa, apesar do tratamento com amônio continuamente ter mostrado uma ligeira redução na colheita final.

Bonnecarrère et al. (2000a) encontraram valores (mg de $\text{N-NO}_3^- \text{ kg}^{-1}$ de massa seca) variando de 465 a 646 para as cultivares de alface lisa e de 600 a 889 para as crespas.

Também, Bonnecarrère et al. (2000b) constataram valores (mg de $\text{N-NO}_3^- \text{ kg}^{-1}$ de massa seca) de 272 a 308 para cultivares de alface lisa e de 243 a 346 para as crespas. Cavarianni et al. (2000a), também avaliando cultivares, encontraram valores (mg de $\text{N-NO}_3^- \text{ kg}^{-1}$ de massa seca) de 1.545 a 1.963 para alface lisa, de 1.242 a 1.536 para as crespas e de 1.030 a 1.965 para a do tipo americana.

No entanto, Cavarianni et al. (2000b) verificaram valores de 546 a 1.466 para cultivares de alface lisa, de 1.475 a 1.661 para as crespas e de 694 a 1.942 para as do tipo americana e Pilau et al. (2000b) observaram valores 101 a 250 para cultivares de alface lisa e de 91 a 237 para as crespas.

O nitrogênio e o potássio são os nutrientes de maior demanda pelas culturas, exigindo aplicações de doses elevadas nas adubações. E isso, particularmente com relação ao N, tem trazido preocupações em dois aspectos: primeiro pela contaminação de águas subterrâneas e dos mananciais e, segundo,

pela elevação dos teores de nitrato (NO_3^-) nos alimentos, principalmente naqueles de consumo *in natura* como as hortaliças e frutas (FAQUIN, 2004).

Porém, estudos realizados por Faquin et al. (1996), utilizando a solução de Furlani (1995), encontraram valores de $436,9 \text{ mg kg}^{-1}$ de massa fresca para a cultivar Verônica. Ruschel (1998) encontrou 345 mg kg^{-1} de massa fresca como teor máximo em alface hidropônica, quando a solução fornecia $240 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de nitrogênio. Delistoianov et al. (1996) obtiveram a cultivar Tainá com maior teor de nitrato: 1.688 mg kg^{-1} de massa fresca.

Considerando um adulto de 60 kg e o teor médio de nitrato na alface produzida em sistema hidropônico de 1.588 mg kg^{-1} peso fresco, a ingestão diária de alface para atingir o nível crítico, seria de 138 g, o que corresponde ao consumo de meia cabeça de alface, pois o peso médio da alface hidropônica, em média é de 270,0 g (considerando somente as folhas).

Fernandes et al. (2002), cujo trabalho consistiu em avaliar dez cultivares de alface no sistema hidropônico, encontraram como valor mínimo $1076 \text{ mg NO}_3^- \text{ kg}^{-1}$ massa fresca e máximo de $2319,65 \text{ mg NO}_3^- \text{ kg}^{-1}$ massa fresca.

Diversos trabalhos, citados por Krohn et al. (2003), demonstram que diferentes cultivares apresentam variados teores de nitrato. Faquin et al. (1996) utilizando a solução Furlani (1995) encontraram $436,9 \text{ mg kg}^{-1}$ de MF de NO_3^- para a cultivar Verônica. Ruschel (1998) encontrou 345 mg kg^{-1} de MF de NO_3^- como teor máximo em alface hidropônica, quando a solução fornecia $240 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de nitrogênio. Delistoianov et al. (1996) obtiveram a cultivar Tainá com maior teor de nitrato (1.688 mg kg^{-1} de MF de NO_3^-). Os resultados encontrados por estes autores apresentam certa variação em função do manejo, condições climáticas, entre outros, todavia, não apresentam grandes discrepâncias com os resultados encontrados no Núcleo de Pesquisa da Universidade Federal do Ceará – Nupech.

Rezende et al. (1999), analisando oito espécies de alface hidropônica, em Brasília-DF, encontraram teores variando de 687 a 5.044 mg kg^{-1} de MF. Da mesma forma, Junqueira (1999), analisando 20 amostras de alface hidropônica,

em duas propriedades, em Brasília-DF, encontraram teores médios de 3.841 e 684 mg kg⁻¹ de MF de NO₃⁻.

Segundo observado por Krohn et al. (2003), o maior teor de nitrato encontrado na cultivar “lisa” pode ser explicado pelo fechamento da cabeça, com conseqüente redução de exposição das folhas à luz e, conseqüentemente, maior acúmulo de nitrato.

2.4.2 O nitrato e suas conseqüências para a saúde humana

As hortaliças folhosas, dentre elas a alface, espinafre e repolho tendem a acumular o nitrato nos seus tecidos. A toxidez do nitrato em humanos, por si é baixa, mas de 5 a 10% do NO₃⁻ ingerido na alimentação é convertido a nitrito (NO₂⁻) na saliva ou por redução gastrintestinal (BOINK; SPEIJERS, 2001).

As hortaliças correspondem ao grupo de alimentos que mais contribui para a ingestão de nitrato (NO₃⁻). As espécies folhosas como alface e espinafre, principalmente, podem conter altos níveis de nitrato (BYRNE et al., 2002). Crianças com idade inferior a dois anos devem receber o mínimo possível de hortaliças que acumulam nitrato, porque o seu pH estomacal baixo é facilitador da redução do nitrato a nitrito, provocando a metamoglobinemia (ARAÚJO; MIDIO, 1989).

Segundo Leifert et al. (1999), crianças lactantes até três meses de idade, que nessa fase são deficientes na enzima RM e do cofator NADH, podem chegar à morte por asfixia, processo denominado de “síndrome do bebê azul” (*Baby blue*). Mensurar os valores de nitrato vem se tornando corriqueiro, em função dos problemas que podem causar pelos valores elevados de nitrato nos alimentos, pois quando entram em contato com a saliva, podem ser transformados em nitrito, num percentual de, aproximadamente, 5% do total de nitrato ingerido.

Boink e Speijers (2001) entendem que o nitrato, entrando na corrente sanguínea, oxida o ferro (Fe²⁺ → Fe³⁺) da hemoglobina, produzindo a metahemoglobina: NO₂⁻ + oxyHb(Fe²⁺) → metHb(Fe³⁺) + NO₃⁻. Esta forma de hemoglobina é inativa e incapaz de transportar o O₂ para a respiração normal das

células dos tecidos, causando a chamada metahemoglobinemia (WRIGHT; DAVISON, 1964), e as células sofrem por anoxia (falta de oxigenação do cérebro).

Segundo Fine et al. (1977) e Craddock (1983), o nitrato consumido em excesso pode ser prejudicial à saúde, podendo levar à formação de nitrito, causando a inibição do transporte de oxigênio no sangue. Outros compostos que podem ser formados são as aminas secundárias como nitrosaminas, N-nitrosodimethylamina que são potencialmente cancerígenas.

Os nitratos e nitritos ingeridos pelo homem contribuem para a formação endógena de N-nitrosaminas, compostos potencialmente cancerígenos, capazes de transformar a hemoglobina do sangue em ferriemoglobina, processo que leva ao impedimento do transporte do oxigênio dos alvéolos pulmonares para os tecidos (RATH; XIMENES; REYES, 1994).

Do mesmo modo para Krohn et al. (2003), os nitratos e nitritos ingeridos pelo homem contribuem para a formação endógena de N-nitrosaminas, compostos potencialmente cancerígenos, capazes de transformar a hemoglobina do sangue em ferriemoglobina, processo que leva ao impedimento do transporte do oxigênio dos alvéolos pulmonares para os tecidos. A capacidade de acúmulo de nitrato pelas plantas é de caráter genético.

2.4.3 Redução do teor de nitrato nas plantas

Algumas medidas têm sido avaliadas na tentativa de reduzir o teor de nitrato em alface, entre elas: (i) adequar à adubação nitrogenada, diminuindo as doses; (ii) colher as plantas em horários de menor acúmulo; (iii) atentar para as condições de armazenamento; (iv) selecionar cultivares com menor potencial de acúmulo e (v) controlar os efeitos ambientais, para ativar o processo assimilatório e reduzir o acúmulo de nitrato (BROWN; SMITH, 1967; BARKER; MAYNARD, 1971; BYRNE et al., 2002).

As principais partes na planta para a redução do NO_3^- são folhas e raízes. Todas as espécies já estudadas apresentam atividades de enzima redutase do

nitrito (RN) nas folhas. Entretanto, a importância relativa da raiz e folha na assimilação do NO_3^- depende de dois fatores: atividade da RN (Redutase do nitrito, que transforma nitrito em amônia) na raiz e a disponibilidade de NO_3^- no meio. Espécies com capacidade muito baixa em assimilar o NO_3^- nas raízes, por exemplo, espécies de *Gossypium*, (*Xanthium e Cucumis*) enviam todo o íon absorvido (via xilema) para assimilação nas folhas. Espécies com alta capacidade em assimilar o NO_3^- nas raízes, por exemplo, *Lupinus spp*, dificilmente têm essa capacidade superada pelo NO_3^- absorvido, e, conseqüentemente, a importância da folha é pequena. Porém, a maioria das espécies é intermediária, em termos de capacidade de assimilação do NO_3^- nas raízes. Nesses casos, a folha torna-se importante somente quando o NO_3^- no meio estiver em concentração suficiente para superar a capacidade de redução da raiz, no entanto, há exceções a essa regra.

Estudos realizados por alguns pesquisadores apontam a possível redução do acúmulo de nitrito em partes comestíveis de hortaliças com estratégias como aumentar a intensidade luminosa, colher durante ou logo após um período de alta luminosidade, atrasar a época de colheita, utilizar cultivares com menor capacidade para acumular nitrito, reduzir as doses de nitrito aplicadas durante o ciclo ou no final do ciclo, colocar parte da adubação como amônio e aplicar cloro (VAN DER BOON; STEENHUIZEN; STEINGROVER, 1990; MCCALL; WILLUMSEN, 1998; FERNANDES et al., 2002).

O horário de coleta da amostra também afeta os teores de nitrito. Andriolo (1999) explica que o acúmulo deste íon nos tecidos vegetais ocorre quando existe desequilíbrio entre a absorção e a assimilação do nitrito.

A assimilação de nitrito supre a síntese dos compostos nitrogenados na planta, principalmente as enzimas. De acordo com Ferri (1985), durante o dia e em maiores intensidades luminosas, a planta apresenta maior atividade fotossintética, elevando a produção de NADH (cofator da redutase do nitrito) e, conseqüentemente, maior quantidade de nitrito é assimilada, enquanto que durante a noite ocorre acúmulo nos vacúolos.

Carrasco e Burrage (1992) e Cardenás-Navarro, Adamowicz e Robin. (1999), estudando o horário de amostragem em alface, observaram teores decrescentes durante o dia e crescentes durante a noite, no entanto, ainda há a necessidade de elucidar a flutuação diária dos níveis de nitrato.

Turazi et al. (2006), avaliando o teor de nitrato presente em plantas de alface, em função do tempo de armazenamento, verificaram redução no teor de nitrato foliar ao longo de sete dias de armazenamento, de um valor de 1.300,21 mg kg⁻¹ de NO₃⁻ na MF, para 933,50 mg kg⁻¹ de NO₃⁻ na MF, verificando-se uma redução de 28,20% do teor de nitrato para este período.

Beninni et al. (2002), em estudos comparativos da alface hidropônica com a convencional, encontraram para alface produzida em hidroponia, teores médios de nitrato de 1.588 mg kg⁻¹ peso fresco, com valores máximo e mínimo de 2.568 e 471 mg kg⁻¹ de NO₃⁻ na MF.

2.4.4 Fotossíntese e assimilação de NO₃⁻

A eficiência do processo de assimilação do NO₃⁻ é maior na folha do que em outras partes da planta, como nas raízes e outros tecidos não verdes. Nesses locais, a assimilação de NO₃⁻ e de NH₄⁺ dependem da energia química do metabolismo de fotoassimilados fornecidos pelas folhas.

Dessa forma, a planta consome energia química, utilizada na fixação do gás carbônico, mas nos cloroplastos isso nem sempre ocorre, pois os seis elétrons utilizados na redução do nitrito podem ser fornecidos diretamente pelas reações fotoquímicas, sem que haja competição com a fixação do gás carbônico. Porém, isso só é possível em alta intensidade luminosa, quando há excesso de energia fotoquímica e a assimilação do carbono satura facilmente (KERBAUY, 2004).

2.5 Condutividade elétrica

Dentre as muitas propriedades apresentadas por uma solução nutritiva, pode-se destacar a condutividade elétrica, pois, há muita controvérsia com

relação ao melhor valor de condutividade elétrica a ser adotado para o cultivo da alface em hidroponia.

Acredita-se também que os valores de condutividade elétrica devam variar de acordo com a cultivar adotada e com as condições climáticas. Estes valores são proporcionais à concentração dos vários íons em solução e da mesma forma ao potencial osmótico da solução.

De acordo com Bresler e Hoffman (1986), a absorção de água pelas plantas, pelo sistema radicular, é influenciada pelo potencial osmótico do meio nutritivo. Huett (1994) afirma que a condutividade da solução nutritiva não influencia somente a absorção de água, mas também a absorção de nutrientes, estando ambas intimamente ligadas, interferindo no metabolismo e, conseqüentemente, na produção.

Conforme Costa et al. (2001), aumentos na condutividade elétrica levam à diminuição da produção de material seco e da produtividade. Segundo Huett (1994), plantas de alface (cv *Coolguard*) cultivadas em baixa condutividade elétrica ($0,4 \text{ mS cm}^{-1}$), apresentaram deficiências de nitrogênio e potássio e altos teores de cálcio em folhas novas. As deficiências diminuem com o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva. Embora não tenham sido apresentados dados relativos a análises químicas de folhas, a baixa absorção de nitrogênio e potássio pode ter sido a causa da menor produção de material seco e fresco na menor condutividade.

Estudando o aumento da produtividade de alface em função da condutividade elétrica, Costa et al. (2001) chegaram à seguinte conclusão: a condutividade elétrica da solução nutritiva influenciou o peso do material fresco e seco da cabeça de alface, sendo o maior valor obtido com a CE de $2,46 \pm 0,24 \text{ mS cm}^{-1}$. Essa condutividade foi a mais indicada para o cultivo de alface americana, cultivar Ryder, em hidroponia, nas condições estudadas.

