

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL



ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA CULTURA DA ALFACE
EM SISTEMA HIDROPÔNICO, TIPO NFT, COM E SEM O USO DE
NUTRIENTES QUELATIZADOS NA SOLUÇÃO NUTRITIVA.

T
04/78

ISAAC COHEN ANTONIO

998

Análise do comportamento da ...
1998 TS-PP-1998.00036



1998.00036

CPAA-3044-1

JABOTICABAL - SP

54
57
98

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA CULTURA DA ALFACE
EM SISTEMA HIDROPÔNICO, TIPO NFT, COM E SEM O USO
DE NUTRIENTES QUELATIZADOS NA SOLUÇÃO NUTRITIVA.**

ISAAC COHEN ANTONIO

Orientador: Prof. Dr. JAIRO AUGUSTO CAMPOS DE ARAÚJO

T
03/8/98

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal.

Jaboticabal - SP
setembro - 1998

Antonio, Isaac Cohen

A 617a Análise do comportamento da cultura da alface em sistema hidropônico, tipo NFT, com e sem o uso de nutrientes quelatizados na solução nutritiva / Isaac Cohen Antonio. – Jaboticabal. 1998.

xvii, 91 p. il.; 28 cm

Dissertação Mestrado – FCAVJ/UNESP

Orientador: Jairo Augusto C. de Araújo

Banca: Clovis A. Volpe, José L. S. Sasaki

1. Alface-hidroponia. 2- Hidroponia-NFT. I. T. II.

Jaboticabal – Faculdade de C. Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.5 : 635.52

Emprego	
Unidade:	C PAA
Valor aquisição:	R\$ 15,00
Data aquisição:	09/10/98
N.º N. Fiscal/Fatura:	
Fornecedor:	autor
N.º OCS:	
Origem:	doação
N.º Registro:	98.00036

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA CULTURA DA ALFACE EM SISTEMA HIDROPÔNICO, TIPO NFT, COM E SEM O USO DE NUTRIENTES QUELATIZADOS NA SOLUÇÃO NUTRITIVA

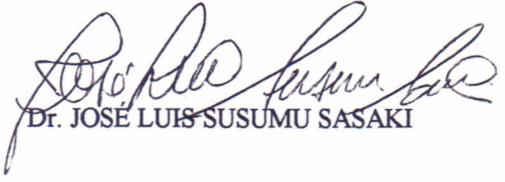
AUTOR: ISAAC COHEN ANTONIO

ORIENTADOR: Dr. JAIRO AUGUSTO CAMPOS DE ARAÚJO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em AGRONOMIA - ÁREA DE CONCENTRAÇÃO em PRODUÇÃO VEGETAL pela Comissão Examinadora:


Dr. JAIRO AUGUSTO CAMPOS DE ARAÚJO


Dr. CLOVIS ALBERTO VOLPE


Dr. JOSÉ LUIS SUSUMU SASAKI

Data da realização: 18 de setembro de 1998.


Presidente da Comissão Examinadora
Dr. JAIRO AUGUSTO CAMPOS DE ARAÚJO

T
01/98

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ISAAC COHEN ANTONIO, nascido em 03 de junho de 1960, em Manaus, Amazonas, é Engenheiro Agrônomo formado pela Universidade do Amazonas, em julho de 1985. Trabalhou na Empresa Amazonense de Dendê do Governo do Estado em 1985 e na iniciativa privada de 1986 a 1989, atualmente é pesquisador do Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Ocidental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária desde 1989, ocupou o cargo de Chefe Adjunto de Apoio Técnico de novembro de 1995 a fevereiro de 1996. Foi Vice-Presidente da Associação dos Engenheiros Agrônomos do Estado do Amazonas de 1993 a 1996.

DEDICATÓRIA

À minha mãe Ivete e minha tia-mãe Francisca, pelos incansáveis anos dedicados à minha educação, à minha querida esposa Lena e filhos Amir, Israel e Levana DEDICO ESTE TRABALHO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à DEUS pelo dom da vida e a seu Filho JESUS pela obra de salvação e restauração da minha vida.

Agradeço à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, pela oportunidade oferecida para realização deste curso.

À Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, pela excelente estrutura e recursos oferecidos na realização do curso.

À FAPESP, pelo apoio dado a este trabalho.

Aos professores do curso de pós-graduação em Agronomia, área de Concentração em Produção Vegetal, pela valiosa contribuição ao enriquecimento de meus conhecimentos profissionais.

Ao professor Dr. Jairo Augusto Campos de Araújo, pela orientação e amizade ao longo do curso.

Ao professor Dr. Paulo Affonso Bellingieri, do Departamento de Tecnologia da FCAV-UNESP, pela prestimosidade para realização das análises da solução nutritiva e partes da planta.

Ao professor Dr. Romísio Geraldo Bouhid André e ao observador meteorológico Carlos Alberto Santa Capita, do departamento de Ciências Exatas da FCAV-UNESP, pela prestabilidade na aferição dos sensores de temperatura.

Ao biólogo Octaviano da Costa Pereira Neto, pelo auxílio no preparo das soluções nutritivas.

Ao técnico Agrícola Edvaldo Ramos do Nascimento, do Departamento de Engenharia Rural, pelo empenho na coleta e medição dos parâmetros da planta.

À todos que direta e indiretamente contribuíram `a realização deste trabalho, meus mais sinceros agradecimentos.

ÍNDICE GERAL

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1	EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES PELA ALFACE	4
2.2	QUELADOS.....	6
2.3	INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO DESENVOLVIMENTO DA ALFACE	13
3.	MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1.	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	16
3.2.	MATERIAL UTILIZADO	17
3.3	MEDIDA DA TEMPERATURA.....	18
3.4	CULTURA ESTUDADA.....	20

3.5 SISTEMA DE CULTIVO E CONSUMO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA	20
3.6 DELINEAMENTO ESTATÍSTICO	22
3.7 PARÂMETROS AVALIADOS	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 AVALIAÇÕES APÓS 15 DIAS NOS CANAIS DE CULTIVO	26
4.1.1 VARIAÇÃO DA TEMPERATURA.....	26
4.1.2 CONSUMO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA.....	33
4.1.3 VARIAÇÃO DO PH DAS SOLUÇÕES.....	35
4.1.4 PESOS DA MATÉRIA FRESCA E SECA E DIÂMETRO DO CAULE	36
4.1.5 COMPRIMENTO, LARGURA E NÚMERO DE FOLHAS.....	44
4.1.6 NUTRIENTES NA PLANTA.....	47
4.2 AVALIAÇÕES NO FINAL DO EXPERIMENTO	52
4.2.1 VARIAÇÃO DA TEMPERATURA	52
4.2.2 CONSUMO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA.....	60
4.2.3 VARIAÇÃO DO PH DAS SOLUÇÕES.....	64
4.2.4 PESO DA MATÉRIA FRESCA E SECA E DIÂMETRO DO CAULE	65
4.2.5 COMPRIMENTO, LARGURA E NÚMERO DE FOLHAS.....	72
4.2.6 NUTRIENTES NA PLANTA.....	76
4.3 NUTRIENTES NA SOLUÇÃO	81
5. CONCLUSÕES	84
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – croqui da disposição dos sensores, com os tratamentos.	19
Figura 2 – cobertura de polietileno onde foi realizado o experimento	19
Figura 3 - intervalo de confiança para as diferenças das médias de temperaturas diurnas nas bancadas da linha central (a) e da lateral norte (b) pelo teste de tukey com 5 % de erro, após 15 dias nos canais de cultivo.	27
Figura 4 – intervalo de confiança para as diferenças das médias de temperaturas diurnas registradas pelos sensores, após 15 dias nos canais de cultivo (tukey 5 %).	29
Figura 5 - intervalo de confiança para as diferenças das médias de temperatura das bancadas das soluções a e b, com a bomba ligada (on) e desligada (off) pelo teste de tukey com 5 % de erro, após 15 dias nos canais de cultivo.	30
Figura 6 - intervalo de confiança para as diferenças das médias de temperaturas noturnas nas bancadas da linha central (a) e da lateral norte (b), pelo teste de tukey com 5 % de erro, após 15 dias nos canais de cultivo.....	32
Figura 7 – intervalo de confiança para as diferenças das médias do consumo de solução nutritiva após 15 dias nos canais de cultivo (tukey 5 %).	35

Figura 8 – intervalo de confiança para as diferenças das médias da variação do ph das soluções após 15 dias nos canais de cultivo (tukey 5 %).	36
Figura 9 – intervalo de confiança para as diferenças das médias, do peso de matéria fresca das folhas de plantas das soluções a e b após 15 dias nos canais de cultivo (tukey 5 %).	37
Figura 10 - intervalo de confiança para as diferenças das médias, do peso de matéria seca das folhas de plantas das soluções a e b após 15 dias nos canais de cultivo (tukey 5 %).	38
Figura 11 – intervalo de confiança para as diferenças das médias, do peso de matéria fresca de caules das plantas das soluções a e b após 15 dias nos canais de cultivo (tukey 5 %).	39
Figura 12 – intervalo de confiança para as diferenças das médias, do peso de matéria seca de caules das plantas das soluções a e b após 15 dias nos canais de cultivo (tukey 5 %).	40
Figura 13 – intervalo de confiança para as diferenças das médias, do peso de matéria fresca de raízes das plantas das soluções a e b após 15 dias nos canais de cultivo (tukey 5 %).	41
Figura 14 – intervalo de confiança para as diferenças das médias, do peso de matéria seca de raízes das plantas das soluções a e b após 15 dias nos canais de cultivo (tukey 5 %).	42
Figura 15 – intervalo de confiança para as diferenças das médias, do diâmetro de caules frescos das plantas das soluções a e b, aos 15 dias de cultivo (tukey 5 %).	43
Figura 16 – intervalo de confiança para as diferenças das médias do comprimento de folhas frescas das plantas das soluções a e b, após 15 dias nos canais de cultivo (tukey 5 %).	44
Figura 17 – intervalo de confiança para as diferenças das médias da largura de folhas frescas das plantas das soluções a e b, aos 15 dias de cultivo (tukey 5 %).	45
Figura 18 – intervalo de confiança para as diferenças das médias do número de folhas frescas das plantas das soluções a e b, aos 15 dias de cultivo (tukey 5 %).	46
Figura 19 – intervalo de confiança para as diferenças das médias da concentração total de macro nutrientes das plantas das soluções a e b após 15 dias nos canais de cultivo (tukey 5 %).	48
Figura 20 – intervalo de confiança para as diferenças das médias da concentração total de micro nutrientes das plantas das soluções a e b após 15 dias nos canais de cultivo (tukey 5 %).	48

Figura 21 – intervalo de confiança para as diferenças das médias da concentração total de macro nutrientes nas partes das plantas cultivadas com as soluções a e b após 15 dias nos canais de cultivo (tukey 5 %)	49
Figura 22 – intervalo de confiança para as diferenças das médias da concentração total de micro nutrientes nas partes das plantas cultivadas com as soluções a e b, após 15 dias nos canais de cultivo (tukey 5 %)	50
Figura 23 – intervalo de confiança para as diferenças das médias da concentração de macro nutrientes nas plantas cultivadas com as soluções a e b, após 15 dias nos canais de cultivo (tukey 5 % de erro)	51
Figura 24 – intervalo de confiança para as diferenças das médias da concentração de micro nutrientes nas plantas cultivadas com as soluções a e b, após 15 dias nos canais de cultivo (tukey 5 % de erro)	51
Figura 25 - intervalo de confiança para as diferenças das médias de temperatura diurnas de duas bancadas na linha central (a) e duas na lateral norte (b), pelo teste de tukey a 5 % de probabilidade de erro	53
Figura 26 - intervalo de confiança para as diferenças das médias de temperatura dos sensores leste meio e oeste das bancadas 1, 2, 3 e 4 (tukey 5 %)	55
Figura 27 - intervalo de confiança para as diferenças das médias de temperatura das bancadas das soluções a e b, com a bomba ligada (on) e desligada (off) pelo teste de tukey com 5 % de probabilidade de erro	56
Figura 28 - intervalo de confiança para as diferenças das médias de temperaturas noturnas das bancadas da linha central (a) e lateral (b), pelo teste de tukey a 5 % de probabilidade de erro	58
Figura 29 – esquema da variação de temperatura durante o dia e à noite, no ambiente protegido onde realizou-se o experimento	60
Figura 30 - intervalo de confiança para as diferenças das médias do consumo de solução nutritiva das plantas das soluções a e b, até 35 dias (tukey 5 %)	61
Figura 31 – consumo de solução nutritiva avaliado através do volume de água repostado diariamente	61
Figura 32 – consumo de solução, variação das médias da radiação solar (mj/dia), temperatura externa (0c) e velocidade do vento no exterior (m/s), durante o ensaio, em escala logarítmica	63

Figura 33 – cultivo de solução até os 15 dias de cultivo e dos 16 até os 35 dias.....	63
Figura 34 – variação do ph das soluções durante os dias de cultivo.	65
Figura 35 - intervalo de confiança para as diferenças das médias do ph das soluções nutritivas a e b, até os 35 dias de cultivo (tukey 5 %).	65
Figura 36 - intervalo de confiança para as diferenças das médias do peso de matéria fresca das folhas de plantas das soluções a e b (tukey 5 %).	66
Figura 37 - intervalo de confiança para as diferenças das médias do peso de matéria seca das folhas de plantas das soluções a e b (tukey 5 %).	67
Figura 38 - intervalo de confiança para as diferenças das médias do peso de matéria fresca dos caules de plantas das soluções a e b (tukey 5 %).	68
Figura 39 - intervalo de confiança para as diferenças das médias do peso de matéria seca dos caules de plantas das soluções a e b (tukey 5 %).	69
Figura 40 - intervalo de confiança para as diferenças das médias do peso de matéria fresca das raízes de plantas das soluções a e b (tukey 5 %).	70
Figura 41 - intervalo de confiança para as diferenças das médias do peso de matéria seca das raízes de plantas das soluções a e b (tukey 5 %).	70
Figura 42 - intervalo de confiança para as diferenças das médias do diâmetro do caule fresco de plantas das soluções a e b (tukey 5 %).	71
Figura 43 - intervalo de confiança para as diferenças das médias do comprimento de folhas frescas de plantas das soluções a e b (tukey 5 %).	72
Figura 44 - intervalo de confiança para as diferenças das médias da largura de folhas frescas de plantas das soluções a e b (tukey 5 %).	73
Figura 45 - intervalo de confiança para as diferenças das médias do número de folhas frescas de plantas das soluções a e b (tukey 5 %).	74
Figura 46 - intervalo de confiança para as diferenças das médias do peso total de matéria fresca de plantas das soluções a e b (tukey 5 %).	75
Figura 47 - intervalo de confiança para as diferenças das médias do peso total de matéria seca de plantas das soluções a e b (tukey 5 %).	76

Figura 48 – intervalo de confiança para as diferenças das médias da concentração de fósforo nas partes das plantas nutridas com as soluções a e b (tukey com 5 % de erro)	79
Figura 49 – intervalo de confiança para as diferenças das médias da concentração de cálcio nas partes das plantas nutridas com as soluções a e b (tukey com 5 % de erro)	80
Figura 50 – intervalo de confiança para as diferenças das médias da concentração de cobre nas partes das plantas nutridas com as soluções a e b (tukey com 5 % de erro)	80
Figura 51 – intervalo de confiança para as diferenças das médias da concentração de zinco nas partes das plantas nutridas com as soluções a e b (tukey com 5 % de erro)	81
Figura 52 – intervalo de confiança para as diferenças das médias da concentração dos macronutrientes nas soluções a e b ao longo do experimento (tukey com 5 % de erro).....	82
Figura 53 – intervalo de confiança para as diferenças das médias da concentração dos micronutrientes nas soluções a e b ao longo do experimento (tukey com 5 % de erro).....	82
Figura 54 – aspecto visual das plantas com 35 dias de cultivo com as soluções a e b.	83

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Concentração de nutrientes em ppm. para uma solução nutritiva balanceada para o sistema NFT, segundo CASTELLANE & ARAÚJO (1995).....	8
Tabela 2 - Agentes quelantes e suas constantes log K para seis nutrientes.	10
Tabela 3 - Alguns agentes quelantes, sua fórmula e denominação usual.....	10
Tabela 4 - Concentração de nutrientes nas soluções a e b.....	21
Tabela 5 – Modelo da análise de variância.	23
Tabela 6 - Análise de variância das médias de temperaturas diurnas das bancadas da linha central (grupo A) e lateral Norte (grupo B), após 15 dias nos canais de cultivo.....	26
Tabela 7 – Análise de variância das temperaturas diurnas, registradas nos sensores após 15 dias nos canais de cultivo.	28
Tabela 8 - Variância das médias de temperaturas noturnas das bancadas da linha central (grupo A) e lateral Norte (grupo B), após 15 dias nos canais de cultivo.....	32
Tabela 9 – Médias das temperaturas noturnas dos sensores e diferença mínima significativa pelo teste de Tukey a 5 % de erro, após 15 dias nos canais de cultivo.	33

Tabela 10 – Análise de variância do consumo de solução após 15 dias nos canais de cultivo.....	34
Tabela 11 – Análise de variância da variação do pH das soluções, após 15 dias nos canais de cultivo.....	36
Tabela 12 – Análise de variância do peso de matéria fresca de folhas das plantas das soluções A e B após 15 dias nos canais de cultivo.....	37
Tabela 13 - Análise de variância do peso de matéria seca de folhas das plantas das soluções A e B aos 15 dias de cultivo.....	38
Tabela 14 – Análise de variância do peso de matéria fresca de caules das plantas das soluções A e B aos 15 dias de cultivo.....	39
Tabela 15 – Análise de variância do peso de matéria seca de caules das plantas das soluções A e B aos 15 dias de cultivo.....	40
Tabela 16 – Análise de variância do peso de matéria fresca de raízes das plantas das soluções A e B aos 15 dias de cultivo.....	41
Tabela 17 – Análise de variância do peso de matéria seca de raízes das plantas das soluções A e B aos 15 dias de cultivo.....	42
Tabela 18 – Análise de variância do diâmetro de caules frescos das plantas das soluções A e B aos 15 dias de cultivo.....	43
Tabela 19 – Análise de variância do comprimento de folhas frescas das plantas das soluções A e B aos 15 dias de cultivo.....	44
Tabela 20 – Análise de variância da largura de folhas frescas das plantas das soluções A e B aos 15 dias de cultivo.....	45
Tabela 21 – Análise de variância do número de folhas frescas das plantas das soluções A e B aos 15 dias de cultivo.....	46
Tabela 22 - Análise de variância das médias agrupadas dos sensores das bancadas da linha central (grupo A) e lateral Norte (grupo B).	53
Tabela 23 - Análise de variância das médias de temperatura dos sensores Leste, Meio e Oeste das bancadas 1, 2, 3 e 4.....	55
Tabela 24 – Análise de variância das temperaturas das bancadas das soluções A e B com as bombas ligadas e desligadas.....	56
Tabela 25 – Análise de variância das temperaturas noturnas das bancadas das posicionadas na linha central (A) e lateral (B) da cobertura.....	57
Tabela 26 – Médias das temperaturas noturnas dos sensores, e diferença máxima significativa pelo teste de Tukey a 5 % de erro.....	59
Tabela 27 – Análise de variância do pH das soluções A e B, até os 38 dias.	64
Tabela 28 – peso de matéria fresca e seca de raízes, caules e folhas, número de folhas e diâmetro do caule das plantas nutridas pelas soluções A e B, aos 35 dias de cultivo.	66

Tabela 29 – Análise de variância do peso da matéria seca das folhas de plantas das soluções A e B.....	67
Tabela 30 – Análise de variância do peso da matéria fresca dos caules de plantas das soluções A e B.....	68
Tabela 31 – Análise de variância do peso da matéria seca dos caules de plantas das soluções A e B.....	69
Tabela 32 – Análise de variância do diâmetro do caule fresco de plantas das soluções A e B.....	71
Tabela 33 – Análise de variância do comprimento das folhas frescas de plantas das soluções A e B.....	72
Tabela 34 – Análise de variância do número de folhas frescas de plantas das soluções A e B.....	74
Tabela 35 – Análise de variância do peso total de matéria seca de plantas das soluções A e B.....	76
Tabela 36 – Média da concentração de macronutrientes em g/kg de matéria seca, nas partes das plantas cultivadas com as soluções A e B, aos 35 dias de cultivo*.....	78
Tabela 37 – Concentração de micronutrientes em mg/kg de matéria seca, nas partes das plantas cultivadas com as soluções A e B, aos 35 dias de cultivo*.....	79
Tabela 38 – Concentração média semanal, de nutrientes em mg/litro, das soluções A e B e água, durante o período do experimento.....	82

RESUMO

A variação dos fatores ambientais e o consumo de solução nutritiva são fatores de pouco conhecimento em cultivos sob ambiente protegido. A precipitação de nutrientes na forma de sais insolúveis desbalanceando a solução nutritiva, é um problema freqüente no cultivo de plantas pela técnica NFT. Neste trabalho foi estudado a variação da temperatura no perfil horizontal das bancadas cultivadas com alface 'Verônica' pela técnica NFT, com e sem o uso de nutrientes quelatizados, o consumo da solução nutritiva e avaliou-se o teor de nutrientes nas partes das plantas e soluções nutritivas. Durante a temperatura foi maior no centro da cobertura e à noite ocorreu o inverso. A diferença entre as médias da temperatura do ar no

interior do ambiente protegido e as do ambiente externo foi da ordem de $1,41^{\circ}\text{C}$ e entre as do ambiente interno e as das bancadas e tanques com solução nutritiva, também foi de $1,41^{\circ}\text{C}$, evidenciando a importância da água como regulador térmico. o consumo total de solução nutritiva foi de $4,474 \text{ l/planta}$ ou $0,128 \text{ l/dia/planta}$. A concentração de cálcio nas partes das plantas nutridas pela solução B foi maior do que nas plantas nutridas pela solução A, ocorrendo o contrário para o fósforo e o cobre. O teor de zinco nas raízes das plantas da solução A, foi maior do que nas folhas das plantas da solução B.

