

**LEILA DE PAULA**

**SORO DE LEITE EM SUBSTITUIÇÃO À SOLUÇÃO NUTRITIVA NO CULTIVO  
DA FORRAGEM DE MILHO HIDROPÔNICO**

**Recife  
2009**

**Leila De Paula**

Zootecnista

**SORO DE LEITE EM SUBSTITUIÇÃO À SOLUÇÃO NUTRITIVA NO CULTIVO  
DA FORRAGEM DE MILHO HIDROPÔNICO**

**Orientador:**

**Prof. Dr. Mário Monteiro Rolim**

**Co-orientadores:**

**Dr. Egídio Bezerra Neto**

**Dr. Tales Miler Soares**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

**Recife  
2009**

Ficha catalográfica

P324s De Paula, Leila  
Soro de leite em substituição a solução nutritiva  
no cultivo da forragem de milho hidropônico / Leila  
De Paula. – 2009.  
55 f. : il

Orientador: Mário Monteiro Rolim  
Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) –  
Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento  
Tecnologia Rural.  
Inclui referências e anexo.

CDD 631.585

1. Aproveitamento de resíduo
2. Soro de Leite
3. Forragem
4. *Zea mays* L.
5. Hidroponia
6. Água residuária
- I. Rolim, Mário Monteiro

II. Título

**LEILA DE PAULA**

**Soro de leite em substituição à solução nutritiva no cultivo da forragem de milho hidropônico**

Dissertação defendida e aprovada em 24 de agosto de 2009 pela Banca Examinadora:

Orientador:

---

Mário Monteiro Rolim, Prof. Dr.

DTR-UFRPE

Examinadores:

---

Egídio Bezerra Neto, Prof. Dr.

DQ-UFRPE

---

Ênio Farias de França e Silva, Prof. Dr.

DTR-UFRPE

---

Vital Pedro da Silva Paz, Prof. Dr.

CCAAB - UFRB

À minha Querida mãe (*in memorium*), pelo exemplo de trabalho e dedicação no progresso intelectual e moral de suas filhas.

**DEDICO E OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

Ao grande Pai (Senhor Deus), criador e amigo pelas grandes oportunidades de progresso intelectual e moral. Por ter sempre me mostrado o caminho a seguir e ter colocado muitas pessoas boas nele que me ajudaram quando mais precisei sem a Sua permissão nada seria possível.

À minha mãe (*in memorium*) que nos ensinou que o único caminho de elevação intelectual, material e espiritual somente virá com muita dedicação, estudo e trabalho.

Ao Prof. Dr. Mário Monteiro Rolim pelo acolhimento que tive ao ingressar no Programa de Pós-Graduação, dando-me a força necessária para suportar o momento difícil e delicado que passei, pelo incentivo, orientação, amizade, disponibilidade, supervisão e sugestões.

Ao Prof. Dr. Egídio Bezerra Neto pela sua valiosa colaboração, confiança, orientação disponibilidade, exemplo de conduta e profissionalismo.

Ao Dr. Tales Miler Soares por sua amizade, confiança; orientação, incentivo e sugestões valiosas.

Aos amigos, Thiciano Leão, Jadson Seeling, Yoly Ramos companheiros de estudo, pela amizade, carinho e apoio tanto nas horas de alegria e diversão quanto nos momentos difíceis que compartilhamos.

À amiga Waldirene Barcos que me convidou e incentivou a participar do processo de seleção no Programa de Pós-Graduação, por sua amizade, ajuda em todos os momentos e companheirismo.

Aos amigos que ajudaram na execução do projeto, especialmente Rodrigo Ferreira, Júnior Granja, Gledson Pontes, Carolina Mota, Laís Galindo, Júlio (laboratorista), Alexandre Nascimento.

A todos os professores do Programa de Pós Graduação que participaram dessa nova etapa de formação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Ensino Superior - CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização dessa dissertação e que, portanto, fazem parte desta conquista, o meu agradecimento, respeito e gratidão.

*A moral, ciência que pressupõe o conhecimento das demais ciências, é o supremo grau da sabedoria.*

*René Descartes*

*Apesar dos nossos defeitos precisamos enxergar que somos pérolas únicas no teatro da vida e entender que não existem pessoas de sucesso ou pessoas fracassadas. O que existe são pessoas que lutam pelos seus sonhos ou desistem deles.*

*Augusto Cury*

*É melhor tentar e falhar que preocupar-se e ver a vida passar. É melhor tentar, ainda que em vão, que sentar-se fazendo nada até o final. Eu prefiro na chuva caminhar que em dias tristes me esconder. Prefiro ser feliz embora louco, que em conformidade viver.*

*Eu segurei muitas coisas em minhas mãos, e eu perdi tudo; mas tudo que eu coloquei nas mãos de Deus eu ainda possuo.*

*Se não puder voar, corra. Se não puder correr, ande. Se não puder andar, rasteje, mas continue em frente de qualquer jeito.*

*Martin Luter King*

*Jamais considere seus estudos como uma obrigação, mas como uma oportunidade invejável para aprender a conhecer a influência libertadora da beleza do reino do espírito, para seu próprio prazer pessoal e para proveito da comunidade à qual seu futuro trabalho pertencer.*

*Albert Eisnten*



## SUMÁRIO

RESUMO .....	9
ABSTRACT .....	10
LISTA DE FIGURAS.....	11
LISTA DE TABELAS.....	6
INTRODUÇÃO.....	16
REVISÃO DE LITERATURA .....	18
Caracterização do soro de leite.....	18
Produção e valor nutricional do soro de leite.....	18
Poder poluente e utilizações do soro de leite .....	19
Uso do Soro de Leite na produção agrícola .....	20
Cultivo hidropônico .....	20
Ferragem hidropônica.....	22
Uso de águas residuárias em hidroponia.....	23
Salinidade: Efeito osmótico e toxidez nas plantas de milho .....	23
MATERIAL E MÉTODOS.....	26
Local de experimentação.....	26
Tratamentos e delineamento experimental.....	26
Técnica de cultivo e manejo.....	27
Colheita, análise de produção e de teores nutricionais .....	29
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
Efeito do soro do leite sobre a salinidade e o pH das soluções drenadas .....	26
Efeito da salinidade das soluções sobre o consumo hídrico.....	28

Produtividade da forragem de milho hidropônico .....	29
Sintomatologia da forragem de milho hidropônico .....	32
Efeito do soro do leite sobre a composição química da forragem hidropônica .....	34
CONCLUSÕES .....	42
REFERÊNCIAS .....	43

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade e a eficiência nutricional da utilização do soro de leite aplicado como solução nutritiva no cultivo de forragem hidropônica de milho. Realizou-se o experimento em casa de vegetação em delineamento experimental inteiramente casualizado com seis tratamentos e cinco repetições, sendo o tratamento controle uma solução nutritiva convencionalmente empregada nesse tipo de cultivo. Os demais tratamentos foram distribuídos em diferentes níveis de diluição do soro de leite em água potável, avaliando-se as concentrações de 20, 40, 60, 80 e 100% de soro de leite. Durante o experimento foram realizadas medições diárias de pH e CE das soluções drenadas. A colheita foi feita com 15 dias após a germinação, onde se separou a parte aérea do substrato com as raízes. Determinou-se o peso de matéria fresca, peso de matéria seca, os teores de macro (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Fe, Cu, Zn e Mn), além dos elementos que se mostraram em níveis tóxicos (Na e Cl), tanto da parte aérea como da parte radicular. O aumento nas concentrações de soro de leite promoveu redução na produtividade da forragem hidropônica. Observou-se com o aumento nas concentrações de soro de leite, acréscimo nos teores de N, S e Zn, com redução de K, Ca e Mg, além de não apresentar efeito nos teores de P, Fe e Cu, na parte aérea. Na porção radicular houve acréscimo nos teores de P, K, Ca, Mg, S e Cu não apresentando efeito nos teores de Zn e Fe.

**Palavras-chave:** soro de leite, forragem hidropônica, *Zea mays*, solução nutritiva, nutrientes

## ABSTRACT

### WHEY AS A SUBSTITUTE OF THE NUTRIENT SOLUTION IN THE CULTIVATION OF HYDROPONIC MAIZE FORAGE

The objective of this study was to evaluate the productivity and nutritional efficiency of hydroponic forage maize cultivated in whey as nutrient solution. The experiment was carried out in a greenhouse in an entirely randomized experimental design with six treatments and five replications and a control nutrient solution, conventionally employed in this type of cultivation. The other treatments were distributed in different levels of dilution of whey in tap water to get the concentrations of whey at levels of 20, 40, 60, 80 and 100%. Measurements of pH and EC were performed daily. The harvest was done 15 days after germination, being roots plus substrate separated from the shoots. The weight of fresh matter, dry matter, the levels of macronutrients (N, P, K, Ca, Mg and S) and micronutrients (Fe, Cu, Zn and Mn), in addition to Na and Cl of both the shoot and roots were determined. The increase in concentrations of whey promoted reduction in yield of hydroponic forage, increase in levels of N, S and Zn, decrease of K, Ca and Mg and no effect on levels of P, Fe and Cu in the shoot. The levels of P, K, Ca, Mg, S and Cu in the roots were increased. There was no effect on the levels of Zn and Fe.

**Key words:** whey, hydroponic fodder, *Zea mays*, nutrient solution, nutrients

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura experimental utilizada no cultivo de forragem de milho hidropônico com diferentes doses de soro de leite e solução nutritiva convencional. ....	28
Figura 2. Condutividade elétrica da solução de cultivo em função de diferentes concentrações de soro de leite ao longo do experimento.....	26
Figura 3. pH da solução drenada no cultivo de milho hidropônico, em função dos dias após a semeadura e da solução empregada. ....	27
Figura 4. Evapotranspiração (ETc) da forragem hidropônica de milho em função das diferentes doses de soro de leite utilizadas na solução de cultivo. ....	28
Figura 5. Massas de matéria fresca (A) e seca (B) na parte aérea e massas de matéria fresca (C) e seca (D) nas raízes de milho cultivado hidroponicamente em função de concentrações de soro de leite. ....	29
Figura 6. Sintomas de necrose intensa nas folhas de milho forrageiro submetidos à soluções com 40 (A), 60 (B), 80 (C) e 100% (D) de soro de leite.....	33
Figura 7. Roxeamento nas folhas do milho hidropônico submetidos à soluções com 40% (A e B) e 20 % (C e D) de soro de leite.....	34
Figura 8. Teor de nitrogênio (A e B), fósforo (C e D), potássio (E e F), cálcio (G e H), magnésio (I e J) e enxofre (L e M) na parte aérea e radicular em função das doses de soro de leite na forragem hidropônica de milho. ....	36
Figura 9. Teores de ferro (A e B) cobre (C e D) zinco (E e F) e manganês (G e H) contidos na parte aérea e radicular da forragem de milho hidropônico em função das doses de soro de leite na forragem hidropônica de milho.....	38
Figura 10. Teores de sódio (A e B) e cloreto (C e D) contidos na parte aérea e radicular da forragem de milho hidropônico em função das doses de soro de leite na forragem hidropônica de milho.....	41

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química das soluções referentes aos tratamentos com diluição do soro de leite. ....	27
Tabela 2. Composição química do bagaço-de-cana (substrato) e semente de milho utilizados no cultivo do milho hidropônico.....	27
Tabela 3. Contraste entre massa fresca, massa seca, teores de nutrientes na parte aérea das plantas testemunha e das plantas cultivadas com soro de leite. ....	30
Tabela 4. Contraste entre massa fresca, massa seca, teores de nutrientes na parte radicular das plantas testemunhas e das plantas cultivadas com soro de leite.....	30

## INTRODUÇÃO

As indústrias lácticas que têm como ênfase a produção de queijos crescem continuamente no território brasileiro. Em 1995, o Brasil produziu 500 toneladas de queijo, aumentando sua produção 10 vezes mais em 10 anos. Em 2005 apresentou uma produção de 808 mil toneladas (ABIQ, 2005) o que representa 33,7% de todo leite produzido ao ano, gerando cerca de 7,2 bilhões de litros de soro.

O soro de leite é um líquido obtido da separação da caseína ou da gordura do leite no processo de elaboração do queijo. Utilizado pelas indústrias alimentícias, farmacêuticas e agroindústrias, em alimentos para consumo humano e animal, adubação do solo no cultivo de pastagens e formulação de medicamentos. Constituído de benéficos atributos físico-químicos, apresenta mais que 50% dos nutrientes contidos no leite, com altas concentrações de lactose, proteínas de grande valor biológico, vitaminas e nutrientes minerais. No entanto, é considerado um resíduo da indústria láctica quando despejado no meio ambiente, sem tratamento adequado. Estimativas indicam que cerca de um terço do soro gerado é desperdiçado e representa uma fonte poluente dos mananciais de água (Antunes, 2003).

Por outro lado, atualmente, o sistema hidropônico tem aproveitado efluentes como fonte de nutrição vegetal, e assim, preservando os recursos hídricos que se encontram escassos para usos mais nobres. O soro do leite possui constituição nutricional (N, 700; Ca, 900; Mg, 100; K, 1520; P, 500; C, 28000; S, 50 mg L<sup>-1</sup>) (Gheri, 2003) que pode vir a suprir as necessidades da planta, ao ser utilizado como solução nutritiva.

Não é fato recente a utilização de soro de leite (in natura) na alimentação animal visto que os produtores usam essa estratégia alimentar visando manter o desempenho animal, entretanto, o uso na produção de forragem é pouco explorado.

O uso deste resíduo para cultivos hidropônicos pode ser bastante vantajoso, pois pode permitir a utilização de quase todo o resíduo, evitando a poluição e contaminação ambiental, sendo aproveitado na agricultura diminuindo os gastos do produtor rural na alimentação animal, além de proporcionar uma forragem de qualidade em qualquer época do ano para o rebanho.

Esta alternativa pode constituir uma ótima solução para o pequeno produtor que poderá proporcionar uma suplementação alimentar para seu animal, proporcionando grandes vantagens tanto do ponto de vista ambiental como nutricional. No Brasil, não foi constatado

nenhum trabalho cujo objeto de estudo seja o cultivo forrageiro do milho hidropônico aproveitando o soro de leite como solução nutritiva.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade e a eficiência nutricional na utilização do soro de leite aplicado como solução nutritiva no cultivo de milho hidropônico forrageiro.