Segundo Pinto et al. (2004), o aumento na condutividade elétrica da solução nutritiva promoveu acréscimos na produção de matéria fresca das folhas (MFF) e do caule (MFC), atingindo a produção máxima.

A partir de valores de condutividade elétrica acima de $2,0 \text{ Ms cm}^{-1}$, a produção de matéria fresca de folhas e caules foi reduzida, estando de acordo com os resultados apresentados por Silva et al. (2000), que observaram decréscimo na produção relativa de alface, que foi influenciada pelo efeito salino.

As mudanças na absorção de água e nutrientes, proporcionadas pela variação da condutividade do meio nutritivo, levam à alteração da fisiologia das plantas (BELTRÃO; TRINDADE; CORREIA, 1997). Essa alteração se relaciona, dentre outros fatores, à abertura estomática e ao aumento ou diminuição da área foliar, fatores que estão associados à eficiência fotossintética e, conseqüentemente, à produção de material seco pelas plantas. Silva & Shwonka (1999), analisando a viabilidade econômica de produtos minimamente processados, realizaram estudos em que o manejo é feito pelo monitoramento diário da condutividade elétrica da solução nutritiva, utilizando condutivímetro portátil e sendo mantida entre $2,0$ e $2,5 \text{ mS cm}^{-1}$.

De acordo com Chaves e Lacerda (2007), à medida que as plantas crescem os nutrientes da solução são consumidos e a solução vai se esgotando. Chegando a um ponto em que a solução não consegue mais fornecer os nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas. Nesse ponto, a solução deve ser trocada.

Um dos maiores problemas para o horticultor de sistemas hidropônicos é saber quando essa troca da solução deve ser realizada. É muito comum que se usem intervalos iguais entre as trocas, o que não é correto, pois no início do desenvolvimento as plantas consomem muito menos que no final do seu desenvolvimento. Para contornar essa situação a maneira mais simples e fácil é usar um condutivímetro, aparelho que mede a condutividade elétrica da solução.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em condições de casa-de-vegetação, nas dependências da área experimental do Laboratório de Engenharia de Sistemas Agroindustriais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *campus* de Cascavel – PR.

O município de Cascavel está a 24°58' de latitude sul e 53°26' de longitude oeste, com uma altitude média de 800 m, com clima temperado mesotérmico e superúmido, temperatura anual média em torno de 21°C, precipitação média anual de 1.940 mm e umidade relativa média do ar anual de 75% (CASCAVEL, 1995).

A casa-de-vegetação utilizada é do tipo semi-arco fabricada com nas laterais e cobertura de polietileno transparente de 150 micras de espessura, com o pé direito a 2,6 m de altura do nível do solo e a parte mais alta da estufa a 4,7 m, de altura em relação ao nível do solo.

Os materiais empregados na construção das bancadas e dos canais de condução da solução nutritiva foram adquiridos no convênio entre universidades (UEM, UNIOESTE e UTFPR) e foram pré-fabricados e são apresentados nas Figuras 1 e 2.



Figura 1 – Bancada do experimento com detalhe dos registros da entrada no controle das vazões.



Figura 2 – Bancada do experimento com detalhe das saídas da solução e o retorno para o reservatório.

3.2 Tratamentos estudados e delineamento experimental

Este trabalho foi dividido em duas partes: na primeira foi estudado o efeito das vazões na produção de alface da cultivar Vera no sistema hidropônico, com o intuito de definir a melhor vazão; na segunda parte foram estudados os teores de nitrato na folha de alface da mesma cultivar em sistema hidropônico, em diferentes tempos de pós-colheita. Foram avaliados também os teores de nitrato em relação aos dois fatores estudados, vazão e tempo de pós-colheita.

As vazões utilizadas foram: $0,5 \text{ L min}^{-1}$, $1,0 \text{ L min}^{-1}$ e $1,5 \text{ L min}^{-1}$, em oito repetições, cada repetição com oito plantas (unidade experimental) de alface, num total de 192 plantas.

Para o estudo dos teores de nitrato, em relação às vazões e aos tempos de pós-colheita, foram considerados três tratamentos em relação às vazões e quatro tratamentos em relação aos tempos de pós-colheita. A alface foi armazenada durante todo o tempo da espera para a secagem, ou seja, até 72 h proporcional ao tempo de cada tratamento, em uma câmara fria no laboratório de vegetais a uma temperatura de 12°C conforme cada tempo de pós-colheita. Os tempos de pós-colheita foram: 0 h, imediatamente após a alface ser colhida, 24, 48 e 72 h.

Os tratamentos para as vazões foram os citados acima, conforme se apresenta no Quadro 1 e na Figura 3. Os tratamentos em relação aos tempos de pós-colheita consistiram no seguinte: cada um dos quatro tempos, em que foram analisadas as amostras, consistiu em um tratamento e para cada um foram analisadas 24 repetições que correspondem às unidades experimentais, constituídas de duas plantas cada uma, num total de 192 plantas.

Tabela 1 – Tratamentos das vazões e dos tempos de pós-colheita

Pós-colheira		T1	T2	T3	T4
Vazões		1º dia	2º dia	3º dia	4º dia
T1	T1R1	T1R1P1	T1R1P3	T1R1P5	T1R1P7
		T1R1P2	T1R1P4	T1R1P6	T1R1P8
	T1R2	T1R2P1	T1R2P3	T1R2P5	T1R2P7
		T1R2P2	T1R2P4	T1R2P6	T1R2P8
	T1R3	T1R3P1	T1R3P3	T1R3P5	T1R3P7
		T1R3P2	T1R3P4	T1R3P6	T1R3P8
	T1R4	T1R4P1	T1R4P3	T1R4P5	T1R4P7
		T1R4P2	T1R4P4	T1R4P6	T1R4P8
	T1R5	T1R5P1	T1R5P3	T1R5P5	T1R5P7
		T1R5P2	T1R5P4	T1R5P6	T1R5P8
	T1R6	T1R6P1	T1R6P3	T1R6P5	T1R6P7
		T1R6P2	T1R6P4	T1R6P6	T1R6P8
	T1R7	T1R7P1	T1R7P3	T1R7P5	T1R7P7
		T1R7P2	T1R7P4	T1R7P6	T1R7P8
	T1R8	T1R8P1	T1R8P3	T1R8P5	T1R8P7
		T1R8P2	T1R8P4	T1R8P6	T1R8P8
T2	T2R1	T2R1P1	T2R1P3	T2R1P5	T2R1P7
		T2R1P2	T2R1P4	T2R1P6	T2R1P8
	T2R2	T2R2P1	T2R2P3	T2R2P5	T2R2P7
		T2R2P2	T2R2P4	T2R2P6	T2R2P8
	T2R3	T2R3P1	T2R3P3	T2R3P5	T2R3P7
		T2R3P2	T2R3P4	T2R3P6	T2R3P8
	T2R4	T2R4P1	T2R4P3	T2R4P5	T2R4P7
		T2R4P2	T2R4P4	T2R4P6	T2R4P8
	T2R5	T2R5P1	T2R5P3	T2R5P5	T2R5P7
		T2R5P2	T2R5P4	T2R5P6	T2R5P8
	T2R6	T2R6P1	T2R6P3	T2R6P5	T2R6P7
		T2R6P2	T2R6P4	T2R6P6	T2R6P8
	T2R7	T2R7P1	T2R7P3	T2R7P5	T2R7P7
		T2R7P2	T2R7P4	T2R7P6	T2R7P8
	T2R8	T2R8P1	T2R8P3	T2R8P5	T2R8P7
		T2R8P2	T2R8P4	T2R8P6	T2R8P8
T3	T3R1	T3R1P1	T3R1P3	T3R1P5	T3R1P7
		T3R1P2	T3R1P4	T3R1P6	T3R1P8
	T3R2	T3R2P1	T3R2P3	T3R2P5	T3R2P7
		T3R2P2	T3R2P4	T3R2P6	T3R2P8
	T3R3	T3R3P1	T3R3P3	T3R3P5	T3R3P7
		T3R3P2	T3R3P4	T3R3P6	T3R3P8
	T3R4	T3R4P1	T3R4P3	T3R4P5	T3R4P7
		T3R4P2	T3R4P4	T3R4P6	T3R4P8
	T3R5	T3R5P1	T3R5P3	T3R5P5	T3R5P7
		T3R5P2	T3R5P4	T3R5P6	T3R5P8
	T3R6	T3R6P1	T3R6P3	T3R6P5	T3R6P7
		T3R6P2	T3R6P4	T3R6P6	T3R6P8
	T3R7	T3R7P1	T3R7P3	T3R7P5	T3R7P7
		T3R7P2	T3R7P4	T3R7P6	T3R7P8
	T3R8	T3R8P1	T3R8P3	T3R8P5	T3R8P7
		T3R8P2	T3R8P4	T3R8P6	T3R8P8

Nota: As colunas representam os tratamentos dos dias (T1, T2, T3, T4) e as linhas são agrupadas em três faixas (T1, T2 e T3) que correspondem aos tratamentos de cada vazão. Assim, T1R1P1 significa Tratamento 1 repetição 1 e planta 1.

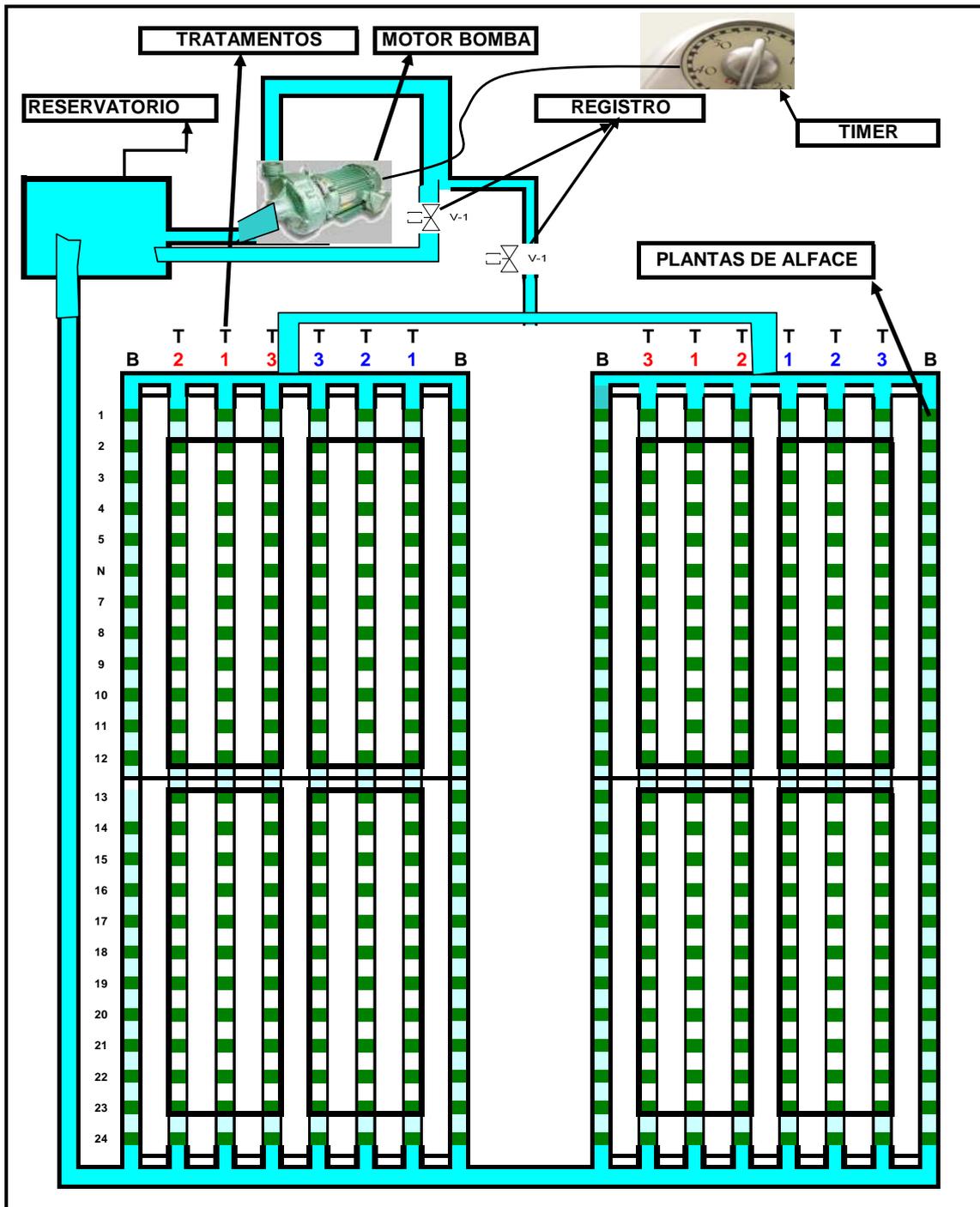


Figura 3 – Esquema do sistema de cultivo.

Os tratamentos foram analisados por um fatorial de 3x4: três tratamentos em relação às vazões e quatro tratamentos em relação aos tempos de pós-colheita, num total de 12 tratamentos, com oito repetições para as vazões e 24 repetições para os tempos de pós-colheita. Para a decisão da melhor vazão,

tempo de pós-colheita e suas interações foi utilizado o teste de média de Scott Knott. Foi realizada uma análise de variância (teste F) e para comparar os tratamentos foi realizado um teste de média (Scott-Knott). O *software* utilizado para as análises estatísticas foi o Sisvar (FERREIRA, 2006).

3.3 Montagem da bancada

A bancada para o experimento foi montada no início de março de 2006 e foram utilizados os procedimentos descritos a seguir.

Foi utilizada uma bancada de 2 m de largura e 6 m de comprimento e altura de 1 m na parte inicial, onde se encontrava a entrada da solução nutritiva por meio de tubulações em que foram fixados os registros para a regulagem das vazões com, aproximadamente, 0,82 m de altura na parte final da bancada, onde a solução escoava em um tubo de polietileno de 100 mm de espessura para o retorno da solução nutritiva até o reservatório. A partir do ponto inicial da injeção da solução, há um desnível de 3% na bancada, a fim de facilitar o escoamento da lâmina de nutrientes. Para ancorar a estrutura experimental, as bancadas foram construídas sobre cavaletes de madeira pré-fixados ao solo que suportavam os tubos perfis apropriados para a condução da solução nutritiva com oito canais de cultivo de, aproximadamente, 0,05 m de profundidade e 0,12 m de largura.