1. INTRODUÇÃO

O cultivo sem solo ou em água é denominado de hidroponia, o primeiro registro desse cultivo, data de 1699, quando John Woodward cultivou menta em águas de chuva, rio e esgoto diluído.

Em 1851, Jean Boussingault cultivou plantas com uma solução, em areia, quartzo e carvão.

Em 1860 e 1861, Sanchs e Knop cultivaram uma planta em solução nutritiva na Alemanha, até o fim do seu ciclo.

Em 1925, W. F. Gericke, lançou os primeiros kits para cultivo comercial hidropônico na Califórnia (E.U.A.), melhorando a técnica em 1938.

Na segunda Guerra Mundial, os E.U.A. adotaram a técnica de cultivo hidropônico em suas bases militares.

Em 1965, na Inglaterra, Allen Cooper criou as bases para a técnica do filme de nutrientes (nutrient film technique) conhecida como NFT.

No fim da década de 80, o agricultor japonês Shigeru Ueda introduz a técnica de hidroponia no Brasil.

Na região Amazônica, a hidroponia apresenta-se como uma técnica promissora, com demanda de pesquisa latente.

Quelados são usados como nutrientes em soluções nutritivas para uso em hidroponia com a vantagem de baixa dissociação do complexo quelante-nutriente, evitando a formação de precipitados insolúveis em ampla faixa de pH. Eles podem ser absorvidos e transportados até às folhas e outros órgãos, sem reações secundárias ou precipitação nos vasos condutores.

A alface tem sido a hortaliça mais cultivada em hidroponia, devido exigir poucos tratamentos culturais e algumas cultivares como a 'Verônica', possuem boa adaptação para esse sistema de cultivo, e também devido à baixa necessidade de mão-de-obra e o rápido retorno do capital investido.

A produção anual de alface no Brasil é estimada em mais de 273 mil toneladas, que movimentam mais de 125 milhões de reais e não se sabe qual a produção oriunda de hidroponia.

Quelados de micronutrientes tem sido estudado em vários países do mundo como fonte destes elementos em soluções nutritivas para uso em hidroponia. A grande vantagem de usar quelados como fonte de micronutrientes é a baixa dissociação do complexo quelante-nutriente, evitando a formação de precipitados insolúveis ao reagir com fertilizantes, em ampla faixa de pH. Outra vantagem é a possibilidade de absorção e movimentação dos micronutrientes até as folhas e outros órgãos, juntamente com o quelante, sem reações secundárias ou precipitação nos vasos condutores.

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar o desenvolvimento da alface 'Verônica', cultivada no sistema de hidroponia, com a técnica NFT, utilizando dois tipos de soluções nutritivas, uma somente com o ferro quelatizado (Fe-EDTA) e outra com Cálcio, Magnésio, Cobre, Zinco e Manganês quelatizados com linosulfonato de sódio, mais o Fe-EDTA, assim como determinar o consumo e a variação do pH das soluções nutritivas, o perfil horizontal da temperatura nas calhas de cultivo e variação da temperatura dentro e fora do ambiente protegido.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES PELA ALFACE

GARCIA et al. (1982), observando alface cultivada em solo, constataram sensíveis diferenças na extração de Mn e Zn entre duas cultivares e na absorção de Cu, Fe e Zn em determinado estágio de desenvolvimento, sendo que a maior quantidade de micronutrientes (< 80%) foi absorvida após 41 dias da emergência. FURLANI (1995), cita os dados dos mesmos autores e comenta que mais de 97 % dos macronutrientes e mais de 98 % dos micronutrientes são absorvidos após 10 dias do transplante e que o período de maior extração situa-se entre 20 e 40 dias após o transplante. De acordo com

KATAYAMA (1993), a alface cultivada em solo, acumula mais nutrientes no período que sucede os 30 dias após a emergência, devido o aumento da velocidade de crescimento.

Fernandes et al., citados por FERNANDES (1971), encontraram as seguintes quantidades de micronutrientes absorvidos por uma planta de alface variedade Vitória de Santo Antão, cultivada em solo: 143 µg de Cu, 8.319 µg de Fe, 1.122 µg de Mn e 899 µg de Zn. Já Muckenhrn, citado por FERNANDES (1971), encontrou o teor de 10 ppm para plantas com deficiência de boro e 20 ppm em plantas sadias, cultivadas em solo. Estas variações na extração de nutrientes, evidenciam diferentes exigências de acordo com a cultivar.

HAAG e MINAMI (1981), citam valores entre 23-46, 2-11, 51-85, 16-23, 3-5 e 2-3 kg/ha para extração respectivamente de N, P, K, Ca, Mg e S por três variedades de alface com "stand" igual a 95.000 plantas/ha, no cultivo em solo.

A exigência de N, P, K, Ca, Mg e S para a cultura da alface no cultivo em solo, é 24, 5, 51, 14, 4 e 3 kg/ha, respectivamente, segundo GUILHERME (1985).

Lucas e Knezek, citados por CASTELLANE et al. (1991), afirmam que a alface possui elevado potencial de resposta para o cobre, manganês e molibdênio e médio para o boro.

Adam et al., citados por KATAYAMA (1993), mencionam que os micronutrientes que mais afetam o desenvolvimento da alface por ordem decrescente são: o Cobre, o molibdênio e o boro.

Para FURLANI (1995), a extração total de nutrientes pela alface apresenta a seguinte ordem decrescente: K, N, Ca, P, Mg, S, Fe, Zn, Mn, B e Cu.

O Fe^{++} pode ser considerado como a forma de Fe disponível para reações metabólicas ou para incorporação dentro da estrutura molecular (Pierson & Clark, citados por LUCENA et al. 1990).

Hernando & Casado, citados por LUCENA et al. (1990), observaram antagonismo na absorção entre Fe e Mn, no cultivo de morangueiro em hidroponia .

2.2 QUELADOS

Um conceito de quelante usado pela indústria química brasileira, é que são compostos orgânicos que quando combinados com os micronutrientes, formam quelados, colocando os micronutrientes à disposição das plantas gradativamente (QUIMBRASIL, 1980).

Segundo MALAVOLTA (1981), quelados são moléculas aneladas (ligante ou quelante), resultante da combinação de um metal com dois ou mais grupos doadores de elétrons. Elas atuam como 'pinças' removendo o metal da solução numa reação reversível. Os metais presos

em anéis quelados perdem sua característica catiônica, por isso são menos sujeitos às reações de precipitações ou insolubilizações. O mesmo autor cita que os quelados são solúveis e o quelante pode ser absorvido pela planta junto com o íon metálico, indo até as folhas e os outros órgãos, livres de reações secundárias de fixação ou precipitação nos vasos condutores. Existe porém, a possibilidade de ligação com quelantes de maior afinidade na superfície da raiz, retirando o íon metálico do complexo a ser absorvido pela planta. Segundo o mesmo autor, dos micronutrientes essenciais às plantas, o boro, o cloro e o molibdênio não são absorvidos pelas plantas como quelados.

JUNQUEIRA (1985), define quelado como uma garra possuidora de quatro cargas negativas, que envolve os nutrientes por um processo de combinação de cargas, protegendo-os contra reações químicas e aumentando a solubilidade destes, podendo aumentar sua eficiência em até vinte vezes, e menciona que a porcentagem máxima quelatizável varia de acordo com o metal: Zn=7, Ca=6, Fe=5, Cu=5, Mn=5, Co=4 e Mg=4. O mesmo autor cita que misturas de dois ou mais nutrientes só pode quelatizar 7% da soma de todos os nutrientes.

RESH (1992), define um sal de quelato como sendo um composto orgânico solúvel, ao qual os elementos minerais se aderem até serem tomados pelas raízes das plantas. Para este autor, o uso de quelados de ferro, magnésio e zinco, é altamente recomendado, devido permanecer

facilmente na solução e estarem sempre disponíveis para as planta, inclusive em condições de pH muito variáveis.

Com relação a solução nutritiva, CASTELLANE & ARAÚJO (1995) afirmam que a necessidade de nutrientes na solução vai depender da planta e da região de cultivo e consideram que os teores máximos permitidos para Fe, B, F, Zn, Cu e Mn, na solução nutritiva, são iguais a: 1,12; 0,27; 0,47; 0,32; 0,06 e 0,24 mg/l, respectivamente. Eles também ressaltam que o conteúdo de nutrientes na água usada no preparo da solução, deve ser levado em conta e citam uma formulação generalizada para o sistema NFT, mostrada na Tabela 1.

Tabela 1 - Concentração de nutrientes em ppm. para uma solução nutritiva balanceada para o sistema NFT, segundo CASTELLANE & ARAÚJO (1995).

N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Zn	Cu	Mo
200	40	165	150	133	100	0,008	0,8	0,25	0,05	0,01	0,002

Os micronutrientes na solução nutritiva, podem reagir com fertilizantes, resultando em precipitados insolúveis como a reação do zinco anfótero com os compostos de fósforo; o zinco, MAP e KCl em pH baixo formando compostos extremamente insolúveis (CASTRO, 1990). O cobre, zinco ou manganês, reagem com os fosfatos de amônio, formando sais insolúveis (Lopes, citado por CASTRO, 1990). De maneira geral, a solubilidade

tende a diminuir com o aumento do pH. Os óxidos de Zn, Cu e Mo, tendem a serem mais solúveis com a reação da acidez livre dos superfosfatos. De acordo com CASTRO (1990), a uréia pode reagir com os nutrientes em forma de sais, formando aductos.

Segundo COUTINHO et al. (1993), todos os cátions polivalentes podem formar quelados e a força de troca do metal quelatinizado com outro do meio, decresce na seguinte ordem: $Fe^{3+} > Cu^{2+} > Zn^{2+} > Fe^{2+} > Mn^{2+} > Ca^{2+} > Mg^{2+}$. Esta ordem é também a de estabilidade.

Segundo STOLLER (s.d.), a capacidade de quelatização de um agente quelante é dada por **log K**, que depende do quelante e do metal a ser quelatizado. Um bom quelante deve possuir log K maior que 18, valores inferiores indicam baixa capacidade de quelatização. JUNQUEIRA (1985), cita o log K de três agentes quelantes para seis nutrientes, cujos valores estão apresentados na Tabela 2.

Embora os quelados sejam considerados como as fontes mais caras de micronutrientes (Mortvedt & Cox, citados por VOLKWEISS, 1991), apresentam enormes vantagens como solubilização elevada com muito pouca dissolução do complexo quelante-metal, ao contrário dos sais, devido o elemento ligante tender a ficar ligado ao metal. Segundo VOLKWEISS (1991), esta grande vantagem permite que o Cu, o Fe, o Mn e o Zn permaneçam na solução em condições que normalmente ocorreria insolubilidade, como nos

casos das soluções concentradas com reação neutra ou alcalina ($\text{pH} \geq 7,0$), muito usadas em hidroponia.

Tabela 2 - Agentes quelantes e suas constantes log K para seis nutrientes.

Quelante	Zn	Ca	Mn	Mg	Cu	Fe
EDTA	16,5	10,6	14,0	8,7	18,8	25,1
HEEDTA	14,5	8,0	10,7	7,0	17,4	19,6
DTPA	18,1	10,1	15,1	9,0	21,0	28,6

MORTVEDT et al. (1972) citam 11 agentes quelantes que podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3 - Alguns agentes quelantes, sua fórmula e denominação usual.

NOME	FÓRMULA	BREVIÇÃO
Ácido etileno diamino tetraacético	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}_8\text{N}_2$	EDTA
Ácido dietileno triamino pentaacético	$\text{C}_{14}\text{H}_{23}\text{O}_{10}\text{N}_3$	DTPA
Ácido ciclohexano diamino tetraacético	$\text{C}_{14}\text{H}_{22}\text{O}_8\text{N}_2$	CDTA
Ácido etileno diamino dihidroxi fenil acético	$\text{C}_{18}\text{H}_{20}\text{O}_6\text{N}_2$	EDDHA
Ácido hidroxietil etileno diamino triacético	$\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}_7\text{N}_2$	HEDTA
Ácido nitriloacético	$\text{C}_6\text{H}_9\text{O}_6\text{N}$	NTA
Ácido etileno glicol-bis (2-aminoetil éter) tetraacético	$\text{C}_{14}\text{H}_{24}\text{O}_{10}\text{N}_2$	EGTA
Ácido cítrico	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$	CIT
Ácido oxálico	$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$	OX
Ácido fosfórico	$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$	P_2O_7
Ácido trifosfórico	$\text{H}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	P_3O_{10}

CASTRO (1990) cita que os quelados de Zn, Mn e Fe possuem 9-14, 12 e 5-15 % desses elementos, respectivamente. MALAVOLTA & ROMERO (1975), citam os quelatos de cobre (EDTA-CuNa), manganês (EDTA-Mn-Na), ferro (EDTA-Fe-Na e HEEDTA-Fe-Na) e zinco (EDTA-Zn-Na), com concentrações variáveis de Cu e Mn, 6 a 12% de Fe em ambos e 8 a 12 % de Zn, respectivamente. MALAVOLTA (1981), cita os teores de 9 e 13 % de Cu nos quelados NaCuHEDTA e Na₂CuEDTA, 5-14, 5-9, 6 e 10 % de Fe em NaFeEDTA, NaFeHEDTA, NaFeEDDTA e NaFeDTPA, 12% de Mn em MnEDTA; 14, 13 e 9 % de Zn em Na₂ZnEDTA, NaZnNTA e NaZnHEDTA, respectivamente.

A eficácia de um quelado depende de sua estabilidade, sua reação com o meio (LUCENA et al., 1987) e da habilidade da planta em capturar o metal (Becker, et al., Clark et al., citados por LUCENA et al. 1990). Contudo a alta estabilidade dos quelados não significa um alto suprimento de micronutrientes para a planta, como demonstrou LUCENA et al. (1988).

DeKock, citado por LUCENA et al. (1990), propôs a relação P/Fe na folha como índice para verificar o estado nutricional do ferro. Abadia, citado por LUCENA, et al. (1990), demonstrou que a relação K/Ca é o melhor parâmetro para avaliar o estado nutricional do ferro em folhas de pessegueiro.

LUCENA et al. (1990), testaram diferentes quelados de ferro no morangueiro cultivado em hidroponia e verificaram que Fe-EDDHA foi o que manteve o maior teor de Fe na solução nutritiva, nas folhas e pecíolos sem

seiva, maior produção e melhor vigor das plantas, devido sua alta estabilidade em vários pHs, para esses autores, o menor desempenho do Fe-EDTA, se deve à possibilidade de troca dos íons de Fe por íons de Ca em pH entre 6,8 e 8,0 quando se usa este quelado. Eles observaram uma diminuição do teor de Mn nas folhas com o aumento do teor de Fe e consideraram a relação Fe/Mn nas folhas como o melhor índice para avaliar o estado nutricional do Fe, apesar da soma total de Fe e concentração de Fe nas folhas serem parâmetros aceitáveis. O teor de ferro na seiva e nos tecidos condutores, não é um bom parâmetro devido a baixa atividade metabólica em relação ao Fe das folhas. Os dados destes autores, mostram que quelados de Fe-EDDHA e Fe-EDTA produzem uma certa estabilidade na relação P/Fe, aumento da relação Fe/Mn, queda na relação K/Ca, quando são usados na solução nutritiva de morangueiro cultivado em hidroponia.

RESH (1992), considera que o EDTA tem uma grande afinidade para íons de cálcio e recomenda para meios rico em cálcio, o EDDHA.

Brown et al., citado por HALVORSON & LINDSAY (1972), verificaram que a capacidade para a remoção do Fe^{3+} dos agentes quelantes submetidos a competição foi: CDTA>DTPA>EDTA, sendo que houve maior afinidade do Fe^{3+} com o EDDHA do que com os outros quelantes. Contudo, o EDDHA removeu menos Fe^{3+} de Fe-EDTA e Fe-DTPA em pH=5,0 do que em pH=8,0, evidenciando o efeito do pH na relação quelante-metal.

Guinn e Joham (citados por HALVORSON & LINDSAY, 1972), mostraram que Cu^{2+} e Zn^{2+} trocam de lugar com o Fe^{3+} dos quelados Fe-EDTA e FeHEDTA, formando quelados de Cu e Zn, dependendo do pH e do agente quelante, quanto maior o pH, mais Fe^{3+} será trocado. ROCA e POMARES (1991), observaram combinações de Ni, Cd, Pb, Cr, Zn e Cu com os quelantes amônio bicarbonato-EDTA (AB-EDTA), DTPA e EDTA, quando usaram estes quelantes para extrair metais pesados do solo.

HALVORSON & LINDSAY (1972), demonstraram com diagramas de estabilidade de quelados em pH, que o pH da solução, a concentração de cátions e a pressão de CO_2 afetam a estabilidade e a concentração do complexo quelante-metal nas diferentes fontes de quelantes, EDTA, HEDTA, EGTA, DTPA, CDTA. Porém, a fonte EDDHA mostrou-se extremamente estável na faixa de pH 4,0 a 9,0. Com o aumento do pH o Fe^{3+} dos quelados pode ser trocado por cátions divalentes na seguinte ordem: EGTA>EDTA>DTPA>CDTA>EDDHA.

2.3 INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO DESENVOLVIMENTO DA ALFACE

Segundo ROSENBERG et al. (1989) o aumento de temperatura afeta primeiramente a evapotranspiração, com o aumento da capacidade do ar para receber vapor de água. Para CERMENO (1990), os processos metabólicos das plantas possuem temperaturas críticas que os impedem ou os dificultam, sendo que para a maioria das espécies a temperatura ótima para germinação, brotação, desenvolvimento, floração, fecundação e frutificação, situa-se entre 20 e 30°C. Segundo o mesmo autor, a

absorção ótima de anidrido carbônico por crisântemo, encontra-se entre 18 e 23°C, decrescendo com valores superiores a 23 e 24°C.

MALORGIO et al. (1990) verificaram um aumento no peso da matéria fresca de alface em NFT, com a temperatura de 25°C na área do sistema radicular, comparado com temperaturas mais baixas.

Segundo SGANZERLA (1990) a temperatura máxima tolerável pela cultura da alface, está em torno de 30°C e a mínima por volta dos 6°C. ZONTA et al. (1997), afirmam que o aumento de temperatura acima de 40°C retarda gradativamente a absorção de nutrientes, enquanto que a maior absorção é conseguida entre 25 e 35°C.

FARIAS et al. (1993) encontraram diferenças de 1,1°C entre a temperatura média do interior e exterior de uma estufa capela e 1,2 a 4,4°C entre as médias da temperatura máxima, enquanto BURIOL et al. (1993) encontraram a 1,5m de altura, diferença média de 0,1°C entre a temperatura do ambiente interno e externo, em estufa capela com metade superior da lateral permanentemente aberta.

FARIA JUNIOR (1993) observaram uma tendência de aumento da temperatura média do centro para as extremidades em estufas capela e tipo arco, ao contrário de HERTER & REISSER JUNIOR (1987). SILVA (1997), observou variação da temperatura dentro de estufas capela, com uma tendência de queda de temperatura das extremidades para o centro.

BLISKA JUNIOR & HONÓRIO (1996), recomendam que a temperatura da solução nutritiva não deve ultrapassar os 30 °C sob pena de causar danos às plantas e que as temperaturas diurna e noturna devem ficar próxima de 16 °C e 10 °C durante a época fria e 24 °C e 15 °C na época quente, fazendo uma ressalva que deve ocorrer variação com a espécie e cultivar usado.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O ensaio foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal-SP, no Setor de Plasticultura do Departamento de Engenharia Rural, com altitude em torno de 590 m, latitude 21°17'05" S e longitude 48°17'09" W, no período de 09/04/98 a 18/05/98.

3.2. MATERIAL UTILIZADO

A cultura foi conduzida em quatro bancadas de ferro com 2 m x 11m e 1,20 m de altura na extremidade mais alta e 0,90m na extremidade mais baixa, cada uma com seis tubos de PVC de 100 mm de diâmetro, cortados ao meio e cobertos com tiras de PVC de 90 mm de largura, com furos de 50 mm de diâmetro, no espaçamento de 0,30 m x 0,30 m, cada bancada com capacidade para 210 plantas, sendo 35 plantas por calha, posicionadas na linha central Leste-Oeste (bancadas 1 e 2 da solução A) e na lateral norte (bancadas 3 e 4 da solução B), conforme pode ser observado no croqui apresentado na Figura 1.