Especificamente, buscou-se:

1 – Avaliar o efeito de diferentes níveis de soro de leite diluído em água potável, no desenvolvimento e na composição nutricional da forragem de milho cultivado em meio hidropônico;

2 – Avaliar o risco do Na e Cl devido às crescentes doses de soro de leite e sua influência na produção da forragem de milho hidropônico;

3 – Avaliar o teor dos nutrientes em excesso no soro de leite que podem impedir a assimilação de outros nutrientes.

Esses objetivos têm como base as seguintes hipóteses:

Hipótese 1 – Diferentes doses de soro de leite no meio de cultivo provocam diferentes respostas no desenvolvimento e na composição nutricional da planta.

Hipótese 2 – O aumento das doses de soro de leite provoca redução na produção da forragem de milho hidropônico, sendo esta redução devido ao efeito osmótico e ao elevado teor de Na e Cl, em níveis tóxicos às plantas, inserido durante o processo para obtenção do queijo.

Hipótese 3 – Elevados teores de alguns nutrientes e elementos tóxicos no soro de leite inibem a assimilação de outros, o que interfere na absorção e, conseqüentemente, no acúmulo de nutrientes pelas plantas.



## REVISÃO DE LITERATURA

### Caracterização do soro de leite

A relação integrada da pecuária leiteira com as indústrias no setor lácteo gera o soro de leite descrito por Ordóñez (2005) como um líquido resultante da separação da caseína ou da gordura do leite no processo de elaboração do queijo. Possui alto valor nutricional, contém mais da metade dos sólidos presentes no leite integral original, incluindo a maioria da lactose, minerais e vitaminas hidrossolúveis, sobretudo do grupo B e 20% das proteínas do leite.

O soro de leite gerado pela indústria de laticínio pode ser quantificado adotando-se a proporção de 9 kg de soro de leite para cada Kg de queijo (Robbins *et al.*, 1996).

### Produção e valor nutricional do soro de leite

A produção de soro de leite no Brasil constitui quase que exclusivamente de soro doce obtido através do processamento de queijos tipo mussarela, prato, minas frescal e meia-cura; segundo Sgarbieri (2004) a enzima quimosina auxiliará na coagulação enzimática produzindo o soro doce, que possui pH em torno de 5,0. O soro doce contém mais lactose e 6,2% matéria seca que o soro ácido que apresenta menor teor de lactose e 5,2% de matéria seca (Burgstaller, 1991). Modler (2000) observou os teores nutricionais constituídos no soro doce obtendo cerca de 470 mg L<sup>-1</sup> de Ca, 80 mg L<sup>-1</sup> de Mg, 1610 mg L<sup>-1</sup> de K, 540 mg L<sup>-1</sup> de Na, 460 mg L<sup>-1</sup> de P. Harper & Seiberling (1976) citado por David (2006) observou os teores nutricionais no soro doce: 928 mg L<sup>-1</sup> de Ca; 90 mg L<sup>-1</sup> de Mg; 1530 mg L<sup>-1</sup> de K; 398 de mg L<sup>-1</sup> Na, 580 mg L<sup>-1</sup> de P.

Por outro lado, a fabricação de queijo tipo ricota e requeijão, pouco consumido no país, e a da caseína praticamente inexistente no Brasil gera o soro ácido, descrito por Sgarbieri (2004) como resultado da precipitação ácida, com pH isoeletrico igual 4,6. Siso (1996) ao observar os dois tipos de soro verificou que o soro ácido contém maior teor de minerais e menores conteúdos de proteínas que o soro doce, sendo seu uso em alimentação mais limitado devido ao seu sabor ácido e ao elevado teor salino. David (2006) citou os teores nutricionais observados no soro doce por Harper & Seiberling (1976) 928 mg L<sup>-1</sup> de Ca; 90 mg L<sup>-1</sup> de Mg; 1530 mg L<sup>-1</sup> de K; 398 de Na, 580 mg L<sup>-1</sup> de P. Gheri (2003) ao analisar os teores nutricionais do soro de leite ácido utilizado em sua pesquisa detectou os níveis de alguns nutrientes essenciais contidos no soro ácido (N, 700; Ca, 900; Mg, 100; K, 1520; P, 500; C, 28000; S,

50, todos em  $\text{mg L}^{-1}$ ). Modler (2000) detectou em sua pesquisa 100  $\text{mg L}^{-1}$  de Mg, 1430  $\text{mg L}^{-1}$  de K, 480  $\text{mg L}^{-1}$  de Na e 780  $\text{mg L}^{-1}$  de P no soro ácido.

### **Poder poluente e utilizações do soro de leite**

Atualmente, cerca de 50% do soro de leite produzido no mundo são aplicados na produção de bebidas fermentadas, utilizados na alimentação animal e comercializados como suplemento desidratado, tendo alto valor nutritivo e energético (Almeida *et al.*, 2001). A indústria leiteira dos Estados Unidos recupera uma grande quantidade de águas residuárias e 90% dos resíduos da produção de queijo são utilizados na fabricação de produtos para alimentação humana, atingindo mais de 500.000 toneladas em 2001. No Brasil, ao contrário do resto do mundo, o soro de leite ainda é considerado como um resíduo (USDEC, 1997).

Apesar de conter uma grande quantidade de nutrientes benéficos às plantas, ao homem e aos animais, o soro de leite, segundo Abreu (1999), torna-se um dos maiores problemas da indústria de laticínio em todo o mundo quando descartado inapropriadamente no meio ambiente. Esse problema também é verificado no Brasil, onde são produzidas 350.000 toneladas de queijo por ano e, por conseguinte, 3.150.000 toneladas de soro anualmente (Pinheiro *et al.*, 1993).

No Brasil, as indústrias produtoras de queijo em geral são de pequeno porte, não possuindo meios econômicos ou tecnologia disponível para o reaproveitamento do soro de queijo, como a transformação deste em soro em pó ou concentrado de proteínas (Revillion *et al.*, 2000). Neste caso, tal rejeito pode ser considerado um poluente extremamente problemático, devido à sua elevada carga orgânica e grande volume gerado, devendo ser tratado antes de descartado. Por ser um resíduo com alta concentração de matéria orgânica, está sujeito à rápida alteração pelos microorganismos, possuindo, conseqüentemente, uma alta demanda biológica de oxigênio (DBO) (Papa, 2000), isto porque o soro bruto possui uma DBO de 30-60  $\text{g L}^{-1}$ , sendo a lactose responsável por aproximadamente 90% da carga orgânica do soro (Ghaly & Kamal, 2004; Florentino *et al.*, 2004).

O soro do leite apresenta uma demanda bioquímica de oxigênio (DQO) bastante superior ao esgoto doméstico bruto, que tem DQO entre 25-35  $\text{g L}^{-1}$  (Von Sperling, 1996), sendo uma das mais poluentes de todas as águas residuárias. O descarte do soro sem tratamento eficiente constitui crime previsto por lei, representando o desperdício de um produto de excelente composição e qualidade (Florentino *et al.*, 2004), uma vez que retém cerca de 55% dos nutrientes do leite (Siso, 1996; Almeida *et al.*, 2001).

A identificação de alternativas para um adequado aproveitamento do soro de leite é de fundamental importância em função de sua qualidade nutricional, do seu volume e de seu poder poluente (Reis, 1999). Essas alternativas constituem formas de valorização do derivado lácteo, contribuindo, ao mesmo tempo, para a melhoria do meio ambiente (Machado, 2008).

### **Uso do Soro de Leite na produção agrícola**

Recentes trabalhos tratam do aproveitamento agrícola do soro do leite, demonstrando a possibilidade de aumento da produção agrícola, mas ressaltando o risco associado à contaminação ambiental, sobretudo pela lixiviação de nitrato para águas subterrâneas.

Gheri *et al.*, (2003), trabalhando com a utilização de soro no solo ( $500 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) para produção de capim tanzânia, observaram aumento significativo no acúmulo de massa de matéria fresca dessa forrageira, sem registro de impacto ambiental em relação ao teor de nitrato no solo. Observaram também o aumento significativo na quantidade de nutrientes absorvidos, principalmente de K, P e Ca.

Santos (2006), que utilizou o soro na ensilagem de capim elefante como fonte de bactérias lácticas, visando melhorar o perfil de fermentação das silagens, verificou menores valores de pH e N-amoniaco nas silagens tratadas com soro, não comprometendo assim a composição bromatológica da silagem.

O soro de leite ocasiona grandes desequilíbrios ambientais, no entanto, quando bem utilizado pode proporcionar benfeitorias ambientais. Brown *et al.*, (1998) e Lehrs *et al.*, (2008), estudando a aplicação de soro de leite em sulcos de irrigação, verificaram efeito benéfico do soro sobre o aumento na estabilidade de agregados e redução da erosão em um solo calcário estruturalmente degradado.

### **Cultivo hidropônico**

A palavra hidroponia é originária do grego, onde hidro significa água, e ponos significa trabalho. A combinação destas duas palavras resulta em trabalho com água, e neste caso particular está implícito o uso de uma solução nutritiva para viabilizar o cultivo de plantas sem o uso do solo. Alguns termos relacionados com a hidroponia têm sido introduzidos com um significado particular, porém, indicando o cultivo de plantas na ausência de solo (Bezerra Neto & Barreto, 2000). No cultivo convencional, o solo contribui fixando as plantas ao meio e fornecendo água e nutrientes. Providenciando os elementos essenciais, água e sustentação das

plantas, qualquer espécie vegetal se desenvolverá e alcançará excelente produtividade, mesmo sem solo (Teixeira, 1996).

Essa tecnologia de cultivo apresenta como principais vantagens, maior rendimento por área; melhor qualidade do produto; menor incidência de pragas e doenças; maior facilidade de execução dos tratos culturais; melhor programação da produção; ciclos mais curtos em decorrência de melhor controle ambiental; eliminação de perdas de nutrientes por lixiviação, escoamento e volatilização, resultando no uso mais racional de fertilizantes (Martinez, 2006). Há que se considerar ainda a economia no consumo de água em relação a uma irrigação no campo. As sobras de solução nutritiva podem ser utilizadas para irrigar outras culturas, jardins e pastagens (Santos, 2000).

Para o cultivo hidropônico, o uso adequado da solução nutritiva é fundamental para o sucesso do cultivo, seja para fins experimentais, ou para comercial. A solução nutritiva é um sistema homogêneo, com os nutrientes dispersos, na forma iônica ou molecular, em proporções e quantidades adequadas, assim como o oxigênio. Após a solução nutritiva entrar em contato com as raízes das plantas, sua homogeneidade é alterada, pois se tem a presença de compostos orgânicos provindos da atividade microbiana, especialmente da decomposição de fragmentos de raízes ou outras impurezas (vindos com a planta ou do sistema hidropônico), ou, ainda, o próprio exsudato de ácidos orgânicos das raízes (Prado, 2008). Quando manejada de forma incorreta provoca redução na produtividade e na qualidade do produto. Vários cultivos hidropônicos realizados no país são levados ao fracasso devido ao desconhecimento do manejo nutricional. Segundo Teixeira (1996), uma boa solução nutritiva deve conter todos os nutrientes necessários ao desenvolvimento da planta, ter equilíbrio entre os nutrientes, pH entre 5,8-6,5 e ter potencial osmótico entre 0,5 a 0,8 atm.

Rodrigues (2002) descreve os sistemas hidropônicos em dois tipos, ativos e passivos. O bombeamento da solução nutritiva para os canais de cultivo ou a oxigenação da solução nutritiva por meio de compressores de ar, é denominado sistema ativo. Nos sistemas passivos, não há bombeamento; a solução é levada as raízes por capilaridade, utilizando substratos. No reaproveitamento da solução nutritiva o sistema de cultivo hidropônico classifica-se como fechado, ou seja, a solução é reaproveitada continuamente, distinguindo-se do sistema aberto, onde não ocorre reaproveitamento da solução.

As soluções nutritivas provenientes de fertilizantes químicos industriais, de elevado custo, determinam a exclusão da utilização dessa técnica por parte dos produtores (Nicola, 2002).

Segundo Rodrigues (2002), a hidroponia é uma das técnicas de melhoria ambiental que tem despertado interesse crescente no mundo, técnica alternativa de cultivo de plantas com solução nutritiva na ausência ou na presença de substratos naturais ou artificiais.

Cultivo hidropônico com substrato é o que utiliza agregados inertes (que não reagem com a solução nutritiva) como suporte, meio de enraizamento, aeração e oxigenação do sistema radicular. Estes materiais podem ser agrupados em orgânicos e inorgânicos, considerando-se orgânicos, para efeito desta classificação, os materiais sujeitos à decomposição biológica, sendo os inorgânicos os que não estão sujeitos a essa decomposição (Schwartz, 1995). Podem ser utilizados substratos inertes como cascalho, argila expandida, lã de rocha, areia, sílica, bagaço de cana-de-açúcar, turfa, vermiculita, espuma fenólica e misturas diversas (Bezerra Neto & Barreto, 2000).

O substrato permite a drenagem da solução, de forma a manter a rizosfera drenada por período razoável, sem que ocorram danos às raízes. Devido à simplicidade de operação e menor custo de implantação, é uma boa alternativa quando não há disponibilidade de mão-de-obra qualificada para operar sistemas hidropônicos mais complexos. A principal limitação é a possibilidade de aumento de custo em razão da perda de solução fertilizante (drenagem) em sistemas sem recirculação (Melo, 2003).

### **Forragem hidropônica**

A produção de forragens por hidroponia constitui alternativa para o uso em pequenas e médias propriedades com dificuldades para manter a produção de volumosos de forma regular ao longo do ano (Amorim *et al.*, 2000). A utilização da forragem hidropônica pode ser uma opção para atender às dificuldades de produção de pecuaristas que, muitas vezes, não dispõem de quantidade suficiente de alimentos para fornecer aos animais, nem mesmo área física para o plantio de pastagens, dificultando assim a terminação dos mesmos e, portanto, o incremento de suas rendas. A forragem hidropônica não tenta competir com sistemas tradicionais de produção de pastagem, mas surge como complementação (FAO, 2001).

