

# CULTIVO PROTEGIDO DE HORTALIÇAS COM ÊNFASE NA HIDROPONIA <sup>1</sup>

PEDRO ROBERTO FURLANI<sup>2</sup> (pfurlani@conplant.com.br), LUIS CLAUDIO PATERNO SILVEIRA (lcp silveira@ufla.br), DENIZART BOLONHEZI (denizart@aptaregional.sp.gov.br), VALDEMAR FAQUIN (vafaquin@ufla.br)

## 1. INTRODUÇÃO

A hidroponia, termo derivado de duas palavras de origem grega – hidro, que significa água e ponia que significa trabalho – está se desenvolvendo rapidamente como meio de produção vegetal, principalmente de hortaliças sob cultivo protegido. A hidroponia é uma técnica alternativa de cultivo protegido, na qual o solo é substituído por uma solução aquosa contendo apenas os elementos minerais essenciais aos vegetais (Graves, 1983; Jensen & Collins, 1985; Resh, 1996).

Desde a criação do termo "hidropônico" pelo pesquisador da Universidade da Califórnia, Dr. W. F. Gericke na década de 30, a técnica de produção de plantas sem solo vem sendo popularizada. Segundo Benoit & Ceustermans (1995), a despeito do maior custo inicial para instalação, várias são as vantagens do cultivo comercial de plantas em hidroponia, as quais podem ser resumidas como a seguir: padronização da cultura e do ambiente radicular; drástica redução no uso de água ; eficiência do uso de fertilizantes; melhor controle do crescimento vegetativo; maior produção, qualidade e precocidade; maior ergonomia no trabalho; maiores possibilidades de mecanização e automatização da cultura.

No Brasil, tem crescido nos últimos anos o interesse pelo cultivo em hidroponia, predominado o sistema NFT (Nutriente Film Technique). Muitos dos cultivos hidropônicos não obtêm sucesso, principalmente devido ao desconhecimento dos aspectos nutricionais deste sistema de produção, isto é, à formulação e manejo mais adequado das soluções nutritivas. Outros aspectos que também interferem, estão relacionados com o tipo de sistema de cultivo hidropônico. Para a instalação de um sistema de cultivo hidropônico é necessário também, que se conheça detalhadamente as estruturas básicas necessárias que o compõe (Castellane & Araujo, 1994; Cooper, 1996; Faquin et al., 1996; Martinez & Silva Filho, 1997; Furlani, 1998). Os tipos de sistema hidropônico determinam estruturas com características próprias, sendo que os mais utilizados são:

A) Aberto – onde a solução nutritiva não é reaproveitada após passar pelas raízes das plantas. Neste sistema aberto, normalmente são usados substratos inorgânicos (lã de rocha, perlita, areia, pedras diversas, argila expandida, vermiculita, casca de arroz carbonizada), orgânicos (fibra de coco, espumas diversas, casca de pinus compostada, turfa) e misturas

---

Curso proferido pelo primeiro autor durante a 15ª Semana Internacional da Fruticultura, Floricultura e Agroindústria – FRUTAL, Fortaleza, CE, 16 a 18 de outubro de 2008.

<sup>2</sup> Engº Agrº, Dr., Conplant – Consultoria, Treinamento, Pesquisa e Desenvolvimento Agrícola Ltda, Rua Francisco Andreo Aledo, 22, CEP 13084-200 Campinas, SP. E-mail: pfurlani@conplant.com.br

diversas envolvendo diferentes componentes inorgânicos e orgânicos. A principal função do substrato é a sustentação da planta, retenção de umidade e espaço poroso para aeração;

B) Fechado – onde a solução com os nutrientes é reaproveitada após passar pelas raízes das plantas. Neste sistema também poderão ser usados substratos.

No sistema de cultivo em água, existem três principais tipos:

a) NFT – técnica do fluxo laminar de nutrientes – Este sistema é composto basicamente de um tanque de solução nutritiva, de um sistema de bombeamento, dos canais de cultivo e de um sistema de retorno ao tanque. A solução nutritiva é bombeada aos canais e escoada por gravidade formando uma fina lâmina de solução que irriga as raízes;

b) Raiz flutuante ou “floating” ou solução nutritiva aerada. Neste sistema a solução nutritiva forma uma lâmina profunda (5 a 20 cm) onde as raízes ficam submersas. Não existem canais e sim uma mesa plana onde fica circulando a solução, através de um sistema de entrada e drenagem característicos;

c) Aeroponia – as raízes ficam num ambiente fechado onde recebem a água e os nutrientes através de uma nebulização com solução nutritiva.