A estrutura do tipo capela, era coberta com polietileno de 100 µm de espessura, tinha 3 m de pé-direito, 51 m de comprimento e 10 m de largura, era aberta nas laterais à 1m da cobertura, possuía uma saia de 1,2 m de altura, feita de tela de nylon com passagem de 50 % de luz. O posicionamento da cobertura era no sentido Leste-Oeste, com as laterais Leste e Oeste de tela de nylon com 50 % de passagem de luz, conforme pode ser visto na Figura 2.

Foram usadas duas bancadas para o tratamento com solução nutritiva usando quelados, definido como tratamento 2 e outras duas para a solução sugerida por CASTELLANE e ARAÚJO (1995), onde somente o ferro foi quelatizado, com pequenas modificações denominado de tratamento 1.

Para cada tratamento foi utilizado um conjunto moto-bomba de 0,5 C.V. e um tanque de plástico com capacidade para 1,0 m³, para estocagem da solução nutritiva, pintado externamente com tinta prateada para aumentar a reflexão e diminuir o aquecimento das soluções. As soluções foram renovadas 20 dias após a colocação das plantas nas calhas de cultivo.

3.3 MEDIDA DA TEMPERATURA

Em cada bancada, foram colocados termopares de Cobre-Constantan, dentro de uma mesma calha central, nas extremidades Leste (sensor SL) e Oeste (sensor SO), no Meio (sensor SM), dentro de cada tanque de 1 m³ com solução nutritiva (sensores TQA e TQB), entre as bancadas à 2 m de altura (sensor A.I) e fora da estufa na lateral Norte, à 1 m de distância e 2 m de altura (sensor A.E), conforme croqui da Figura 1, todos conectados a um coletor de dados marca CAMPBELL modelo CR-10, com uma placa RELAY MULTIPLEXER modelo AM416 da CAMPBELL, registrando a temperatura em graus Celsius a cada 3 minutos durante os períodos diurno e noturno, à partir da segunda semana de cultivo, quando as plantas já estavam adaptadas ao sistema e o fluxo intermitente da solução nutritiva foi estabilizado.

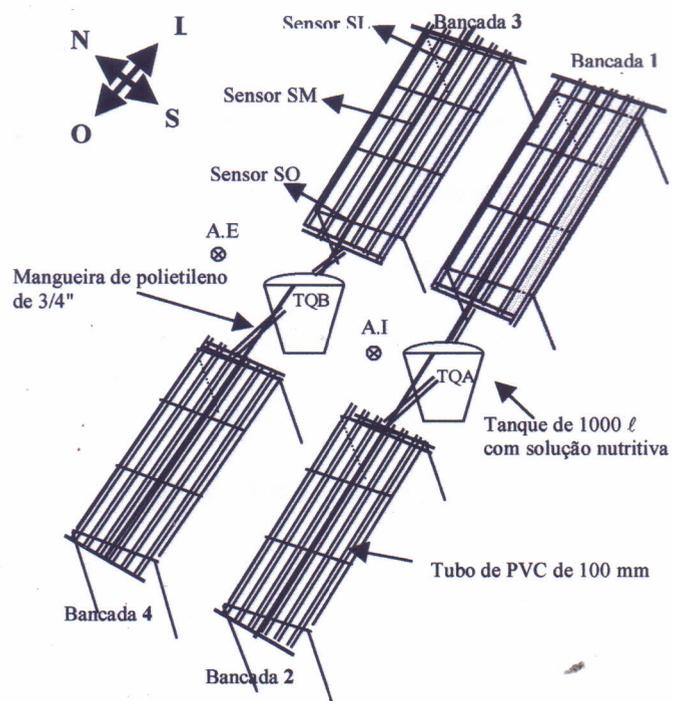


Figura 1 – Croqui da disposição dos sensores, com os tratamentos.

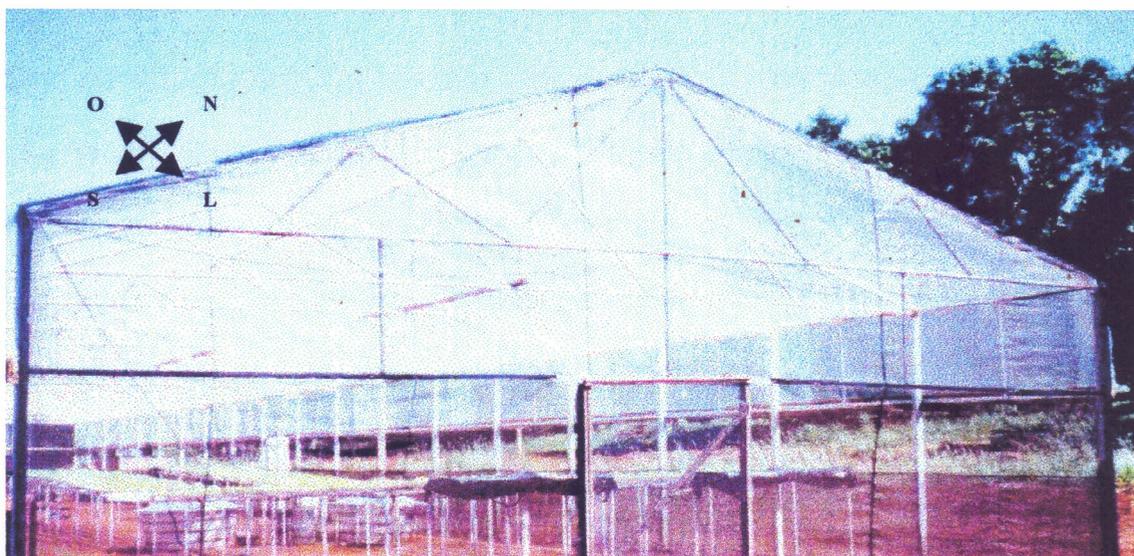


Figura 2 – Cobertura de polietileno onde foi realizado o experimento

3.4 CULTURA ESTUDADA

A cultivar de alface usada foi a Verônica, da empresa AGROFLORA, que possui alta resistência ao pendoamento, portanto adaptada para cultivo de verão e estufas. É uma planta grande com folhas pesadas de coloração verde clara, com ciclo médio de 60 a 70 dias, entretanto seu período de cultivo no sistema de hidroponia é de cerca de 30 a 40 dias, quando se adquire mudas formadas com 21 dias.

3.5 SISTEMA DE CULTIVO E CONSUMO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

O sistema utilizado foi o de hidroponia com a Nutrient Film Technique (NFT), que consiste em manter 2/3 do sistema radicular imerso num filme de solução nutritiva mantido através de fluxo intermitente, obtido com o uso de um "timer" mecânico, marca COEL, que acionava e desligava a moto-bomba em intervalos com cerca de 15 minutos de duração, das 6 h às 9 h e das 16 às 18 horas, das 9 às 16 horas, a moto-bomba foi acionada a cada 30 minutos por 15 de repouso e durante o período noturno a moto-bomba ficava em repouso. As duas soluções usadas foram: **A** - Solução para alface sugerida por CASTELLANE e ARAÚJO (1995), onde somente o ferro é quelatizado com EDTA (com adaptações); **B** - Solução com Cu, Zn, Mn, Ca e Mg quelatizados

com linosulfonato de sódio e um complexo orgânico de Mo, todos da PRODUQUÍMICA, mais Fe-EDTA, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Concentração de nutrientes nas soluções A e B.

NUTRIENTE	CONCENTRAÇÃO EM g/1.000 ℓ	
	SOLUÇÃO A	SOLUÇÃO B
Nitrogênio	312,12 (N-NO ₃) + 27,59 (N-NH ₄)	189,74 (N-NO ₃) + 44,91 (N-NH ₄)
Fósforo	31,5	31,5
Potássio	419,20	419,20
Cálcio	210,63	211,77
Magnésio	24,60	24,60
Enxofre	32,486	32,486
Ferro	4,90	4,90
Manganês	0,442	0,442
Boro	0,313	0,313
Zinco	0,253	0,253
Cobre	0,0247	0,0247
Molibidênio	0,0468	0,0468

O consumo de água foi determinado através da medição diária do volume repostado nos tanques de armazenagem das soluções, completando-se o volume para 1.000 litros, ao longo de todo o ensaio, para manter um volume inicial de cerca de 2,4 litros por planta, de solução nutritiva, superior aos volumes de 1 e 0,5 litro/planta, recomendados para alface por BLISKA JUNIOR & HONÓRIO (1996) e FURLANI (1997), respectivamente.

3.6 DELINEAMENTO ESTATÍSTICO

O delineamento estatístico utilizado para avaliar o efeito das soluções nutritivas no desenvolvimento das plantas, foi o inteiramente casualizado com dois tratamentos: Solução A e Solução B. Das seis linhas de plantio por bancada, foram tomadas as quatro linhas centrais para avaliação dos parâmetros fitotécnicos, considerando cada linha como uma parcela, num total de 16 parcelas no experimento, deixando-se uma linha em cada lateral das bancadas como bordadura.

A avaliação da variação da temperatura entre as bancadas da solução A e B, entre os sensores das bancadas e dos ambientes interno e externo, foi feita pelo delineamento inteiramente casualizado, com base nos valores registrados em 14 sensores distribuídos nas bancadas e tanque de cada solução e mais dois sensores, um instalado dentro do ambiente protegido e outro fora dele.

Para análise dos resultados obtidos, foi usado um programa de computador "Statistical Graphics system" (Statgraphics plus 6.0), seguindo o modelo estatístico:

$$Y = m + t_i + e_{ij}$$

Onde:

Y_{ij} = variável medida

m = média do experimento

t_i = efeito do tratamento

e_{ij} = efeito do erro experimental

A análise de variância seguiu o modelo apresentado na

Tabela 5:

Tabela 5 – Modelo da análise de variância.

F.V.	G.L.
Tratamentos	$i - 1$
Erro	$i(j - 1)$
Total	$ij - 1$

3.7 PARÂMETROS AVALIADOS

Os parâmetros avaliados da alface 'Verônica', foram:

- Peso da matéria fresca e seca de raízes, caules e folhas.
- Diâmetro dos caules.
- Número de folhas.
- Comprimento e largura das folhas.
- Teor dos elementos N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn, nas partes das plantas (raízes, caules e folhas).

Os parâmetros determinados por pesagem foram avaliados em balança eletrônica com precisão de 0,1 gramas, colhendo-se 3 plantas de

cada parcela, nas extremidades e no meio, após 15 e 35 dias no canal de cultivo. Os teores dos nutrientes na folha e solução nutritiva foram medidos semanalmente através de análises no laboratório do Departamento de Tecnologia e Laboratório Central da FCAV, seguindo os métodos do Instituto Agrônomo de Campinas (BATAGLIA et al. 1983) e de SARRUGE e HAAG (1974).

Também foram determinadas semanalmente, as concentrações de nutrientes nas soluções e a variação do pH e o consumo das soluções, diariamente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram feitas duas avaliações dos parâmetros estudados, aos 15 dias de permanência das plantas nas bancadas e no final do experimento aos 35 dias para os parâmetros avaliados nas plantas e 38 dias para a temperatura, as quais descreve-se a seguir.

4.1 AVALIAÇÕES APÓS 15 DIAS NOS CANAIS DE CULTIVO

4.1.1 VARIAÇÃO DA TEMPERATURA

Houve diferença de temperatura entre as bancadas onde circulavam as soluções **A** e **B**, posicionadas na linha central e lateral Norte, respectivamente. A temperatura nas bancadas da linha central (solução **A**), foi superior em média $0,91^{\circ}\text{C}$, sendo esta diferença significativa pelo teste F ($P < 0,01\%$) e pelo teste de Tukey com 5% , conforme observas-se na Tabela 6 e Figura 3. Essa diferença com as plantas ainda jovens, com menor influência sobre o ambiente que quando adultas, pode ser devido a declinação do sol no período do experimento ($\delta = 14,2^{\circ}$, $\alpha = 35,45^{\circ}$, $H = 54,55^{\circ}$, $a = 55,17^{\circ}$ às 9h e $a = 304,83^{\circ}$ às 15h) e o posicionamento das bancadas debaixo da cobertura (lateral e linha longitudinal central), tendo sua temperatura influenciada pelo ambiente.

Tabela 6 - Análise de variância das médias de temperaturas diurnas das bancadas da linha central (grupo **A**) e lateral Norte (grupo **B**), após 15 dias nos canais de cultivo.

Fonte de variação	G. L.	Quadrado Médio	F Calculado	P
Entre grupos A e B	1	6690,0010	259,8400	<0,0001
Dentro dos grupos	31624	25,7467		

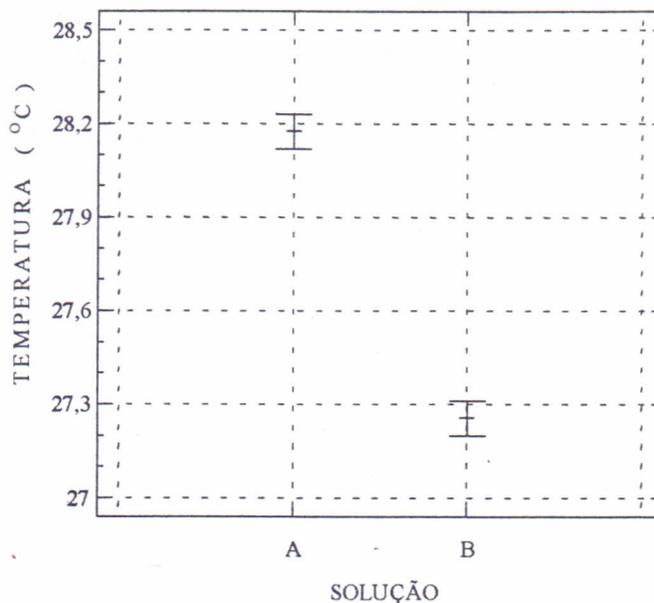


Figura 3 - Intervalo de confiança para as diferenças das médias de temperaturas diurnas nas bancadas da linha central (A) e da lateral Norte (B) pelo teste de Tukey com 5 % de erro, após 15 dias nos canais de cultivo.

Houve diferenças significativas pelo teste F ($P < 0,01$ %) e pelo teste de Tukey com 5 % de erro, entre as temperaturas registradas pelos sensores conforme observado na Tabela 7 e Figura 4.

A temperatura interna foi em média $1,4$ °C maior que a externa. O tanque com a solução A, apresentou $0,56$ °C de temperatura maior que a do tanque B, e foi menor que a do ambiente interno (A.I) e externo (A.E) em $0,9$ e $0,51$ °C, respectivamente numa evidência da influência da cobertura na temperatura ambiente.

Entretanto, comparando as temperaturas do tanque **A** e as das bancadas servidas por ele, só houve diferença significativa com o sensor Leste da bancada 2, situado próximo ao tanque **A**, no final do declive da bancada, na ordem de 0,83 °C.

A temperatura média do tanque **B** foi 1,45 e 0,05 °C menor que a do ambiente interno e externo, respectivamente. A temperatura média do tanque **B** foi maior 0,72, 0,92 e 0,64 °C que as do sensor Leste e Oeste da bancada 3 e Leste da bancada 4, respectivamente, sendo este dois últimos posicionados próximo ao tanque **B**, no final do declive das bancadas. A menor temperatura em relação ao tanque, dos sensores posicionados no final do declive (**SL3**, **SO3** e **SL4**), pode ser devido a perda de calor da solução, durante a circulação na bancada e a menor temperatura do sensor Leste da bancada 3 (**SL3**), devido a ação dos ventos durante o ensaio, provenientes do quadrante Sudeste (31,66 %), do quadrante Sudoeste (28,79 %), do Noroeste (25,53 %) e Nordeste (14,02 %).

Tabela 7 – Análise de variância das temperaturas diurnas, registradas nos sensores após 15 dias nos canais de cultivo.

Fonte de variação	G. L.	Quadrado Médio	F Calculado	P
Entre sensores	15	1065,8322	37,3020	<0,0001
Resíduo	36128	28,5733		

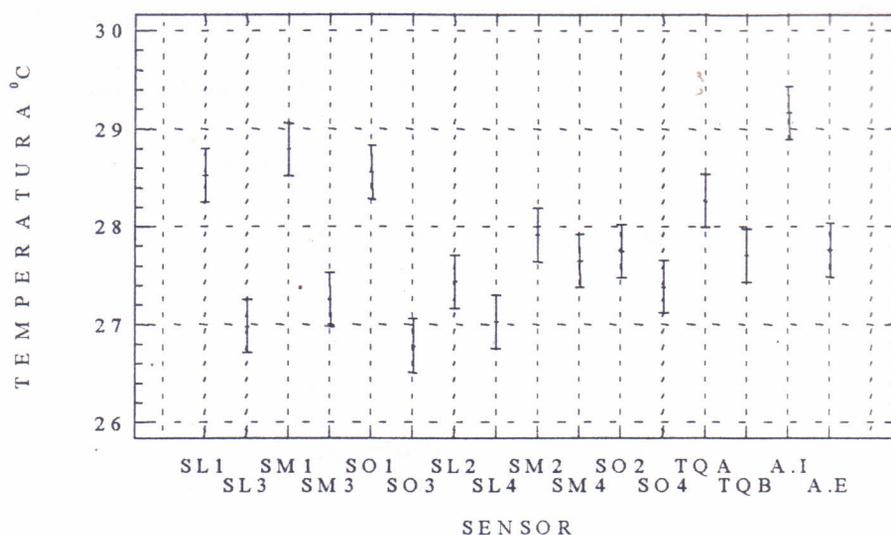


Figura 4 – Intervalo de confiança para as diferenças das médias de temperaturas diurnas registradas pelos sensores, após 15 dias nos canais de cultivo (Tukey 5 %).

Comparando conjuntamente as temperaturas das bancadas da solução A com as da B, nota-se pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade de erro, que não ocorreu diferença significativa entre elas enquanto a solução não circulava pelas bancadas (A-off e B-off). Quando a solução circulava nas bancadas da linha central (A-on), a temperatura subiu 1,12 °C e quando a solução circulava nas bancadas da lateral Norte (B-on), a temperatura caiu 0,24 °C, essas diferenças de temperatura foram significativas pelo teste de Tukey com 5 % de probabilidade de erro. Isto se deve ao fato da solução A se encontrar com maior temperatura do que a solução B, nos

tanques de armazenagem e maior temperatura do que o ambiente do sistema radicular nos canais de cultivo, ocorrendo o inverso com a solução B.

O aumento da temperatura na linha central, pode ser devido a menor circulação de ar, juntamente com o armazenamento de calor da solução, quando em repouso no tanque A e convergência do fluxo de massa para a linha central nesse tipo de cobertura, ao contrário da linha lateral, mais ventilada, que proporcionou maior perda de calor, conforme observa-se na Figura 5.

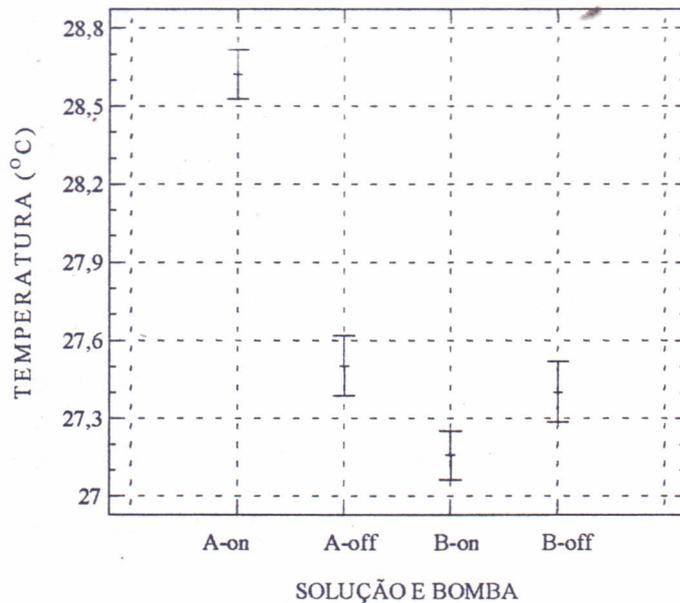


Figura 5 - Intervalo de confiança para as diferenças das médias de temperatura das bancadas das soluções A e B, com a bomba ligada (on) e desligada (off) pelo teste de Tukey com 5 % de erro, após 15 dias nos canais de cultivo.

Durante a noite, as temperaturas das bancadas junto a lateral (solução **B**), foram maiores que as posicionadas na linha central (solução **A**). A diferença de $0,65^{\circ}\text{C}$ foi significativa pelo teste F com menos de 0,01% de probabilidade de erro e Tukey a 5 % de acordo com a Tabela 8 e Figura 6, demonstrando haver uma inversão no perfil horizontal da temperatura no ambiente protegido à noite.

O fato de não ter havido diferença significativa entre médias da temperatura do ambiente interno e externo e o fato da temperatura do tanque **A** ser maior $1,42^{\circ}\text{C}$ que a do tanque **B** e $4,03^{\circ}\text{C}$ que a do ambiente interno, durante à noite, sendo essas diferenças significativas pelo teste de Tukey com 5 % de probabilidade de erro, demonstra ter havido maior armazenamento de calor na linha central, durante o dia, conforme pode ser visto na Tabela 9.

As médias diurnas das temperaturas nas bancadas das soluções **A** e **B** foram superiores às noturnas em 9,14 e $7,48^{\circ}\text{C}$, respectivamente. A perda de maior quantidade de calor nas bancadas da linha central (solução **A**) deve-se ao fato delas armazenarem maior quantidade de calor do que as da lateral (solução **B**) durante o dia.