Foram utilizados seis canais de cada bancada para a produção de alface, destinada às análises do experimento. Os dois canais externos foram utilizados como bordaduras e as suas plantas não foram avaliadas no experimento. No início e final dos canais de cultivos foram deixadas três plantas de alface também como bordadura, evitando possíveis interferências do meio externo.

Os perfis são revestidos de polietileno preto para diminuir a presença de luz dentro dos tubos e, conseqüentemente, a proliferação de algas nos canais de cultivo, porém a parte superior dos perfis era revestida com polietileno de cor branca para diminuir a incidência de raios solares, evitando acréscimo da temperatura em função da absorção dos raios solares no corpo escuro. Na Figura 3 tem-se uma vista geral do experimento.

3.3.1 Reservatório e condução da solução até a bancada de cultivo

O reservatório da solução foi formado por duas caixas de polietileno de 200 L cada uma, ligadas por um tubo de 25 mm de espessura, onde foi colocada uma moto-bomba de 0,5 cv de potência, instalada entre o reservatório e a bancada de cultivo, com uma conexão entre os dois reservatórios. Logo após a moto-bomba, foi instalado um manômetro para regular a pressão que conduzia a solução nutritiva a um valor de 500 Kpa, evitando assim oscilações na vazão.

O reservatório, com capacidade 400 L, foi mantido a 80% de sua capacidade no início do processo, ou seja, com 320 L de solução e, durante o experimento, utilizou-se o seguinte critério: quando o volume da solução reduzia até um mínimo de, aproximadamente, 50% de sua capacidade, era repostada até atingir 80% de sua capacidade.

O reservatório foi instalado abaixo do nível das bancadas de cultivo das plantas, semi-enterrado no solo, permitindo, assim, o retorno da solução nutritiva, por meio de uma tubulação, sob efeito da gravidade, constituindo um sistema hidropônico denominado fechado, pois a solução nutritiva aplicada nas raízes das plantas retornava ao reservatório.

3.3.2 Vazões e calibrações nos perfis

Na entrada de cada perfil foi instalado um registro de policloreto de vinila (PVC) de 25 mm, para regular a entrada da solução nos perfis. Para a calibração foram utilizadas provetas graduadas de 1 L em que foi feita uma calibração da vazão, durante dois dias. O final destes dias coincidiu com o dia do transplante das mudas de alface e foi mantido o escoamento com três vazões distintas de $0,5 \text{ L min}^{-1}$, $1,0 \text{ L min}^{-1}$ e $1,5 \text{ L min}^{-1}$ e, posteriormente, foram checadas as vazões, diariamente, evitando-se que ocorressem diferenças de vazão para um mesmo canal de cultivo, durante todos os 28 dias, do transplante até a colheita da alface. Essas medidas de calibração foram realizadas com frequência e turnos programados, e, durante o dia a moto-bomba funcionava enviando a solução

para as bancadas, durante um período de 15 min, com uma interrupção de 15 min, entre às 6 h e às 20 h. Durante a noite funcionava em intervalos de 15 min com uma interrupção de 2 h, no período entre às 20 h e às 6 h do dia seguinte.

3.4 Condições do cultivo

O sistema de bombeamento da solução nutritiva do reservatório para o início dos canais de cultivo foi composto por uma bomba de 0,5 cv de potência, instalada de forma afogada e acionada por meio de um temporizador (*timer*), com um bombeamento intermitente.

Para o manejo de reposição da solução nutritiva no reservatório foi adotada a seguinte condição: reposição a cada três dias da quantidade de água evapotranspirada, acompanhada de uma adição proporcional das soluções nutritivas concentradas, que fizeram parte dos tratamentos testados ou os 50% da capacidade do tanque, sempre decidindo pela condição que era alcançada primeiro ou o tempo de três dias ou volume de 50% da capacidade do reservatório. A reposição era feita da seguinte forma, primeiro calculava-se pelo volume utilizado quanto de solução concentrada deveria ser colocada e, em seguida, completava-se o restante com água até a quantidade em que era feito o cálculo inicial, sempre a 80% da capacidade dos reservatórios. As condições de condutividade elétrica e do pH da solução eram acompanhadas diariamente, para evitar alguma mudança brusca em função de alguma falha eventual no sistema de bombeamento. O PH foi mantido entre 5 e 7 e a condutividade elétrica entre $0,8 \text{ mS cm}^{-1}$ e $1,5 \text{ mS cm}^{-1}$.

3.4.1 Solução nutritiva utilizada

A solução foi preparada e manejada conforme a recomendação de Furlani (1999) e correspondeu a uma condutividade elétrica em média de $1,2 \text{ mS cm}^{-1}$. As concentrações de macro e micronutrientes são apresentadas nos Quadros 2 e 3.

Tabela 2 – Concentrações de macronutrientes (g 1000 L⁻¹) da solução usada no cultivo hidropônico de alface

Macro	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	P	K	Ca	Mg	S
Solução	174	24	32,7	193	183	39,4	52

Tabela 3 – Concentrações de micronutrientes (g 1000 L⁻¹) da solução usada para o cultivo hidropônico de alface

Micro	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Solução	0,3	0,04	3,6	0,3	0,08	0,11

3.5 A produção da alface

Quando as plantas alcançaram o ponto de colheita, o que ocorreu 28 dias após o transplante das mudas, foram avaliadas as seguintes variáveis: massa fresca e massa seca na planta inteira e das partes da planta, a massa fresca: Massa fresca total (MFT), Massa fresca parte aérea (MFPA), Massa fresca da folha (MFF), Massa fresca do caule (MFC), Massa fresca da raiz (MFR); e para massa seca: Massa seca total (MST), Massa seca parte aérea (MSPA), Massa seca da folha (MSF), Massa seca do caule (MSC), Massa seca da raiz (MSR). Além dessas medidas, foram realizadas: número de folhas não-aproveitáveis (NFNA), número de folhas aproveitáveis (NFA), número de folhas aproveitáveis (NFT), diâmetro do caule (DC) e comprimento do caule (CC).

Em seguida, foi separada a raiz do resto da planta, cortando-se a 1 cm acima da última ramificação de raiz da planta, retirando-se manualmente as folhas consideradas aptas ao consumo humano, para uma contagem das folhas aproveitáveis e não-aproveitáveis e a pesagem das partes: folhas, caule, raiz.

Após esses procedimentos foram levadas a uma estufa a uma temperatura de 65°C até atingir massa constante, o que ocorreu entre três e quatro dias, para o cálculo da massa seca total. Este procedimento foi realizado em quatro dias consecutivos, considerando-se os tempos de pós-colheita de 0 h no primeiro dia, até as 72 h no final do terceiro dia.

As amostras foram armazenadas em sacos bioplásticos e identificadas para constituir os tratamentos de vazão, em relação à produção e considerando os tempos de pós-colheita, e ao teor de nitrato, análise de variância, conforme dados dispostos no Apêndice A e no Anexo B.

As amostras foram armazenadas em sacos bioplásticos e identificadas para constituir os tratamentos de vazão, em relação à produção e ao teor de nitrato, considerando os tempos de pós-colheita, conforme dados apresentados no Apêndice B e a análise de variância, no Anexo A.

3.6 Análises de nitrato

As determinações de nitrato foram feitas pelo método colorimétrico por uma técnica descrita por Cataldo et al. (1975), a partir da nitratação do ácido salicílico e leitura em espectrofotômetro a 410 nm, utilizando-se os seguintes procedimentos:

- pesou-se 0,1 g da amostra seca e colocou-se no tubo da centrifuga;
- adicionaram-se 10 mL de água deionizada;
- levou-se à estufa por 1 h a 45°C;
- centrifugou-se a solução a 500 rpm, durante 15 min;
- filtrou-se a solução em um filtro de papel.

Após esses procedimentos, foram colocados 0,2 mL da amostra, filtrados em erlenmeyer de 250 mL, adicionando-se 2 mL de salicílico 5% em H₂SO₄ de concentrado. Aguardou-se por 20 min e adicionaram-se 47,5 mL de NaOH 2N e, em seguida, esperou-se até resfriar à temperatura ambiente. Depois foi lido no espectrofotômetro a 410 nm.

3.6.1 Preparo do ácido salicílico

Para preparar o ácido salicílico a 5%, colocaram-se 5 g de ácido salicílico em um Becker de 250 mL, adicionou-se H₂SO₄ e agitou-se

cuidadosamente até dissolver o ácido salicílico, transferiu-se para balão de 100 mL e completou-se com H_2SO_4 .

3.6.2 Curva padrão

A curva padrão foi preparada com NaNO_3 nas concentrações de: 0,50, 100, 150, 200, 250 e 300 mg dm^{-3} de NO_3^- mL da solução. Em seguida, colocaram-se 0,5 mL da solução padrão (para cada concentração) em erlenmeyer, adicionaram-se 2 mL de ácido salicílico a 5% em H_2SO_4 , esperou-se esfriar à temperatura ambiente e foram adicionados 47,5 mL de NaOH 2N e lido a 410 nm.

3.6.3 Preparo do NaOH 2N

Para preparar o NaOH 2N, pesaram-se 80 g de NaOH em um Becker, transferindo-se o material para um balão de 1 L. Em seguida, completou-se o balão com água e esperou-se até esfriar à temperatura ambiente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produção de alface hidropônica em função das vazões

4.1.1 Massa fresca total

Na Figura 4 pode-se visualizar a produção de massa fresca total da alface (*Lactuca sativa L.*) produzida no sistema NFT, em função das vazões.

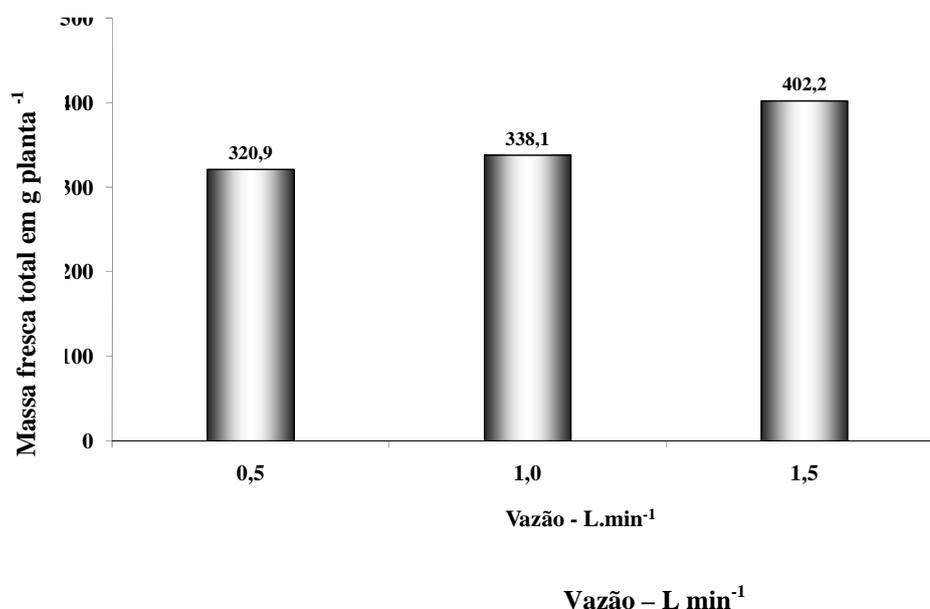


Figura 4 – Massa fresca da produção total de alface hidropônica produzida em três vazões.

A produção de massa fresca foi crescente com as vazões aplicadas, houve diferenças significativas entre as vazões, em nível de 5% de significância, avaliadas pelo teste de média de Scott Knott. A maior média obtida foi para a alface cultivada na vazão de 1,5 L min⁻¹, cuja massa foi 18,97% maior que a produzida na vazão de 1,0 L min⁻¹ e 25,32% maior que a produzida com uma vazão de 0,5 L min⁻¹. A vazão de 1,0 L min⁻¹ produziu uma massa maior que a

encontrada na vazão de 0,5 L min⁻¹ em 5,34%, verificando-se, desse modo, diferenças significativas, pelo teste de médias de Scott Knott, em nível de 5% de significância (Tabela 4).

Tabela 4 – Medidas de MFT, MFPA, MFF, MFC e MFR, média geral, coeficiente de variação e Anova

Fator de variação	Médias das Medidas					
	MFT	MFPA	MFF	MFC	MFR	
Vazão	0,5 L min ⁻¹	320,90 A	272,16 A	253,11 A	19,05 A	29,70 A
	1,0 L min ⁻¹	338,06 B	286,50 B	266,59 B	20,19 A	30,58 A
	1,5 L min ⁻¹	402,17 C	351,09 C	330,59 C	20,50 A	31,65 A
CV		11,24	11,14	11,63	29,87	30,36
F		74,30**	99,08**	101,09**	1,06ns	0,71ns
P		0,00	0,00	0,00	0,35	0,49

Notas: F ** = altamente significativo, ns = F não-significativo, P > 0,05, MFT = Massa fresca total, MFPA = Massa fresca parte aérea, MFF = Massa fresca da folha, MFC = Massa fresca do caule, MFR = Massa fresca da raiz, CV = Coeficiente de variação em percentagens (%), F = Fator de variação, e P = P Value.

Foram verificados efeitos significativamente crescentes, em relação às vazões utilizadas com diferença significativa também para MFT, MFPA e MFF. Porém, para a MFC e MFR não ocorreram diferenças significativas, em nível de 5% de significância, em relação às três vazões aplicadas. A produção média de massa fresca da planta inteira foi de 353,71 g-planta⁻¹, com 28 dias pós-transplante (Tabela 4). Esses dados são superiores aos encontrados pela maioria dos pesquisadores.