No Brasil, tem crescido nos últimos anos o interesse pelo cultivo em hidroponia, predominando o sistema **NFT (Nutriente Film Technique)**, ou seja, a técnica do fluxo laminar de nutrientes, e em substratos. Muitos dos cultivos hidropônicos não obtêm sucesso, devido ao desconhecimento dos aspectos de manejo nutricional desse sistema de produção.

Em cultivos hidropônicos, a absorção é geralmente proporcional à concentração de nutrientes na solução próxima às raízes sendo muito influenciada pelos fatores do ambiente, tais como; salinidade, oxigenação, temperatura e pH da solução nutritiva, intensidade de luz, fotoperíodo, temperatura e umidade do ar (Adams, 1992; Adams, 1994).

Neste contexto, o presente artigo enfoca aspectos importantes pertinentes à construção e montagem de sistemas hidropônicos, as alternativas para a produção de mudas e aos critérios para o preparo de soluções nutritivas e de reposição de nutrientes durante o crescimento das plantas. Nos próximos tópicos, são fornecidos os detalhes estruturais de cada sistema, bem como os pormenores de montagem e manutenção destas estruturas.

## 2. SISTEMA HIDRÁULICO

Para os sistemas hidropônicos deve-se selecionar os materiais hidráulicos existentes no mercado mais adequados para atender às exigências de cada sistema de cultivo, garantindo o abastecimento de solução nutritiva com qualidade e segurança. Para isto utilizam-se tubos de plástico de polietileno não reciclado (flexível) ou de cloreto de polivinila (PVC rígido) e registros fabricados com materiais inertes. O sistema hidráulico é responsável pelo armazenamento, recalque e drenagem da solução nutritiva, sendo composto de um ou mais reservatórios de solução, do conjunto moto-bomba e dos encanamentos e registros.

## 2.1 RESERVATÓRIO

Os reservatórios ou tanques de solução podem ser construídos de diversos materiais, como plástico PVC, fibra de vidro ou de acrílico, fibrocimento e alvenaria. Os tanques de plástico PVC e de fibra tem sido os preferidos devido ao menor custo, facilidade de manuseio e, por serem inertes, não necessitam de qualquer tratamento de revestimento interno. Já os tanques construídos em alvenaria bem como as caixas de fibrocimento necessitam do revestimento interno com impermeabilizantes destinados a este fim. O mais comumente utilizado e com bons resultados é a tinta betuminosa (Neutrol), mas pode-se optar pela impermeabilização com lençol plástico preto. Sem estes cuidados a solução nutritiva, por ser corrosiva, poderá ser contaminada por componentes químicos presentes na constituição desses materiais.

O depósito deve ser colocado em local sombreado e enterrado, para evitar a ação dos raios solares, além de ser vedado para evitar a formação de algas e a entrada de animais de pequeno porte. Sua instalação deve ser preferencialmente abaixo do nível da tubulação de drenagem, facilitando o retorno da solução por gravidade.

O tamanho do reservatório vai depender do número de plantas e das espécies que serão cultivadas. Deve-se obedecer um limite mínimo de  $0,1-0,25 \text{ Lplanta}^{-1}$  para mudas, de  $0,25-0,5 \text{ Lplanta}^{-1}$  para plantas de pequeno porte (rúcula, almeirão), de  $0,5-1,0 \text{ Lplanta}^{-1}$  para plantas de porte médio (alface, salsa, cebolinha, agrião, manjeriço, morango, cravo, crisântemo), de  $1,0-5,0 \text{ L/planta}$  para plantas de maior porte (tomate, pepino, melão, pimentão, berinjela, couve, salsão, etc.). Quanto maior a relação entre o volume do tanque e o número de plantas nas bancadas, menores serão as variações na concentração e temperatura da solução nutritiva. Entretanto, não se recomenda a instalação de depósitos com capacidade maior que 5.000 L, devido à maior dificuldade para o manejo químico (correção do pH e da condutividade elétrica – CE) e oxigenação da solução nutritiva. Em caso de contaminação por patógenos, um grande número de plantas será perdido, pois um só tanque estará em contato com muitas bancadas de cultivo. Recomenda-se a utilização de um maior número de reservatórios pequenos ao invés de poucos tanques de grande volume, pois facilita e agiliza o manejo, o controle fitossanitário (atendimento do período de carência do defensivo usado), limpeza e desinfecção de todo o sistema, com conseqüente aumento de qualidade do produto final.