Tabela 8 - Variância das médias de temperaturas noturnas das bancadas da linha central (grupo A) e lateral Norte (grupo B), após 15 dias nos canais de cultivo.

Fonte de variação	G. L.	Quadrado Médio	F Calculado	P
Entre grupos A e B	1	3751,6060	170,6770	<0,0001
Dentro dos grupos	28362	21,9807		

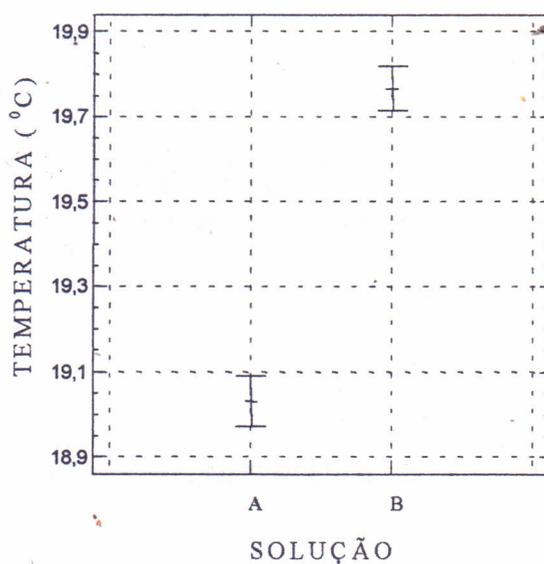


Figura 6 - Intervalo de confiança para as diferenças das médias de temperaturas noturnas nas bancadas da linha central (A) e da lateral Norte (B), pelo teste de Tukey com 5 % de erro, após 15 dias nos canais de cultivo.

Tabela 9 – Médias das temperaturas noturnas dos sensores e diferença mínima significativa pelo teste de Tukey a 5 % de erro, após 15 dias nos canais de cultivo.

sensor	n	média	grupos homogêneos*
A.E	2026	18,19	a
SL4	2026	18,19	a
SL2	2026	18,33	a b
SO3	2026	18,34	a b c
A.I	2026	18,36	a b c d
SM4	2026	18,36	a b c d
SM1	2026	18,61	a b c d
SO2	2026	18,66	a b c d
SL3	2026	18,66	a b c d
SL1	2026	18,80	b c d
SM2	2026	18,81	c d
SM3	2026	18,81	d
TQB	2026	20,98	e
SO1	2026	20,98	e
TQA	2026	22,39	f
SO4	2026	22,40	f

*Médias seguidas de mesma letra, não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5 %.

4.1.2 CONSUMO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

O consumo total da solução nutritiva nas quatro bancadas após 15 dias da colocação das plantas nos canais de cultivo, foi de 957 litros, para um total de 836 plantas, que corresponde ao consumo médio de 0,071 e 0,082 *l/planta/dia*, para as plantas das soluções A e B, respectivamente, que equivale a um consumo total de 1,145 *l/planta*, sendo 444 *l* pelas 418 plantas

das bancadas da solução **A** e 513 ℓ pelas 418 plantas da solução **B**, que corresponde a um consumo médio diário de 29,6 ℓ pelas plantas das bancadas posicionadas na lateral norte da cobertura (solução **A**) e 34,2 ℓ pelas plantas posicionadas na linha central longitudinal (solução **B**).

Esta diferença no consumo de solução entre as bancadas das soluções **A** e **B**, pode dever-se ao fato da vazão nas bancadas da solução **A** ser de 532,235 ℓ/h , enquanto nas bancadas da **B** era de 545,915 ℓ/h , em função da regulagem dos registros e também ao posicionamento das bancadas da solução **B** junto a lateral da cobertura, que deve ter sofrido maior ventilação natural, removendo a massa de ar saturada, favorecendo com isso, o aumento da evapotranspiração. No entanto, essa diferença não foi significativa pelo teste F e pelo teste de Tukey, ambos com 5 % de probabilidade de erro, conforme observa-se na Tabela 10 e Figura 7.

Tabela 10 – Análise de variância do consumo de solução após 15 dias nos canais de cultivo.

Fonte de variação	G. L.	Quadrado Médio	F Calculado	F tabela 5%
Entre grupos A e B	1	158,70	3,60	4,20
Dentro dos grupos	28	44,07		

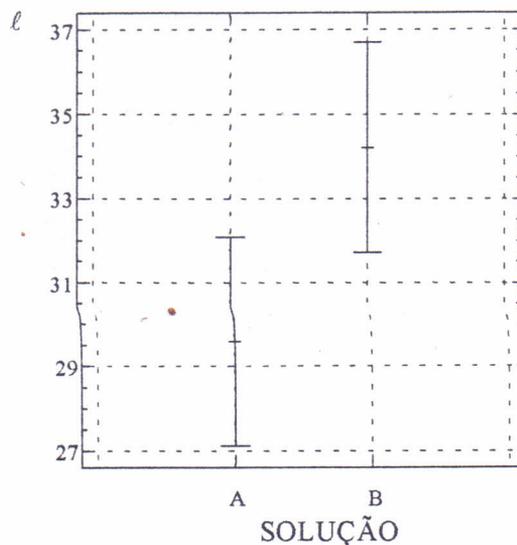


Figura 7 – Intervalo de confiança para as diferenças das médias do consumo de solução nutritiva após 15 dias nos canais de cultivo (Tukey 5 %).

4.1.3 VARIAÇÃO DO pH DAS SOLUÇÕES

Durante os 15 primeiros dias na bancada, a média do pH da solução A foi de 6,75 e o da solução B foi 6,67, com desvio de 0,40 e 0,49 e C.V. de 7,26 e 6,00 %, respectivamente. Essa diferença não foi significativa pelo teste F e pelo teste de Tukey, ambos com 5 % de probabilidade de erro, conforme pode ser observado na Tabela 11 e Figura 8.

Tabela 11 – Análise de variância da variação do pH das soluções, após 15 dias nos canais de cultivo.

Fonte de variação	G. L.	Quadrado Médio	F Calculado	F tabela 5%
Entre grupos A e B	1	0,04	0,22	4,20
Dentro dos grupos	28	0,20		

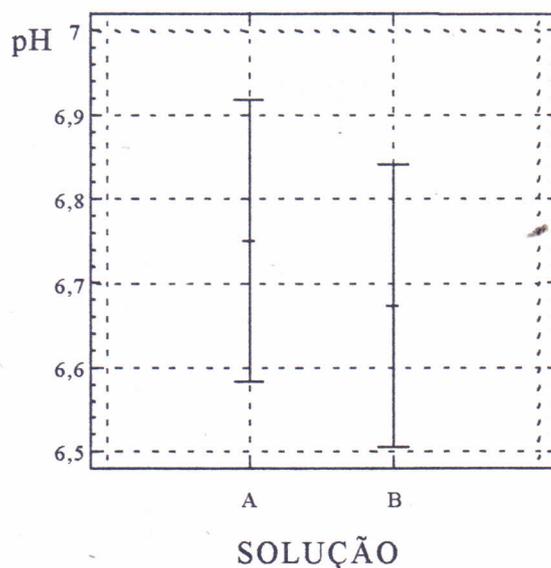


Figura 8 – Intervalo de confiança para as diferenças das médias da variação do pH das soluções após 15 dias nos canais de cultivo (Tukey 5 %).

4.1.4 PESOS DA MATÉRIA FRESCA E SECA E DIÂMETRO DO CAULE

Após 15 dias da colocação das plantas nos canais de cultivo, o peso da matéria fresca das folhas de plantas das bancadas da

solução B, foram superiores aos da solução A, essa diferença foi significativa pelo teste F com 0,49 % de probabilidade de erro e pelo teste de Tukey com a 5 % de probabilidade de erro, de acordo com a Tabela 12 e Figura 9.

Tabela 12 – Análise de variância do peso de matéria fresca de folhas das plantas das soluções A e B após 15 dias nos canais de cultivo.

Fonte de variação	G. L.	Quadrado Médio	F Calculado	P
Entre grupos A e B	1	779,2408	8,72	0,0049
Dentro dos grupos	46	89,3281		

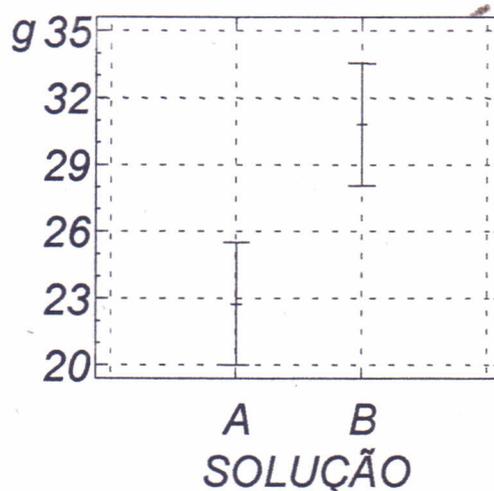


Figura 9 – Intervalo de confiança para as diferenças das médias, do peso de matéria fresca das folhas de plantas das soluções A e B após 15 dias nos canais de cultivo (tukey 5 %).

O peso da matéria seca das folhas de plantas da solução B, foi significativamente superiores aos da solução A pelo teste F com 6,33 % de

probabilidade de erro, e não diferiram entre si pelo teste de Tukey com 5 % de probabilidade de erro, conforme observa-se na Tabela 13 e Figura 10.

Tabela 13 - Análise de variância do peso de matéria seca de folhas das plantas das soluções A e B aos 15 dias de cultivo.

Fonte de variação	G. L.	Quadrado Médio	F Calculado	P
Entre grupos A e B	1	1,1102	3,6220	0,0633
Dentro dos grupos	46	0,3065		

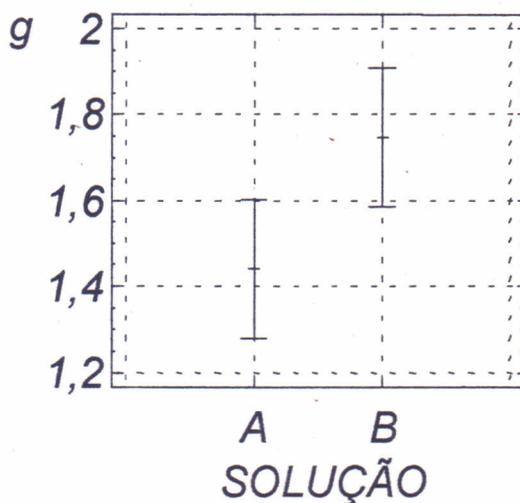


Figura 10 - Intervalo de confiança para as diferenças das médias, do peso de matéria seca das folhas de plantas das soluções A e B após 15 dias nos canais de cultivo (tukey 5 %).

O peso de matéria fresca de caules das plantas das soluções A e B não diferiram significativamente entre si pelo teste F, conforme a Tabela 14 e pelo teste de Tukey, de acordo com a Figura 11.

Tabela 14 – Análise de variância do peso de matéria fresca de caules das plantas das soluções A e B aos 15 dias de cultivo.

Fonte de variação	G. L.	Quadrado Médio	F Calculado	P
Entre grupos A e B	1	4,1419	7,2240	0,0100
Dentro dos grupos	46	0,5733		

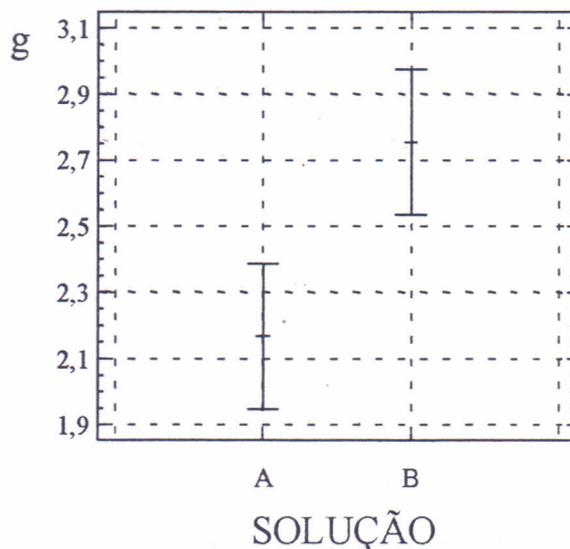


Figura 11 – Intervalo de confiança para as diferenças das médias, do peso de matéria fresca de caules das plantas das soluções A e B após 15 dias nos canais de cultivo (tukey 5 %).

O peso da matéria seca dos caules de plantas das soluções A e B não diferiram significativamente entre si pelo teste F de acordo com a Tabela 15 e pelo teste de Tukey, segundo a Figura 12.

Tabela 15 – Análise de variância do peso de matéria seca de caules das plantas das soluções A e B aos 15 dias de cultivo.

Fonte de variação	G. L.	Quadrado Médio	F Calculado	P
Entre grupos A e B	1	0,0002	0,0710	0,7936
Dentro dos grupos	46	0,0029		

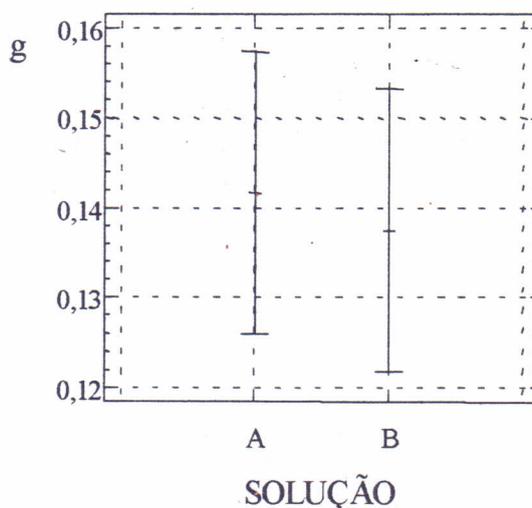


Figura 12 – Intervalo de confiança para as diferenças das médias, do peso de matéria seca de caules das plantas das soluções A e B após 15 dias nos canais de cultivo (tukey 5 %).

O peso da matéria fresca de raízes das plantas das soluções A e B, não diferiram significativamente entre si pelo teste F, como pode ser observado na Tabela 16 e pelo teste de Tukey, de acordo com a Figura 13.

Tabela 16 – Análise de variância do peso de matéria fresca de raízes das plantas das soluções A e B aos 15 dias de cultivo.

Fonte de variação	G. L.	Quadrado Médio	F Calculado	P
Entre grupos A e B	1	0,1408	0,021	0,8874
Dentro dos grupos	46	6,7591		

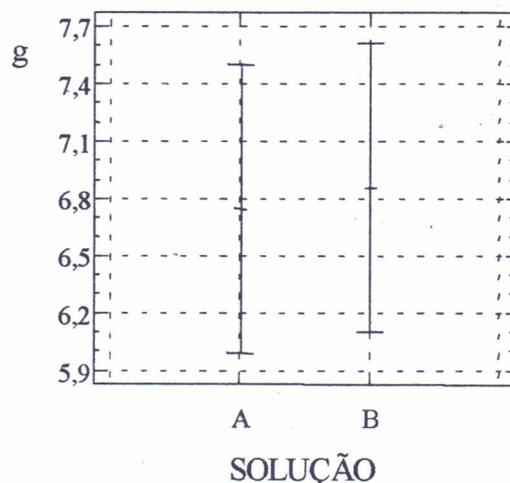


Figura 13 – Intervalo de confiança para as diferenças das médias, do peso de matéria fresca de raízes das plantas das soluções A e B após 15 dias nos canais de cultivo (tukey 5 %).

O peso da matéria seca das raízes de plantas das soluções A e B, também não diferiram significativamente entre si pelo teste F, conforme observa-se na Tabela 17 e não diferiram também pelo teste de Tukey, de acordo com a Figura 14.

Tabela 17 – Análise de variância do peso de matéria seca de raízes das plantas das soluções A e B aos 15 dias de cultivo.

Fonte de variação	G. L.	Quadrado Médio	F Calculado	P
Entre grupos A e B	1	0,0019	0,2020	0,6603
Dentro dos grupos	46	0,0093		

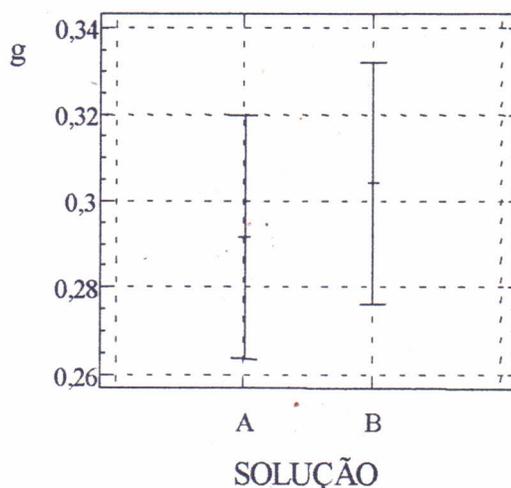


Figura 14 – Intervalo de confiança para as diferenças das médias, do peso de matéria seca de raízes das plantas das soluções A e B após 15 dias nos canais de cultivo (tukey 5 %).

O diâmetro de caules frescos de plantas das soluções A e B, diferiram significativamente entre si pelo teste F com 2,9 % de probabilidade de erro e pelo teste de Tukey com 5 % de erro, conforme a Tabela 18 e a Figura 15.

Tabela 18 – Análise de variância do diâmetro de caules frescos das plantas das soluções A e B aos 15 dias de cultivo.

Fonte de variação	G. L.	Quadrado Médio	F Calculado	P
Entre grupos A e B	1	22,9633	5,0810	0,0290
Dentro dos grupos	46	4,5194		

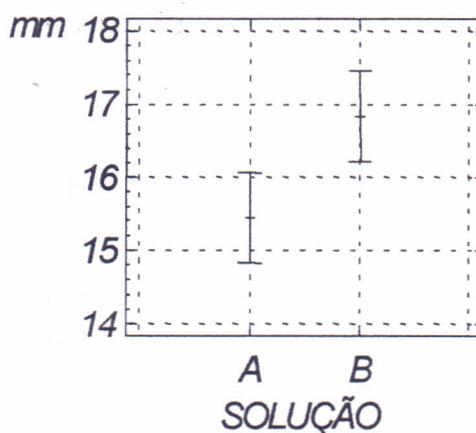


Figura 15 – Intervalo de confiança para as diferenças das médias, do diâmetro de caules frescos das plantas das soluções A e B, aos 15 dias de cultivo (tukey 5 %).

4.1.5 COMPRIMENTO, LARGURA E NÚMERO DE FOLHAS

O comprimento das folhas de plantas da solução **B** foi significativamente superior ao das folhas da solução **A**, pelo testes F com mais de 99,99 % de probabilidade de acerto e pelo teste de Tukey com 5 % de probabilidade de erro, conforme observa-se na Tabela 19 e na Figura 16.

Tabela 19 – Análise de variância do comprimento de folhas frescas das plantas das soluções **A** e **B** aos 15 dias de cultivo.

Fonte de variação	G. L.	Quadrado Médio	F Calculado	P
Entre grupos A e B	1	12.752,3990	31,6220	<0,0001
Dentro dos grupos	648	403,2730		

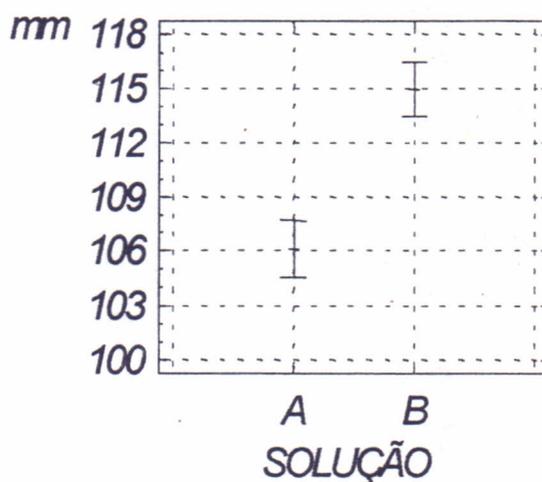


Figura 16 – Intervalo de confiança para as diferenças das médias do comprimento de folhas frescas das plantas das soluções A e B, após 15 dias nos canais de cultivo (tukey 5 %).

A largura das folhas de plantas da solução **B** também foi significativamente superior aos da solução **A** pelo teste F e pelo teste de Tukey com 2,35 % e 5 % de probabilidade de erro, respectivamente, de acordo com a Tabela 20 e a Figura 17.

Tabela 20 – Análise de variância da largura de folhas frescas das plantas das soluções **A** e **B** aos 15 dias de cultivo.

Fonte de variação	G. L.	Quadrado Médio	F Calculado	P
Entre grupos A e B	1	2.369,3208	5,1540	0,0235
Dentro dos grupos	648	459,7313		

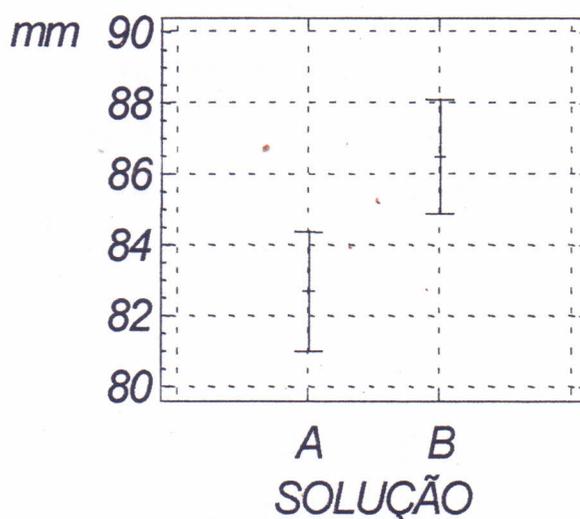


Figura 17 – Intervalo de confiança para as diferenças das médias da largura de folhas frescas das plantas das soluções A e B, aos 15 dias de cultivo (tukey 5 %).