Em relação à MFPA, foi encontrado um valor médio de 303,25 g planta⁻¹ e os valores de 272,90 g planta⁻¹, 286,50 g planta⁻¹ e 351,09 g planta⁻¹, respectivamente para as vazões de 0,5 L min⁻¹, 1,0 L min⁻¹ e 1,5 L min⁻¹, com diferenças estatísticas significativas, em nível de 5%, entre as médias, com um coeficiente de variação de 11,14%. A maior produção foi registrada na vazão de 1,5 L min⁻¹, 29,00% maior que a vazão de 0,5 L min⁻¹ e 22,54% maior que a vazão de 1,0 L min⁻¹.

Conforme se verifica na Tabela 4, ocorreram diferenças significativas pelo teste de médias de Scott Knott, em nível de 5% de significância, entre a vazão de 1,5 L min⁻¹ e as outras duas vazões: 0,5 L min⁻¹ e 1,0 L min⁻¹, os quais não diferiram entre si, a este nível de significância.

Kopp et al. (2001), estudando seis cultivares com duas soluções nutritivas e usando uma vazão de 1,5 L min⁻¹, encontraram valores de MFPA: 216,15 g planta⁻¹, 198,49 g planta⁻¹, 166,07 g planta⁻¹, 162,26 g planta⁻¹, 152,19 g planta⁻¹ e 150,34 g planta⁻¹ parte aérea, para as cultivares *Grand Rapids* (solta crespa), Quatro Estações (solta lisa), Rainha de Maio (lisa repolhuda), Luiza (solta lisa), Brisa (solta crespa) e Regina (solta lisa), respectivamente, porém, não trabalharam com a cultivar Vera. Os valores obtidos neste trabalho foram superiores aos encontrados pelos autores citados acima. O maior valor encontrado neste trabalho foi para a vazão 1,5 L min⁻¹ que, por sua vez, foi superior ao maior valor encontrado por Kopp et al. (2001) que foi na cultivar *Grand Rapids* com uma vazão de 1,5 L min⁻¹.

Neste trabalho, o menor valor encontrado foi com a vazão 0,5 L.min⁻¹, superior ao encontrado por Kopp et al. (2001) para a mesma vazão e superior, também, ao maior valor encontrado por estes autores, utilizando-se de uma variedade Regina, porém com uma vazão de 1,5 L min⁻¹.

Ruschel (1998), trabalhando com alface da cultivar Vera, encontrou valores menores: 155,3 g planta⁻¹, porém sem especificar as vazões, e com a cultivar Marisa: 159,2 g planta⁻¹. Os valores deste trabalho também foram superiores aos de Dias Júnior, Laura e Favero (1999), para a cultivar Babá de Verão (213,9 g planta⁻¹), Lívia (199,7 g planta⁻¹), Deisy (163,9 g planta⁻¹), Aurora (161,2 g.planta⁻¹), Vitória (118,3 g.planta⁻¹) e Maravilha (70,5 g.planta⁻¹).

4.1.2 Massa seca total

De modo semelhante ao que ocorreu com a massa fresca, a maior massa seca obtida foi para a alface produzida na vazão de 1,5 L min⁻¹, que produziu

uma massa 13,07% maior que massa produzida na vazão de 1,0 L.min⁻¹ e 16,58% maior que massa produzida com uma vazão de 0,5 L min⁻¹.

A produção de massa seca total da planta de alface hidropônica cresceu com as vazões (Figura 5). Assim, como a produção de massa fresca, a produção de massa seca foi influenciada pelas vazões. A vazão de 1,5 L min⁻¹ foi significativamente superior, em nível de 5% de significância, às demais vazões de 1,0 L min⁻¹ e 0,5 L min⁻¹. Porém, quando consideradas separadamente, as MSPA e MSF não diferiram entre si.

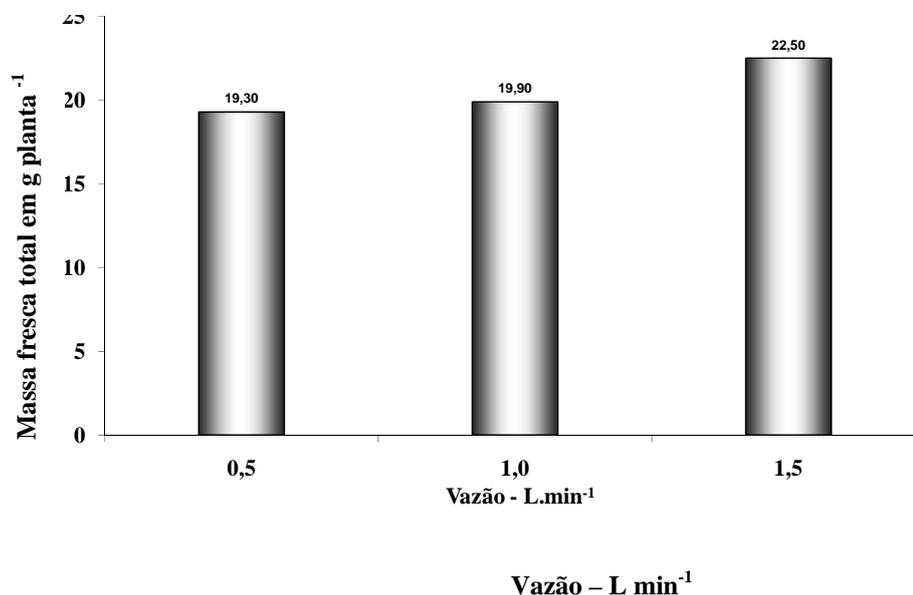


Figura 5 – Produção de massa seca total.

Entende-se que pelo alto valor de dispersão entre as medidas de massa seca encontrado nestes resultados, verificado em função do alto valor do coeficiente de variação, não houve definição como na massa fresca, ou seja, os resultados não foram significativos como na massa fresca, mas manteve-se a relação ascendente, apresentando uma massa seca maior quanto maior foi a vazão e a disponibilização da solução nutritiva, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Médias das medidas de MST, MSPA, MSF, MSC e MSR, média geral, coeficiente de variação e Anova

Fator de variação	Médias das Medidas					
	MST	MSPA	MSF	MSC	MSR	
Vazão	0,5 L min ⁻¹	19,31 A	12,45 A	10,38 A	20,8 A	4,78 A
	1,0 L min ⁻¹	19,88 B	12,34 A	9,59 A	2,76 B	4,78 A
	1,5 L min ⁻¹	22,54 C	13,10 A	10,91 A	2,19 A	4,36 B
CV		14,54	25,43	32,24	38,13	24,34
F		21,28*	1,03ns	2,59ns	10,81*	2,93*
P		0,00	0,36	0,07	0,00	0,05

Notas: * = F significativo P < 0,05, ns = F não-significativo, P > 0,05, MST = Massa seca total, MSPA = Massa seca parte aérea, MSF = Massa seca da folha, MSC = Massa seca do caule, MSR = Massa seca da raiz, CV = Coeficiente de variação em percentagens (%) F = Fator de variação e P = P Value.

4.1.3 Número de folhas e medidas do caule

Na Tabela 6, verifica-se que não ocorreram diferenças significativas, em nível de 5% de significância, pelo teste de Scott Knott, para o número de folhas não-aproveitáveis. Porém, para todas as outras medidas ocorreram diferenças significativas, a este nível de significância, em função da vazão. O número de folhas aproveitáveis foi significativamente superior na vazão 1,5 L min⁻¹. As vazões 0,5 L min⁻¹ e 1 L min⁻¹ foram semelhantes entre si e significativamente menores que a vazão de 1,5 L min⁻¹. Quanto ao número de folhas total, ocorreram diferenças significativas, em nível de 5% de significância, e na vazão de 0,5 L min⁻¹ foi significativamente menor. Para as outras vazões: 1,0 L min⁻¹ e 1,5 L min⁻¹, em que o número de folhas foi maior, não ocorreram diferenças significativas entre estas duas vazões. O maior valor encontrado na vazão de 1,5 L min⁻¹ foi 2,22% superior ao menor valor encontrado na vazão de 0,5 L min⁻¹, porém, ainda ocorreram diferenças significativas, pelo pequeno coeficiente de variação obtido neste item. O maior valor encontrado aqui foi de 25,28 folhas de alface em média, para a maior vazão de 1,5 L.min⁻¹. Furtado et al. (2002), utilizando diferentes lâminas de água, encontraram para a maior lâmina um valor inferior: 23 folhas, em média.

Tabela 6 – Médias das medidas NFNA, NFA, NFT, CC e DC média geral, coeficiente de variação e Anova

Fator de variação	Médias das Medidas					
	NFNA	NFA	NFT	CC	DC	
Vazão	0,5 L min ⁻¹	2,29 A	22,22 A	24,72 A	106,92 A	24,14 A
	1,0 L min ⁻¹	2,53 A	22,52 A	25,27 B	106,66 A	24,32 A
	1,5 L min ⁻¹	2,75 A	22,98 B	25,28 B	119,63 B	25,62 B
CV		45,45	7,56	5,25	26,81	13,95
F		2,85ns	3,28*	3,78*	3,97*	3,51*
P		0,06	0,04	0,02	0,02	0,03

Notas: * = F significativo P < 0,05; ns = F não-significativo P > 0,05; NFNA = Número de folhas não aproveitáveis, NFA = Número de folhas aproveitáveis, NFT = Número de folhas total, CC = Comprimento do caule em mm, DC = Diâmetro do caule em mm, CV = Coeficiente de variação em porcentagem (%), F = Fator de variação e P = P Value. Produção em relação ao número de folhas Total, aproveitáveis e não-aproveitáveis.

Para o diâmetro e comprimento do caule também ocorreram diferenças significativas. Foram registrados os maiores valores na vazão de 1,5 L min⁻¹, e para as vazões de 0,5 L min⁻¹ e 1,0 L min⁻¹ foram encontrados os menores valores tanto de comprimento como diâmetro dos caules e estas medidas não diferenciaram entre si, em nível de 5% de significância.

4.2 Teores de nitrato em função das vazões e dos tempos de pós-colheita

Em uma análise de variância (Anova) com delineamento fatorial, incluindo simultaneamente as vazões e os tempos de pós-colheita, verificou-se que ocorreram diferenças significativas, em nível de 5% de significância, em relação aos tempos de pós-colheita e em relação a algumas interações das vazões com os tempos de pós-colheita, porém não houve diferença significativa quando estudados os teores de nitratos em relação às diferentes vazões.

4.2.1 Teores de nitrato em função das vazões

Quando considerada a quantidade de nitrato entre todas as amostras analisadas, em relação às vazões, os valores foram: para a vazão de 0,5 L min⁻¹ o valor foi de 1.330,0 mg kg⁻¹ de NO₃⁻ na MF, para a vazão de 1,0 L min⁻¹ o valor

foi de 1.270,2 mg kg⁻¹ de NO₃⁻ na MF e de 1.280,13 mg kg⁻¹ de NO₃⁻ na MF, para a vazão de 1,5 L min⁻¹ (Figura 6).

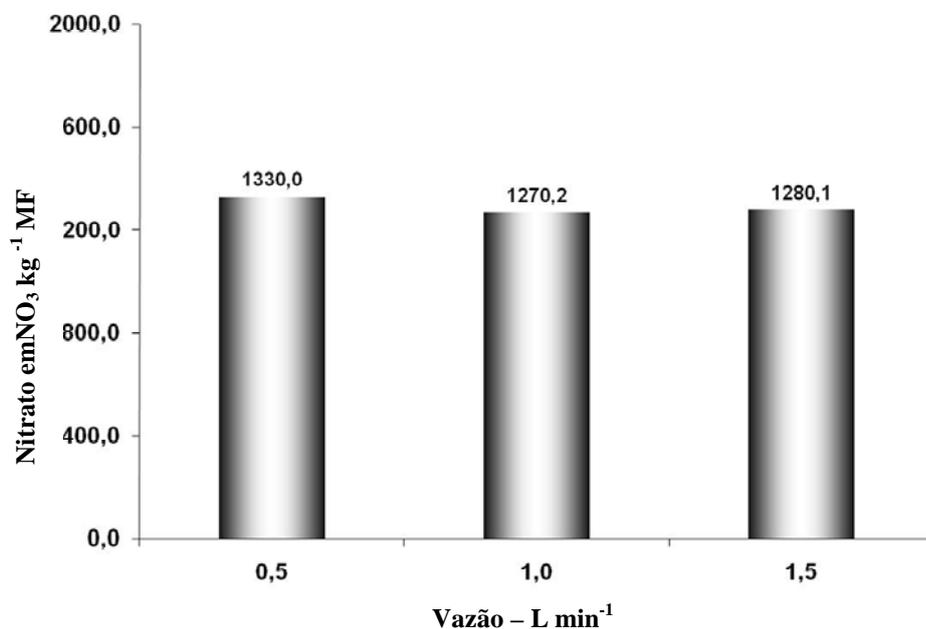


Figura 6 – Concentração de nitrato em mg kg⁻¹ de NO₃⁻ na MF de alface hidropônica, em função das vazões de 0,5 L min⁻¹, 1,0 L min⁻¹ e 1,5 L min⁻¹.

Os valores encontrados neste experimento são superiores aos encontrados por Faquin et al. (1996), utilizando a solução de Furlani (1995), que encontraram valores de 436,9 mg kg⁻¹ de NO₃⁻ na MF para a cultivar Verônica. Foram superiores também aos valores encontrados por Ruschel (1998), que encontrou 345 mg.kg⁻¹ de MF de NO₃⁻ como teor máximo em alface hidropônica. Porém, Delistoianov et al. (1996), trabalhando com a cultivar Tainá, encontraram, em média, maiores teores de nitrato do que os valores máximos encontrados neste trabalho: 1.688 mg.kg⁻¹ de MF de NO₃⁻.

Em uma análise de variância fatorial entre as vazões 0,5 L min⁻¹, 1,0 L min⁻¹, 1,5 L min⁻¹ e o tempo zero, 24, 48 e 72 h de pós-colheita, verificou-se que não ocorreram diferenças significativas, em nível de 5% de significância, para a vazão nem para a interação entre a vazão e o tempo de pós-colheita, porém

ocorreram diferenças, a este nível, quando comparados os tempos de pós-colheita, conforme dados apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Análise de variância fatorial entre as vazões de 0,5 L min⁻¹, 1,0 L min⁻¹, 1,5 L min⁻¹ e os tempos: 0, 24, 48 e 72 h de pós-colheita

Tempo de pós-colheita x vazão	Gl	F	P
Vazão	2	0,58ns	0,56
Tempo de pós-colheita	3	28,00*	0,00
Vazão x tempo de pós-colheita	6	1,19ns	0,32
CV			0,18

Notas: Gl = Graus de liberdade, ns = Não-significativo, * = Significativo, F = Fator de variação, P = P Value.