Normalmente o reservatório é instalado na parte mais baixa do terreno para permitir que o retorno da solução ocorra por gravidade. Poucos produtores utilizam dois depósitos: o tanque principal na parte mais alta, utilizando-se a gravidade para levar a solução aos canais de cultivo, e construindo-se um depósito menor na parte baixa do terreno de onde é feito o bombeamento da solução coletada, para o tanque principal. O uso de dois depósitos (superior

e inferior) tem propiciado dificuldades no manejo químico da solução nutritiva, aumentos na sua temperatura e no custo de implantação.

## 2.2 MOTO-BOMBA e ENCANAMENTOS

Este conjunto tem a função de levar a solução nutritiva às bancadas em quantidade suficiente para a irrigação das raízes, bem como conduzir a solução de volta ao tanque após a passagem pelas bancadas. Recomenda-se instalar a moto-bomba “afogada” ou seja abaixo da metade da altura do reservatório, para impedir a entrada de ar no sistema e conseqüente falha no bombeamento, causando danos às plantas. E recomendável a escolha de bombas cujos elementos internos sejam resistentes à corrosão pela solução nutritiva.

Para qualquer sistema NFT a capacidade de vazão do conjunto moto-bomba deve ser dimensionada de acordo com o número de canais que serão irrigados, considerando-se a altura manométrica e o retorno de solução ao tanque. Para fins práticos, recomenda-se uma vazão de solução nutritiva nos canais de cultivo de 0,5 a 1,0, 1,5 a 2,0 e 2,0 a 4,0 Lmin<sup>-1</sup> por canal, respectivamente, para mudas, plantas de ciclo curto e plantas de ciclo longo. O resultado da multiplicação da vazão necessária pelo número de canais a serem irrigados fornece a quantidade mínima de litros por minuto para a irrigação das plantas. Considerando-se as perdas de carga nas tubulações, a altura manométrica de recalque e principalmente a necessidade do retorno de parte da solução ao tanque de armazenamento, aconselha-se aumentar em 50% a vazão calculada. A equação (1) define de forma prática o cálculo da vazão necessária de uma bomba d'água para a irrigação das plantas em função do número de canais de cultivo e fluxo de solução por canal de cultivo.

$$\text{Vazão da Bomba d'água (m}^3\text{h}^{-1}\text{)} = 0,09 \times \text{Número de canais} \times \text{Fluxo (Lmin}^{-1}\text{canal}^{-1}\text{)} \quad (1)$$

Para sistemas de “floating” obedecem-se as mesmas regras de dimensionamento do sistema hidráulico para NFT, porém neste caso não há canais de cultivo e sim mesas de solução. Deste modo, o cálculo é feito de acordo com o fluxo de água que deve circular pela bancada num determinado espaço de tempo. Resh (1995) recomenda efetuar a cada hora, uma ou duas trocas completas do volume de solução presente na bancada. Para uma bancada com 1.000 L de solução deve-se fazer circular de 1.000 a 2.000 Lh<sup>-1</sup>. Porém, outros manejos podem ser feitos, dependendo da temperatura da solução, permitindo-se em alguns casos a circulação durante alguns minutos por hora.