O número de folhas das plantas da solução B foi significativa maior que o das plantas da solução A pelo teste F e pelo teste de Tukey , com 0,78 e 5 % de probabilidade de erro, respectivamente, conforme observa-se na Tabela 21 e na Figura 18.

Tabela 21 – Análise de variância do número de folhas frescas das plantas das soluções A e B aos 15 dias de cultivo.

Fonte de variação	G. L.	Quadrado Médio	F Calculado	P
Entre grupos A e B	1	21,3333	7,7520	0,0078
Dentro dos grupos	46	2,7518		

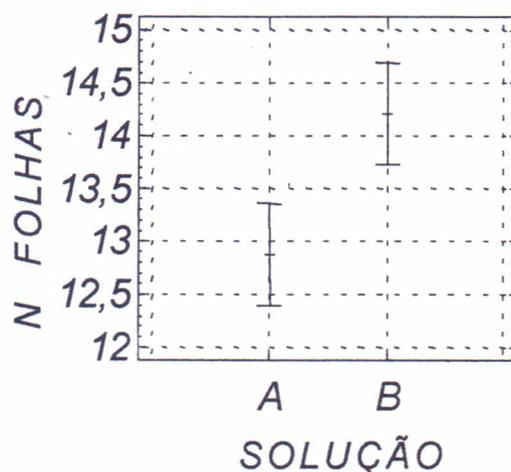


Figura 18 – Intervalo de confiança para as diferenças das médias do número de folhas frescas das plantas das soluções A e B, aos 15 dias de cultivo (tukey 5 %).

Aos 15 de cultivo, as plantas das bancadas supridas com a solução **B**, apresentaram maiores valores médios nos parâmetros visuais de avaliação da planta: diâmetro do caule, número de folhas, comprimento e largura das folhas, que são de importância do ponto vista comercial, porque a alface é comercializada em quase todo o Brasil pela sua aparência. Nos parâmetros mensuráveis de pesagem, as plantas da solução **A**, foram superior no peso de matéria fresca de caules e folhas, apresentando uma pequena tendência do peso médio da matéria seca das folhas ser maior.

4.1.6 NUTRIENTES NA PLANTA

Aos 15 dias de cultivo, a concentração de macro e micro nutrientes nas plantas das soluções **A** e **B** diferiram estatisticamente pelo Tukey com 5 % de probabilidade de erro, sendo que a concentração de macro nutrientes foi maior nas plantas cultivadas com a solução **B** e a de micro nutrientes foi maior nas plantas cultivadas com a solução **A**, de acordo com as Figuras 19 e 20.

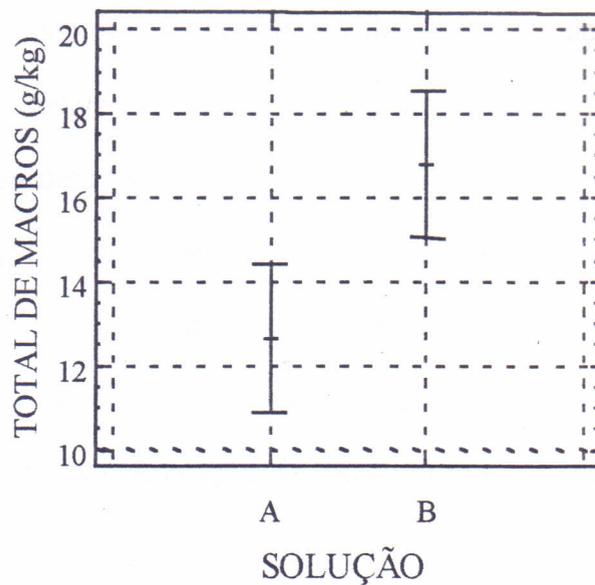


Figura 19 – Intervalo de confiança para as diferenças das médias da concentração total de macro nutrientes das plantas das soluções A e B após 15 dias nos canais de cultivo (tukey 5 %).

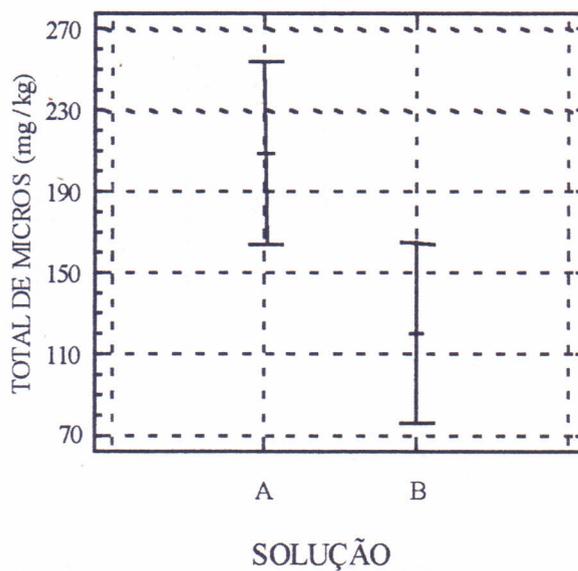


Figura 20 – Intervalo de confiança para as diferenças das médias da concentração total de micro nutrientes das plantas das soluções A e B após 15 dias nos canais de cultivo (tukey 5 %).

Analisando a distribuição de macro e micro nutrientes nas partes das plantas cultivadas com as duas soluções, não foi encontrada diferença significativa pelo teste de Tukey com 5 % de probabilidade de erro, entre as concentrações de nutrientes nas raízes, caules e folhas de plantas cultivadas com as soluções A e B, com uma tendência de maior concentração de macros nas folhas, caules e raízes das plantas cultivadas com a solução B, ocorrendo o inverso na concentração de micro nutrientes, conforme pode ser observado nas Figuras 21 e 22.

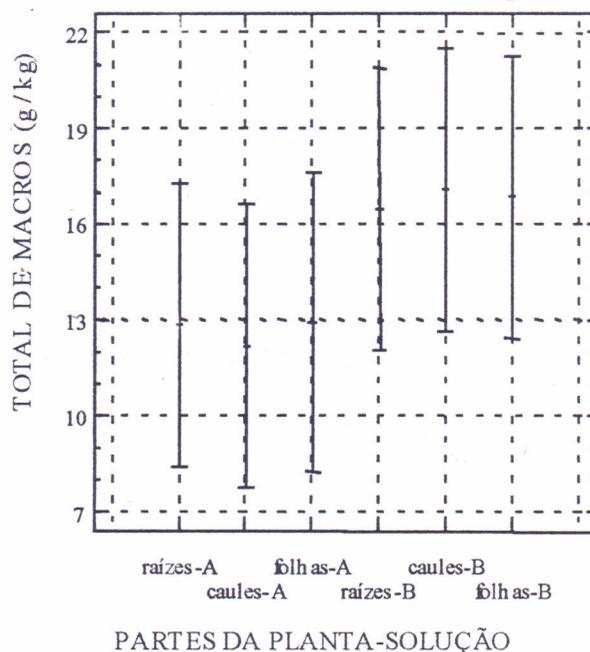


Figura 21 – Intervalo de confiança para as diferenças das médias da concentração total de macro nutrientes nas partes das plantas cultivadas com as soluções A e B após 15 dias nos canais de cultivo (tukey 5 %).

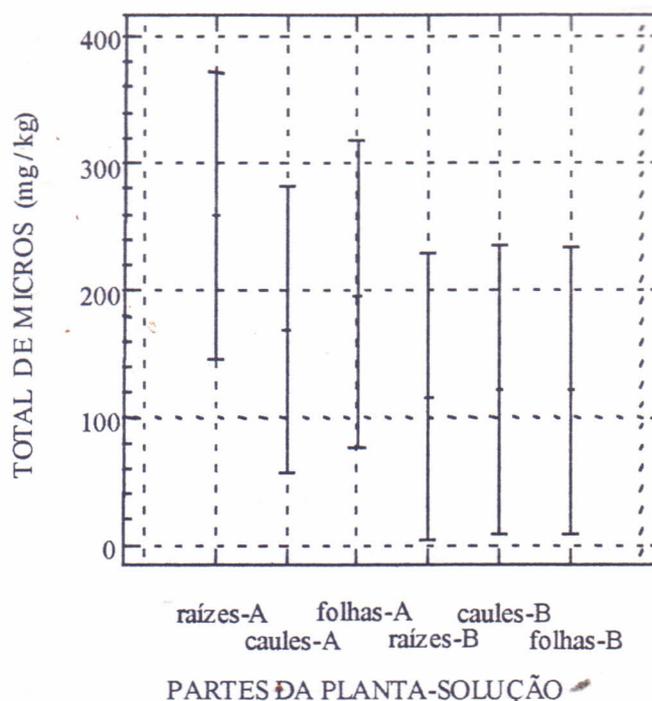


Figura 22 – Intervalo de confiança para as diferenças das médias da concentração total de micro nutrientes nas partes das plantas cultivadas com as soluções A e B, após 15 dias nos canais de cultivo (tukey 5 %).

A concentração de cada nutriente nas plantas cultivadas com as soluções A e B, podem ser vistas nas Figuras 23 e 24. Dos seis macro nutrientes analisados, apenas o potássio foi encontrado em maior concentração nas plantas cultivadas com a solução B, quanto aos micronutrientes, somente o ferro foi encontrado em maior quantidade nas plantas cultivadas com a solução A, ambos com diferença significativa pelo teste de Tukey com 5 % de probabilidade de erro.

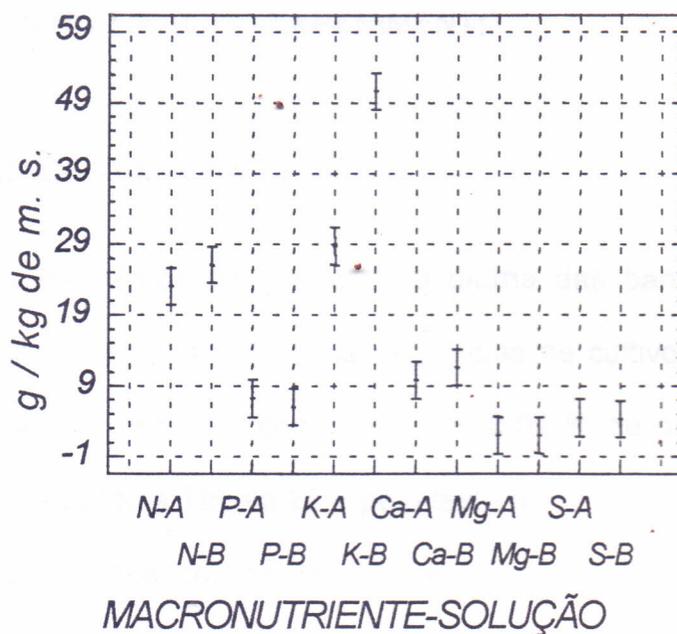


Figura 23 – Intervalo de confiança para as diferenças das médias da concentração de macro nutrientes nas plantas cultivadas com as soluções A e B, após 15 dias nos canais de cultivo (tukey 5 %).

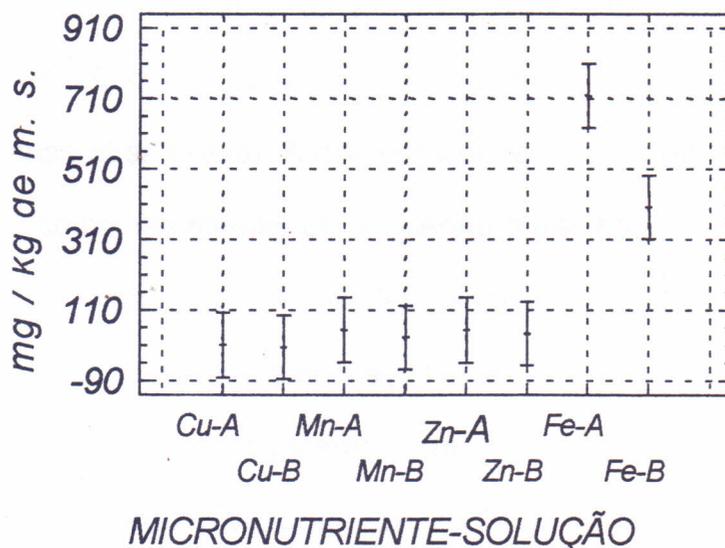


Figura 24 – Intervalo de confiança para as diferenças das médias da concentração de micro nutrientes nas plantas cultivadas com as soluções A e B, após 15 dias nos canais de cultivo (tukey 5 %).

4.2 AVALIAÇÕES NO FINAL DO EXPERIMENTO

4.2.1 VARIAÇÃO DA TEMPERATURA

As médias da temperatura diurna das bancadas da linha central (A) e as da lateral Norte (B), até os 38 dias de cultivo, apresentaram diferença estatística significativa, com menos de 0,01 % de probabilidade de erro pelo teste F, segundo a Tabela 22 e pelo teste de Tukey a 5 %, de acordo com a Figura 25, significando maiores temperaturas na linha central Leste-Oeste (sentido do comprimento da estufa), concordando com os resultados de Herter & Reisser Junior (1987) e discordando de Faria Junior et al. (1993) e Silva (1997), sendo que a média do grupo A foi maior que a do grupo B na ordem de 0,30 C, enquanto que a temperatura média diurna do ambiente interno foi maior 1,410C que a do ambiente externo da estufa, superando a encontrada por Farias et al. (1993). A diferença entre a temperatura média do ambiente interno e soma das médias da temperatura das bancadas e tanques com solução nutritiva, também foi 1,410C, denotando a importância do fluxo de água como regulador da temperatura no sistema NFT.

As médias de temperatura no interior do canal de cultivo, próximo ao sistema radicular, variaram de 24,37 a 25,40 0C, abaixo da temperatura máxima crítica de 30 0C citada por Sganzerla (1995) ficando em torno de 25 0C, esta temperatura segundo Malorgio (1990), pode favorecer o aumento de matéria fresca.

Tabela 22 - Análise de variância das médias agrupadas dos sensores das bancadas da linha central (grupo A) e lateral Norte (grupo B).

Fonte de variação	G. L.	Quadrado Médio	F Calculado	P
Entre grupos A e B	1	2.294,6645	82,6000	<0,0001
Dentro dos grupos	97.802	27,7805		

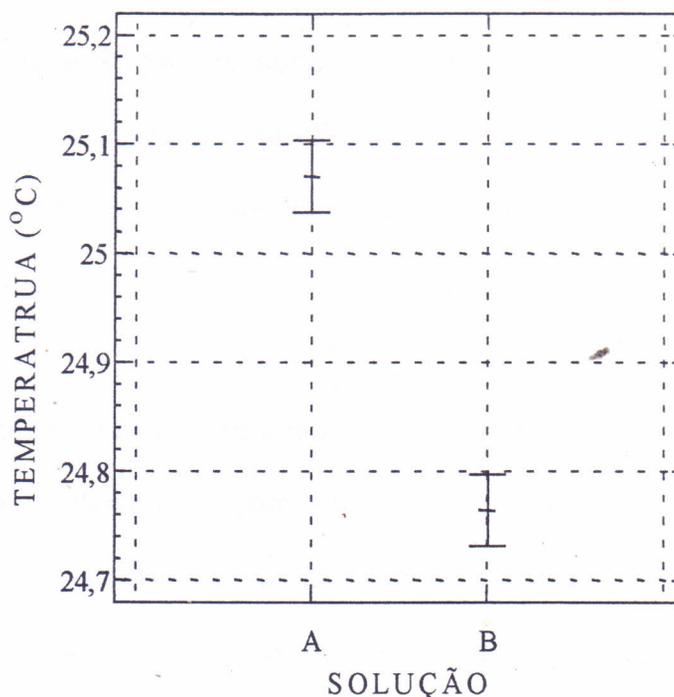


Figura 25 - Intervalo de confiança para as diferenças das médias de temperatura diurnas de duas bancadas na linha central (A) e duas na lateral Norte (B), pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro.

O resultado da análise de variância, mostrou diferenças altamente significativas entre as médias das temperaturas diurnas registradas pelos 16 sensores, com probabilidade de erro tendendo a zero, conforme observa-se na Tabela 23. O Intervalo de confiança para as diferenças das médias, mostra diferença estatística significativa pelo teste de Tukey ao nível

de 5 % de erro, entre as médias dos sensores das bancadas 1 (SL1, SM1 e SO1) e os da bancada 3 (SL3, SM3 e SO3), o que não ocorreu entre as médias das bancadas 2 (SL2, SM2 e SO4) e 4 (SL4, SM4 e SO4). Pelo mesmo teste, as temperaturas médias da bancada 1 foram maiores que as da bancada 2, exceto no meio da bancada, enquanto que as da bancada 3 não diferiram da 4, exceção para os sensores do meio destas, com SM4 maior que SM3, conforme observa-se na Figura 26. Houve uma tendência da temperatura no centro das bancadas ser superior a das extremidades, que pode ser devido a maior concentração de vapor d'água produzido pela evapotranspiração. A ventilação natural na lateral da cobertura, deve ter removido a massa de ar evapotranspirada, fazendo com que o ar fique menos saturado de vapor, diminuindo com isso a temperatura.

As temperaturas do tanque não diferiram entre si e diferiram de alguns sensores das bancadas abastecidas por eles, demonstrando que a variação da temperatura em vários pontos da bancada deveu-se ao efeito do ambiente.

As bancadas da lateral Norte apresentaram temperaturas médias mais baixas que as posicionadas na linha central, sem variação entre si, provavelmente devido ao efeito da ventilação natural, denotando que coberturas plásticas tipo guarda-chuva, perdem calor pela lateral, mesmo posicionadas no sentido Leste-Oeste e a declinação do sol ao Norte devido a proximidade do solstício de inverno.

Tabela 23 - Análise de variância das médias de temperatura dos sensores Leste, Meio e Oeste das bancadas 1, 2, 3 e 4.

Fonte de variação	G. L.	Quadrado Médio	F Calculado	P
Entre sensores	15	1.521,0367	49,3550	<0,0001
Dentro dos grupos	111.760	30,8185		

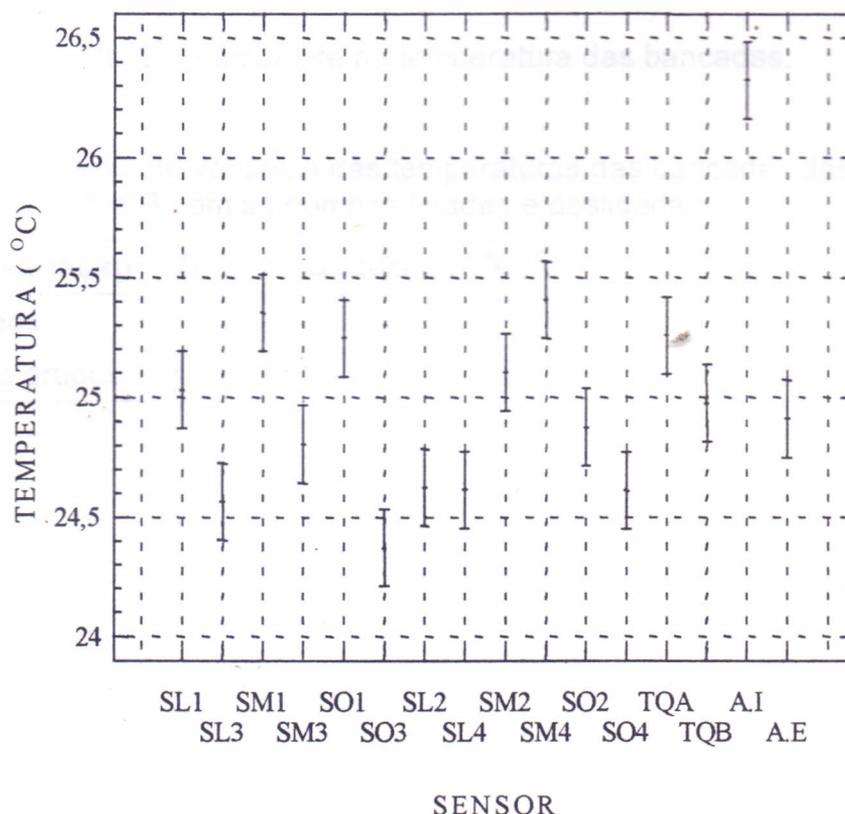


Figura 26 - Intervalo de confiança para as diferenças das médias de temperatura dos sensores Leste, Meio e Oeste das bancadas 1, 2, 3 e 4 (Tukey 5 %).

As temperaturas das bancadas da solução A e B diferiram entre si pelo teste de Tukey com 5 % de probabilidade de erro, quando as bombas estavam ligadas e desligadas, no entanto, quando as bombas entravam em funcionamento fazendo circular a solução nutritiva, as

temperaturas subiam em média 0,73 e 0,78 0C nas bancadas das soluções A e B, respectivamente, sendo que a temperatura das bancadas das solução A, situadas na linha central da cobertura, foram em média maior 0,34 e 0,38 0C que às da lateral Norte, quando a bomba estava ligada e desligada, respectivamente, conforme observa-se na Tabela 24 e na Figura 28, evidenciando o efeito do ambiente na temperatura das bancadas.