Para o fator vazão (Tabela 8), não ocorreram diferenças significativas, ao nível de 5% de significância. Os valores médios variaram entre 1.270,23 mg kg⁻¹ de NO₃⁻ na MF e 1.330,04 mg kg⁻¹ de NO₃⁻ na MF, ficando dentro dos valores recomendados pela Organização Mundial de Saúde e pela Comunidade Européia, e próximos aos valores encontrados por outros pesquisadores entre eles: Cavarianni et al. (2000a), Freire Jr, Deliza e Chitarra (2002), Junqueira (1999), Rezende et al. (1999) e Beninni et al. (2002).

Tabela 8 – Resumo estatístico dos tratamentos e análise de variância da quantidade de nitrato na folha de alface hidropônica, em função de três vazões

Tratamentos		Média	Teste	CV	
Vazões					
0,5 L min ⁻¹		1330,04	A	21,76	
1,0 L min ⁻¹		1270,23	A	26,94	
1,5 L min ⁻¹		1280,13	A	25,07	
Fonte de variação	GL	SQ	MQ	F	P
Tratamentos	2	65784,52	32892,26	0,31ns	0,74

Notas: 1. CV = Coeficiente de variação, SQ = Soma dos quadrados, Gl = Graus de liberdade, MQ = Quadrado médio, F = Fator de variação, ns = não-significativo, * significativo.
2. O valor de F não foi significativo ao nível de 5%.

Como não ocorreram diferenças significativas, em nível de 5% de significância, nos teores de nitrato encontrados em função das vazões analisadas,

o que descaracteriza uma interferência da vazão para o teor de nitrato quando considerado este intervalo de vazão usado neste experimento.

4.2.2 Teores de nitrato em função dos tempos de pós-colheita

Na Figura 7 são apresentadas as médias dos quatro tratamentos utilizados para as análises, realizadas em cada um dos tempos de pós-colheita (tratamentos), em 24 repetições, que mostram valores máximos no tempo zero de pós-colheita de 1.649,3 mg kg⁻¹ de NO₃⁻ na MF, seguido dos valores 1.265,0 mg kg⁻¹ de NO₃⁻ na MF, 1.222,3 mg kg⁻¹ de NO₃⁻ na MF e 1.036,6 mg kg⁻¹ de NO₃⁻ na MF, respectivamente para os tempos de 24 h, 48 h e 72 h de pós-colheita. Os valores estão próximos dos encontrados por Fernandes et al. (2002), que avaliaram dez cultivares de alface no sistema hidropônico e encontraram como valor mínimo: 1.076,00 mg kg⁻¹ de NO₃⁻ na MF, na cultivar Vera, cultivada em solução nutritiva, visando à redução do teor de nitrato nas folhas de alface. Takahashi et al. (2007), utilizando diversos tratamentos e diferentes tempos de pós-colheita, também encontraram valor mínimo de 1.756 mg kg⁻¹ de NO₃⁻ e um valor máximo de 3.024 mg kg⁻¹ de NO₃⁻ na MF, valores superiores aos encontrados neste trabalho. Verifica-se, neste estudo, que houve um comportamento de redução do teor nitrato, sempre em função do tempo de pós-colheita compreendido entre zero e 72 h, com valores 37,15%, em média, menores neste tempo.

Na Figura 7, nota-se que, para o teor de nitrato encontrado entre os tempos de zero a 72 h de pós-colheita, onde a alface foi mantida em condições de gôndolas de supermercado, ou seja em torno de 12°C, houve uma redução do teor de nitrato, e esta redução foi de 37,15% neste intervalo de tempo e a esta temperatura. Verificou-se, também, que houve redução maior entre o primeiro tempo analisado a zero hora e o segundo tempo a 24 h de pós-colheita de 23,3%, incidindo redução maior no primeiro dia de armazenamento do produto.

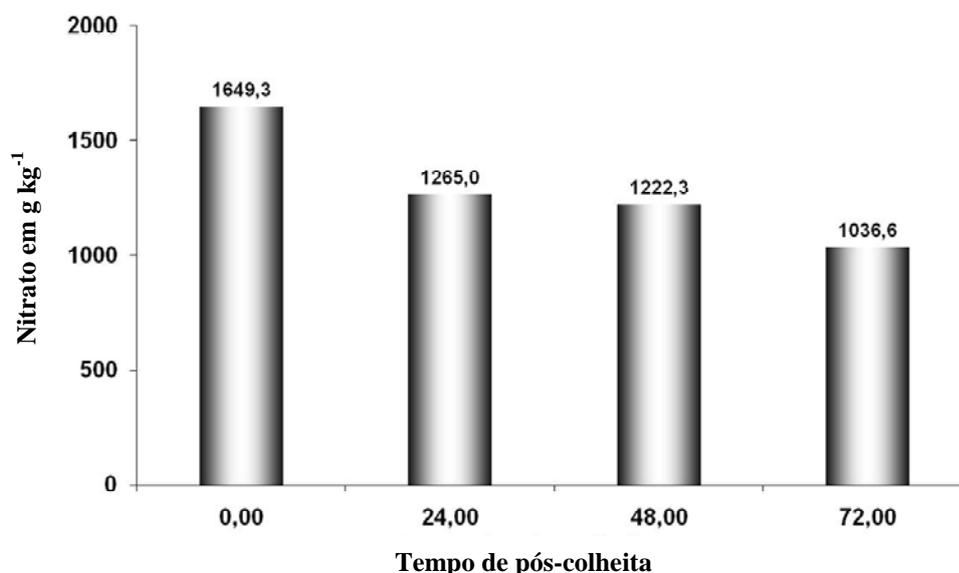


Figura 7 – Concentração de nitrato em mg.kg^{-1} de NO_3^- na MF, de alface hidropônica em função do tempo de pós-colheita de NO_3^- nitrato, MF massa fresca.

Para todas as análises realizadas, os teores de nitrato encontrados ficaram dentro dos padrões permitidos pelos órgãos que normatizam estas quantidades em alface e próximo aos valores encontrados pela maioria dos pesquisadores que vêm desenvolvendo pesquisas nesta área, entre eles: McCall e Willumsen (1998), Graifenberg et al. (1993), Cometti (2003), Oshe (2000), Bartsch e Montesano (1984), Reyes e Scanlan (1984), Escoín-Peña et al. (1998), Bonnacarrère et al. (2000a), Bonnacarrère et al. (2000b), Cavarianni et al. (2000a), Cavarianni et al. (2000b), Pilau et al. (2000a), Byrne et al. (2002), Krohn et al. (2003) e Faquin e Andrade (2004).

Conforme os dados da Tabela 9, verifica-se que ocorreram diferenças significativas em função dos tempos de pós-colheita e quando foram feitos os desdobramentos do fator vazão dentro de cada um dos tempos de pós-colheita, e do desdobramento do fator tempo de pós-colheita dentro de cada uma das vazões.

Tabela 9 – Resumo estatístico dos tratamentos e análise de variância da quantidade de nitrato na folha de alface hidropônica, em função do tempo de pós-colheita de zero a 72 h

Tratamentos					
Tempo de pós-colheita			Média	Teste	CV
00 h			1649,27	A	21,58
24 h			1265,64	B	17,22
48 h			1222,33	C	11,24
72 h			1036,63	D	17,90
Fonte de variação	GL	SQ	MQ	F	P
Tratamentos	3	4761423,77	1587141,26	27,92*	0,00

Notas: * = F significativo ao nível de 5%, pelo teste de Scott Knott. CV = Coeficiente de variação, SQ = Soma dos quadrados, Gl = Graus de liberdade, MQ = Quadrado médio, F = Fator de variação.

Os teores de nitrato encontrados neste trabalho (Tabela 9) foram inferiores aos recomendados pela Organização Mundial de Saúde e pela comunidade europeia. Se forem tomados como referências os padrões da Organização Mundial para Agricultura e Alimentação (FAO) e da Organização Mundial da Saúde (OMS), em relação aos valores médios encontrados neste trabalho: 1.293,47 mg kg⁻¹ de NO₃⁻ na MF, uma pessoa de 70 kg poderia ingerir até 13 folhas de alface, valor superior ao ingerido normalmente pela população, conforme estabelece a comunidade europeia como limite máximo permitido, para alface produzida em estufa (McCALL; WILLUMSEN, 1998). Valores superiores aos encontrados neste trabalho, em que os valores máximos encontrados foram de 1.330,04 em média dos tempos de pós-colheita, valor este encontrado no tempo em que houve a maior incidência de nitrato que foi a zero hora de pós-colheita.

Como este trabalho foi desenvolvido no período de inverno, poderia, pela legislação europeia, atingir um teor de nitrato de até 4.500 mg kg⁻¹ de NO₃⁻ na MF, porém o valor encontrado ficou bem abaixo dos valores admitidos pela legislação.

Os valores encontrados, apesar de serem relativamente baixos, quando comparados aos valores apresentados pelos demais pesquisadores, são altos em função dos riscos oferecidos à saúde humana, mas se encontram, ainda, dentro do previsto nas legislações citadas, conforme relatados por pesquisadores, como:

Wright e Davison (1964), Leifert et al. (1999), Fine et al. (1977), Craddock (1983), Rath, Ximenes e Reyes (1994), Krohn et al. (2003), Boink e Speijers (2001).

No desdobramento das vazões em função do tempo de pós-colheita, só houve diferença significativa, em nível de 5% de significância, para as vazões dentro do tempo de zero hora de pós-colheita, conforme se verifica na Tabela 10. Para os demais tempos, quando estudada separadamente a vazão em função do tempo de pós-colheita, não ocorreram diferenças significativas, em nível de 5% de significância.

Tabela 10 – Interação das vazões em cada nível de tempo de pós-colheita

Tempo de pós-colheita x vazão	Gl	F	P
Vazão x 00 h	2	3,02	0,05
Vazão x 24 h	2	0,52ns	0,59
Vazão x 48 h	2	0,04ns	0,96
Vazão x 72 h	2	0,57ns	0,56

Notas: Gl = Graus de liberdade, F = Fator de variação, NS = Não-significativo, * = Significativo, P = P Value.

A análise dos teores de nitrato em função dos tempos de pós-colheita, conforme Tabela 11, mostrou diferenças significativas somente no tempo de zero hora de pós-colheita. Quando feito o desdobramento das três vazões, o maior teor de nitrato encontrado foi para a vazão de 0,5 L min⁻¹ que foi 1812,30 mg kg d⁻¹. As outras duas vazões de 1,0 e 1,5 L min⁻¹ não diferiram entre si, em nível de 5% de significância.

Tabela 11 – Interação das três vazões dentro dos tempos de zero hora, 24 h, 48 h e 72 h de pós-colheita

Tratamentos	Vazões							
	00 h		24 h		48 h		72 h	
	Média	Teste	Média	Teste	Média	Teste	Média	Teste
0,5 L min ⁻¹	1812,30	A	1198,85	A	1205,81	A	1103,22	A
1,0 L min ⁻¹	1530,04	B	1280,79	A	1239,61	A	1030,47	A
1,5 L min ⁻¹	1605,46	B	1317,29	A	1221,57	A	976,21	A

Notas: 1. Letras iguais na coluna do teste indicam que não ocorreram diferenças significativas a 5%;
2. Letras diferentes indicam que ocorreram diferenças significativas a este nível.

Em relação aos outros tempos de pós-colheita, não ocorreram diferenças significativas, em nível de significância de 5%, quando comparadas as três vazões. Neste caso, a variação encontrada, com um intervalo de $1,0 \text{ L min}^{-1}$, ou seja, entre $0,5 \text{ L min}^{-1}$ e $1,5 \text{ L min}^{-1}$, não foi suficiente para determinar diferença na presença do teor de nitrato, porém manteve decréscimo em relação aos tempos de pós-colheita, e o maior valor encontrado nos três tempos foi para o tempo de pós-colheita 24 h, com um teor médio de $1317,29 \text{ mg}\cdot\text{NO}_3\cdot\text{kg}^{-1}$ de MF para a vazão de $1,5 \text{ L min}^{-1}$ e o menor teor encontrado foi de $976,21 \text{ mg}\cdot\text{NO}_3\cdot\text{kg}^{-1}$ de MF para o tempo de 72 h, também na vazão de $1,5 \text{ L min}^{-1}$.

Todos os valores encontrados nesta pesquisa ficaram abaixo dos valores recomendados pela Organização Mundial de Saúde para o período de inverno, estação em que foi realizado o experimento: $4.500 \text{ mg}\cdot\text{NO}_3\cdot\text{kg}^{-1}$ de MF. Os teores encontrados estão, inclusive, abaixo dos teores recomendados por alguns países que não seguem a recomendação geral da comunidade europeia, como é o caso da Alemanha que recomenda o máximo de $2.000 \text{ mg}\cdot\text{NO}_3\cdot\text{kg}^{-1}$ de MF. Sendo superior somente aos de alguns países, como a Austrália, a Itália e a Suíça que recomendam valores, respectivamente, de 1.500, 1.000 e $875 \text{ mg}\cdot\text{NO}_3\cdot\text{kg}^{-1}$ de MF.

Na Tabela 12 é apresentada a análise de variância do desdobramento do tempo de pós-colheita, em função das vazões. Verifica-se que ocorreram diferenças significativas, em nível de 5% de significância, para todos os tempos de pós-colheita em função das três vazões analisadas, entre $0,5 \text{ L min}^{-1}$ e $1,5 \text{ L min}^{-1}$.

Tabela 12 – Análise do desdobramento do tempo de pós-colheita, em função das vazões

Tempo de pós-colheita x Vazão	Gl	F	P
Tempo de pós-colheita x $0,5 \text{ L min}^{-1}$	3	14,19*	0,00
Tempo de pós-colheita x $1,0 \text{ L min}^{-1}$	3	5,93*	0,00
Tempo de pós-colheita x $1,5 \text{ L min}^{-1}$	3	9,55*	0,00

Notas: Gl = Graus de liberdade, * = Significativo, F = Fator de variação P = P Value.