O retorno da solução para o tanque se dá por duas vias: pela tubulação de drenagem e pelo retorno instalado no encanamento de recalque. O retorno da solução via tubulação de drenagem ao tanque promove uma certa movimentação e aeração da solução nutritiva, mas a difusão do oxigênio é apenas superficial. Para a oxigenação adequada de todo volume do

tanque deve-se efetuar o retorno de parte da solução succionada de volta ao tanque (Figura 1). Neste retorno instala-se um dispositivo tipo “venturi” para a introdução de ar na solução nutritiva armazenada no depósito. A construção do “venturi” é bastante simples: primeiro restringe-se o diâmetro do cotovelo de retorno colocando-se um tubo interno de menor diâmetro; externamente reveste-se o cotovelo com um outro tubo de diâmetro maior, fazendo-se um furo pequeno na lateral para a entrada do ar, que será succionado automaticamente pela passagem de solução pelo tubo interno (Figura 2). Para qualquer sistema hidropônico a aeração da solução é obrigatória, mas nas bancadas de “floating” esta necessidade é ainda maior, como será enfatizado mais adiante.

(Inserir figuras 1 e 2)

### **3. BANCADAS OU MESAS DE CULTIVO**

As bancadas para hidroponia são compostas de suportes de madeira ou outro material formando uma base de sustentação para os canais de cultivo, que podem ser de diversos tipos. Também fazem parte da bancada os materiais para sustentação das plantas que são colocados sobre os canais. As dimensões das bancadas normalmente obedecem a certos padrões, que podem variar de acordo com a espécie vegetal e com o tipo de canal utilizado. A altura e largura da bancada variam de acordo com a espécie vegetal: até 1,0 m de altura e 2,0 m de largura para mudas e plantas de ciclo curto (hortaliças de folhas) e até 0,2 m de altura e 1,0 m de largura para plantas de ciclo longo (hortaliças de frutos), suficientes para uma pessoa trabalhar de maneira confortável nos dois lados da mesa facilitando as operações de transplante, os tratamentos fitossanitários quando necessários, os tratamentos culturais, a colheita e a limpeza da mesa. O comprimento da mesa de cultivo não deve exceder os 30 m, para evitar variações na temperatura e nos níveis de oxigênio e de sais da solução nutritiva ao longo do canal de cultivo. Além disso, como normalmente há um desnível da mesa entre 2 e 4%, bancadas muito extensas instaladas em terreno plano ficam com sua parte final muito próxima ao solo, prejudicando o manejo e o escoamento da solução para o tanque de armazenamento e aumentando os riscos de contaminações via solo.

#### **3.1 BASE DE SUSTENTAÇÃO**

Para os diferentes sistemas de cultivo teremos diferentes tipos de bancadas, no entanto, o suporte para os canais, vasos com substrato ou para o “floating” pode ser semelhante. Normalmente esta base é construída de madeira, utilizando-se caibros parafusados em forma de “U” invertido e enterrados no solo (Figura 3), mas pode-se optar também pela utilização de cavaletes removíveis ou por estruturas metálicas (alumínio, aço zincado ou ferro), além de madeira roliça. A montagem da base deve ser tal que determine o desnível necessário para os canais para que haja o escoamento da solução através das raízes,

por gravidade. Para as bancadas de “floating” deve-se instalar a base perfeitamente nivelada. A altura da base vai depender da espécie vegetal conforme já discutido anteriormente.

(Inserir figura 3)

### 3.2 CANAIS DE CULTIVO

Os canais de cultivo, por onde escoar a solução nutritiva são determinantes para o sucesso do sistema NFT. A conformação do canal, sua profundidade e largura influem na qualidade do produto final colhido e diversos são os tipos de canais que podem ser utilizados.

#### **a) Filme de polietileno/arame**

A figura 4 ilustra a montagem deste tipo de canal de cultivo para plantas de ciclo curto. As bancadas de filme plástico são de construção barata porém trabalhosa, de difícil manuseio e manutenção e não permitem variações no espaçamento dos canais e, apesar dos bons resultados que promovem, são cada vez menos utilizadas. Para plantas de porte maior, os canais dispensam a base de arame para sustentação do filme plástico, pois são apoiados diretamente em pequenas valetas abertas no terreno, como será discutido mais adiante.