Esse volumoso apresenta vantagens em relação à silagem ou feno, o ciclo é rápido para produção contínua, se desenvolve sob quaisquer condições climáticas, apresenta alta produtividade por área (Oliveira, 1998), possibilita um incremento na produção de alimento, principalmente em pequenas áreas de cultivo (Castellane & Araújo 1994) e pode ser administrada aos animais em qualquer fase de desenvolvimento (Flores, 2004).

Segundo a FAO (2001) pesquisas realizadas mostraram que o fornecimento de forragem hidropônica de aveia para os animais proporcionou aumento de 18% na produção leiteira, constatando-se também média de ganho de peso diário de 0,240 kg e conversão alimentar de 4,68 kg alimento/kg de peso vivo.

### **Uso de águas residuárias em hidroponia**

Uma alternativa produtiva que vem sendo investigada para a destinação de águas residuárias é a hidroponia, que pode aliar a produção agrícola com a possibilidade de um maior controle ambiental (Soares *et al.*, 2006). Em se tratando do aproveitamento dessas águas, a precocidade e a rapidez no crescimento vegetal são características desejáveis, uma vez que um menor tempo de exposição implica em menor absorção e acúmulo de íons nas plantas. Nesse contexto, a produção de forragem hidropônica se destaca pela possibilidade de se produzir um alimento altamente nutritivo e em curto espaço de tempo, havendo a possibilidade de empregá-lo na dieta animal da mesma cadeia produtiva de queijos.

A forragem hidropônica pode ser obtida de 9 a 15 dias após a semeadura (FAO, 2001), é uma alternativa viável, econômica, segura e palatável que pode ser utilizado na nutrição animal (Flores, 2004). Particularmente, essa precocidade também pode ser benéfica para o melhor aproveitamento do soro de leite, considerando sua elevada DBO e a depreciação da qualidade da solução nutritiva.

Esta alternativa pode se constituir uma ótima solução para o pequeno produtor que poderá proporcionar uma suplementação alimentar para seu animal com baixo custo, proporcionando grandes vantagens tanto do ponto de vista ambiental como nutricional.

### **Salinidade: Efeito osmótico e toxidez nas plantas de milho**

A acumulação excessiva dos sais solúveis nas plantas pode acarretar dificuldades de absorção de água, toxicidade de íons específicos e pela interferência dos sais nos processos fisiológicos (efeitos indiretos), reduzindo o crescimento e o desenvolvimento das plantas (Silva Júnior, 2007), a cultura do milho é classificada como moderadamente sensível aos sais, com salinidade limiar estimada em 1,7 dS m<sup>-1</sup> no extrato de saturação do solo (Ayres & Westcot, 1999). Para as condições hidropônicas, a resposta à salinidade tende a ser diferente considerando o manejo da água, a idade das plantas, os tipos de sais envolvidos, entre outros fatores, conforme ressaltaram Maas & Hoffman (1977). De acordo com Silva (2002) quanto maior a salinidade mais rápida a planta irá entrar em condições de estresse salino, provocando

o fechamento dos estômatos, reduzindo a fotossíntese e diminuindo a translocação de nutrientes da raiz para parte aérea.

Um dos efeitos da salinização do meio de cultivo é o menor consumo hídrico pelas plantas, o que é decorrente do efeito osmótico que interfere na absorção de água e, por conseguinte, de nutrientes, o aumento da salinidade da solução de cultivo pode se caracterizar também pelo aumento das concentrações de íons nutrientes e tóxicos, o que leva aos desequilíbrios nutricionais, injúrias foliares e à menor produtividade e qualidade do produto (Ayres & Westcot, 1999; Rhoades *et al.*, 2000; Epstein & Bloom, 2006). No cultivo do milho sob condições de salinidade, tem-se mostrado significativa redução linear da evapotranspiração (Ferreira *et al.*, 2007).

Alguns íons são mais prejudiciais a certas espécies de plantas e, dependendo da qualidade da água utilizada na irrigação, esses íons podem atingir concentrações capazes de promover perdas de produtividade. Dentre esses íons, destaca-se o cloreto e o sódio, entretanto, muitos outros micronutrientes são tóxicos às plantas, mesmo em pequenas concentrações (Rhoades & Loveday, 1990).

Conforme relata Silva Júnior (2007), as partículas do solo não retêm nem adsorvem o cloreto, que se deslocam facilmente com a água do solo, sendo absorvido pelas raízes e translocado às folhas, onde se acumula pela transpiração. A toxidez do cloreto inicia-se com a queima do ápice das folhas que, em estágios avançados, atinge as bordas e promove sua queda prematura nas culturas sensíveis. Os sintomas aparecem quando se alcançam concentrações de 0,3 a 1,0% de cloreto, em base de peso seco das folhas. A toxicidade do sódio é mais difícil de diagnosticar que a do cloreto, porém, têm sido identificada claramente como resultado de alta proporção de sódio na água, os sintomas típicos aparecem em forma de queimaduras ou necrose, ao longo das bordas. As concentrações de sódio nas folhas alcançam níveis tóxicos após vários dias ou semanas e os sintomas aparecem, de início, nas folhas mais velhas e em suas bordas e, à medida que o problema se intensifica, a necrose se espalha progressivamente na área internerval, até o centro das folhas.

Na cultura do milho constatou-se que a absorção de sódio prejudica a de potássio, cálcio e magnésio milho (Alberico & Cramer, 1991; Cramer *et al.*, 1994; Azevedo Neto & Tabosa, 2000; Kawasaki *et al.*, 1983; Izzo *et al.*, 1991), pois o sódio desloca o cálcio do plasmalema das células radiculares, ocasionando na perda da integridade da membrana e efluxo citossólico de solutos orgânicos e inorgânicos (Cramer *et al.*, 1994). Maiores concentrações de potássio podem inibir a absorção de cálcio e magnésio (Prado, 2008),

havendo, para qualquer cultura relações ótimas de cátions no meio de cultivo e nos tecidos vegetais.

A competição dos íons  $\text{Na}^+$  e do  $\text{Cl}^-$  com os demais nutrientes minerais no processo absorptivo acarretam efeitos osmóticos e deficiência de nutrientes (Levitt, 1980). A absorção excessiva de sal nas plantas acarreta desequilíbrio iônico e danos ao citoplasma, promovendo injúrias principalmente nas bordas e no ápice das folhas, a partir de onde a planta perde água por transpiração, havendo nestas regiões acúmulo do sal translocado do solo e intensa toxidez de sais (Lima, 1997).



## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Local de experimentação**

O experimento foi conduzido no Departamento de Tecnologia Rural da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE, cujas coordenadas geográficas no sistema SAD 69 (South American Datum) são 8°01'05" de latitude sul e 34°56'48" de longitude oeste (Albuquerque Filho, 2009).

O clima, de acordo com a classificação de Koppen é As, Megatérmico tropical (tropical úmido), com temperatura média do mês mais frio superior a 18°C e com precipitações de outono e inverno (Brasil, 1992).

O período do experimento foi de 17 de fevereiro à 04 de março de 2009, em casa de vegetação experimental, com cobertura em arco, apresentando as seguintes dimensões: 7m de largura e 24m de comprimento e 3,0m de pé direito nas laterais e 4,5m no vão central. As paredes laterais e frontais foram confeccionadas com tela, possuindo um rodapé de 0,2 m em alvenaria. A cobertura constituiu de manta de polietileno de baixa densidade, transparente, com 0,10mm de espessura, tratada contra a ação de raios ultravioletas.

### **Tratamentos e delineamento experimental**

O delineamento experimental foi inteiramente aleatorizado com seis tratamentos e cinco repetições. A testemunha usada como tratamento controle foi a solução nutritiva (Tabela 1) usualmente empregada para forragem de milho hidropônico. Os demais tratamentos foram conformados em diferentes níveis de diluição do soro de leite em água potável (sem adição de outros sais), sendo avaliadas as concentrações de 20, 40, 60, 80 e 100% de soro no meio de cultivo (Tabela 1).

O soro de leite utilizado foi proveniente da fabricação de queijo tipo coalho (soro ácido) a partir do processamento industrial do leite bovino, fornecido pela Fazenda Roçadinho, Capoeiras, PE. O soro foi transportado em tambores de 50 litros (sem refrigeração) e armazenado em freezer a 0°C, sendo apenas retirado no momento das regas. Inicialmente foi feita a coleta do leite, adicionou-se coagulante, homogeneizando a solução, deixando-se a mistura em repouso durante 30 minutos. Posteriormente foi feita a separação do leite coagulado e do soro, adicionando NaCl no leite coagulado e prensando-o sendo drenando o líquido restante para o recipiente onde se encontraram armazenado o soro.

As análises para determinar a composição química do soro de leite (Tabela 1) foram realizadas no Laboratório de Análises Agrícola – Lagri (Recife, PE). Foi fornecida uma alíquota de 50 mL do soro de leite, que foi analisado segundo metodologia descrita por Orlando Filho *et al.*, (1983). Essa alíquota foi obtida após filtragem em papel filtro quantitativo, seguida por uma centrifugação a 14.000 rpm durante 15 minutos.

Tabela 1. Composição química das soluções referentes aos tratamentos com diluição do soro de leite.

Tratamentos (% de soro de leite) <sup>(a)</sup>	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Fe	Cu	Mn	Zn	CE	pH
	-----mg L <sup>-1</sup> -----							-----µg L <sup>-1</sup> -----				dS m <sup>-1</sup>	
Testemunha <sup>(b)</sup>	62	8,9	49,7	49,4	6,2	8,1	-	938	35	438	88	0,7	4,0
T-100	860	300	1500	220	180	-	370	80.000	2.000	2.000	2.400	5,5	4,1
T-80	688	240	1200	176	144	-	296	64.000	1600	1600	1.920	4,4	4,1
T-60	516	180	900	132	108	-	222	48.000	1200	1200	1.440	3,3	4,1
T-40	344	120	600	88	72	-	148	32000	800	800	960	2,2	4,1
T-20	172	60	300	44	36	-	74	16000	400	400	480	1,1	4,1

(a) Diluído em água potável; (b) solução nutritiva (Bezerra Neto e Barreto, 2000)

### Técnica de cultivo e manejo

O substrato empregado no cultivo hidropônico de milho foi o bagaço de cana-de-açúcar, que foi escolhido por sua disponibilidade regional e por ser recomendado para a produção hidropônica de forragem (Santin, 2005). O bagaço de cana-de-açúcar substrato foi triturado em máquina forrageira, peneirado, posto em reservatório com água corrente por um período de 24 horas para retirada de açúcar e outras substâncias contidas. Após esse processo, o material foi espalhado em lonas, em camadas finas e uniformes para sua secagem. Posteriormente, foram coletadas amostras para análise química do substrato (Tabela 2).

Tabela 2. Composição química do bagaço-de-cana (substrato) e semente de milho utilizados no cultivo do milho hidropônico.

	N	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn
	-----g Kg <sup>-1</sup> -----					-----mg Kg <sup>-1</sup> -----			
Bagaço de cana	3,14	0,35	0,86	0,23	0,35	202	30,63	37,87	6,93
Semente de milho	10,99	3,54	1,02	0,88	0,18	110	36,22	35,73	6,94

O sistema hidropônico foi disposto em trinta bandejas plásticas (50 x 35 cm) posicionadas a 0,80 m de altura do solo, sobre bancadas de ferro, com uma inclinação de 4%

(Figura 1). Adotou-se o sistema hidropônico fechado, ou seja, com reaproveitamento do resíduo utilizado. As bandejas foram perfuradas na lateral, onde foi conectada uma mangueira de aproximadamente 15 cm para drenar as soluções irrigadas para os coletores de 2 litros de capacidade, as quais armazenavam o drenado, que seria reutilizado na próxima irrigação.

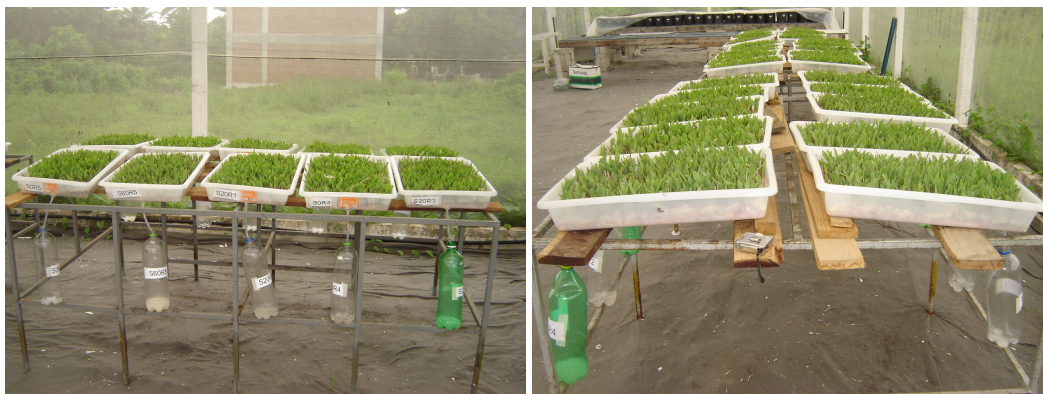


Figura 1. Estrutura experimental utilizada no cultivo de forragem de milho hidropônico com diferentes doses de soro de leite e solução nutritiva convencional.

Foram utilizadas sementes de milho não tratadas obtidas no Centro de Abastecimento Alimentar de Pernambuco – CEASA/PE. O uso de sementes quimicamente tratadas não é recomendado para forragem hidropônica considerando o risco de intoxicação para os animais (Amorim *et al.*, 2005). A viabilidade dessas sementes foi determinada através de um teste preliminar, no qual as sementes foram postas em papel toalha e cobertas com o mesmo, mantendo-as sempre úmidas por um período de 48 horas. O poder germinativo foi avaliado em cerca de 80%. Posteriormente, foram feitas análises químicas para identificar os teores nutricionais das sementes utilizadas, sendo os resultados apresentados na (Tabela 2).