Na vazão de 0,5 L min⁻¹, o tempo de zero hora de pós-colheita foi o que apresentou maior teor de nitrato, sendo de 1.812,30 mg·NO₃⁻kg⁻¹ de MF e foi diferente dos demais tempos que não se diferenciaram entre si, em nível de 5% de significância, ficando os três tempos entre 1.103,22 mg·NO₃⁻kg⁻¹ de MF para o tempo de 72 h de pós-colheita e 1.198,30 mg·NO₃⁻kg⁻¹ de MF, para o tempo de 24 h de pós-colheita. A redução do teor de nitrato para a vazão de 0,5 L min⁻¹ entre o menor tempo (zero hora de pós-colheita) e o maior tempo (72 h de pós-colheita) foi de 60,87% (Tabela 13).

Tabela 13 – Teste de média de Scott Knott, em função do tempo de pós-colheita para a vazão de 0,5 L min⁻¹

Tratamento Tempo de PC x 0,5 L min ⁻¹	Média	Teste
00 h	1812,30	A
24 h	1198,85	B
48 h	1205,81	B
72 h	1103,22	B

Notas: 1. Letras iguais na coluna do teste indicam que não ocorreram diferenças significativas a 5%;
2. Letras diferentes indicam que ocorreram diferenças significativas a este nível.

Na Tabela 14 é apresentado o efeito do teor de nitrato para os quatro tempos de pós-colheita, para a vazão de 1,0 L min⁻¹. Assim como na vazão 0,5 L min⁻¹, o tempo de zero hora de pós-colheita foi o que apresentou a maior incidência do teor de nitrato, sendo de 1.530,04 mg·NO₃⁻kg⁻¹ de MF, diferente dos demais tempos que não diferiram entre si, em nível de 5% de significância, ficando os três tempos entre 1.030,47 mg·NO₃⁻kg⁻¹ de MF para o tempo de 72 h de pós-colheita e 1.280,79 mg·NO₃⁻kg⁻¹ de MF, para o tempo de 24 h de pós-colheita. Entre o menor tempo (zero hora de pós-colheita) e o maior tempo (72 h de pós-colheita). O teor de nitrato apresentou uma redução de 64,34% na vazão de 1,0 L min⁻¹.

Tabela 14 – Teste de média de Scott Knott, em função do tempo de pós-colheita, para a vazão 1,0 L min⁻¹

Tratamento Tempo de PC x 1,0 L min ⁻¹	Média	Teste
00 h	1530,04	A
24 h	1280,79	B
48 h	1239,61	B
72 h	1030,47	B

Notas: 1. Letras iguais na coluna do teste indicam que não ocorreram diferenças significativas a 5%;
2. Letras diferentes indicam que ocorreram diferenças significativas a este nível.

Conforme se verifica pelos dados da Tabela 15, a vazão de 1,5 L min⁻¹, assim como nas vazões anteriores de 0,5 L min⁻¹ e 1,0 L min⁻¹, o tempo de zero hora de pós-colheita foi o que apresentou o maior teor de nitrato, sendo de 1.605,46 mg·NO₃⁻·kg⁻¹ de MF e foi diferente dos demais tempos, seguido dos outros dois tempos de pós-colheita 24 h e 48 h que não diferiram entre si, e, por último, com o menor teor de nitrato encontrado, as amostras analisadas no tempo de pós-colheita de 72 h. A redução do teor de nitrato na vazão de 1,5 L min⁻¹, entre o menor tempo (zero hora de pós-colheita) e o maior tempo (72 h de pós-colheita) foi de 60,80%.

Tabela 15 – Teste de média de Scott Knott, em função do tempo de pós-colheita, para a vazão 1,5 L min⁻¹

Tratamento Tempo de PC x 1,5 L min ⁻¹	Média	Teste
00 h	1605,46	A
24 h	1317,29	B
48 h	1221,57	B
72 h	976,21	C

Notas: 1. Letras iguais na coluna do teste indicam que não ocorreram diferenças significativas a 5%;
2. Letras diferentes indicam que ocorreram diferenças significativas a este nível.

5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos e considerando os objetivos e a metodologia empregada neste estudo, pode-se concluir que:

- A maior produção de alface em função das vazões avaliadas, foi obtida na vazão de $1,5 \text{ L min}^{-1}$ que, em média, foi 18,96% maior que a vazão $1,0 \text{ L min}^{-1}$ e 25,33% maior que a vazão $0,5 \text{ L min}^{-1}$. A vazão de $1,0 \text{ L min}^{-1}$ produziu um acréscimo de 5,35% em relação à vazão de $0,5 \text{ L min}^{-1}$.
- Nas amostras de alface analisadas foi encontrado o valor máximo médio de nitrato de $1.649,27 \text{ mg NO}_3^- \text{ kg}^{-1}$ e o menor valor médio de $1.070,85 \text{ mg NO}_3^- \text{ kg}^{-1}$. O maior valor individual encontrado foi de $2.319,65 \text{ mg NO}_3^- \text{ kg}^{-1}$.
- Não ocorreram diferenças estatísticas significativas para os teores de nitrato em função das vazões, dentro dos limites de $0,5 \text{ L min}^{-1}$ a $1,5 \text{ L min}^{-1}$.
- O teor nitrato na folha de alface apresentou um comportamento de redução, sempre em função da evolução do tempo de pós-colheita, com diferença estatística significativa entre os quatro tratamentos estudados.
- A redução total do teor de nitrato foi de 37,15% nos tempos de pós-colheita analisados, entre zero hora e 72 h.
- Em relação à quantificação de nitrato na folha de alface, os valores encontrados estão dentro dos padrões recomendados pela Organização Mundial de Saúde e pela Comunidade Européia.

REFERÊNCIAS

ADAMS, P. Nutrition of greenhouse vegetables in NFT an hydroponic systems. **Acta horticult.**, Cagliari, Italy, n. 361, p. 254-257, 1994.

ANDRIOLO, J. L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999. 142 p.

ARAÚJO, A. C. P.; MIDIO, A. F. Nitratos, nitritos e N-nitrosos compostos em alimentos: onde está o problema? **Ciência e Cultura**, Campinas - São Paulo, v. 41, p. 947-956, 1989.

BARTSCH, H.; MONTESANO, R. Relevance of nitrosaminas to human cancer. **Carcinogenesis**, Oxford, v. 5, p. 1381-1393, 1984.

BELTRÃO, J.; TRINDADE, D.; CORREIA, P. J. Lettuce yield response to salinity of sprinkle irrigation water **Acta Horticulturae**, Grecian, v. 449, p. 623-627, 1997.

BENINNI, E. R. Y.; TAKAHASHI, H. W.; NEVES, C. S. V. J.; FONSECA, I. C. B. Teor de nitrato em alface cultivada em sistemas hidropônico e convencional. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 183-186, junho 2002.

BENINNI, E. R. Y.; TAKAHASHI, H. W.; NEVES, C. S. V. J. Manejo do cálcio em alface de cultivo hidropônico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 605-610, outubro-dezembro 2003.

BERNARDES, L. J. L. **Hidroponia da alface: uma história de sucesso**. Charqueadas: Estação experimental de hidroponia “alface & cia”, 1997, 135 p.

BOINK, A.; SPEIJERS, G. Health effect of nitrates and nitrites: a review. **Acta Horticulturae**, Grecian, n. 563, p. 29-36, 2001.

BONNECARRÈRE, R. A. G.; LONDERO, F. A. A.; SANTOS, O. S.; MANFRON, P.A. Teores de nitrato em cultivares de alface em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, suplemento, p. 288-9. 2000a.

BONNECARRÈRE, R. A. G.; SCHMIDT, D.; MANFRON, P. A.; SANTOS, O. S. Teores de nitrato em plantas hidropônicas de alface em função de cultivares e soluções nutritivas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, suplemento, p. 286-287. 2000b.

BRESLER, E.; HOFFMAN, G.J. Irrigation management for soil salinity control: theories and tests. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 50, p. 1552-1560, 1986.

BÜCHELE, F. A.; SILVA, J. A. **Manual prático de irrigação por aspersão em sistemas convencionais** Florianópolis, SC: EPAGRI, 1992. 81 p. (Boletim).

CARDENÁS-NAVARRO, R.; ADAMOWICZ, S.; ROBIN, P. Nitrate accumulation in plants: a role for water. **Journal of Experimental Botany**, v. 50, n. 334, p. 613-624. 1999.

CARDOSO, E. I. B. N.; TSAI S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas SP: Sociedade brasileira de ciências do solo. 1992. 360 p.

CARMELLO, G. S. M.; PAOLI, A. A. S. Morfologia e anatomia da semente de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) em desenvolvimento. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 91-98, 1999.

CARRASCO, G. A.; BURRAGE, S. W. diurnal fluctuations in nitrate accumulation and reductase activity in lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown using Nutrient Film Technique. **Acta Horticulturae**, Grecian, v. 323, p. 51-9. 1992.

CASCAVEL. Prefeitura Municipal. **Proposta para recuperação ambiental da bacia hidrográfica do Rio Cascavel**. Cascavel, PR: Prefeitura municipal de Cascavel, 1995. 164 p.

CASTELLANE, P. D.; ARAÚJO, J. A. C. **Cultivo sem solo: hidroponia**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1994. 43 p.

CATALDO, D. A.; ARAÚJO, M.; SCHRADER, L. E.; YOUNGS, V. L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid Commun. **Soil Science and plant Anal**, New York, v. 6, n. 1, p. 71-80, 1975.

CAVARIANNI, R. L.; CAZETTA, J. O.; MAY, A.; BARBOSA, J. C.; CECILIO FILHO, A. B. Acúmulo de nitrato em cultivares de alface, cultivadas no inverno, em função do ambiente de cultivo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 322-323, 2000. Suplemento p. 322-323, 2000a.

CAVARIANNI, R.L.; CAZETTA, J.O.; MAY, A.; BARBOSA, J.C.; CECILIO FILHO, A.B. Acúmulo de nitrato em cultivares de alface, cultivadas na primavera, em função do ambiente de cultivo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, suplemento, p. 324-325. 2000b.

CHAVES, R. Q.; LACERDA, Z. C.; **Hidroponia**: cultivo sem solo. Disponível em: <<http://www.hannabrasil.com/pages/hidroponia-cultivo-sem-solo.htm>>. Acesso em: 18 set. 2007.

COMETTI, N. N. **Nutrição mineral da alface (*Lactuca sativa L*) em cultura hidropônica - Sistema NFT**. 2003. 103 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo) UFRRJ – Seropédica, Rio de Janeiro, 2003.

CORRE, W. J. AND T. BREIMER. Nitrate and nitrite in vegetables. **Centre for Agricultural Publishing and Documentation**. Literature Survey. Wageningen, The Netherlands n. 39. 1979.

COSTA, C. P.; SALA, F. C. **Piraroxa**: Alface roxa resistente ao míldio, LMV e com pendoamento lento. Piracicaba, SP: Universidade de São Paulo, 2005. (Folheto Informativo).

COSTA, P. C.; DIDONE E B.; SESSO, T. M.; CAÑIZARES, K. A. L; GOTO, R. Condutividade elétrica da solução nutritiva e produção de alface em hidroponia. **Scientia Agricola**, Piracicaba, SP, v. 58, n.3, p. 595-597, jul./set. Piracicaba, SP, 2001.

CRADDOCK, V. M. **Nitrosamines and human cancer**: proof of an association. *Nature*, v. 306, n. 638, 1983.

DELISTOIANOV, F.; PEREIRA, P. R. G.; MARTINEZ, H. E. P.; SEDIYAMA, C. S.; PAUL, P. A. Teores de nitrato em cultivares comerciais de alface sob cultivo hidropônico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 14, n. 1, p. 84, 1996.

DIAS JÚNIOR, C. P.; LAURA, V. A.; FAVERO, S. Desempenho de seis cultivares de alface sob cultivo hidropônico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, n. 95., Tubarão. **Anais...** Tubarão: SOB, 1999.

ESCOÍN-PEÑA, M. C.; IBÁÑEZ, M. A. C.; SANTAMARTA, A. A.; LAZARO, R. C. Contenido de nitratos en lechugas y espinacas frescas. **Alimentaria**, n. 298, p. 37-41, 1998.

FAQUIN, V.; ANDRADE, A. T. **Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional de hortaliças** Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 88 p.

FAQUIN, V.; FURLANI, P. R. Cultivo de hortaliças de folhas em hidroponia em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte – MG, v. 20, n. 200/201, p. 99-104, 1999.

FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; VILELA, L. A. A. **Produção de alface em hidroponia**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1996. 50 p.

FERNANDES, A. A.; MARTINEZ, H. E. P.; PEREIRA, P. R. G.; FONSECA, M. C. M.; Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 2, junho 2002. p. 195 – 200.

FERREIRA, D. F. Sisvar - **Sistema de Análise de Variância**. 2006.

FILGUEIRA, F. A. R. **Manual de olericultura**: cultura e comercialização de hortaliças 2. ed. São Paulo: E. Ceres, 1982 v. 2, 357 p.

FINE D. H.; ROSS D.; ROUNBEHLER D.P; SILVERGLEID A.; SONG L. 1977. Formation in vivo of volatile N-nitrosamines in man after ingestion of cooked bacon and spinach. **Nature**, v. 265, p. 753-755.

FREIRE JUNIOR, M.; DELIZA, R.; CHITARRA, A. B. Alterações sensoriais em alface hidropônica cv Regina minimamente processada e armazenada sob refrigeração. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 63-66, março 2002.

FURLANI, P. R. **Cultivo de alface pela técnica de hidroponia**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas. 1995. 18 p.

FURLANI, P. R.; Hydroponic vegetable production in Brazil. **Acta Horticulturae**, Grecian, v. 481, p. 777-778, 1999.

FURTADO, F. L.; FALAVIGNA JUNIOR, J.; APRIGIO, A.; SANTOS, R. F. Efeito da adubação de N + K na produção de Alface (*Lactuca sativa* L) em Estufa Plástica. ENCONTRO NACIONAL DE DIFUSÃO TECNOLÓGICA, 1, Medianeira, Paraná, Brasil. **Anais...** Medianeira: UTFpr. 2002. p. 175, 176. Volume único.