Tabela 24 – Análise de variância das temperaturas das bancadas das soluções A e B com as bombas ligadas e desligadas.

Fonte de variação	G. L.	Quadrado Médio	F Calculado	P
Entre grupos	3	5.492,4386	198,7420	<0,0001
Dentro dos grupos	97.800	27,6360		

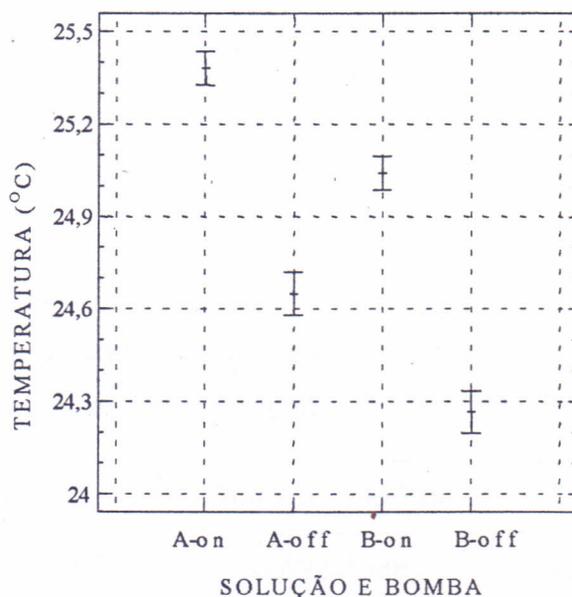


Figura 27 - Intervalo de confiança para as diferenças das médias de temperatura das bancadas das soluções A e B, com a bomba ligada (on) e desligada (off) pelo teste de Tukey com 5 % de probabilidade de erro.

Durante à noite, a temperatura dos sensores das bancadas junto a lateral (solução B) foi 0,65 0C maior que a dos sensores na linha central (solução A), essa diferença foi significativa estatisticamente pelos testes F e Tukey, com menos de 0,01 e 5 % de probabilidade de erro, respectivamente, de acordo com a Tabela 25 e a Figura 28. Esta inversão do perfil horizontal de temperatura durante à noite, que foi constatado também após 15 dias de cultivo nos canais, com as plantas ainda jovens, demonstra que durante o dia, o fluxo de calor vai da lateral para a linha central da estufa, onde é armazenado e à noite ocorre o inverso. As médias noturnas das temperaturas nas bancadas das soluções A e B foram inferiores às diurnas em 8,19 e 7,23 0C, respectivamente, indicando maior emissão de calor na linha central durante à noite, como consequência do maior armazenamento durante o dia. Essas diferenças, foram um pouco menor que aos 15 dias de cultivo, devido a aproximação do inverno.

Tabela 25 – Análise de variância das temperaturas noturnas das bancadas das posicionadas na linha central (A) e lateral (B) da cobertura.

Fonte de variação	G. L.	Quadrado Médio	F Calculado	P
Entre grupos	3	5.492,4386	198,7420	<0,0001
Dentro dos grupos	97.800	27,6360		

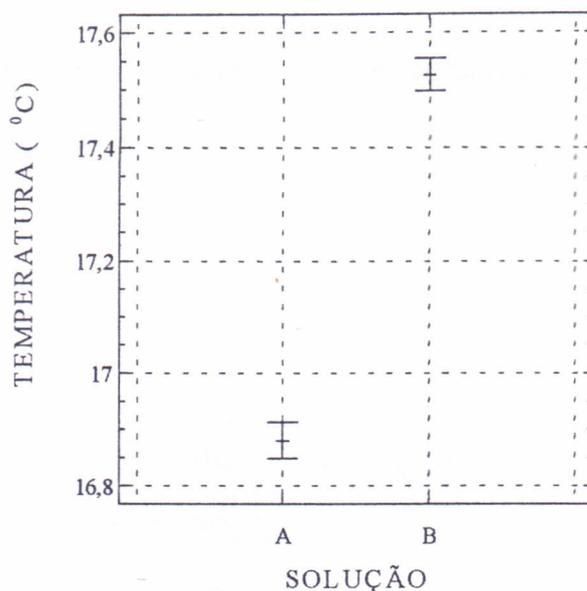


Figura 28 - Intervalo de confiança para as diferenças das médias de temperaturas noturnas das bancadas da linha central (A) e lateral (B), pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro.

Analisando o registro de cada sensor individualmente, observa-se que não houve diferença significativa entre as médias de temperatura do ambiente interno (A.I) e externo (A.E), pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de erro, mas houve entre as médias de temperatura do tanque posicionado na linha central (TQA) e o posicionado na lateral (TQB), pelo mesmo teste, de acordo com a Tabela 26, sendo que a temperatura média da solução no tanque da linha central foi 0,42 0C maior que a da lateral. Essas temperaturas, sugerem um armazenamento maior temperatura na linha central durante o dia, com a temperatura aumentando da lateral para o centro e durante à noite, aumentando do centro para a lateral, o que sugere maior

armazenamento de calor durante o dia na linha central, por conseguinte maior liberação de calor destas bancadas à noite, conforme pode ser observado no esquema da Figura 29.

Tabela 26 – Médias das temperaturas noturnas dos sensores, e diferença máxima significativa pelo teste de Tukey a 5 % de erro.

Sensor	n	média	grupos homogêneos*
A.E	6114	15,908235	a
A.I	6114	16,085926	a b
SO3	6114	16,229598	b c
SL4	6114	16,320538	b c d
SL2	6114	16,490911	c d e
SM4	6114	16,533741	d e
SL1	6114	16,627085	e f
SM3	6114	16,687121	e f
SM1	6114	16,695667	e f
SL3	6114	16,716529	e f
SO2	6114	16,732952	e f
SM2	6114	16,884053	f
SO1	6114	17,849297	g
SO4	6114	18,173654	h
TQB	6114	19,564797	i
TQA	6114	19,9859581	j

*Médias seguidas de mesma letra, não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5 %.

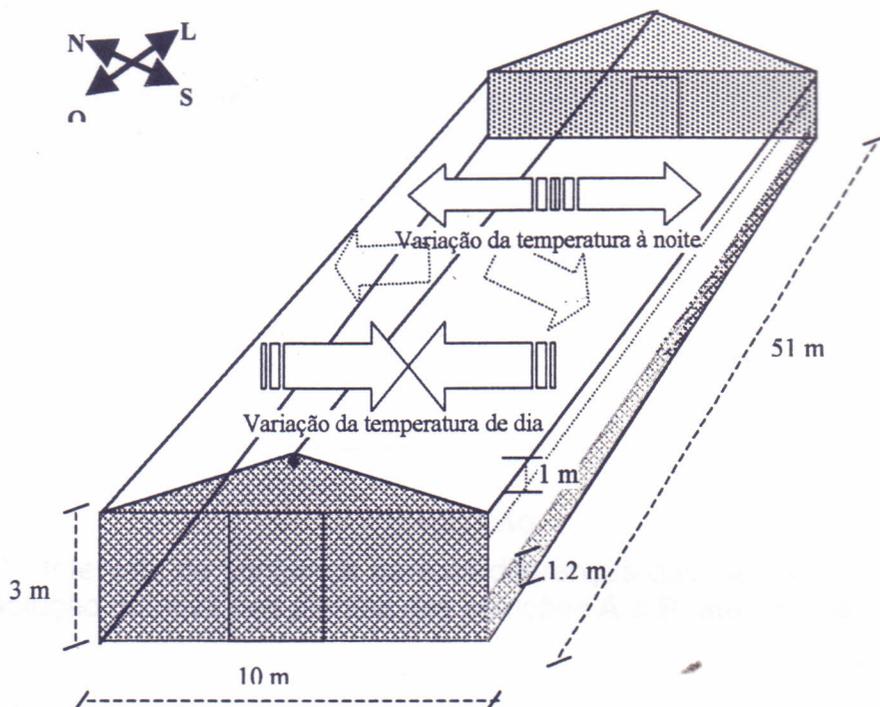


Figura 29 – Esquema da variação de temperatura durante o dia e à noite, no ambiente protegido onde realizou-se o experimento.

4.2.2 CONSUMO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

Até os 35 dias de cultivo, o consumo de solução nutritiva da solução A foi de 1636 ℓ e da solução B 1836 ℓ , para um total de 388 plantas abastecidas por cada solução, que corresponde a um consumo médio de 46,743 e 52,457 ℓ /dia, e 0,120 e 0,135 ℓ /dia/planta, respectivamente. Essa diferença não foi significativa pelo teste de Tukey com 5 % de probabilidade de erro, conforme pode ser observado na Figura 30 e a evolução do consumo pode ser vista na Figura 31.

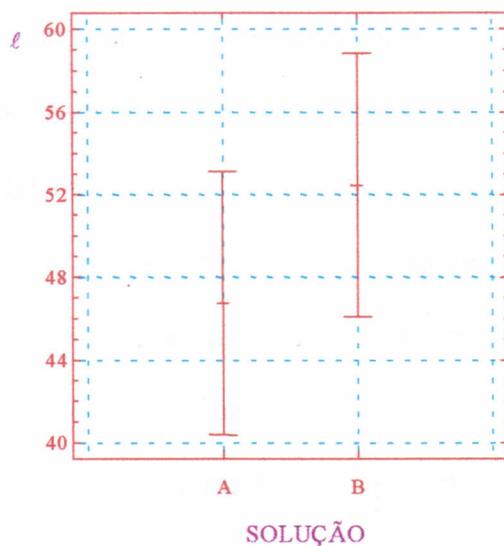


Figura 30 - Intervalo de confiança para as diferenças das médias do consumo de solução nutritiva das plantas das soluções A e B, até 35 dias (Tukey 5 %).

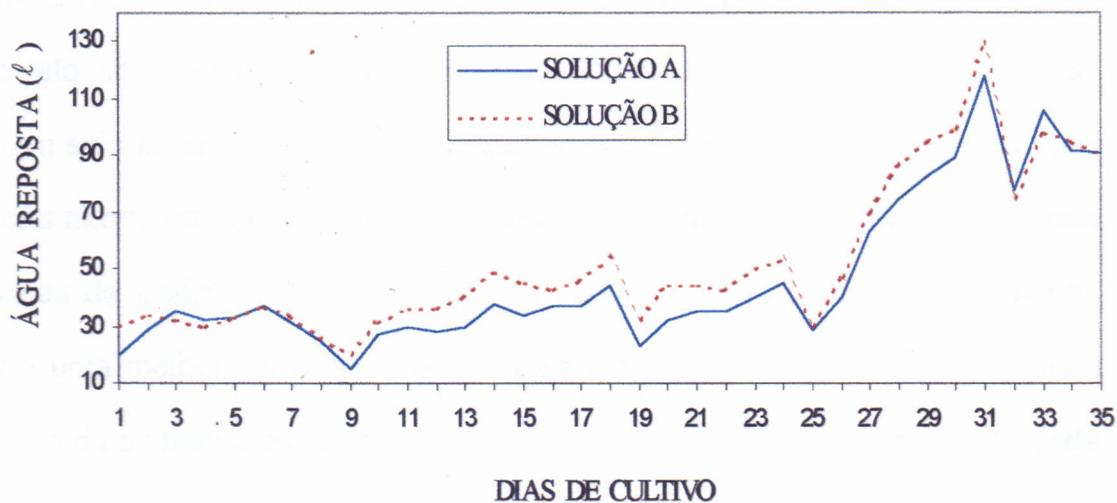


Figura 31 – Consumo de solução nutritiva avaliado através do volume de água reposta diariamente.

Até os 35 dias de cultivo, o consumo de solução nutritiva nas quatro bancadas foi de 3472 ℓ, para um total de 776 plantas, que corresponde a um consumo total de 4,474 ℓ ou de 99,2 ℓ/dia, ou 0,128

l/dia/planta. A variação do consumo de solução, a velocidade média do vento e a média da radiação solar nos dias de cultivo podem ser vista em escala logarítmica na Figura 32.

O coeficiente de correlação entre o consumo diário de solução e o total da radiação solar diária incidente na horizontal em MJ/m²/dia foi da ordem de -0,0983 com nível de significância de 0,5744. A correlação entre o consumo da solução e a média da velocidade do vento foi igual a 0,1588 com nível de significância de 0,3624. O coeficiente de correlação entre o consumo da solução e a média da temperatura diurna externa foi de -0,3204 com 0,0606 de significância. Os baixos valores da correlação, pode ser devido ao fato dos registros de radiação, velocidade do vento e temperatura não terem sido feitos por sensores instalados no local do ambiente protegido, mas à céu aberto em uma estação agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas da UNESP-FCAVJ, a cerca de 500 metros do local do experimento, para uma melhor correlação desses parâmetros, seria necessário a medição dentro do ambiente protegido, o que não foi possível devido a indisponibilidade de instrumentos.

A proporção do consumo de solução nutritiva até os 15 dias de cultivo foi de 28 %, de 16 até os 35 dias foi 72 % do total consumido durante os 35 dias de cultivo, conforme pode ser vista na Figura 33.

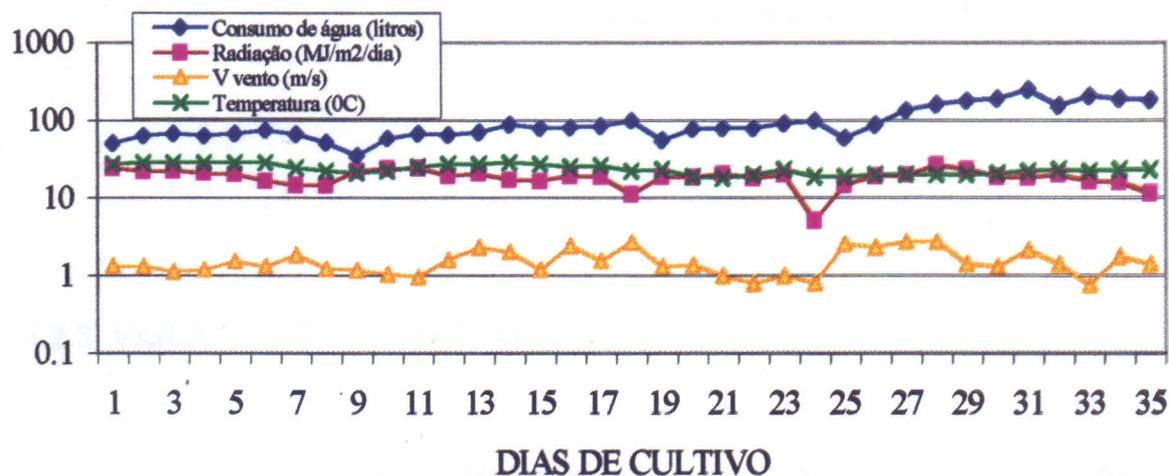


Figura 32 – Consumo de solução, variação das médias da radiação solar (MJ/dia), temperatura externa (OC) e velocidade do vento no exterior (m/s), durante o ensaio, em escala logarítmica.

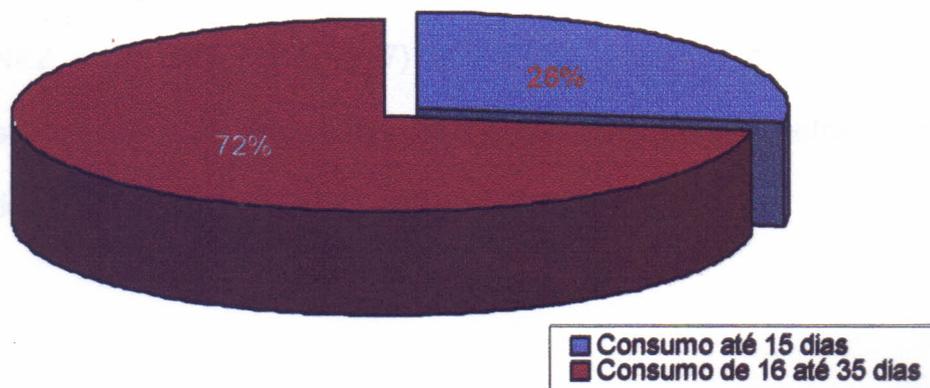


Figura 33 – Consumo de solução até os 15 dias de cultivo e dos 16 até os 35 dias.

O custo da solução A ficou em torno de R\$ 3,10 (três reais e dez centavos) para cada 1.000 litros de solução, enquanto que o da solução B ficou em cerca de R\$ 4,59 (quatro reais e cinquenta e nove centavos), que correspondeu a um custo/planta/cultivo de R\$ 0,015 e R\$ 0,022, das soluções

A e B, respectivamente. O custo adicional por planta da solução B foi cerca de R\$ 0,007.

4.2.3 VARIAÇÃO DO pH DAS SOLUÇÕES

A média do pH das soluções A e B até os 35 dias de cultivo foi igual a 6,67 e 6,29, respectivamente, de acordo com a Figura 34, essa diferença foi significativa pelo teste F com 4,97 % de probabilidade de erro, segundo a Tabela 27 e pelo teste de Tukey ao nível de 5 %, conforme a Figura 35. O pH da solução A extrapolou a faixa recomendada por MARTINEZ (1997) e MARTINEZ e SILVA FILHO (1997) de 5,5-6,5, enquanto o da solução B, manteve-se nessa faixa, no entanto ambas mantiveram-se dentro da faixa tolerável de 4,5-7,5 citada por FURLANI (1997).

Tabela 27 – Análise de variância do pH das soluções A e B, até os 38 dias.

Fonte de variação	G. L.	Quadrado Médio	F Calculado	P
Entre grupos	1	2,6271	3,9800	0,0497
Dentro dos grupos	74	0,6600		

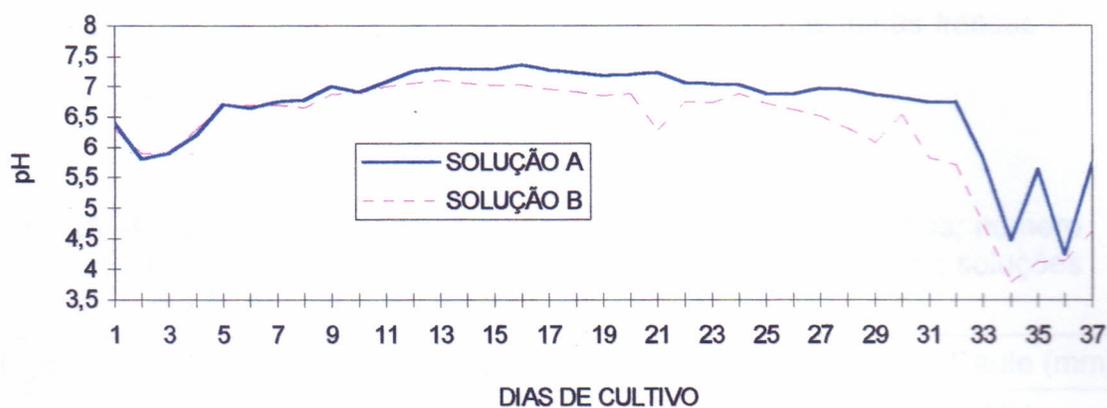


Figura 34 – Variação do pH das soluções durante os dias de cultivo.

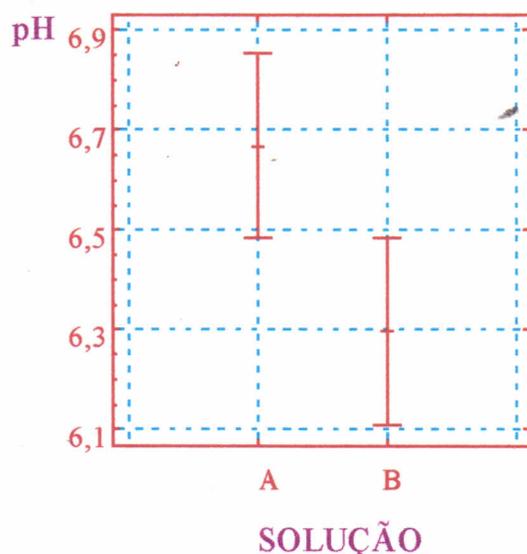


Figura 35 - Intervalo de confiança para as diferenças das médias do pH das soluções nutritivas A e B, até os 35 dias de cultivo (Tukey 5 %).

4.2.4 PESO DA MATÉRIA FRESCA E SECA E DIÂMETRO DO CAULE

O resultado da avaliação do peso da matéria fresca e seca aos 35 dias de cultivo estão apresentados na Tabela 28. O peso de folhas frescas das plantas das soluções A e B, não diferiram entre si pelo teste de

Tukey a 5 % de erro, mas houve uma tendência do peso das folhas frescas da solução **B** ser maior, de acordo com a Figura 36.