As sementes de milho foram selecionadas através da separação manual das inviáveis. Posteriormente, as selecionadas passaram pelo período de quebra de dormência, fase que corresponde à sua submersão em água por 24 horas.

A densidade de semeadura foi feita com base na proporção de  $2,5 \text{ kg m}^{-2}$ , a qual está dentro da faixa ideal, segundo a FAO (2001):  $2,2 \text{ a } 3,4 \text{ kg m}^{-2}$ . Cada bandeja ( $0,175 \text{ m}^2$ ) recebeu 400 gramas de sementes de milho, que foram distribuídas sobre uma camada de 80g de substrato, dispostas uniformemente e cobertas com outra camada de 120g de substrato. O período de pré-germinação das sementes teve duração de sete dias, fase na qual as plântulas somente se nutriram de suas reservas nutricionais. As irrigações foram efetuadas seis vezes ao dia (8:00; 10:00; 12:00; 14:00; 16:00 e 18:00 horas), fornecendo somente água potável durante esse período.

Logo após a pré-germinação, iniciou-se a irrigação com solução nutritiva (tratamento controle) e com as diferentes doses de soro de leite. As irrigações foram realizadas manualmente, nos seguintes horários: 8:00; 10:00; 12:00; 14:00; 16:00; 18:00 horas. Em cada evento de irrigação, teve-se a precaução de não deixar o soro de leite e a solução nutritiva entrarem em contato com as folhas.

Inicialmente, foi fornecido 1 L/dia das soluções por unidade experimental. Diariamente foi medido e registrado (7:00 horas), antes de iniciar as irrigações o excesso da solução drenada que estava armazenada nos coletores, sendo repostado o volume consumido até atingir o volume inicial (1 L/DAS), sendo o mesmo reaproveitado na irrigação posterior. A partir do 15º dia após a semeadura, o manejo da irrigação foi diferenciado com o intuito de se reduzir os volumes drenados nos tratamentos com as maiores concentrações de soro e, assim, evitar o armazenamento prolongado e, por conseguinte, a degradação da solução de cultivo. Isso foi necessário ao se observar que nesses tratamentos, os volumes de irrigação baseados na testemunha produziam altas frações de percolado devido ao seu menor consumo hídrico, havendo típico odor de fermentação. Assim o consumo hídrico das plantas foi calculado diariamente, subtraindo-se do volume de solução aplicada pelo volume da solução drenada. O consumo hídrico acumulado durante o cultivo foi empregado na análise dos tratamentos.

Diariamente, às 9:00 horas, coletava-se amostra do excesso da solução para medição da condutividade elétrica e do pH da solução nutritiva de cada unidade experimental. Essa medição teve caráter apenas informativo, não sendo considerada para ajustes de pH e/ou condutividade elétrica.

### **Colheita, análise de produção e de teores nutricionais**

A colheita foi feita 15 dias após a germinação, correspondendo a 21 dias após a semeadura (DAS). Com o auxílio de uma tesoura, a parte aérea das plantas foi cortada rente ao substrato. Posteriormente, obteve-se em balança de precisão a massa fresca da parte aérea (MFPA) e a massa fresca do substrato com as raízes (MFPR). Após três dias de secagem em estufa com circulação forçada e temperatura controlada em 65°C, foram obtidas a massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca do substrato com as raízes (MSPR).

Para determinar as concentrações dos nutrientes nos tecidos foliares e na mistura raízes com bagaço de cana, seus respectivos materiais secos em estufa foram triturados em moinho tipo Willey, seguindo-se o preparo dos extratos específicos para as determinações analíticas dos nutrientes (incluindo Cl) e de Na, conforme a metodologia descrita por Bezerra

Neto & Barreto (2004). Os macronutrientes analisados no Laboratório de Bioquímica Vegetal da UFRPE foram N, (digestão sulfúrica), P, K, S, Ca e Mg (digestão nitroperclórica). Enquanto os micronutrientes Fe, Cu, Zn, Mn (digestão nitroperclórica) e o Cl; o Na foi analisado após digestão nitroperclórica, todos analisados na Estação Experimental de Cana-de-açúcar no município de Carpina, campus da UFRPE.

Foram empregadas as seguintes metodologias para determinação dos teores nutricionais: absorção atômica para Fe, Cu, Zn, Mn Ca e Mg; fotometria de chama para K e Na; titulação para Cl e N total; colorimetria (indicador molibdato e vanadato) com posterior leitura no espectrofotômetro de absorção atômica para P; e turbimetria com posterior leitura no espectrofotômetro de absorção atômica para S.

Os resultados obtidos com as diferentes concentrações de soro de leite (tratamentos quantitativos) foram submetidos à análise de regressão, buscando-se ajustar modelos de comportamento. Os modelos foram selecionados com base na significância indicada pelo teste F a 5% de probabilidade e nos valores dos coeficientes de correlação. A significância dos coeficientes do modelo ajustado foi avaliada pelo teste t em nível de 5% de probabilidade (Pimentel Gomes, 2000). Por outro lado, foram contrastados (tratamentos qualitativos) os resultados obtidos com a solução nutritiva convencional e com cada concentração de soro de leite diluído em água, mediante comparação de médias (teste t de Student) (Pimentel Gomes, 2000). As análises estatísticas foram conduzidas no software SAS.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Efeito do soro do leite sobre a salinidade e o pH das soluções drenadas

A solução nutritiva convencional (testemunha) apresentou CE de  $0,7 \text{ dS m}^{-1}$ , e a CE média da solução após recirculação durante os três primeiros dias foi de  $0,39 \text{ dS m}^{-1}$ , o que pode ser atribuído à absorção de sais pelo substrato de cultivo (Figura 2). De maneira geral, esse mesmo comportamento foi observado nos tratamentos com diferentes concentrações de soro de leite durante os primeiros dias do experimento. Posteriormente, para os tratamentos com maiores níveis de soro, observou-se progressivo aumento da salinidade. Esse é um aspecto importante, pois a precocidade da forragem hidropônica pode permitir a colheita quando a salinização da solução se tornar mais intensa (Figura 2).

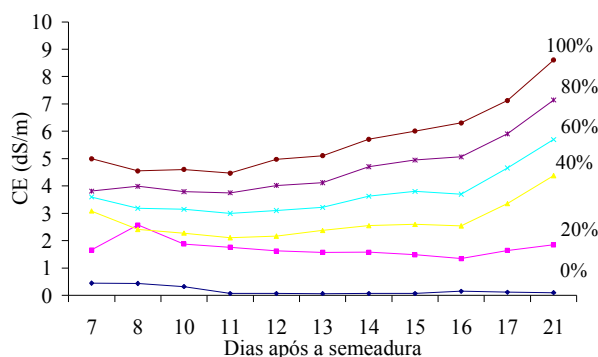


Figura 2. Condutividade elétrica da solução de cultivo em função de diferentes concentrações de soro de leite ao longo do experimento.

A baixa condutividade elétrica da testemunha poderia indicar falta de nutrientes no meio de cultivo, entretanto, deve-se reiterar que a reposição do volume evapotranspirado foi feita com a própria solução nutritiva, havendo correspondente restituição diária de nutrientes.

Em relação ao pH da solução de cultivo, observou-se tendência à elevação até o 15º DAS para os tratamentos com soro (Figura 3), que é uma substância ácida (Tabela 1). Esse aumento do pH pode ser atribuído à absorção diferenciada de cátions e ânions (Furlani *et al.*, 1999), sabendo-se que quando predomina a absorção de cátions pode haver liberação de  $\text{H}^+$  pelas raízes na solução, o que implicaria na diminuição do pH (Spinu & Albright, 1999; Barker & Mills, 1980; Rodrigues, 2002). A absorção de ânions, por outro lado tenderia a promover a elevação do pH.

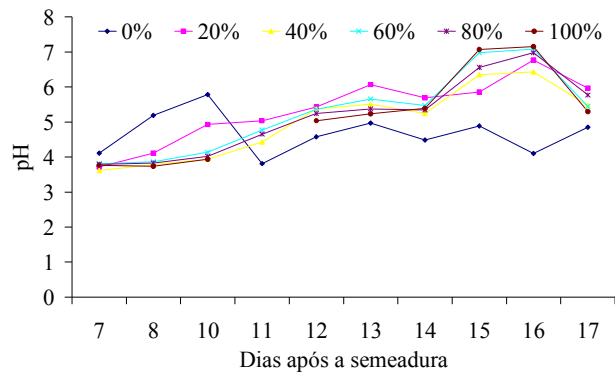


Figura 3. pH da solução drenada no cultivo de milho hidropônico, em função dos dias após a semeadura e da solução empregada.

A partir do 15º DAS, foram registradas oscilações nos valores de pH. Já para a testemunha, verificou-se oscilação desde o início do experimento. O pH inicial das soluções de cultivo baseadas no soro do leite foi apenas um pouco inferior (pH 3,7) ao da solução nutritiva (pH 4,1). No presente trabalho não se fez ajuste de pH durante o cultivo, sendo a faixa ideal (5,5 a 7,0, segundo Andrade Neto *et al.*, 2002) mantida apenas no seu limite superior, uma vez que foram frequentes os valores de pH abaixo de 5,5, sobretudo na primeira metade do ciclo de cultivo. Baixos valores de pH são relacionados à menor disponibilidade de nutrientes e também ao comprometimento da integridade da membrana celular, havendo a possibilidade de perdas de nutrientes já assimilados (Furlani *et al.*, 1999; Andrade Neto *et al.*, 2002). Sob pH baixo, pode haver deficiências de  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  e toxidez por micronutrientes (Rodrigues, 2002; Jones, 1982).

A partir do 18º DAS, o manejo da irrigação foi diferenciado com o intuito de se reduzir os volumes drenados nos tratamentos com as maiores concentrações de soro e, assim, evitar o armazenamento prolongado e, por conseguinte, a degradação da solução de cultivo. Isso foi necessário ao se observar que nesses tratamentos, os volumes de irrigação baseados na testemunha produziam altas frações de percolação devido ao seu menor consumo hídrico, havendo típico odor de fermentação.

Em função dessa diferenciação, houve uma redução nos volumes drenados, o que pode ter refletido no pH da solução: esses menores volumes de solução seriam mais suscetíveis às mudanças do pH (menor tamponamento). A partir dessa data, descaracterizou-se a tendência de aumento progressivo do pH. Outros motivos podem ter contribuído para a acidez da solução ao final do cultivo, como o ‘envelhecimento’ do soro com a decomposição

microbiana da matéria orgânica, pois o CO<sub>2</sub> produzido nesse processo, ao reagir com a água, libera H<sup>+</sup> (Taiz & Zeiger, 2006).

### Efeito da salinidade das soluções sobre o consumo hídrico

Foi observada redução linear do consumo hídrico da forragem hidropônica de milho em função do aumento das concentrações de soro de leite na solução de cultivo (Figura 4). O resultado está de acordo com o aumento progressivo da salinidade da solução (Figura 2) e com a menor produção de massa de matéria fresca da parte aérea, como será descrito posteriormente.

O consumo hídrico, estimado pela equação linear ajustada aos dados obtidos, foi de 6 litros para o tratamento com 20% de soro; quando se utilizou a maior dose de soro, registrou-se um consumo de 3,75 litros, o que representa uma redução de 2,25 litros ou 37,6% (Figura 4).

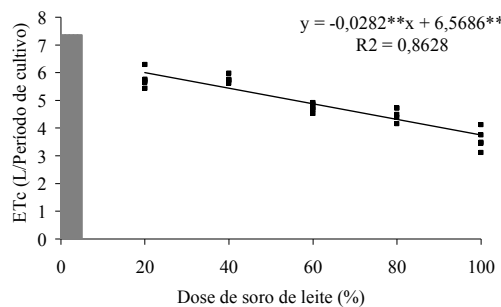


Figura 4. Evapotranspiração (ETc) da forragem hidropônica de milho em função das diferentes doses de soro de leite utilizadas na solução de cultivo.

No cultivo de forragem hidropônica, as perdas de água por evapotranspiração são mínimas quando comparada com as condições de produção convencional nas espécies forrageiras, cujas eficiências variam entre 230 a 635 litros de água por kg de matéria seca. A produção de 1 kg de forragem hidropônica requer de 2 a 3 litros de água com porcentagem de matéria seca que oscila, dependendo da espécie forrageira, entre 12 a 18% (Sánchez, 1997; Lomelí Zúñiga, 2000; Rodríguez, 2000), o que representa um consumo total de 15 a 20 litros de água por kg de matéria seca obtida em 14 dias.



## Produtividade da forragem de milho hidropônico

Em virtude das características experimentais do presente trabalho, inicialmente será feita uma discussão sobre o efeito do soro do leite na produção de forragem hidropônica de milho apenas considerando os tratamentos da diluição do soro. O tratamento controle (testemunha), por empregar sais fertilizantes balanceados em água potável, não foi usado na análise de regressão dos dados, embora sua resposta esteja também apresentada nos gráficos dessa análise (em forma de barra). No segundo momento da discussão, será feita a comparação entre a testemunha (solução nutritiva) e cada um dos tratamentos com soro de leite.

O aumento das doses de soro de leite utilizadas como solução de cultivo levou à redução linear da produção de forragem de milho hidropônico, em termos de acúmulo de massas de matéria fresca e seca da parte aérea (Figura 5A e B). Com base no modelo ajustado, a estimativa da produção de MFPA obtida com soro diluído a 20% foi de 1,639 Kg m<sup>-2</sup>, enquanto com soro não diluído (100%) foi de 0,415 Kg m<sup>-2</sup>, uma queda de 74,7%.