GERICK, W. F. **O que é hidroponia**, Disponível em: <<http://www.hydor.eng.br/Pagina4.htm>>. Acesso em: 12 fev. 2008.

GOTO, R.; TIVELLI, S. W. **Produção de hortaliças em ambiente protegido: Condições Subtropicais**. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1998. 319 p. p. 15 -104, 137-159.

GRAZIA, J.; TITTONELL, P. A.; CHIESA, A. Acumulacion de nitratos em lechugas de hojas sueltas cultivadas bajo diferentes condiciones ambientales. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, suplemento, 2001. 1 CD-ROM.

GRAIFENBERG, A. *et al.* La problematica dei nitrati. **Inf. Agrar.**, Roma, v. 6, p. 43-48, 1993.

HELBEL JR, C. **Produção de alface hidropônica em função de vazões aplicadas e da composição da solução nutritiva**. 2004. 92 f. Dissertação (Mestrado em Programa Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2004.

HELBEL JR, C.; REZENDE, R.; FRIZZONE, J, A.; SANTOS, H. S. E DALLACORT, R. Produção hidropônica da cultura da alface com soluções nutritivas e vazões distintas. **Acta Sci. Agron.** Maringá, v. 29, n. 3, p. 391-395, 2007.

HUETT, D. O. Growth, nutrient uptake and tipburn severity of hydroponic lettuce in response to electrical conductivity and K:Ca ratio in solution **Australian Journal of Agricultural Research**, Australian, v. 45, p. 251-267, 1994.

JACKSON J. L., PETERSON C., LESHO E. A meta-analysis of zinc salt lozenges and the common cold. **Arch. Intern. Med.**, Califórnia, v. 157, p. 2373-2376. 1997.

JACKSON, R. B, MOONEY, H. A.; SCHULZE, E. D. A global budget for fine root biomass, surface area, and nutrient contents. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, USA, v. 94, p. 7362-7366. 1997.

JUNQUEIRA, A. H. Hortaliças: novos caminhos no ambiente protegido. In: **Anuário da Agricultura Brasileira - AGRIANUAL 99**. São Paulo: FNP - Consultoria & Comércio, 1999. p. 35-38.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro - RJ: Guanabara Koogan, 2004. 452 p.

KNOTT, J. E. **Handbook for vegetable growers**. 2, ed. New York: John Wiley e Sons, 1962. 245 p.

KOPP, L. M.; SCHUNEMANN, A. P. P.; NETO, J. B.; LEMOS, C. A. S.; SIMONETTI, R. B.; SILVA, E. S. B.; Avaliação de seis cultivares de alface sob duas soluções nutritivas em sistema de cultivo hidropônico. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 7/8, n.1, p. 7-16. 2000/2001.

KROHN N. G.; MISSIO R. F.; ORTOLAN M. L.; BURIN A.; STEINMACHER D. A.; LOPES M. C. Teores de nitrato em folhas de alface em função do horário de coleta e do tipo de folha amostrada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, p. 216-219, 2003.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: Rima, 2000. 531 p.

LEIFERT, C.; FITE, A.; LI, H.; GOLDEN, M.; MOWET, A.; FRAZER, A. Human health effects of nitrate. In: AGRICULTURAL CONFERENCE ON MANAGING PLANT NUTRITION, 1999, Barcelona. **Proceeding...** Barcelona: IFA, 1999. 9 p.

LOPES, M. C.; FREIER, M.; MATTE, J. C.; GATNER, M.; FRANZENER, G.; NOGAROLLI, E. L.; SOARES, I. **Alface**: cultivo hidropônico Fortaleza: UFC, 2003a. 50 p.

LOPES, M. C.; FREIER, M.; MATTE, J.C.; GÄRTNER, M.; FRANZENER, G.; NOGAROLLI, E.L.; SEVIGNANI, A. Acúmulo de nutrientes por cultivares de alface em cultivo hidropônico no inverno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 211-215, abril/junho 2003b.

LOTTO, M. C., VALARINI, P. J. Evaluation of the contamination of coliformes fecais in lettuce (*Lactuca sativa*), water of irrigation and laudering in systems of organic and conventional production. **Rev. Bras. de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p. 1625-28, out. 2007. CNPMA-EMBRAPA,

McCALL, D.; WILLUMSEN, J. Effects of nitrate, ammonium and chloride application on the yield and nitrate content of soil-grown lettuce. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 73, n. 5, p. 698-703, 1998.

MAYNARD, D. N., BARKER, A.V. Nitrate content of vegetables crops. HortScience, New York v.7, n.71, n.3, p. 224-226, 1972.

MAYNARD, D. N.; BARKER, A.V.; MINOTTI, P. L.; PECK, N. H. Nitrate accumulation in vegetables. **Advances in Agronomy**, New York, v. 28, p. 71-118, 1976.

MUCELIN, C. A. **Estatística aplicada às tecnologias**, Medianeira PR: 2003 p. 53-54.

NADAL, R.; GUIMARÃES, D. R.; BIASI, J.; PINHEIRO, S. L. J.; CARDOSO, V.T.M., **Olericultura em Santa Catarina: aspectos técnicos e econômicos**. Florianópolis: EMPASC, 1986. 187 p.

OSHE, S. Qualidade nutricional e acúmulo de nitrato em alface. In: SANTOS, O. S. (Ed.) **Hidroponia da alface**. Santa Maria, RS: Imprensa Universitária, 2000. Cap. 2, p 10-24.

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

PAIVA, M. C. **Produção de hortaliças em ambiente protegido**. Cuiabá: Sebrae-MT, 1998.78 p.

PELLINCER, M. C.; RINCON, L.; SAEZ, J. Las soluciones nutritivas. **Horto información**, Madrid, v. 3, p. 39-43, 1995.

PENNINGSFELD, E., KURZMANN, P. **Cultivos hydroponicos y en turba**. Madrid: Mundi Prensa, 1983. 343p.

PILAU, F. G.; SCHMIDT, D.; NOGUEIRA, H.; SANTOS, O. S. Desempenho de cultivares de alface em hidroponia, na primavera. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 284-286, julho 2000a, suplemento.

PILAU, F. G.; SCHMIDT, D.; SANTOS, O. S.; MANFRON, P. A. Teores de nitrato em cultivares de alface sob hidroponia, na primavera. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 276-277, 2000b.

PINTO, F. A.; FEITOSA V. S.; SOUZA, V. S.; SOARES I. Evaluation of the electrical conductivities of the nutritive solution for the lettuce cultivation in substrate. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza - CE, v. 35, p. 165-170, out. 2004.

RATH, S.; XIMENES, M.I.N.; REYES, F.G.R. Teores de nitrato e nitrito em vegetais cultivados no Distrito Federal: um estudo preliminar. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 54, n. 2, p. 126-130, 1994.

RESH, H. M. **Cultivos hidropônicos**: Nuevas técnicas de producción. España: Mundi-prensa, 1997, 509 p.

REYES F. G. R; SCANLAN R. A. N-nitrosaminas: formação e ocorrência em alimentos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, p. 299-309. 1984.

REZENDE, A. J.; JUNQUEIRA, A. M. R.; XIMENES, M. I. N.; BORGIO, L. A. Teores de nitrato em alface hidropônica produzida e comercializada no Distrito Federal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 39, 1999. Tubarão. **Anais...** Tubarão: SOB, 1999. p. 307.

REZENDE, R.; HELBEL JUNIOR, C.; FREITAS, P. S. L.; GONÇALVES, A. C. A.; DALLACORT, R.; FRIZZONE, J. A. Diferentes soluções nutritivas aplicadas em duas vazões na produção hidropônica da cultura da alface. **Irriga**, UNESP. Botucatu, SP. v. 12, n. 3, p. 354-363, 2007.

REZENDE, A. J.; JUNQUEIRA, A. M. R.; XIMENES, M. I. N.; BORGIO, L. A. Teor de nitrato em alface produzida em sistema hidropônico e sistema convencional em Brasília – DF. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, suplemento, p. 533-534, 2000.

RICK, C. M. The tomato. **Scientific American**. University of California, California. v. 239, p. 76-87, 1978.

RODRIGUES, L. R. F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. 762 p.

ROLLE, R. S.; CHISM, G. W. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables **Journal of Food Quality**, Connecticut, v. 10, p. 157-177, 1987.

RUSCHEL, J. **Acúmulo de nitrato, absorção de nutrientes e produção de duas cultivares de cultivadas em hidroponia, em função de doses conjuntas de nitrogênio e potássio.** 1998. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

SÁNCHEZ, S.; MARTÍNEZ, M. E.; ESPEJO, M. T. PACHECO, R.; ESPINOLA, F.; HODAIFA, G. Mixotrophic culture of *Chlorella pyrenoidosa* with olive-mill wastewater as the nutrient medium. **Journal of Applied Phycology**, v. 13, p. 443–449, 2001.

SANTIAGO, J. P. Água na dose certa. **Guia rural**, Campinas, v. 4, n. 3, p. 56-58, mar 1990.

SCHMIDT, D.; SANTOS, O.S. Cultivares de alface. In: SANTOS, O. **Hidroponia da alface.** Santa Maria: UFSM, 2000. p.72-79.

SGARBIERI, V. C. **Alimentação e nutrição:** fator de saúde e desenvolvimento. Campinas: UNICAMP, 1987.

SILVA, E. F. F.; DUARTE, S. N.; FERREIRA, Y. R. P.; MIRANDA, J. H. Tolerância da cultura de alface à salinidade. **Horticultura Brasileira**, Brasília – DF, v. 18, p. 788-789, junho 2000. Suplemento.

SILVA, E. T.; SHWONKA, F. Viabilidade Econômica da Produção de Alface Crespa em Estufas Tipo Arco na Região de Colombo - PR In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA - CONBEA, 1999, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas, RS: SBEA; Universidade Federal de Pelotas, 1999.

SILVA, E. T.; MARTINS, D. E. C. The Producers of Hydroponic Products Profile in Colombo City - Metropolitan Region of Curitiba-PR **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 49-59, jan./mar. 2004.

SOARES, I. **Alface:** cultivo hidropônico. Fortaleza: UFC. 2002. 50 p.

TAKAHASHI, H. W.; HIDALGO, P. C.; FADELLI, L.; CUNHA, M. E T.; Nutrient solution control in order to decrease nitrate content in leaves of hydroponic lettuce. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 1, 2007.

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

TURAZI, C. M. V.; JUNQUEIRA, A. M. R.; OLIVEIRA, S. A.; BORGIO L. A. Acúmulo de nitrato em alface em função da adubação, horário de colheita e tempo de armazenamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, p. 65-70, 2006.

UEDA, S. **Hidroponia**: guia prático. São Paulo: Agroestufa, 1990. 50 p.

UNIAGUA. **O que é hidropônica**. Disponível em: <<http://www.uniagua.org.br/website/default.asp?tp=3&pág=hidroponica.htm>>. Acesso em: 8 fev. 2008.

VAN DER BOON, J.; STEENHUIZEN, J. W.; STEINGROVER, E. G. Growth and nitrate concentration of lettuce as affected by nitrogen and chloride concentration, $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio and temperature of the recirculating nutrient solution. **Journal of Horticultural Science**, Alexandria, v. 65, n. 3, p. 309-321, 1990.

VAZ, R. M. R. JUNQUEIRA, A. M. R. Desempenho de três cultivares de alface sob cultivo hidropônico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 2, p. 178-180, nov. 1998.

WRIGHT, M.J.; DAVISON, K.L. Nitrate accumulation in crops and nitrate poisoning in animals. **Advance in Agronomy**, New York, v. 16, p. 197-274, 1964.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Gráficos de validação do modelo

Verificação das suposições, e análises dos resíduos de dados das medidas de nitrato na folha de alface em função da quantificação de nitrato e em função do tempo de pós-colheita.

Com o intuito de garantir as condições previstas no delineamento Experimental, conforme o item 3.5 do material e métodos deste trabalho, foram realizados alguns procedimentos estatísticos e os três gráficos que seguem foram elaborados com esta finalidade. O gráfico de dispersão dos resíduos *versus* ordem mostra, conforme Figura 1A, que os dados foram bem distribuídos, aleatoriamente, não havendo nenhuma tendência entre os dados e pode-se supor que esta disposição aleatória dos dados garanta a independência dos erros.

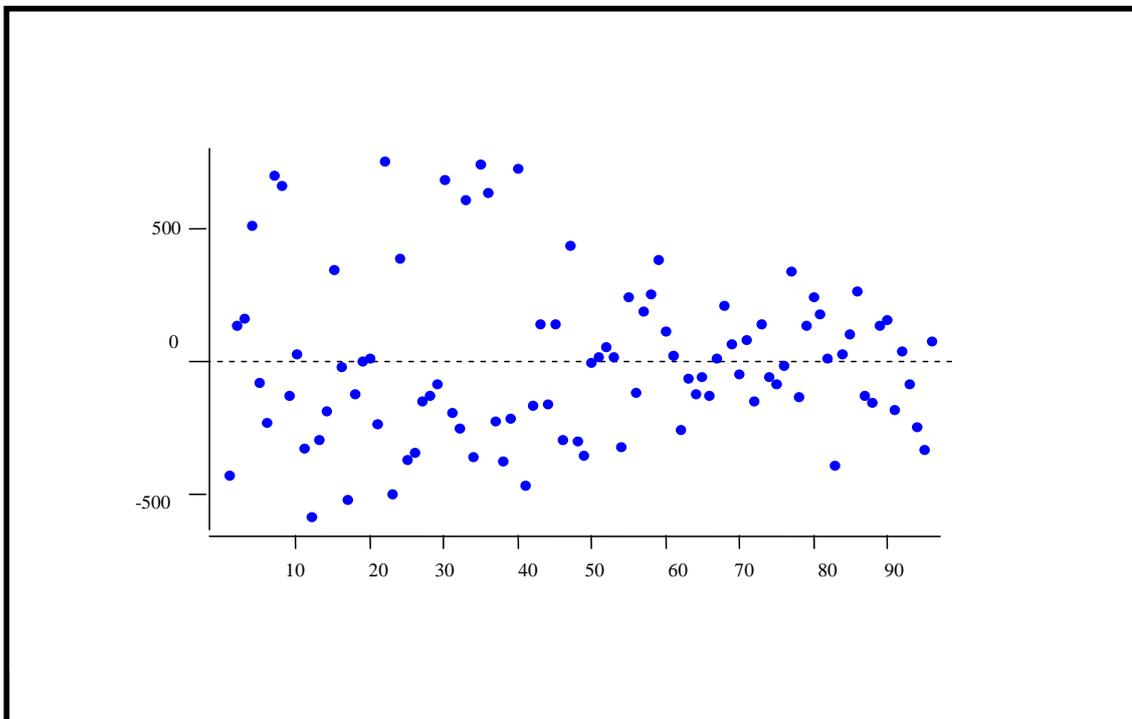


Figura 1A – Resíduos *versus* ordem da quantidade de nitrato na folha de alface hidropônica em função do tempo.