Tabela 28 –Peso de matéria fresca e seca de raízes, caules e folhas; número de folhas e diâmetro do caule das plantas nutridas pelas soluções **A** e **B**, aos 35 dias de cultivo.

solução	matéria	Raízes(g)	caules(g)	folhas(g)	N folhas	Diâm. Caule (mm)
A	fresca	35,033	12,125	135,075	30,21	27,271
B	fresca	35,158	14,796	157,858	33,21	30,983
A	seca	1,821	0,871	8,692	—	—
B	seca	2,025	1,108	10,562	—	—

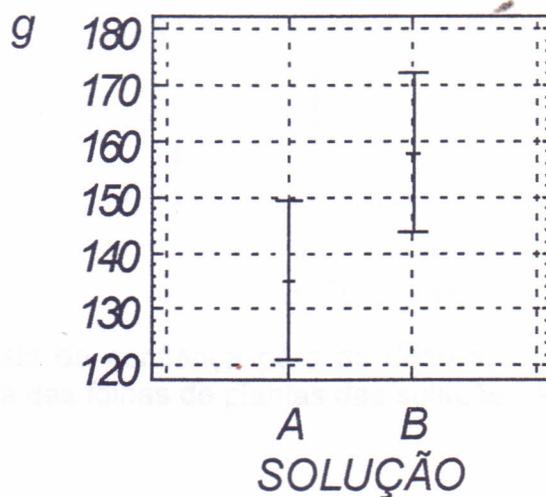


Figura 36 - Intervalo de confiança para as diferenças das médias do peso de matéria fresca das folhas de plantas das soluções **A** e **B** (Tukey 5 %).

O peso da matéria seca das folhas das soluções **A** e **B**, apresentaram diferenças significativas pelo teste F com 2,21 % de probabilidade de erro, de acordo com a Tabela 29 e pelo teste de Tukey com 5 % de probabilidade, conforme a Figura 37.

Tabela 29 – Análise de variância do peso da matéria seca das folhas de plantas das soluções A e B.

Fonte de variação	G. L.	Quadrado Médio	F Calculado	P
Entre grupos	1	42,0002	5,6110	0,0221
Dentro dos grupos	46	7,4855		

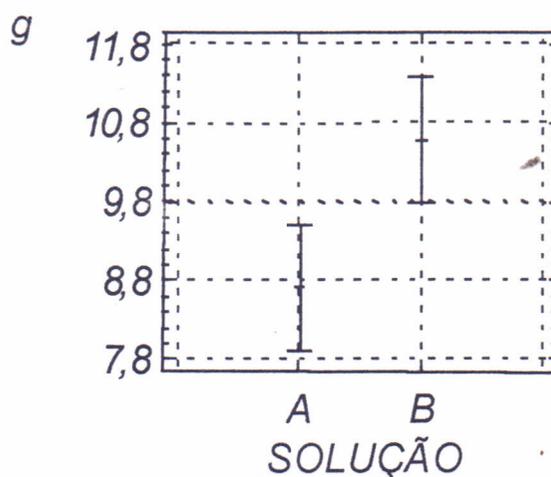


Figura 37 - Intervalo de confiança para as diferenças das médias do peso de matéria seca das folhas de plantas das soluções A e B (Tukey 5 %).

O peso de matéria fresca dos caules de plantas das soluções A e B, apresentaram diferenças pelo Teste F com 6,15 % de probabilidade de erro e peso dos caules das plantas da solução B tiveram uma tendência de serem maior, mas essa diferença não foi significativa pelo teste de Tukey com 5 % de erro, de acordo com a Tabela 30 e a Figura 38.

Tabela 30 – Análise de variância do peso da matéria fresca dos caules de plantas das soluções A e B.

Fonte de variação	G. L.	Quadrado Médio	F Calculado	P
Entre grupos	1	85,6002	3,6730	0,0615
Dentro dos grupos	46	23,3073		0,0362

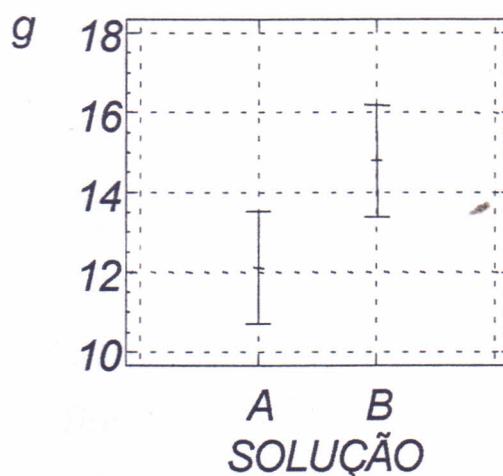


Figura 38 - Intervalo de confiança para as diferenças das médias do peso de matéria fresca dos caules de plantas das soluções A e B (Tukey 5 %).

O peso de matéria seca dos caules de plantas das soluções A e B, diferiram entre si pelo teste F e pelo teste de Tukey com com 3,62 e 5 % de probabilidade, respectivamente, conforme a Tabela 31 e a Figura 39.

Tabela 31 – Análise de variância do peso da matéria seca dos caules de plantas das soluções A e B.

Fonte de variação	G. L.	Quadrado Médio	F Calculado	P
Entre grupos	1	0,6737	4,6560	0,0362
Dentro dos grupos	46	0,1454		

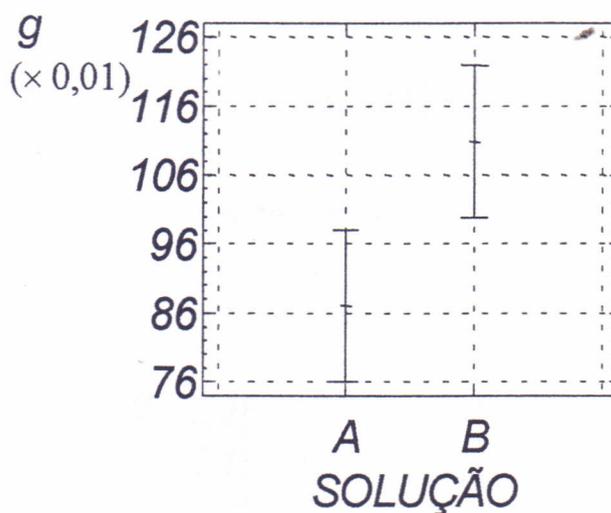


Figura 39 - Intervalo de confiança para as diferenças das médias do peso de matéria seca dos caules de plantas das soluções A e B (Tukey 5 %).

O peso de matéria fresca e seca das raízes de plantas das soluções A e B, não diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey com 5 % de probabilidade de erro, conforme pode ser observado nas Figuras 40 e 41.

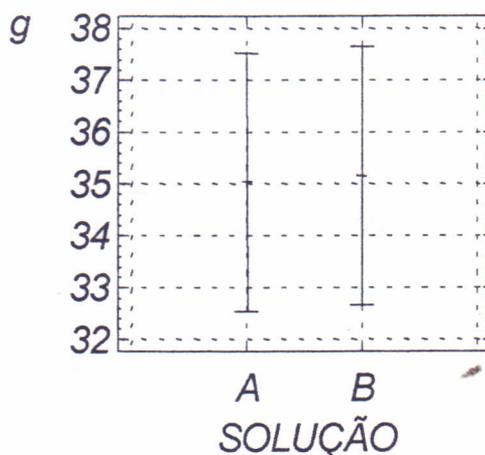


Figura 40 - Intervalo de confiança para as diferenças das médias do peso de matéria fresca das raízes de plantas das soluções A e B (Tukey 5 %).



Figura 41 - Intervalo de confiança para as diferenças das médias do peso de matéria seca das raízes de plantas das soluções A e B (Tukey 5 %).

O diâmetro do caule fresco de plantas das soluções **A** e **B** diferiram entre si pelo teste F e pelo teste de Tukey com 0,14 e 5 % de probabilidade de erro, respectivamente, de acordo com a Tabela 32 e a Figura 42.

Tabela 32 – Análise de variância do diâmetro do caule fresco de plantas das soluções **A** e **B**.

Fonte de variação	G. L.	Quadrado Médio	F Calculado	P
Entre grupos	1	165,3919	11,6180	0,0014
Dentro dos grupos	46	14,2353		

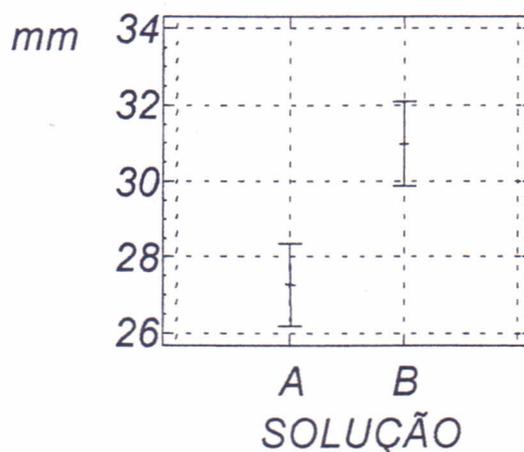


Figura 42 - Intervalo de confiança para as diferenças das médias do diâmetro do caule fresco de plantas das soluções A e B (Tukey 5 %).

4.2.5 COMPRIMENTO, LARGURA E NÚMERO DE FOLHAS

A média do comprimento das folhas de plantas da solução **B** foi maior que a da solução **A**, pelo teste F com menos de 0,01 % de probabilidade de erro e pelo teste de Tukey, e com 5 % de erro, conforme pode ser observado na Tabela 33 e na Figura 43.

Tabela 33 – Análise de variância do comprimento das folhas frescas de plantas das soluções **A** e **B**.

Fonte de variação	G. L.	Quadrado Médio	F Calculado	P
Entre grupos	1	27.425,1640	21,1660	<0,0001
Dentro dos grupos	1520	10.295,6980		

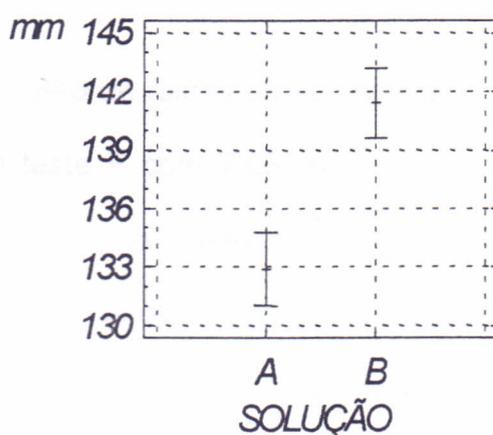


Figura 43 - Intervalo de confiança para as diferenças das médias do comprimento de folhas frescas de plantas das soluções A e B (Tukey 5 %).

A média da largura de folhas das soluções **A** e **B**, não diferiram entre si pelo teste de Tukey, conforme mostra a Figura 44.

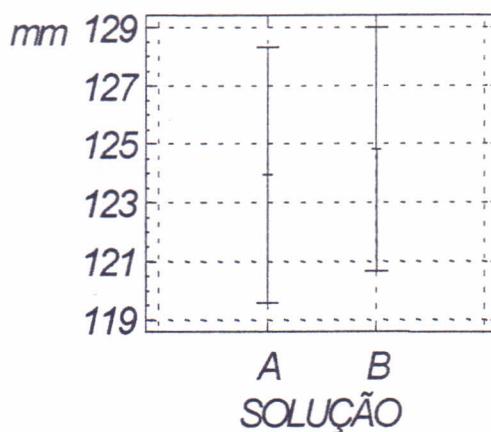


Figura 44 - Intervalo de confiança para as diferenças das médias da largura de folhas frescas de plantas das soluções **A** e **B** (Tukey 5 %).

O número de folhas da solução **B** foram em média superior ao da solução **A** pelo teste F com 7,06 % de probabilidade de erro e não diferiram entre si pelo teste de Tukey com 5 % de erro, mas houve uma tendência do número de folhas da solução **B** ser maior que o da **A**, conforme observa-se na Tabela 34 e na Figura 45. O número médio de folhas por plantas nutridas pela solução **A** foi 30,21, enquanto que pela **B** foi 33,21, superando o número médio encontrado por MONDIM (1996) e SILVA (1997), sendo mais que o dobro do observado por FARIA JUNIOR et al. (1993).

Tabela 34 – Análise de variância do número de folhas frescas de plantas das soluções **A** e **B**.

Fonte de variação	G. L.	Quadrado Médio	F Calculado	P
Entre grupos	1	108,0000	3,4260	0,0706
Dentro dos grupos	46	31,5199		

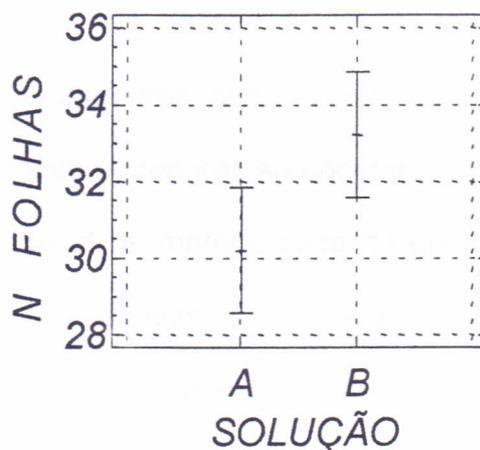


Figura 45 - Intervalo de confiança para as diferenças das médias do número de folhas frescas de plantas das soluções **A** e **B** (Tukey 5 %).

No geral pode-se dizer que as plantas da solução **B** tiveram um melhor desenvolvimento inicial e superaram as plantas da solução **A**, nos parâmetros de relevância visual e de interesse comercial (comprimento das folhas e diâmetro do caule), no entanto, no final do experimento, não houve diferença significativa pelo teste de Tukey com 5 % de probabilidade de erro, no peso total de matéria fresca, entre as plantas das soluções **A** e **B**, porém o peso da matéria seca de plantas da solução **B**, foi 2,29 g maior que as da

solução **A**, essa diferença foi significativa pelo teste F e Tukey, com 3,26 e 5 % de probabilidade de erro, respectivamente, conforme as Figuras 46 e 47 e Tabela 35, indicando haver maior teor de sólidos na parte aérea nas plantas nutridas pela solução **B**, que pode ser um indício de maior disponibilidade de nutrientes para as plantas oferecidos por esta solução. As médias do peso de matéria fresca de plantas das soluções **A** e **B**, foram 182,29 e 207,87 g, respectivamente, sendo inferiores aos encontrados por MONDIM (1996) e SILVA (1997) e foram muito superiores ao encontrado por FARIA JUNIOR et al. (1993). As médias do peso de matéria seca de plantas das soluções **A** e **B**, foram 11,42 e 13,71 g, respectivamente, elas foram inferiores ao peso médio encontrado por MONDIM (1996) mas não diferiram do encontrado por SILVA (1997).

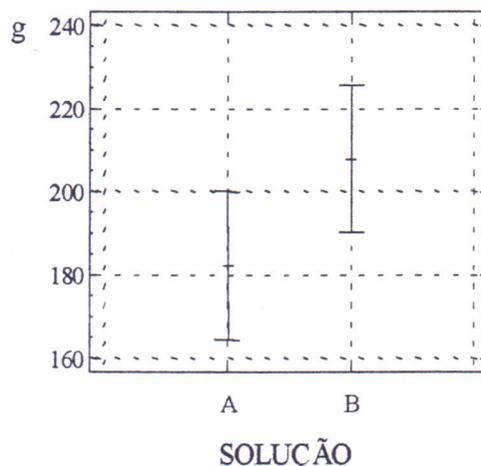


Figura 46 - Intervalo de confiança para as diferenças das médias do peso total de matéria fresca de plantas das soluções A e B (Tukey 5 %).

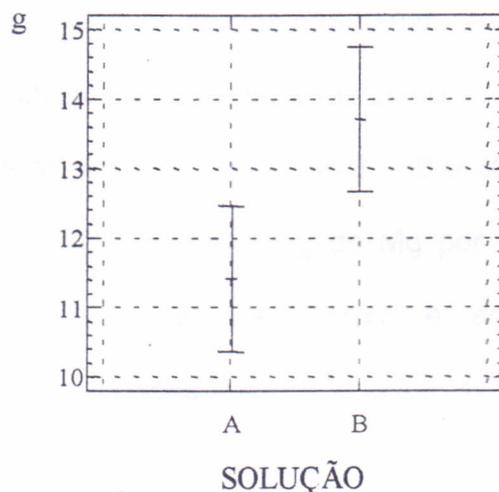


Figura 47 - Intervalo de confiança para as diferenças das médias do peso total de matéria seca de plantas das soluções A e B (Tukey 5 %).

Tabela 35 – Análise de variância do peso total de matéria seca de plantas das soluções A e B.

Fonte de variação	G. L.	Quadrado Médio	F Calculado	P
Entre grupos	1	63,0208	4,8580	0,0326
Dentro dos grupos	46	12,9737		

4.2.6 NUTRIENTES NA PLANTA

A concentração de macro e micronutrientes nas partes das plantas (raízes, caules e folhas), pode ser observada nas Tabelas 36 e 37, juntamente com o resultado do teste de Tukey com 5 % de erro, aplicado às médias da concentração de cada nutriente. As concentrações de nitrogênio,

potássio, cálcio e magnésio encontradas nas folhas das plantas nutridas pelas duas soluções, estão abaixo das consideradas como adequados por RAIJ et al. (1996) e MALAVOLTA et al. (1997), que são 30-50 e 30 g de N, 50-80 e 50 g de K, 15-25 e 12,5 g de Ca, 4-6 e 3,5 g de Mg por quilo de matéria seca, respectivamente. Já os teores de fósforo e enxofre, superaram os considerados adequados por esses autores, que são 4-7 e 3,5 g de P, 1,5-2,5 e 2,5 g de S, por quilo de matéria seca, respectivamente. O teor de nitrato nas folhas de plantas nutridas pelas soluções **A** e **B**, foram de 50,09 e 52,80 mg de NO_3^- por quilo de matéria fresca, respectivamente. Este teor está bem abaixo dos encontrados por Stopes et al. Citado por MONDIN (1996), que variaram de 1.050 a 1.191 mg/kg e do encontrado por MONDIN (1996), para a alface 'Verônica' cultivada em sistema hidropônico, que foi de 548,7 mg/kg.

Comparando individualmente os macronutrientes, nas plantas das duas soluções, constatamos que a concentração de fósforo foi significativamente inferior nas plantas nutridas pela solução **B**, enquanto que o cálcio que apresenta problemas de precipitação, foi significativamente superior nas plantas alimentadas pela solução **B**, sendo que não foi encontrada diferença entre as concentrações destes macronutrientes, nas diferentes partes das plantas nutridas por ambas as soluções, segundo as Figuras 48 e 49.

Quanto aos micronutrientes, a concentração de cobre nas partes das plantas supridas pela solução **B**, foi inferior às concentrações das partes das plantas supridas pela solução **A**, sendo que não houve diferença

entre a concentração nas diferentes partes de plantas nutridas pela mesma solução, de acordo com a Figura 50. A concentração de zinco nas folhas de plantas nutridas pela solução **B**, foi menor do que nas raízes de plantas alimentadas pela solução **A**, conforme a Figura 51.

Os teores de cobre encontrados nas folhas das plantas abastecidas com a solução **A**, ficou abaixo da faixa de 7-20 mg/kg de matéria seca, considerado adequado por RAIJ et al. (1996), no entanto os teores de ferro superaram em muito a faixa adequada de 50-150 mg/kg, considerada pelo mesmo autor e os demais mantiveram-se dentro das faixas de 30-100 mg/kg para o Zn e 30-150 mg/kg para o Mn.

Tabela 36 – Média da concentração de macronutrientes em g/kg de matéria seca, nas partes das plantas cultivadas com as soluções **A** e **B**, aos 35 dias de cultivo*.

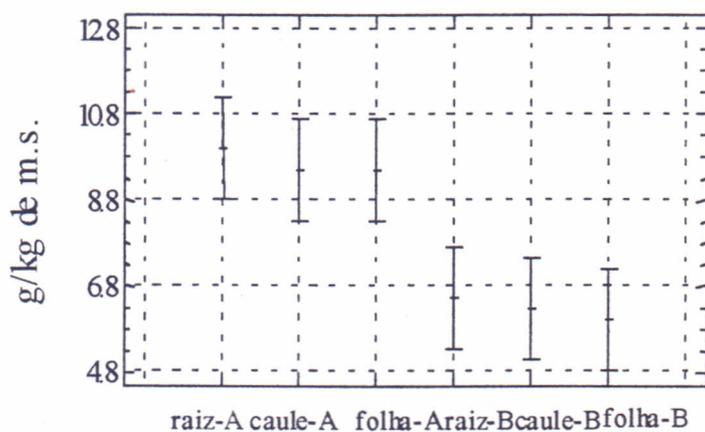
Macronutriente-solução	Raízes	Caules	Folhas	Total
K – A	42,500 ^A	40,750 ^A	39,125 ^A	122,375 ^A
K – B	49,750 ^A	49,750 ^A	51,375 ^A	150,875 ^A
N – A	25,750 ^A	26,750 ^A	24,125 ^A	76,625 ^A
N – B	24,375 ^A	25,500 ^A	23,000 ^A	72,875 ^A
P – A	10,000 ^A	9,500 ^A	9,500 ^A	29,000 ^A
P – B	6,500 ^B	6,250 ^B	6,000 ^B	18,750 ^B
Ca – A	6,875 ^B	6,875 ^B	6,250 ^B	20,000 ^B
Ca – B	10,250 ^A	10,375 ^A	11,000 ^A	31,625 ^A
Mg – A	1,875 ^A	1,625 ^A	2,000 ^A	5,500 ^A
Mg – B	2,000 ^A	2,000 ^A	2,000 ^A	6,000 ^A
S – A	5,750 ^A	5,375 ^A	5,125 ^A	16,250 ^A
S – B	3,625 ^A	3,375 ^A	3,500 ^A	10,500 ^B

* Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo Teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro, dentro do mesmo nutriente.