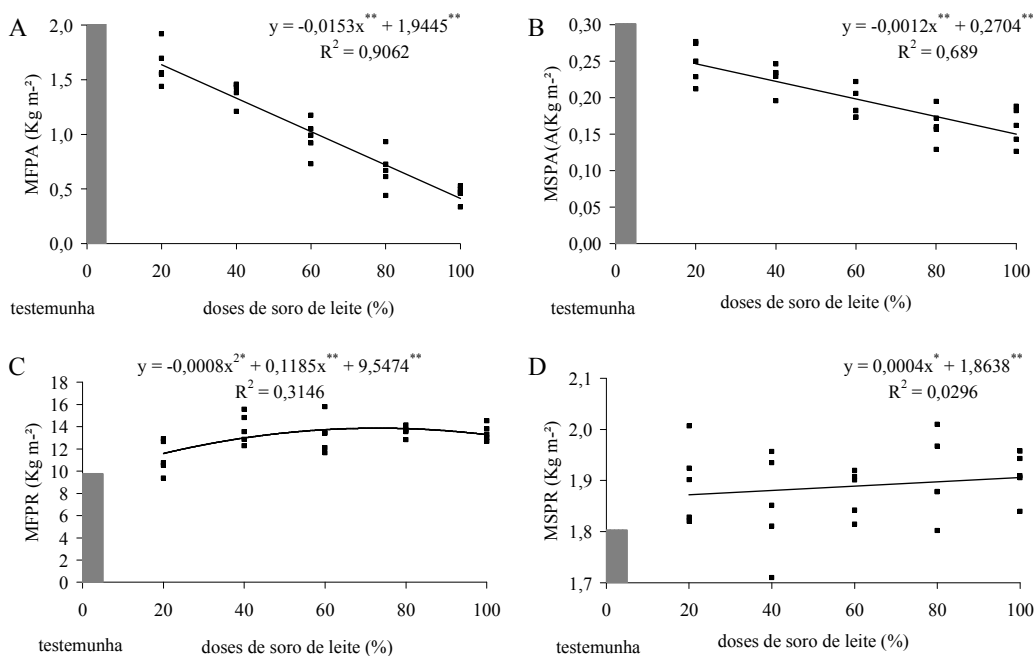


Figura 5. Massa fresca (A) e massa seca (B) da parte aérea e massa fresca (C) e seca (D) na raiz de milho cultivado hidroponicamente em função de concentrações de soro de leite.

Extrapolando-se tais valores em termos de produtividade por hectare, as plantas cultivadas com soro de leite diluído a 20% produziram 16.390 t.ha<sup>-1</sup> somente da parte aérea em um único ciclo de cultivo. Admitindo que possa ocorrer mais de 20 ciclos de cultivo por

ano, conseguir, aproximadamente, mais de 300 t.ha<sup>-1</sup>, somada à parte aérea a massa fresca do sistema radicular, é possível se obter em um ano mais de 2.000 t.ha<sup>-1</sup> de massa fresca.

A produção de massa fresca e seca na parte aérea decresceu com o aumento das doses de soro de leite, enquanto que a produção na parte radicular apresentou comportamento oposto aumentando a produtividade com o aumento nas concentrações de soro de leite.

Tabela 3. Contraste entre massa fresca, massa seca, teores de nutrientes na parte aérea das plantas testemunha e das plantas cultivadas com soro de leite.

	MF	MS	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Fe	Cu	Zn	Mn	Cl	
	---Kg m <sup>-2</sup> ---		-----g Kg <sup>-1</sup> -----							-----mg Kg <sup>-1</sup> -----					
Test	2,03	0,3	28,30	9,28	5,06	5,36	3,66	2,82	0,93	118,71	26,14	86,45	62,8	7,78	
T20	1,64**	0,25**	26,51 <sup>ns</sup>	8,78 <sup>ns</sup>	46,36**	4,57*	3,47 <sup>ns</sup>	2,61 <sup>ns</sup>	1,14 <sup>ns</sup>	95,63*	23,31*	98,24 <sup>ns</sup>	22,20**	26,94**	
T40	1,39**	0,23**	27,08 <sup>ns</sup>	8,83 <sup>ns</sup>	44,46**	3,62**	3,47 <sup>ns</sup>	2,91 <sup>ns</sup>	2,26**	93,08*	21,40**	98,88 <sup>ns</sup>	15,81**	27,59**	
T60	0,97**	0,19**	30,40 <sup>ns</sup>	9,08 <sup>ns</sup>	44,14**	2,84**	2,83**	3,44*	3,55**	88,13**	22,08**	106,74**	15,63**	25,48**	
T80	0,68**	0,16**	32,30*	8,02**	43,59**	3,01**	2,50**	3,56*	4,23**	88,17**	23,14*	101,24*	16,84**	24,80**	
T100	0,46**	0,16**	34,21**	8,64 <sup>ns</sup>	41,65**	2,97**	2,59**	4,18**	4,98**	103,69 <sup>ns</sup>	23,89 <sup>ns</sup>	116,89**	17,26**	22,65**	
C.V.	13,08	10,45	7,75	6,45	6,8	15,37	10,57	13,06	18,94	15,81	9,32	10,73	9,27	6,68	

ns, \*, \*\* representam, respectivamente, não significância e significância a 1% e a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Contraste entre massa fresca, massa seca, teores de nutrientes na parte radicular das plantas testemunhas e das plantas cultivadas com soro de leite

	MF	MS	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Fe	Cu	Zn	Mn	Cl	
	---Kg m <sup>-2</sup> ---		-----g Kg <sup>-1</sup> -----							-----mg Kg <sup>-1</sup> -----					
TEST	9,76	1,80	18,84	2,37	2,81	1,47	0,85	1,05	2,85	241,72	12,67	241,72	1,14	3,89	
T20	11,25 <sup>ns</sup>	1,90*	19,73 <sup>ns</sup>	4,80**	6,54**	2,59*	1,10*	1,05 <sup>ns</sup>	2,93 <sup>ns</sup>	192,04*	13,19 <sup>ns</sup>	192,04*	0,69**	5,30*	
T40	13,82**	1,85 <sup>ns</sup>	22,55**	6,22**	11,74**	3,02**	1,18*	1,07 <sup>ns</sup>	5,41**	199,44 <sup>ns</sup>	18,00**	199,44 <sup>ns</sup>	0,83**	10,06**	
T60	13,29**	1,88 <sup>ns</sup>	22,21**	6,49**	13,77**	3,78**	1,36**	1,08*	5,84**	190,29*	13,71 <sup>ns</sup>	190,29*	0,87**	10,61**	
T80	13,59**	1,91*	22,61**	6,21**	16,78**	4,27**	1,23**	1,08*	5,74**	213,96 <sup>ns</sup>	20,06**	213,96 <sup>ns</sup>	0,76**	11,29**	
T100	13,48**	1,91*	21,98*	5,91**	18,10**	4,56**	1,57**	1,08 <sup>ns</sup>	6,43**	171,34**	18,11**	182,31**	0,55**	12,73**	
C.V.	9,62	3,71	8,70	10,93	6,80	17,95	15,05	1,80	8,39	13,52	14,17	13,81	11,78	10,61	

ns, \*, \*\* representam, respectivamente, não significância e significância a 1% e a 5% de probabilidade.

Em comparação com a testemunha, a produção de forragem hidropônica de milho (MFPA e MSPA) (Tabela 3 e Tabela 4) com a utilização de soro de leite foi significativamente menor para todas as doses avaliadas, demonstrando que o emprego direto e exclusivo do soro de leite em concentração igual ou superior a 20% foi incapaz de reproduzir o mesmo rendimento que se pode obter com uma solução nutritiva balanceada preparada mediante fertilizantes solúveis.

Na matéria fresca e seca total (folha+colmo+substrato+raízes), a testemunha obteve produção 11,79 e 2,10 kg m<sup>-2</sup>, respectivamente ultrapassando o resultado de massa fresca 9,05 kg m<sup>-2</sup> e seca e 2,20 kg m<sup>-2</sup> encontrado por Müller *et al.*, (2006). No entanto deve-se considerar a diferença no substrato utilizado, que pode vir a influenciar na produção do cultivo hidropônico.

Já o acúmulo de massa de matéria fresca das raízes junto com o bagaço de cana (MFPR) tendeu a aumentar até as concentrações intermediárias de soro, seguindo-se uma redução nas concentrações mais elevadas (Figura 5C). A dose de soro de leite que produziria a maior produção de MFPR foi estimada em 73,15%, com base na derivada do modelo ajustado. Esse comportamento quadrático pode ser explicado pela progressiva incorporação de sólidos no substrato à medida que se aumentou a concentração de soro de leite, havendo como contrapartida desse aumento a diminuição da produção de raízes. Por outro lado, deve-se registrar que houve diminuição do volume de irrigação (Figura 4) e, portanto, possivelmente ocorreu menor incorporação de sólidos no substrato com o acréscimo das doses de soro de leite. Em termos de massa de matéria seca, registrou-se significância nos modelos aplicados aos dados (Figura 5D), no entanto observou-se grande discrepância entre nos resultados avaliados.

Comercialmente, a forragem hidropônica é fornecida como o conjunto planta e substrato. No presente trabalho, o aumento da produção de MFPR até os níveis intermediários de concentração de soro deve ser tomado com ressalva, pois não necessariamente representam maior produção de forragem. O acúmulo de massa no bagaço representa também a incorporação dos sólidos dissolvidos e materiais em suspensão no soro do leite, havendo substâncias orgânicas que podem depreciar a qualidade físico-química e organoléptica do substrato. Não sendo objetivo a abordagem do efeito do soro na qualidade organoléptica da mistura do substrato com as raízes.

As plantas irrigadas com 20% de soro não apresentaram diferença significativa na produção de matéria fresca na parte radicular em relação à solução testemunha. As demais

doses de soro produziram significativamente mais que a testemunha, demonstrando que a aplicação da solução com 20% de soro apresenta produção de MFPR. Em análise visual, na colheita, observou-se que as plantas submetidas às maiores doses de soro apresentaram menos raízes, significando que doses superiores de soro implicam em maior produção de MFPR por incremento da incorporação de resíduos no substrato e não necessariamente pelo próprio crescimento das raízes (Tabela 4).

### **Sintomatologia da forragem de milho hidropônico**

Foram observados sintomas de necrose nas bordas foliares da forragem de milho que se expandiram ao longo da parte aérea com o aumento das concentrações e ao longo do ciclo (Figura 6).

Verificou-se que as forragens de milho cultivadas com menores concentrações de soro de leite apresentaram intenso roxeamento nas bordas das folhas, com menor ocorrência de necrose. As plantas irrigadas com soluções mais concentradas (80 e 100%) de soro de leite proporcionaram intensa necrose das folhas estendendo-se da base à região apical, com menor roxeamento nas folhas.

Embora os teores de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio no soro estejam bastante acima dos teores na solução controle (Tabela 1), é provável que tais nutrientes não se encontrem em forma assimiláveis pelas plantas, o que pode ter acarretado na deficiência nutricional de tais nutrientes.

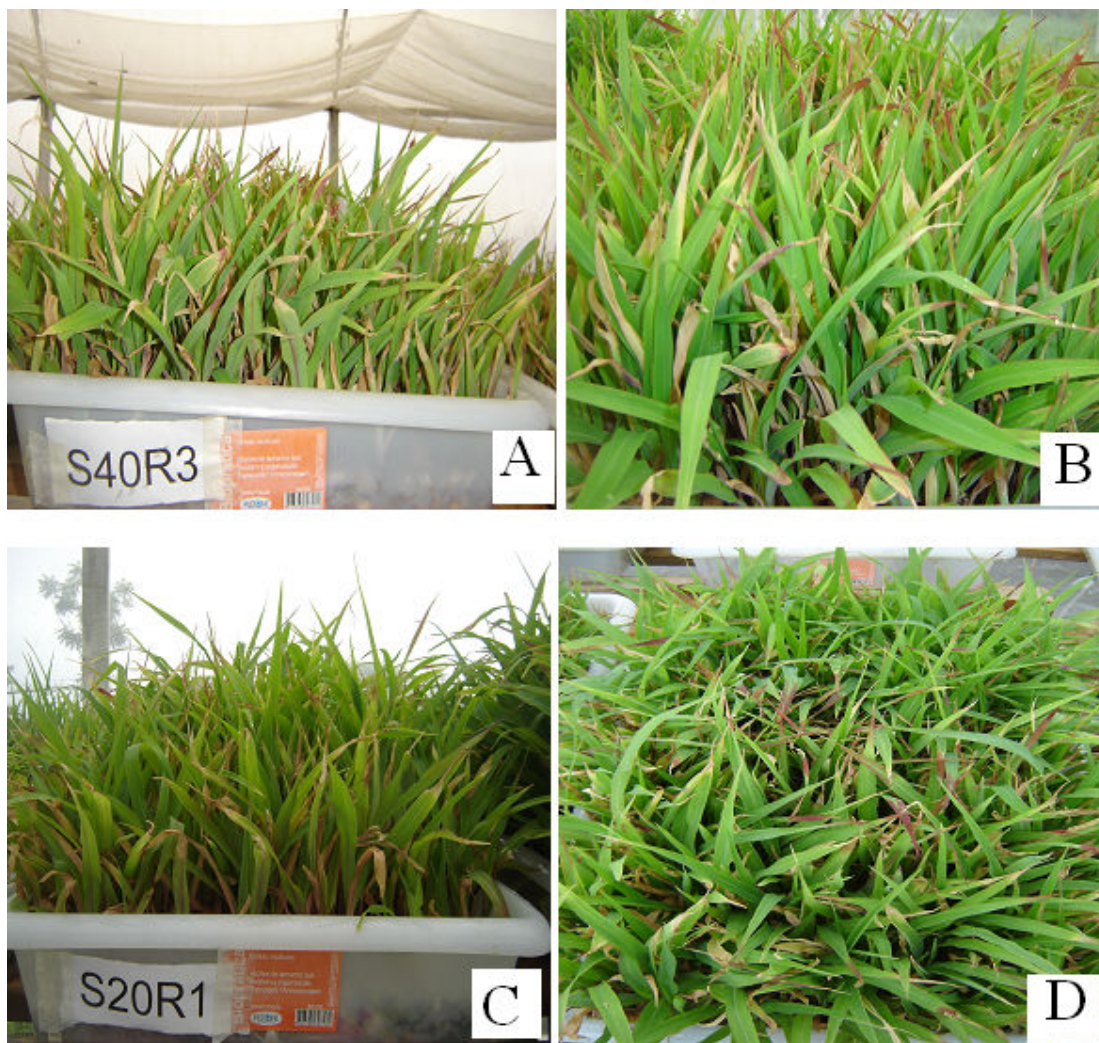


Figura 6. Sintomas de necrose intensa nas folhas de milho forrageiro submetidos à soluções com 40 (A), 60 (B), 80 (C) e 100% (D) de soro de leite.