(Inserir figura 4)

#### **b) Telhas de amianto**

As telhas de amianto com ondas rasas (2,5 cm de altura e espaçadas a 7,5 cm) são indicadas para a produção de mudas. Para algumas culturas de pequeno porte, como a rúcula, o almeirão e o agrião, este tipo de canal serve para a condução das plantas até a fase de colheita. A bancada é construída colocando-se as telhas de maneira a ficarem com as extremidades encostadas umas nas outras ou sobrepostas (Figura 5). Normalmente possuem 0,5 m de largura por 2,44 m de comprimento. São relativamente baratas mas necessitam de atenção na montagem. Primeiramente, é necessário revestir as telhas com filme plástico para evitar o contato da solução nutritiva com o cimento amianto e também vazamentos. Recomenda-se usar o mesmo tipo de filme plástico usado para a cobertura da estufa, porém com no máximo 100  $\mu$  de espessura para facilitar a sua colocação sobre a telha. Uma desvantagem que apresentam é a limitação no espaçamento das linhas da cultura, que vão sempre obedecer a múltiplos de 7,5 cm.

(Inserir figura 5)

As telhas com ondas maiores (5 cm de altura e espaçadas de 18 cm) também são utilizadas para o cultivo de plantas de ciclo curto como alface, salsa, cebolinha, almeirão, salsa, morango e outras. Necessitam dos mesmos cuidados citados anteriormente para a montagem das telhas menores e apresentam as mesmas limitações no espaçamento adequado das culturas. Os calhetões, que são as telhas grandes utilizadas em grandes barracões podem ser escolhidas para o cultivo de hortaliças frutíferas, como pepino, tomate, pimentão e muitas outras. Estes podem ser empregados também nos cultivos com substratos, sendo preenchidos com areia, pedra, argila expandida, flocos de lã de rocha ou de espuma

fenólica.

### **c) Tubos de PVC**

Os canos de PVC utilizados para esgoto (tubos brancos ou pretos) ou irrigação (azuis) são ainda os mais encontrados em sistemas de hidroponia NFT. Serrando-se os canos ao meio obtém-se dois canais de cultivo com profundidade igual à metade do diâmetro do tubo (Figura 6). Pode-se unir quantos canais forem necessários, para o que se utiliza de cola para encanamentos, silicone e, se necessário, arrebites.

(Inserir figura 6)

Os canais de PVC servem para todas as fases de desenvolvimento das hortaliças mais cultivadas. Normalmente para mudas utilizam-se os tubos de 40-50 mm, para fase intermediária os de 75-100 mm, e para a fase definitiva ou produção os de 100-200 mm, dependendo da espécie cultivada. Para facilitar a limpeza e evitar contato da solução com o PVC, pode-se revestir internamente o canal de cultivo com filme plástico (o mesmo tipo usado para revestimento das telhas de fibrocimento) para evitar qualquer contaminação da solução nutritiva pelo contato com o PVC. Também é aconselhável a pintura externa dos canos brancos com tinta de coloração alumínio para evitar entrada de luz e evitar o aquecimento. Bancadas construídas com estes canais são muito versáteis pois o usuário pode variar o espaçamento das linhas de cultivo e escolher as profundidades de acordo com a cultura e sua fase de desenvolvimento. Além disso são leves, de fácil limpeza, não exigindo estruturas muito robustas para a sua sustentação.

### **d) Tubos ou perfis de polipropileno**

Estes têm o formato semicircular e são comercializados nos tamanhos definidos pelo diâmetro em: pequeno (50 mm), médio (100 mm) e grande (150 mm) e já contendo furos para a colocação das mudas no espaçamento escolhido (Figura 7). Embora o seu uso seja muito recente tem apresentado bons resultados práticos tanto para mudas, plantas maiores ou mesmo para culturas de maior porte, tendo comportamento semelhante ao obtido com tubos de PVC, com exceção da limpeza que é mais difícil. Para alface e rúcula tem sido instalados na posição normal, ou seja, com a parte chata para cima o que dá maior apoio para as folhas. Para plantas frutíferas, de porte maior, pode-se optar por instalar os tubos com a parte achatada para baixo o que propicia uma maior área para o desenvolvimento do sistema radicular. Por serem de polipropileno dispensam revestimento interno, são mais fáceis de emendar pois já vem com os encaixes e apresentam todas as vantagens dos tubos de PVC.