O gráfico de normalidade dos erros, conforme disposto na Figura 2A, mostra que os dados foram destituídos, próximos a uma reta imaginária de forma ascendente e conforme Mucelin (2003), os dados dispostos em forma de uma reta indicam a normalidade, o que nos garante que os dados dos erros dentro de cada tratamento tiveram uma distribuição normal.

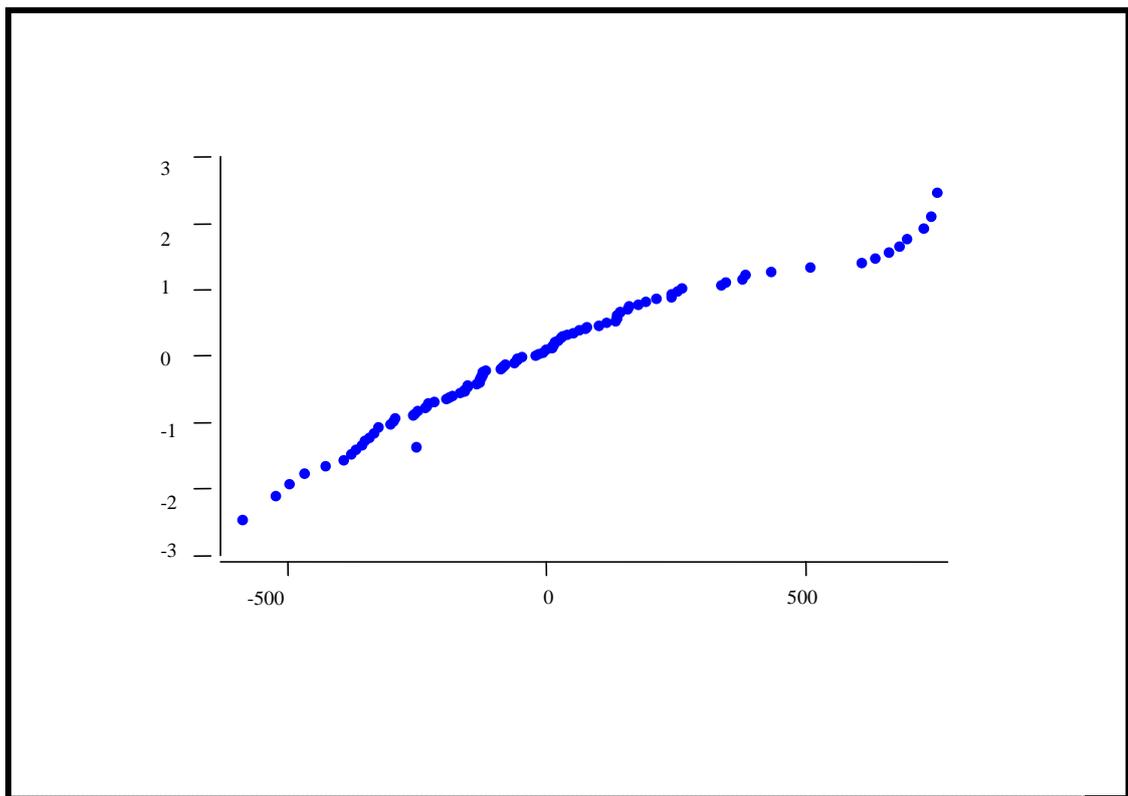


Figura 2A –Normalidade dos erros dos dados do teor de nitrato em função do tempo.

O gráfico de Box-plot da Figura 3A mostra que os dados foram bem distribuídos, não havendo assim nenhum ponto *out line*, apresentando-se também como os demais gráficos das Figuras 7 e 1A, o que garante a condição de realização de uma análise de variância destes dados.

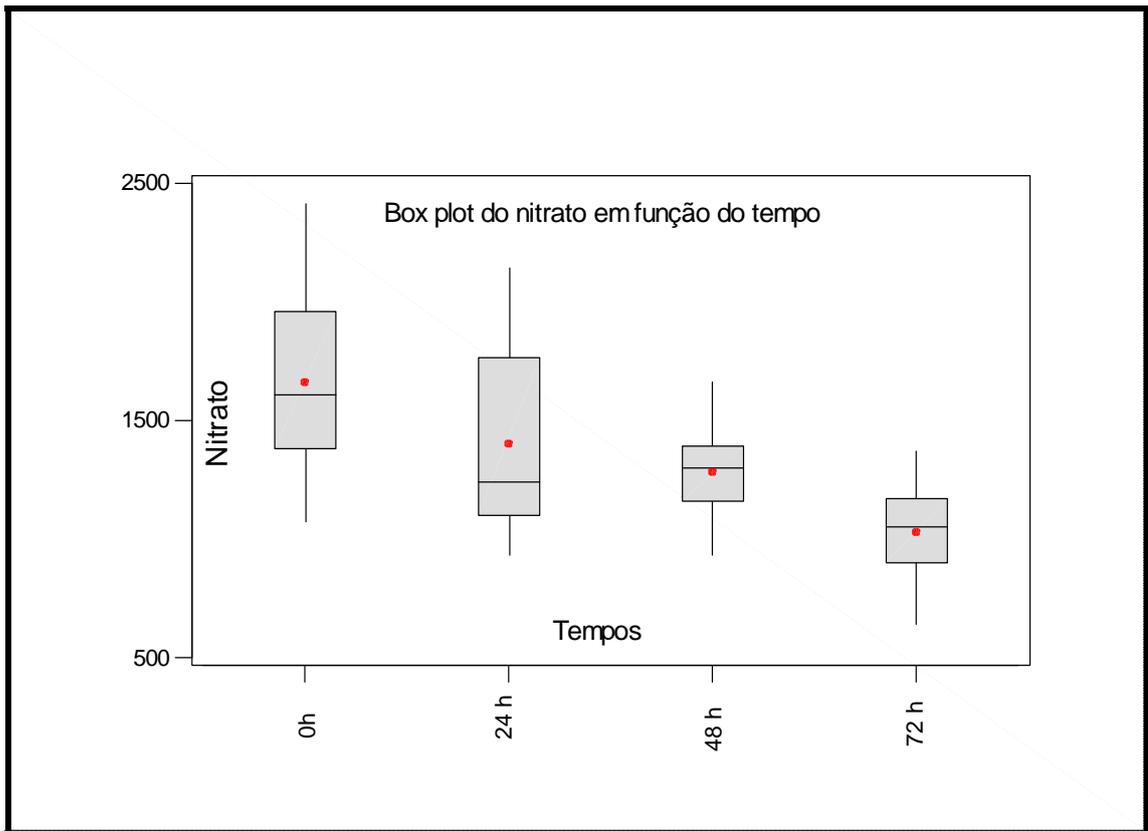


Figura 3A –Box-plot da quantidade de nitrato na folha de alface em função do tempo de pós-colheita.

APÊNDICE B – Valores das análises de nitrato

Tabela 1B – Teores de nitrato em função da vazão e do tempo de pós-colheita.

		TEMPOS			
		T1	T2	T3	T4
		0 h	24 h	48 h	72 h
VAZÕES	T1	1231,63	1031,82	931,92	1169,19
		1792,03	1058,36	1278,46	1342,46
		1820,13	1248,80	1300,31	945,97
		2169,79	1273,78	1336,22	1014,65
		1579,73	1312,80	1300,31	1369,00
		1428,32	899,14	960,02	897,58
		2357,11	1208,21	1726,47	1167,63
		2319,65	1147,34	1167,63	1273,78
	T2	1529,78	654,06	1475,15	1209,78
		758,65	1042,75	1537,59	1044,31
		1331,53	775,82	1664,03	640,01
		1070,85	807,04	1398,66	1058,36
		931,92	1173,87	1306,56	1133,29
		1470,46	1024,02	1027,14	1294,07
		2024,32	1184,80	1220,70	1358,07
		1639,05	551,03	1159,82	874,16
	T3	1136,41	933,48	1226,95	1167,63
		1536,02	1234,75	1158,26	1187,92
		1657,78	1543,83	1632,81	849,18
		1668,71	1242,56	1610,95	1070,85
		1423,63	1543,83	1348,70	947,53
		2414,87	1105,19	1236,31	783,62
		1161,38	1835,74	1362,75	697,77
		2044,91	1098,94	1131,73	1105,19

ANEXOS

ANEXO A – Análise de variância – nitrato

Arquivo analisado: Nitrato na alface. Variáveis analisadas: vazões e teor de NO_3^-
Opção de transformação: variável sem transformação (Y).

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Vazão	2	65786.262665	32893.131332	0.580	0.56
TempoPC	3	4761402.615313	1587134.205104	28.009	0.00*
Vazão*TempoPC	6	404343.168994	67390.528166	1.189	0.32
erro	84	4759877.156325	56665.204242		
Total corrigido	95	9991409.203296			
CV (%) =	18.40				
Média geral:	1.293.4689583	Número de observações:	96		

Teste Scott-Knott (1974) para a FV Vazão

NMS: 0,05

Média harmônica do número de repetições (r): 32

Erro padrão: 42,0807275669205

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
2	1270.227187	a1
3	1280.134375	a1
1	1330.045313	a1

Teste Scott-Knott (1974) para a FV Tempo PC

NMS: 0,05

Média harmônica do número de repetições (r): 24

Erro padrão: 48,5906387769137

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
4	1036.634583	a1
3	1222.330417	a2
2	1265.642917	a2
1	1649.267917	a3

ANEXO B – Análise de variância – vazão em função do tempo

Análise do desdobramento de Vazão dentro de cada nível de Tempo PC.

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Vazão	/1 2	341702.845433	170851.422717	3.015	0.05*
Vazão	/2 2	58868.167258	29434.083629	0.519	0.59
Vazão	/3 2	4574.963408	2287.481704	0.040	0.96
Vazão	/4 2	64983.455558	32491.727779	0.573	0.56
Resíduo	84	4759877.156325	56665.204242		

Codificação usada para o desdobramento

cod. TempoPC

1 = 1

2 = 2

3 = 3

4 = 4

Teste de Scott-Knott (1974) para o

desdobramento de Vazão dentro da codificação:1

Obs. Identifique a codificação conforme valores apresentados anteriormente

NMS: 0,05

Média harmônica do número de repetições (r): 8

Erro padrão: 84,161455133841

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
2	1530.041250	a1
3	1605.463750	a1
1	1812.298750	a2

Teste de Scott-Knott (1974) para o

desdobramento de Vazão dentro da codificação:

2

Obs. Identifique a codificação conforme valores apresentados anteriormente

NMS: 0,05

Média harmônica do número de repetições (r): 8

Erro padrão: 84,161455133841

```
-----  
Tratamentos                Médias      Resultados do teste  
-----  
1                          1198.847500      a1  
2                          1280.791250      a1  
3                          1317.290000      a1  
-----
```

Teste de Scott-Knott (1974) para o

desdobramento de Vazão dentro da codificação: 3

Obs. Identifique a codificação conforme valores apresentados anteriormente

NMS: 0,05

Média harmônica do número de repetições (r): 8

Erro padrão: 84,161455133841

```
-----  
Tratamentos                Médias      Resultados do teste  
-----  
1                          1205.812500      a1  
3                          1221.572500      a1  
2                          1239.606250      a1  
-----
```

Teste de Scott-Knott (1974) para o

desdobramento de Vazão dentro da codificação:

4

Obs. Identifique a codificação conforme valores apresentados anteriormente

NMS: 0,05

Média harmônica do número de repetições (r): 8

Erro padrão: 84,161455133841

```
-----  
Tratamentos                Médias      Resultados do teste  
-----  
3                          976.211250       a1  
2                          1030.470000      a1  
1                          1103.222500      a1  
-----
```

ANEXO C – Análise de variância - tempo em função da vazão

Análise do desdobramento de Tempo PC dentro de cada nível de Vazão.

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV		GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TempoPC	/1	3	2533308.991659	844436.330553	14.902	0.00*
TempoPC	/2	3	1008288.778084	336096.259361	5.931	0.00*
TempoPC	/3	3	1624148.014563	541382.671521	9.554	0.00*
Resíduo		84	4759877.156325	56665.204242		

Codificação usada para o desdobramento

cod. Vazão

1 = 1

2 = 2

3 = 3

Teste de Scott-Knott (1974) para o

desdobramento de TempoPC dentro da codificação: 1

Obs. Identifique a codificação conforme valores apresentados anteriormente

NMS: 0,05

Média harmônica do número de repetições (r): 8

Erro padrão: 84,161455133841

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
4	1103.222500	a1
2	1198.847500	a1
3	1205.812500	a1
1	1812.298750	a2

Teste de Scott-Knott (1974) para o

desdobramento de TempoPC dentro da codificação: 2

Obs. Identifique a codificação conforme valores apresentados anteriormente

NMS: 0,05

Média harmônica do número de repetições (r): 8

Erro padrão: 84,161455133841

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
4	1030.470000	a1
3	1239.606250	a1
2	1280.791250	a1
1	1530.041250	a2

Teste de Scott-Knott (1974) para o

desdobramento de TempoPC dentro da codificação:3

Obs. Identifique a codificação conforme valores apresentados anteriormente

NMS: 0,05

Média harmônica do número de repetições (r): 8

Erro padrão: 84,161455133841

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
4	976.211250	a1
3	1221.572500	a2
2	1317.290000	a2
1	1605.463750	a3

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)