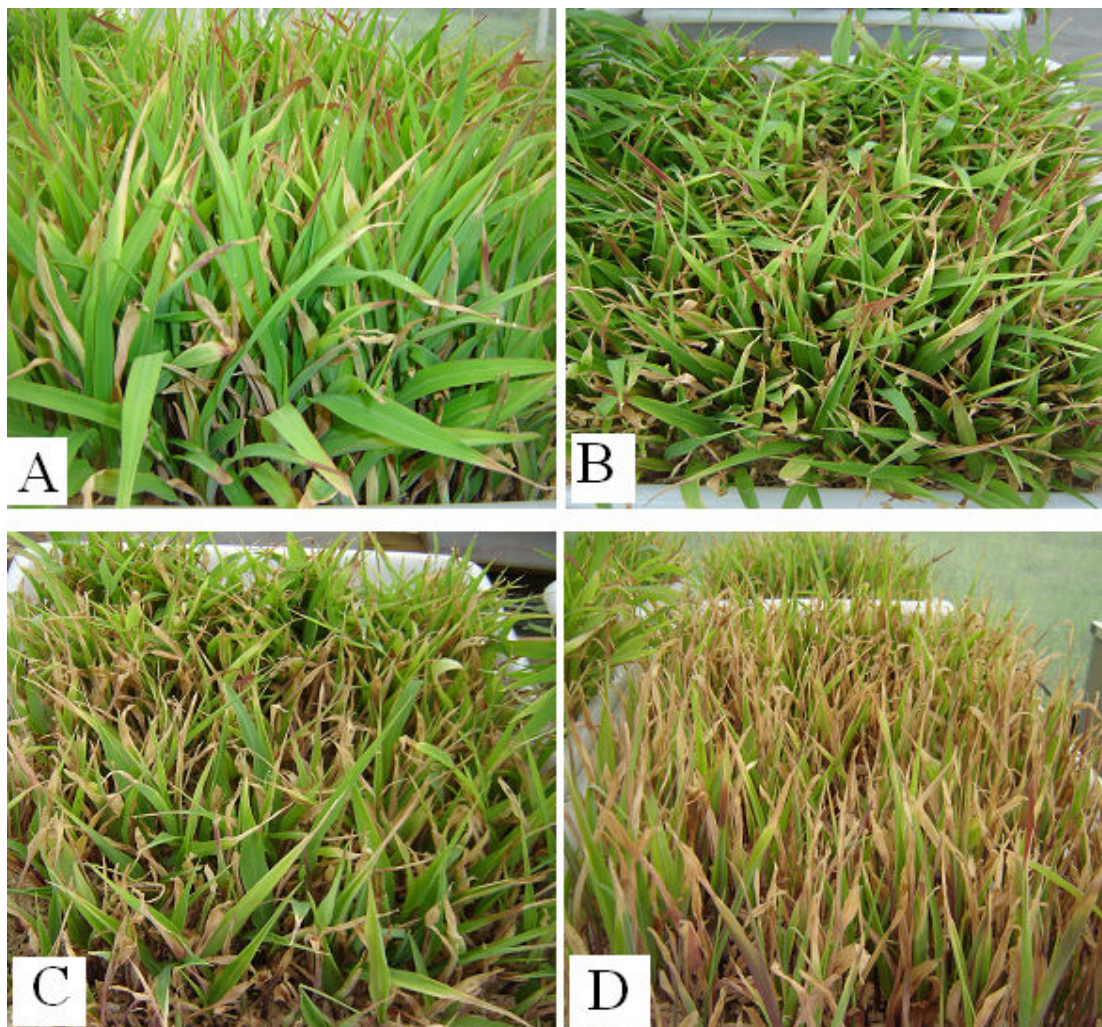


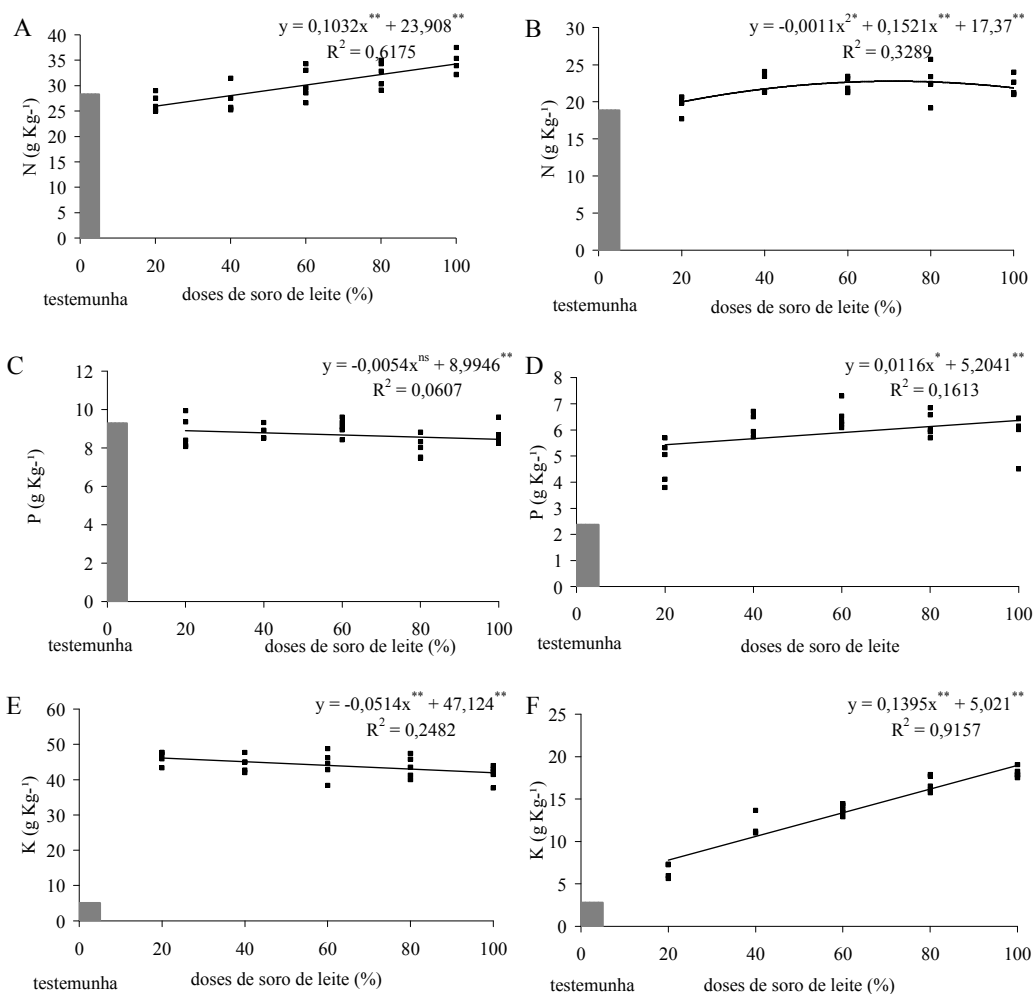
Figura 7. Roxeamento nas folhas do milho hidropônico submetidos à soluções com 40% (A e B) e 20 % (C e D) de soro de leite.

#### **Efeito do soro do leite sobre a composição química da forragem hidropônica**

Com o aumento das doses de soro de leite, observou-se um acréscimo linear nos teores de nitrogênio da parte aérea, havendo tendência quadrática na parte radicular do milho hidropônico (Figura 8A e B). Por outro lado, uma tendência de redução linear nos teores de potássio na parte aérea da forragem apresentando comportamento oposto nas raízes (raiz + substrato) com intenso acréscimo com o aumento das doses de soro de leite (Figura 8E e F). Observou-se ausência de efeito do soro sobre os teores de fósforo na parte aérea, mostrando-se efeito significativo ( $P>0,05$ ) com acréscimo linear na porção radicular com a elevação das doses de soro. Os teores de cálcio e magnésio seguiram a mesma tendência com redução

linear na parte aérea e acréscimo linear nas raízes (raiz + substrato) com o aumento nas doses de soro (Figura 8G, I, H e J), enquanto os teores de enxofre aumentaram na porção aérea reduziram-se na porção radicular (raiz + substrato) com a elevação nas doses de soro (Figura 8L e M).

Atribui-se o crescente aumento dos teores nutricionais na raiz (Figura 8D, F, H, J e M) juntamente com o bagaço de cana, ao acúmulo de sólidos totais agregados ao substrato utilizado acarretado devido ao reaproveitamento da solução empregada, visto que os teores nutricionais encontrados em sua composição mostram-se em mínimas quantidades (Tabela 3). Por outro lado, as raízes irrigadas com as soluções de maiores concentrações de soro de leite podem ter obstruído a zona pilífera impedindo a absorção nos pêlos absorventes (Taiz & Zeiger, 2006).



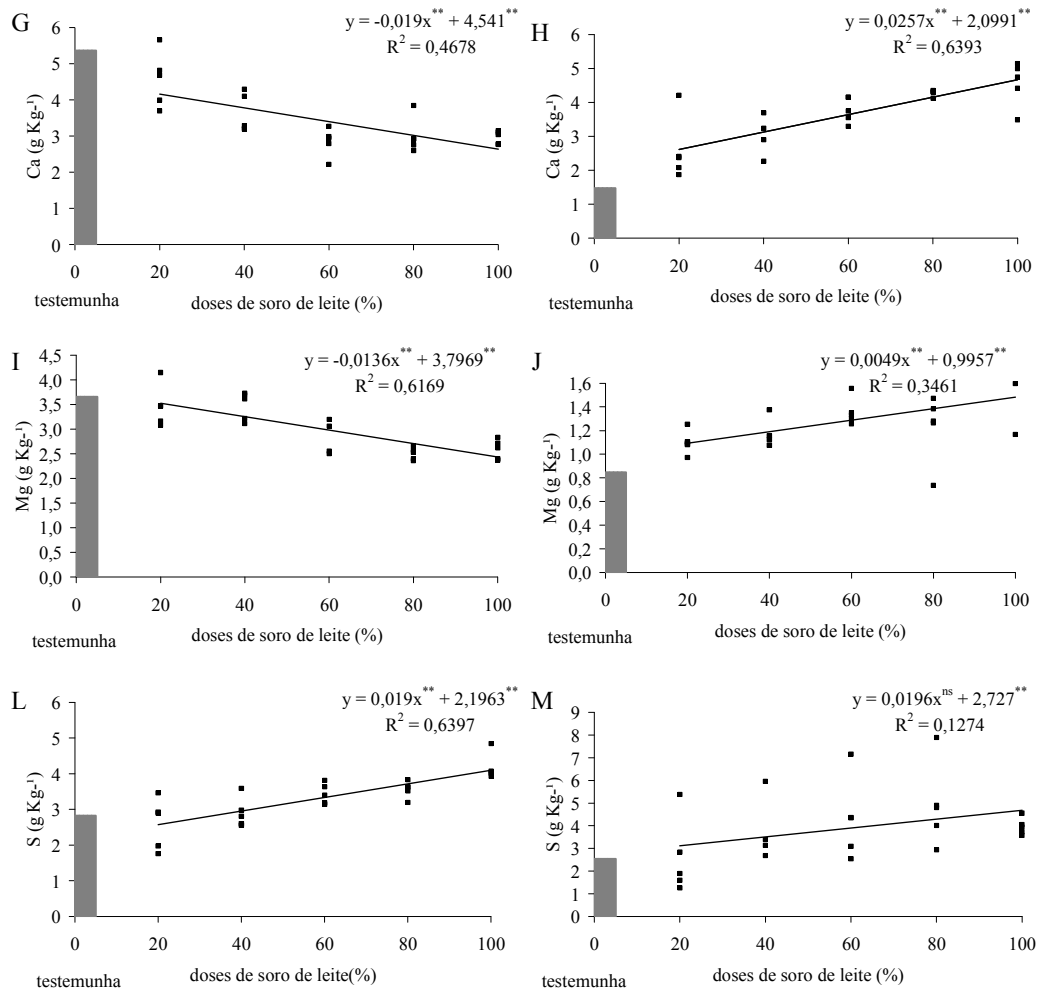


Figura 8. Teor de nitrogênio (A e B), fósforo (C e D), potássio (E e F), cálcio (G e H), magnésio (I e J) e enxofre (L e M) na parte aérea e radicular em função das doses de soro de leite na forragem hidropônica de milho.

O aumento nos teores de nitrogênio e enxofre (Figura 8A e L) na parte aérea do milho hidropônico está de acordo com a presença desses elementos no soro (Tabela 1). Os teores de nitrogênio (Tabela 3) encontrados na parte aérea da forragem de milho hidropônico cultivada com as concentrações de 20, 40 e 60% de soro de leite estão de acordo com os teores considerados por Cavalcante (2008), como adequados 27,5-32,5 g Kg<sup>-1</sup>, sendo semelhante ao teor encontrado na solução nutritiva convencional.

Enquanto os teores de enxofre (Tabela 3) tanto para a solução convencional como para as soluções baseadas no soro de leite, foram superiores aos níveis adequados indicados



Cavalcante (2008). Com as doses de 20 e 40% de soro, foram obtidos teores semelhantes ao encontrado com o uso da testemunha.

Os teores desses nutrientes na forragem submetida às maiores concentrações de soro foram superiores aos obtidos com a solução nutritiva. Isso revela que o soro do leite pode prover nitrogênio e enxofre para o milho hidropônico a partir de suas formas assimiláveis pelas plantas, mas se deve cuidar para eventuais efeitos de antagonismo sobre outros nutrientes. Segundo Rodrigues (2002), aumentando a concentração de sulfato, a absorção de molibdênio é reduzida e o mesmo ocorre com outros nutrientes quando a concentração de sulfato e fósforo é aumentada. Altas concentrações de sulfato podem também implicar na precipitação de cálcio e magnésio solúveis (Prado, 2008).