Tabela 37 – Concentração de micronutrientes em mg/kg de matéria seca, nas partes das plantas cultivadas com as soluções A e B, aos 35 dias de cultivo*.

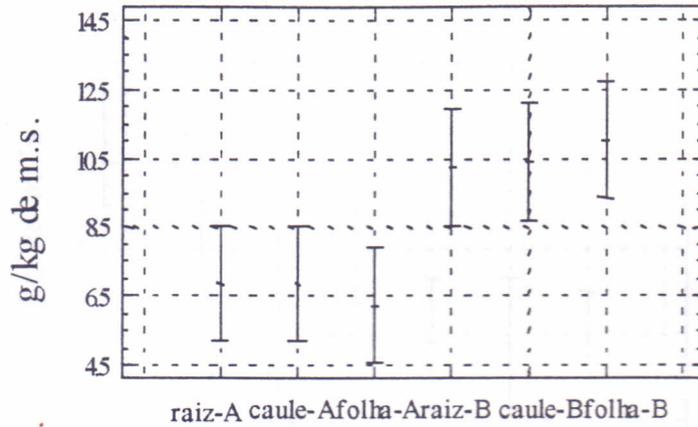
Micronutriente-solução	Raízes	Caules	Folhas	Total
Fe – A	332,500 ^A	346,500 ^A	225,375 ^A	904,375 ^A
Fe – B	379,375 ^A	353,875 ^A	423,000 ^A	1156,250 ^A
Zn – A	79,125 ^B	75,500 ^{AB}	75,750 ^{AB}	230,375 ^A
Zn – B	51,375 ^{AB}	51,125 ^{AB}	48,125 ^A	150,625 ^B
Mn – A	45,000 ^A	44,500 ^A	36,250 ^A	125,750 ^A
Mn – B	42,875 ^A	40,875 ^A	46,625 ^A	128,375 ^A
Cu – A	11,375 ^A	10,625 ^A	10,125 ^A	32,125 ^A
Cu – B	3,875 ^B	3,750 ^B	3,750 ^B	11,375 ^B

* Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo Teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro (válido para o mesmo nutriente).



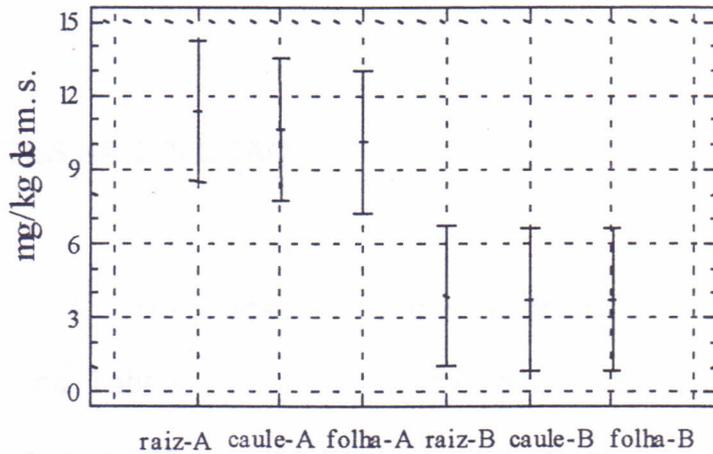
PARTE-SOLUÇÃO

Figura 48 – Intervalo de confiança para as diferenças das médias da concentração de fósforo nas partes das plantas nutridas com as soluções A e B (Tukey com 5 % de erro)



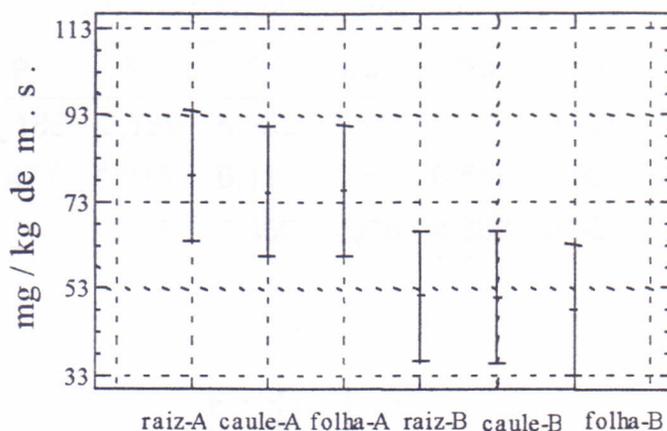
PARTE - SOLUÇÃO

Figura 49 – Intervalo de confiança para as diferenças das médias da concentração de cálcio nas partes das plantas nutridas com as soluções **A** e **B** (Tukey com 5 % de erro)



PARTE-SOLUÇÃO

Figura 50 – Intervalo de confiança para as diferenças das médias da concentração de cobre nas partes das plantas nutridas com as soluções **A** e **B** (Tukey com 5 % de erro)



PARTE - SOLUÇÃO

Figura 51 – Intervalo de confiança para as diferenças das médias da concentração de zinco nas partes das plantas nutridas com as soluções A e B (Tukey com 5 % de erro)

4.3 NUTRIENTES NA SOLUÇÃO

A concentração média dos nutrientes nas soluções A e B, pode ser vista na Tabela 38. A análise da concentração de nutrientes na solução nutritiva, avaliada semanalmente durante o período do experimento, revelou que não houve diferenças significativas pelo teste de Tukey com 5 % de erro, nos teores de macro e micronutrientes das soluções A e B, conforme observa-se nas Figuras 52 e 53.

Tabela 38 – Concentração média semanal, de nutrientes em mg/litro, das soluções A e B e água, durante o período do experimento.

Solução	N	P	S	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	Cu
A	3.762	1.188	2.139	6,925	3,341	0,483	0,225	5,937	0,545	0,025
B	4.054	1.477	1.815	6,112	3,462	0,516	0,308	4,175	0,858	0,045
água	1.925	—	0,156	10,350	1,508	4,300	0,000	0,050	0,100	0,025

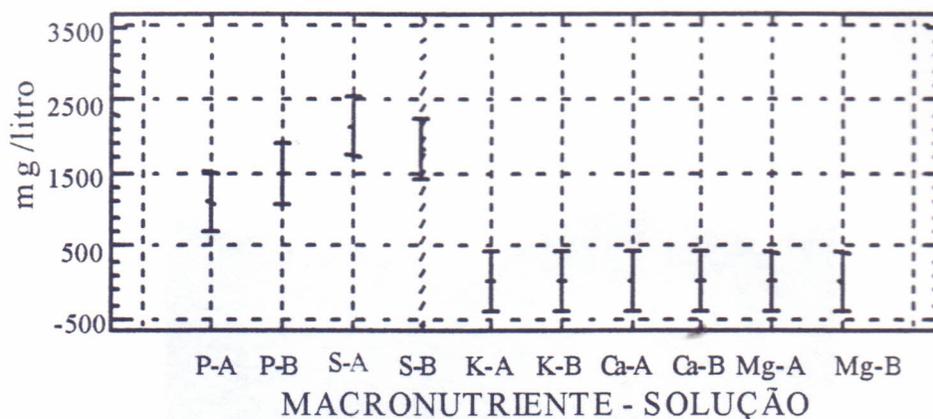


Figura 52 – Intervalo de confiança para as diferenças das médias da concentração dos macronutrientes nas soluções A e B ao longo do experimento (Tukey com 5 % de erro).

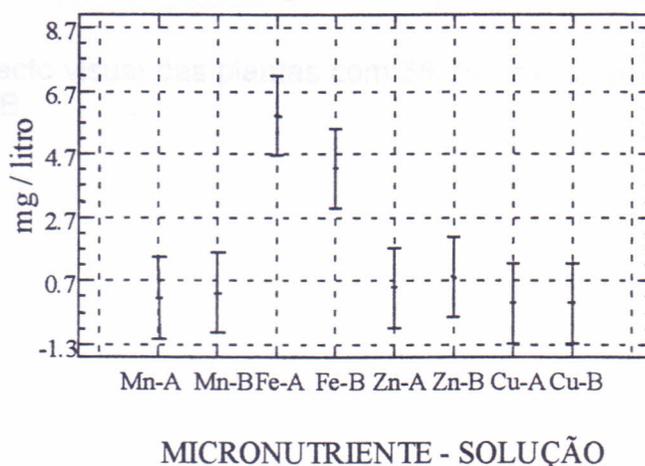


Figura 53 – Intervalo de confiança para as diferenças das médias da concentração dos micronutrientes nas soluções A e B ao longo do experimento (Tukey com 5 % de erro).

Os teores de nutrientes da água usada no sistema hidropônico citados na Tabela 38, estão abaixo do limite recomendado por CATELLANE & ARAÚJO (1995) e MARTINEZ & SILVA FILHO (1997).

Um aspecto visual das plantas aos 35 dias de cultivo com as duas soluções nutritivas, pode ser observado na Figura 54.

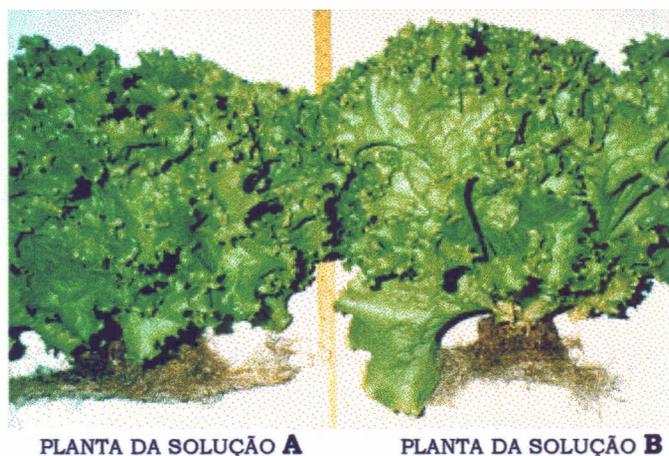


Figura 54 – Aspecto visual das plantas com 35 dias de cultivo com as soluções A e B.

5 CONCLUSÕES

Após as análises dos parâmetros avaliados e dentro das condições em que se desenvolveu esta pesquisa, pode-se auferir as seguintes conclusões:

1. A temperatura diurna na linha central longitudinal do ambiente protegido foi superior a da lateral, ocorrendo o inverso durante o período noturno.
2. O consumo de solução nutritiva foi em média 0,128 ℓ /planta/dia durante os 35 dias de cultivo pela técnica NFT.
3. O pH da solução A foi 0,37 maior do que o da solução B, essa diferença foi significativa estatisticamente pelo teste de Tukey com 5 % de erro, demonstrando haver maior disponibilidade de micronutrientes na solução B.

4. As plantas nutridas pela solução B foram superiores as nutridas pela solução A, no peso de matéria seca da parte aérea, indicando maior concentração de sólidos, sugerindo maior absorção de nutrientes pelas plantas cultivadas com a solução B.
5. As plantas nutridas pela solução B, tiveram um desenvolvimento inicial maior que as da solução A, apresentaram superioridade nos parâmetros de relevância visual, que são os de maior interesse comercial.
6. A concentração de cálcio nas partes das plantas nutridas pela solução B foi maior do que nas plantas nutridas pela solução A, ocorrendo o contrário para o fósforo e o cobre. O teor de zinco nas raízes das plantas da solução A, foi maior do que nas folhas das plantas da solução B.

Sugere-se que novas pesquisas em ambiente protegido que apresentem condições semelhantes às que se desenvolveram este experimento, levem em consideração o fluxo de calor, de modo que no planejamento do experimento, seja feita uma distribuição das bancadas de maneira que possa ser minimizado o efeito das fontes de variações ambientais.

Novas pesquisas dentro desta linha, se fazem necessárias para melhor elucidar o efeito do uso de nutrientes quelatizados na formulação da solução nutritiva.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, JR. **Boletim técnico n.º 78 - Métodos de análises químicas de plantas**. Campinas, SP. Instituto Agronômico de Campinas. 1983. 48 p.
- BLISKA JUNIOR, A.; HONÓRIO, S. L. **Cartilha tecnológica – hidroponia**. Campinas, SP. Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP. 1996. 51 p.
- BURIOL, G. A.; et al. Modificação na temperatura mínima do ar causada por estufas de polietileno transparente de baixa densidade. **Rev. Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, RS. v. 1, n. 1, p. 43-49. 1993.
- CASTELLANE, P. D.; ARAÚJO, J.A. C. de. **Cultivo sem solo - hidroponia**. Jaboticabal, SP, FUNEP. 1995. 46 p.

- CASTELLANE, P. D.; SOUZA, A. F.; MESQUITA FILHO, M. V. de. Micronutrientes em cultivos olerícolas. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. P. da. **Anais do 1.º Simpósio Sobre Micronutrientes Na Agricultura - Jaboticabal**. Piracicaba, Potafos/CNPq. 1991. p. 549-584.
- CASTRO, M. L. M. M. macronutrientes secundários e micronutrientes. In: CEKINSKI, E. **Tecnologia de produção de fertilizantes**. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 1990. p. 217-226.
- CERMENO, S. Z. **Estufa, instalações e manejo**. Lisboa, Portugal, Litexa Editora Lda. 1990. 355 p.
- COUTINHO, E. L. M.; NATALE, W.; SOUZA, E. C. A. de. Adubos e corretivos: aspectos particulares na olericultura. In: FERREIRA, M. E.; CASTELLANE, P. D.; CRUZ, M. C. R. **Anais do Simpósio Sobre Nutrição e Adubação de Hortaliças**. Jaboticabal. Piracicaba, Potafos. 1993. p. 85-140.
- FARIA JUNIOR, M. J. de A. Avaliação de cultivares de alface (*Lactuca sativa*) e de dois modelos de estufas com cobertura plástica durante o verão, em Ilha Solteira-SP. Ilha Solteira, SP. **Cultura Agronômica**. V. 1, n. 1, p. 111-118. 1993.
- FARIAS, J. R. B.; et al. Alterações na temperatura e umidade relativa do ar provocadas pelo uso de estufa plástica. **Rev. Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, RS. v. 1, n. 1, p. 51-62. 1993.

- FERNANDES, P. D. **Micronutrientes em hortaliças – contribuição à XI reunião Anual da “Sociedade de Olericultura do Brasil”**. Piracicaba, SP. ESALQ. 1971. 39 p.
- FURLANI, P. R. **Cultivo de alface pela técnica de hidroponia**, Campinas-SP. IAC, 1995. 18 p.
- FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia – NFT**. Campinas-SP. IAC, 1997. 30 p.
- GARCIA, L. C.; HAAG, H. P.; MINAMI, K.; SARRUGE, J.R. Nutrição mineral de hortaliças XL. Concentração e acúmulo de micronutrientes em alface (*Lactuca sativa* L.) Cv. Brasil 48 e Clause's Aurélla. **Anais da E. S. A. “Luis de Queiroz”** vol. XXXIX. P. 485-504. 1982.
- GUILHERME, M. R. **Fertilizantes mineral+S: Ca+Mg+S. Características e Eficiência**. Grupo Pagliato. Deptº Agrícola. Sorocaba, SP. 1985. 51 p.
- HAAG, H. P.; MINAMI, K. **Nutrição mineral em hortaliças**. Campinas, SP. Fundação Cargill. 1981. 631 p.
- HALVORSON, A. A.; LINDSAY, W. L. Equilibrium relationships of metal-chelators in hydroponic solutions. **Soil Science Society American Journal**, v. 36 p. 1972. p.755-761.
- HERTER, F. G.; REISSER JUNIOR, C. **Balanço térmico em estufas plásticas**, em Pelotas-RS. Brasília, DF. **Horticultura Brasileira**. V. 5, n. 1, p. 61. 1987.

- JUNQUEIRA, N. J. **Quelato**. Campinas-SP- Arbore Agrícola e Comércio LTDA. 1985, 6 p.
- KATAYAMA, M. Nutrição e adubação de alface, chicória e almeirão. In: FERREIRA, M. E.; CASTELLANE, P. D.; CRUZ, M. C. R. **Anais do Simpósio Sobre Nutrição e Adubação de Hortaliças**. Jaboticabal. Piracicaba, Potafos. 1993. p. 141-148.
- LUCENA, J. J.; GARÁTE, A.; CARPENA, O. Effect of carbon dioxide on stability of iron-chelates. In: **Journal Plant Nutrition**. 10, p. 553-565. 1987.
- LUCENA, J. J.; GARÁTE, A.; CARPENA, O. *Lolium multiflorum* uptake of iron supplied as different synthetic chelates. **Plant and Soil**. Nº 112. 1988. p. 23-28.
- LUCENA, J. J.; GARATE, A.; RAMON, A. M.; MANZANARES, M. Iron nutrition of a hydroponic strawberry culture (*Fragaria vesca* L.) supplied with different Fe chelates. **Plant and soil**. 1990. n. 123, v. 1, p.9-15.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. São Paulo. Ed. Agron. CERES, 3.^a ed. 1981. 607 p.
- MALAVOLTA, E. ; ROMERO, J. P. **Manual de adubação**. São Paulo. Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA), 2.^a ed.. 1975. 346 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de **Avaliação do estado nutricional de plantas – princípios e aplicações**. Piracicaba, SP. POTAFOS. 1997. 319 p.

MALORGIO, F.; PARDOSSI, A.; LISHU, W. Contenido di nitrati in sedano e lattuga coltivati in NFT. **Colt. Prot.** n.7 p. 14-18. 1990.

MARTINEZ, H. E. P. **Formulação de soluções nutritivas para cultivos hidropônicos comerciais.** Jaboticabal, SP. FUNEP. 1997. 31 p.

MARTINEZ, H. E. P.; SILVA FILHO, J. B. da. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas.** Viçosa, MG. COOPASUL. 1997. 52 p.

MONDIN, M. **Efeito de sistemas de cultivo na produtividade e acúmulo de nitrato em cultivares alface.** Jaboticabal, SP. FCAVJ-UNESP. 1996. 88 p. (tese doutorado).

MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L. **Micronutrients in agriculture.** Madison Wisconsin USA. Soil Science Society of America, Inc. 1972. 666 p.

QUIMBRASIL. **Fertilizantes.** 1980. 25 p.

RAIJ, B. van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo.** 2 ed. Campinas, SP. Instituto Agrônomo & Fundação IAC. 1996. 285 p.

RESH, H. M. **Cultivos hidroponicos.** Madrid, Ediciones Mundi-Prensa. 1992. 369p.

ROCA, J.; POMARES, F. Prediction of available heavy metals by six chemical extractants in a sewage-amended soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis.** 1991. v. 22, n. 19-20, p. 2119-2136.

- ROSENBERG, N. J.; MCKENNEY, M. S.; MARTIN, P. Evapotranspiration in a greenhouse-warmed world: a review and simulation. **Agricultural and Forest Meteorology**, 47, p. 303-320. 1989
- SARRUGE, J. R., HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba, SP. Livroceres. 1974. 55 p.
- SGANZERLA, E. Nova agricultura. Porto alegre, RS. Petroquímica Triunfo. 1990. 303 p.
- SILVA, M. DE L. O. e. **Avaliação de parâmetros ambientais em dois modelos de estufas, sem e com a presença de cultura**. São Carlos, SP. USP-EESC. 1997. 73 p. (dissertação mestrado).
- STOLLER, J. **Importância dos nutrientes quelatizados**. Campinas-SP. Arbore Agrícola e Comércio LTDA. Sem data. 7 p.
- VOLKWEISS, S. J. Fontes e métodos de aplicação. In: FERREIRA, M. E.-, CRUZ, M. P. da. **Anais do 1.º Simpósio Sobre Micronutrientes Na Agricultura**. Jaboticabal. Piracicaba, Potafos/CNPq. 1991. p. 391-412.
- ZONTA, E.; et al. **Hidroponia aplicada à cultura da alface, 1.ª Parte-Nutrição mineral**. Rio de Janeiro, RJ. UFRRJ, Inst. de Tecnologia, Inst. de Agronomia. 1997. 21 p.

ABSTRACT

The variation of the environmental factors and the consumption of nutritious solution are factors of little knowledge in cultivation into greenhouse. The precipitation of nutrients in the form of insoluble salts, makes unbalanced the nutritious solution, is a frequent problem in the cultivation of plants for technical NFT. In this work it was studied the variation of the temperature in the horizontal profile of those supported cultivated with lettuce 'Verônica' for technical NFT, with and without the use of chelators, the consumption of the nutritious solution and the text of nutrients was evaluated in the parts of the plants and nutritious solutions. During the day, the temperature it was larger in the center of the covering and at night it happened the inverse. The difference among the averages of the temperature of the air inside the protected atmosphere and the one of the external atmosphere went of to order of 1.41°C and enter the one of the internal atmosphere and the one of those

The difference among the averages of the temperature of the air inside the protected atmosphere and the one of the external atmosphere went of to order of 1.41°C and enter the one of the internal atmosphere and the one of those supported and tanks with nutritious solution, it was also of 1.41°C , evidencing the importance of the water as thermal regulator. The total consumption of nutritious solution to the 35 days of cultivation was of 4.474 l/plant or 0.128 l/day/plant. The concentration of calcium in the parts of the plants nurtured by the solution B was larger than in the plants nurtured by the solution A, happening the opposite for the match and the copper. The text of zinc in the roots of the plants of the solution A, was larger than in the leaves of the plants of the solution B.