Outro problema seria o excessivo acúmulo de nitrato nas folhas, sobretudo imaginando um futuro uso do soro do leite para produção de hortaliças folhosas para consumo humano, uma vez que o nitrato tem sido relacionado com problemas de saúde. Por sua vez, o excesso de amônio absorvido tem sido relacionado com problemas de fitotoxidez. No presente trabalho, não foi avaliada frações do nitrogênio (amoniacoal ou nítrica) disponível na solução do soro.

Os teores de fósforo encontrados nas plantas analisadas foram bastante superiores (8,0 e 9,3 g kg<sup>-1</sup>) aos níveis considerados por Cavalcante (2008) como adequados, quais sejam: 2,5 e 3,5 g kg<sup>-1</sup>. Entretanto, os teores de fósforo na parte aérea das plantas submetidas ao soro de leite não foram estatisticamente diferenciados do teor registrado com o uso de solução nutritiva convencional. Nesse sentido, pode-se aceitar que o soro do leite proporciona fósforo suficiente para produção hidropônica de milho.

Já a diminuição dos teores de cálcio e magnésio, que também estão presentes no soro de leite, pode ser atribuída ao antagonismo com o potássio e com o sódio (Prado, 2008). Ainda que o teor de potássio na parte aérea tenha diminuído com o aumento da dose de soro de leite, deve-se ponderar que esse nutriente foi destacadamente absorvido, sendo que seu teor na forragem obtida com a menor dose de soro (20%) foi cerca de nove vezes superior ao obtido com a testemunha. Já o íon sódio aumentou linearmente na forragem à medida que se elevou a dose de soro (Figura 10A e B).

Segundo Cavalcante (2008), os teores adequados de potássio variam de 17,5 a 22,5 g kg<sup>-1</sup>. Os teores encontrados com a aplicação do soro do leite variaram de 41,6 a 46,4 g kg<sup>-1</sup>, sendo, portanto, bastante superiores aos níveis adequados.

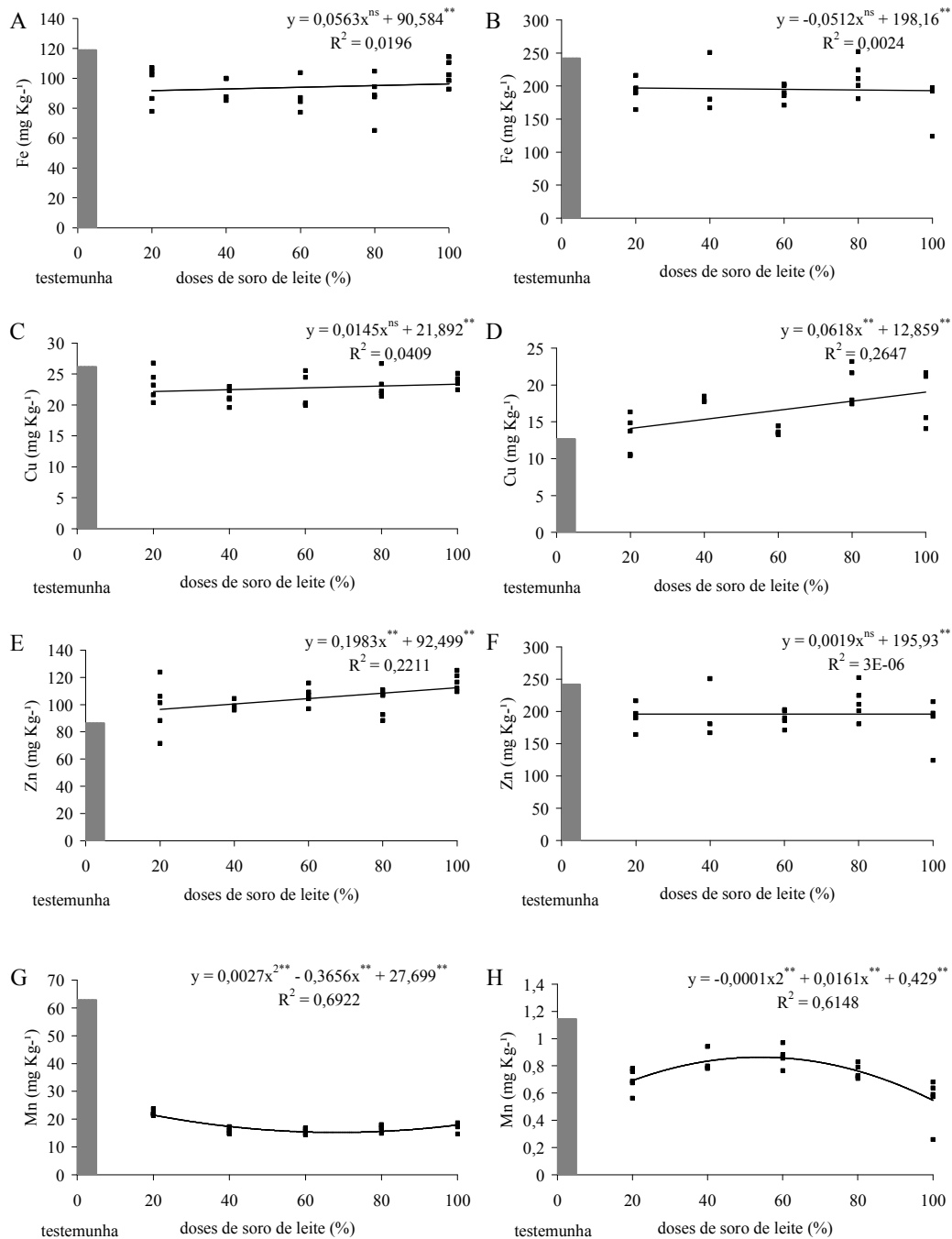


Figura 9. Teores de ferro (A e B) cobre (C e D) zinco (E e F) e manganês (G e H) contidos na parte aérea e radicular da forragem de milho hidropônico em função das doses de soro de leite na forragem hidropônica de milho.

Observou-se ausência de efeito do soro de leite sobre os teores ferro na parte aérea e radicular (Figura 9A e B), seguindo a mesma tendência aos teores de cobre na parte aérea (Figura 9C) e os teores de zinco (Figura 9F) nas raízes (raízes+substrato) (Figura 9E). Com o

aumento das doses de soro de leite, observou-se um acréscimo linear nos teores de cobre (Figura 9D) na porção radicular e de zinco (Figura 9F) na parte aérea. Os teores de manganês tanto na parte aérea como nas raízes seguiram tendência quadrática (Figura 9G e H).

As plantas irrigadas com as soluções de menores concentrações de soro de leite (20 e 40%) a parte aérea apresentou diferença altamente significativa nos teores de ferro ( $P < 0,01$ ) em relação a solução convencional, no entanto, a solução composta de 100% de soro de leite não diferiu da solução controle. O que pode ser atribuído a maior concentração atrelada ao reaproveitamento da solução empregada com intensa absorção pela planta (100%), visto que em sua composição o teor de ferro (Tabela 1) mostra-se inferior ao constituído na solução nutritiva (Tabela 1). Nas raízes do milho hidropônico, as soluções com concentrações facultadas em 40 e 80% (Tabela 4) de soro de leite mostraram teores considerados idênticos ao da solução controle considerando que não apresentaram diferença significativa. Os demais tratamentos apresentaram efeito significativo em relação à solução nutritiva.

Os teores de cobre estiveram próximos ao teor recomendado por Cavalcante (2008) na parte aérea das plantas ( $6-20 \text{ mg kg}^{-1}$ ), não ocorrendo diferença significativa entre as doses avaliadas. A porção radicular (raízes+substrato) apresentou efeito significativo ( $P < 0,01$ ) com a elevação nas doses de soro de leite respondendo com crescente aumento nos teores de cobre. As soluções com o soro de leite em comparação à solução testemunha não apresentaram, na porção aérea das plantas irrigadas com a máxima concentração soro de leite, diferença significativa nos teores de cobre (Tabela 3). Por outro lado, os tratamentos que não diferiram da solução testemunha na porção radicular foram as soluções com concentrações de 20 e 60% de soro de leite.

A forragem de milho obteve crescimento significativo ( $P < 0,01$ ) nos teores de zinco com o aumento das doses de soro de leite, apresentando resultados que excederam ( $98-119 \text{ mg kg}^{-1}$ ) a faixa dos teores considerados adequados nas folhas de milho ( $15-50 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Por outro lado, não se obteve efeito na porção radicular. Em relação a solução convencional, as plantas cultivadas com menores concentrações (20 e 40%) de soro de leite obtiveram semelhantes teores de zinco foliar. Na porção radicular, os níveis intermediários de soro (40 e 80%) apresentaram teores de zinco semelhantes ao da solução testemunha que diferenciaram da solução controle, os demais tratamentos diferiram significativamente da solução convencional.

Os teores de manganês nas plantas de milho (porções aérea e radicular) irrigadas com concentrações de soro de leite seguiram tendência quadrática (Figura 9), diferindo significativamente ( $P<0,01$ ) da solução nutritiva convencional (Tabela 3 e Tabela 4).

Os teores de manganês mostraram-se baixos na forragem irrigada com diferentes soluções de soro em relação à solução testemunha. Apesar de que o teor de Mn no soro diluído a 20% ser próximo ao teor na solução nutritiva, as plantas cultivadas com soro de leite a 20% apresentaram apenas, cerca de um terço de Mn, comparadas com as plantas cultivadas com solução nutritiva (testemunhas). Nas forragens o padrão de concentração de Mn desejado é de 25 mg kg<sup>-1</sup> para bovinos e ovinos (MacPherson, 2000), aproximou-se desse teor a forragem irrigada com 20% de soro de leite com 22,89 mg kg<sup>-1</sup>. Por outro lado, o grão de milho apresenta reduzido teor de manganês, com 4 vezes menos que a forragem cultivada com 20% de soro de leite.

Os níveis de sódio na forragem de milho hidropônico cultivadas com diferentes concentrações de soro de leite comportaram-se com intensa elevação tanto na parte aérea quanto na porção radicular (Figura 10 A e B), atribuído ao alto teor desse elemento na composição do soro (Tabela 1), confirmando sua presença em formas livres e assimiláveis. A solução com 20% de soro de leite mostrou-se idêntica em relação aos teores de sódio da solução convencional não diferindo significativamente na parte aérea e na porção radicular (Tabela 3 e Tabela 4), no entanto, as demais concentrações de soro de leite diferiram em nível de 5% de probabilidade.

A forragem de milho apresentou decréscimo nos teores de cloreto na porção aérea (Figura 10C) com o aumento nas doses de soro, por outro lado a parte radicular (Figura 10D) obteve acréscimo dos teores, o que reflete uma maior adsorção pela planta no meio de cultivo com menor concentração de soro de leite. As diferentes soluções de soro de leite diferiram significativamente da solução nutritiva convencional ( $P<0,05$ ) em seus teores de cloreto na parte aérea (Tabela 3), a porção radicular juntamente com o substrato (Tabela 4) apresentou diferença altamente significativa ( $P<0,01$ ) nas plantas cultivadas com 20% de soro, as demais diferiram significativamente a nível de 5% de probabilidade.

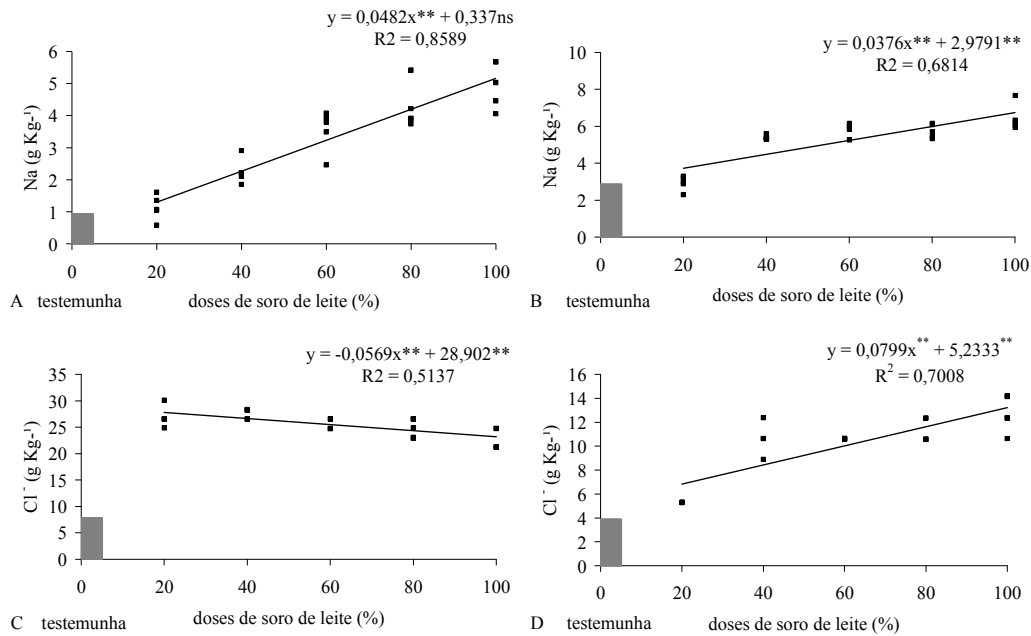


Figura 10. Teores de sódio (A e B) e cloreto (C e D) contidos na parte aérea e radicular da forragem de milho hidropônico em função das doses de soro de leite na forragem hidropônica de milho.

Azevedo Neto & Tabosa (2000) ao avaliarem a tolerância à salinidade em cultivares de milho na fase de plântula, constataram que houve acúmulo de sódio principalmente no colmo+bainha e nas raízes e que o tratamento salino proporcionou decréscimo no teor de potássio no limbo e aumento no teor deste nutriente nas raízes e que os teores de fósforo no limbo alcançaram níveis citotóxicos (15,12 mg.g<sup>-1</sup>) devido ao estresse salino.

## CONCLUSÕES

É viável substituir a solução nutritiva por soro de leite diluído a 20% em água potável na produção de forragem hidropônica de milho.

É inviável produzir forragem hidropônica de milho com 100% de soro em substituição à solução nutritiva convencional.

A substituição da solução nutritiva no cultivo da forragem hidropônica de milho por soro de leite a 20% não compromete os teores dos nutrientes N, P, Ca, Mg, S, Fe, Cu e Zn na planta.

A forragem hidropônica cultivada em soro de leite absorve menos Mn do que cultivada em solução nutritiva.

Os elevados teores de Na, Cl e K no soro de leite inibem a assimilação de outros nutrientes.

Os elevados teores de Na, Cl e K no soro de leite provocam redução na produção da forragem de milho hidropônico.

## REFERÊNCIAS

ABIQ - Associação Brasileira das Indústrias de Queijo. **Benefícios nutricionais dos queijos**. <Disponível em:[http://www.abiq.com.br/queijos/nutricao\\_07.htm](http://www.abiq.com.br/queijos/nutricao_07.htm). > Acesso em 13 de julho de 2009.

ABREU, L.R.; **Tecnologia de leite e derivados**. Lavras. Editora Gráfica Universitária UFLA, 1999, 215p.

ALBERICO, G.J., CRAMER, G.R. Is the salt tolerance of maize related to sodium exclusion I. Preliminary screening of seven cultivars. **Journal Plant Nutrition**. v.16: p.2289-2303, 1991.

ALBUQUERQUE FILHO, J.A.C.; LIMA, V.L.A.; MENEZES, D.; AZEVEDO, C.A.V.; DANTAS NETO, J.; SILVA JUNIOR, J.G. Características vegetativas do coentro submetido a doses do polímero hidroabsorvente e lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13 , n.6 , p. p.671–679, 2009.

ALMEIDA, K.E.; BONASSI, I.A.; ROÇA, R.O. Características físicas e químicas de bebidas lácteas fermentadas e preparadas com soro de queijo minas frescal. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21, n.2, p.187-192, 2001.

AMORIM, A.C.; RESENDE, K.T.; MEDEIROS, A.N. Produção de milho (*Zea mays*) para forragem, através de sistema hidropônico. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 38., 2000, Viçosa, MG. **Anais** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia/Gmosis, 2000. CD ROM.

AMORIM, D.M.B.; NOTARO I.A.; FURTADO D.A.; GHEYI H.R.; BARACUHY J.G.V. Avaliação de diferentes níveis de salinidade da água utilizada na produção de forragem hidropônica de milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, Suplemento, p.339-342, 2005.

ANDRADE NETO, C.O.; MELO FILHO, C.P.; MOURA, L.R.B.; MIRANDA, R.J.A.; PEREIRA, M.G.; MELO, H.N.S.; LUCAS FILHO, M. Hidroponia com Esgoto Tratado - Forragem Hidropônica de Milho. In: VI Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2002, Vitória, ES. **Anais...** do VI Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Vitória, ES:: ABES/ANDIS, 2002. CD ROM.

- ANTUNES, A.J. **Funcionalidade de proteínas do soro de leite bovino**. Barueri: Manolo, 2003. 135p.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29).
- AZEVEDO NETO, A.D.; TABOSA, J.N. Estresse salino em plântulas de milho: Parte I análise de crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.2, p.165-171, 2000.
- AZEVEDO NETO, A.D.; TABOSA, J.N. Estresse salino em plântulas de milho: Parte II distribuição dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.4, n.2, p.165-171, 2000.
- BARKER, A.V.; MILLS, H.A. Ammonium and nitrate nutrition of horticultural crops. **Horticultural Review**, Westport, v.2, p.395–423, 1980.
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L.P. **Métodos de Análises Químicas em Plantas**. Recife: UFRPE, 2004. 148p.
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L.P. **Técnicas de hidroponia**. Recife: UFRPE, 2000. 53p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional da Irrigação. Departamento de Meteorologia. **Normas Climatológicas 1961-1990**. Brasília-DF: EMBRAPA, 1992. 84p.
- BROWN, M.J.; ROBBINS, C.W.; FREEBORN, L.L. Combining cottage cheese whey and straw reduces erosion while increasing infiltration in furrow irrigation. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.53, n.2, p.152-156, 1998.
- BURGSTALLER, G. Ernährung. In: Handbuch Schweineproduktion, ed.:SCHMITTEN, F.; BURGSTALLER, G.; **Verlags Union Agrar**, Munique, 1991. cap.4, p.122 – 200.
- CASTELLANE, P.D.; ARAÚJO, J.A.C. **Cultivo sem solo: hidroponia**. Jaboticabal: Funep, 1994.43p.
- CAVALCANTI, F.J.A. (Coord.). **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco**: 2a. aproximação. 3. ed. rev. Recife: IPA, 2008. 212 p.



CRAMER, G.R.; ALBERICO, G.J.; SCHMIDT, C. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.21: p.675-692, 1994.

DAVID, F.M. **Diferentes quantidades de soro de leite na alimentação de vacas secas**. Lavras: 136 p. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras, MG 2006.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Tradução de M.E.T. Nunes. 2.ed. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.

ORGANIZACIÓN DE LA NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN. **Forraje Verde Hidropónico**. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Manual Técnico. Primera Parte, 2001.68p.

FERREIRA, P.A.; GARCIA, G.O.; MIRANDA, G.V.; OLIVEIRA, F.G.; SANTOS, D.B. Tolerância da variedade de milho UFVM 100 à salinidade avaliada por meio de três métodos. **Irriga**, (Botucatu), v.12, n.4, p.532-544, 2007.

FLORENTINO, E.R. Aproveitamento do soro de queijo na produção de etanol visando minimizar seu impacto ambiental. In. Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 11, 2004, Natal. **Anais...**, Natal: Sibelusa, 2004, CD Rom.

FLORES, Z.; URDANETA, G.; MONTES, J. Densidad de siembra de maíz (Zea mays) para producción de forraje verde hidropónico. In: Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal, 2004 Venezuela. Pastos Y Forrajes. **Anais...**, Venezuela, 2004. p.136.

FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. 1.ed. Campinas: IAC, 1999. 52p. Boletim técnico, 180.

GHALY, A.E., KAMAL, M.A. Submerged yeast fermentation of acid cheese whey for protein production and pollution potential prevent. **Water Research**, Canadá, v.38, p.631-644, 2004.

GHERI, E.O; FERREIRA, M.E; CRUZ, M.C.P. Resposta do capim – Tanzânia a aplicação de soro ácido de leite. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.6, 753-760, 2003.

IZZO, R. NAVARI-IZZO, F.; QUARTACCI, F. Growth and mineral absorption in maize seedlings as affected by increasing NaCl concentrations. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.14, p.687-699, 1991.

JONES Jr., J.B. Hydroponics: its history and use in plant nutrition studies. **Journal of Plant Nutrition**, USA, v.5, n.8, p.1003-1030, 1982.

KAWASAKI, T.; AKIBA, T.; MORITSUGU, M. Effects of high concentrations of sodium chloride and polyethylene glycol on the growth and ion absorption in plants: I. Water culture experiments in a greenhouse. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.75, p.75-85, 1983.

LEHRSCHE, G.A.; ROBBINS, C.W.; BROWN, M.J. Whey utilization in furrow irrigation: Effects on aggregate stability and erosion. **Bioresource Technology**, v.99, n.17, p.8458-8463, 2008.

LEVITT, J. Responses of plants to environmental stress. **Academic Press**, New York: v.2, p.25-280, 1980.

LIMA, L.A. **Efeitos de sais no solo e na planta**. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: UFPB, 1997. cap.4, p.113-136.

LOMELÍ ZÚÑIGA, H. **Agroicultura**. México, 2000.

MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance: current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division ASCE**, New York, v.103, n.IR2, p.115-134, 1977.

MACHADO, R.M.G.; HONÓRIO V.F.; SILVA P.C.; Alternativas tecnológicas para o controle ambiental em pequenas e médias indústrias de laticínios. In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000, Porto Alegre. **Anais....** ABES/RS, 2000.

MARTINEZ, H.E.P. **Manual prático de hidroponia**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2006. 271p.

MELO, H.N.S.; ANDRADE NETO, C.O.; MENDONÇA, F.C.; MARQUES, M.O.; PIVELLI, R.P. **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura**. cap.5. Uso de esgoto tratado em hidroponia. Viçosa, MG, 2003.253 p.

MODLER, H.W. **Milk processing**. In: NAKAI, S.; MODLER, H.W.(Ed.). Food proteins: processing applications. Canada: Wiley-VCH, 2000. p.1-88.

MÜLLER, L.; MANFRON P.A.; MEDEIROS S.L.P.; SANTOS O.S.; MORSELLI T.B.G.A.; DOURADO NETO D.; FAGAN E.B.; BANDEIRA A.H.; TONETTO C.J.; Valor nutricional

da forragem hidropônica de trigo sob diferentes soluções nutritivas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.22, n.3, p.49-56, 2006.

NICOLA M.C. **Cultivo hidropônico da alface utilizando soluções nutritivas orgânicas**. Pelotas: 62p. Dissertação (mestrado) Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Pelotas, RS. Brasil. 2002.

OLIVEIRA, A.C.L. **Forragem hidropônica de milho**: alternativa para o desenvolvimento sustentável do agente produtivo. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1998. 18p. (apostila).

ORDÓÑEZ, J.A.; **Tecnologia de Alimentos: Alimentos de origem animal** – v.2, Ed. Artmed, Porto Alegre – RS, 2005. 279p.

ORLANDO FILHO, J.; SILVA, G.M.A.& LEME, E.J.A. **Utilização agrícola dos resíduos da agroindústria canavieira**. In: coord. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil, 1983. p.227-64.

PAPA, J. L. Visão geral: tratamento de efluentes em laticínios. In: Seminário “Efluentes de Laticínios: Alternativas Tecnológicas e Viabilidade Econômica”. ITAL, 29 e 30 de julho de 2000.

PIMENTEL GOMES, F.; GARCIA, C.H. **Curso de estatística experimental**. 14 ed. Piracicaba: ESALQ, 2000. 477p.

PINHEIRO, A.I.R., MOSQUIM, M.C.A.V., FERES, P.A. Leite - reidratação de leite em pó com soro de queijo. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**. n.287, v.48, p.34-36, 1993.

PRADO, R.M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora UNESP, 2008. 408p.

REIS, G.L. Sistema de gestão ambiental em laticínios. **Revista Cândido Tostes**. n.308, v.54 p.35-47, 1999.

RÉVILLION J.P.; BRANDELLI A.; AYUB M.A.Z. Produção de extratos de leveduras em uso alimentar a partir do soro de queijo: abordagem de elementos técnicos e mercadológicos relevantes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.20, n.2, p.246-249, 2000.

RHOADES, J. D.; LOVEDAY, J. **Salinity in irrigated agriculture**. In: STEWART, B.A.; NIELSEN, D.R. (Ed.). Irrigation of agricultural crops. Madison : American Society of Agronomy, 1990. p.1089-1157. (ASA. Monograph, 30)

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Tradução de H.R. GHEYI, J.R. DE SOUSA, J.E. QUEIROZ. 1.ed. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 48).

ROBBINS, C.W., HANSEN, C.L., ROGINSKE, M.F., SORENSEN, D.L. Extractable potassium and soluble calcium, magnesium and potassium in two wheytreated calcareous soils. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.25, n.4, p.791-795, 1996.

RODRIGUES, L.R.F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. 1.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2002. 762p.

RODRÍGUEZ, A; CHANG, M; HOYOS, M; FALCÓN, F. **Manual Práctico de Hidroponía. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral**. Lima, Perú. SÁNCHEZ, A. 2000. Una Experiencia de Forraje Verde Hidropónico en el Uruguay. Boletín

SANTIN, M.M.; SANTOS, H.S.; SCAPIM, C.A.; BRANDÃO FILHO, TORRES J.U.; CALLEGARI, O. ; SANTOS, ALVARENGA A.J.; SANTOS, I.A.. Relação entre substratos e métodos de aplicação de solução nutritiva na produção de mudas e posterior resposta produtiva da beterraba. **Acta Scientiarum** (UEM), Maringá PR, v.27, n.3, p.423-432, 2005.

SANTOS M.E.; ZANINE A.M.; FERREIRA D.J.; OLIVEIRA J.S.; PEREIRA O.G.; ALMEIDA J.C. Efeito da adição do soro de queijo sobre a composição bromatológica, fermentação, perdas e recuperação de matéria seca em silagem de capim-elefante **Ciência Animal Brasileira**, Viscosa, v.7, n.3, p.235-239, 2006.

SANTOS, O.S. **Cultivos sem solo: hidroponia**. Santa Maria: UFSM/CCR, 2000. 107p.

SCHWARZ, M. **Soilless Culture Management**, (Advanced Series in Agricultural Sciences 24). Springer-Verlag. 1995. 197p.

SGARBIERI, V.C. Propriedades fisiológicas-funcionais das proteínas do soro de leite. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.17, n.4, p.397-409, 2004.

SILVA JÚNIOR, G.S. **Respostas biométricas, ecofisiológicas e nutricionais em genótipos diplóides de bananeira (musa spp) submetidos à salinidade**. Recife: 106 p. Tese (Doutorado) Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Recife, PE, 2007.

SILVA JÚNIOR, L.G.A.; GHEYI, H.R.; MEDEIROS, J.F. Composição química de águas do cristalino do nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.1, p.11-17, 1999.

SILVA, E.F.F. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade na cultura do pimentão utilizando extratores de solução do solo**. Piracicaba: 136 p. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, Piracicaba, SP, 2002.

SISO M.I.G. The biotechnological utilization of cheese whey: a review. **Bioresource technology**, Coruna, v.57, p.1-11, 1996.

SOARES, T.M.; SILVA, I.J.O.; DUARTE, S.N.; SILVA, E.F.F. Destinação de águas residuárias provenientes de dessalinizadores por osmose reversa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.3, p.730-737, 2006.

SPINU, V.C.; ALBRIGHT, L.D. Electrochemical pH control in hydroponic system. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.481, p.275-82, 1999.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução de SANTARÉM E. R. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 719p.

TEIXEIRA, N.T. **Hidroponia: uma alternativa para pequenas áreas**. Guaíba: Agropecuária, 1996.86p.

U.S. Dairy Export Council - USDEC. **Manual de referência para produtos de soro dos Estados Unidos**. 1997. 135 p.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Vol. 1. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG. 2<sup>a</sup> ed. revisada. 1996. 243 p.