(Inserir figura 7)

### **e) Canais individuais**

Como opção para culturas de sistema radicular e parte aérea maiores, pode-se confeccionar os canais sobre o solo ou, preferencialmente, sobre uma base baixa. Faz-se o acerto da declividade do solo onde deve correr o canal e em seguida instala-se um fio de

arame esticado nas pontas com mourões e esticadores de modo que fique a uma distância de aproximadamente 20 cm do solo ou da base. Sobre o fundo estende-se o plástico de dupla face (preto e branco) (Duplalon®) com a face branca para fora ou duas camadas de filme plástico, o transparente primeiro e depois o preto, que são dobrados para cima e presos ao “varal” de arame, formando um canal de fundo chato e formato triangular (Fig. 8). A entrada de solução se dá por uma linha de canos que percorre a cabeceira dos canais e o escoamento ocorre por gravidade até a canaleta de drenagem que leva ao depósito de solução em nível inferior, enterrado ou não, de acordo com o terreno. Estes canais também podem ser utilizados com substrato sólido. Este tipo de estrutura tem sido usado para as culturas de tomate, pepino, pimentão e outras de maior porte pois fica mais fácil a sustentação e condução da parte aérea, uma vez que as plantas estão no nível do solo, adaptando-se aos sistemas de tutoramento apropriados para essas culturas. Além disso, as extremidades das plantas ficam mais afastadas do teto da estufa, onde se acumula o ar quente que pode prejudicar o desenvolvimento vegetal, notadamente o florescimento.

(Inserir figura 8)

#### **f) “Floating” ou “Piscina”**

No sistema DFT não existem canais, mas sim uma mesa ou caixa rasa nivelada onde permanece uma lâmina de solução nutritiva. Os materiais utilizados para sua construção podem ser madeira, plástico e fibras sintéticas (em moldes pré-fabricados).

A altura da lateral da caixa de cultivo deve ser de 10 a 15 cm, dependendo da lâmina desejada, que normalmente varia de 5 a 10 cm. O suporte da mesa também pode ser de madeira ou de outros materiais, como descrito para as bancadas do sistema NFT. Para a manutenção da lâmina de solução deve-se instalar um sistema de alimentação e drenagem compatíveis, ou seja, a drenagem sempre maior ou igual à entrada de solução, para se manter constante o nível da lâmina. Pode-se efetuar os drenos através de furos nas laterais da caixa, conectados ao sistema de retorno ao tanque. Outra opção é fazer apenas as saídas de fundo, instalando-se uma ou mais flanges de acordo com a vazão de entrada. Nestas flanges adapta-se um pedaço de cano de PVC na altura desejada para a lâmina. Adicionalmente deve-se instalar uma saída no fundo da mesa para a drenagem total em caso de limpeza e troca de solução. A entrada de solução pode ser feita através de vários pontos na lateral da mesa ou por um cano perfurado e submerso na lâmina de solução e que percorra toda sua extensão e alocada na parte central da mesa (Figura 9).

(Inserir figura 9)

Como no sistema DFT as raízes das plantas permanecem submersas na solução nutritiva por todo o período de cultivo, a oxigenação da solução merece especial atenção, tanto no depósito quanto na caixa de cultivo. A instalação de um “venturi” na tubulação de alimentação (Figura 9), permite uma eficiente oxigenação na lâmina de solução.

Para as mesas pré-fabricadas em material plástico ou fibra de vidro e com revestimento interno não é necessária a impermeabilização, mas naquelas feitas de madeira deve-se cobrir o fundo e as laterais com dois filmes plásticos, sempre o preto por baixo e o de polietileno tratado contra radiação UV por cima, para conferir resistência aos raios solares.

Este sistema muito usado para a produção de mudas em bandejas de isopor contendo substratos de algodão ou vermiculita, pode apresentar as seguintes vantagens sobre o sistema NFT quando utilizado para a produção de plantas adultas: a) promover menor variação da temperatura da solução havendo exemplos de uso no exterior (Flórida, Ilhas do Caribe) sendo pouco comum no Brasil; b) possibilitar automação na reposição de água através de bóia automática que mantém a altura da lâmina constante; c) promover menor variação nas concentrações dos nutrientes devido à maior relação  $L_{planta}^{-1}$  que no sistema NFT e facilitando o manejo químico da solução nutritiva. As desvantagens estão relacionadas com o maior volume inicial necessário de solução nutritiva por planta, maior risco de aparecimento de algas se o sistema não for devidamente protegido da luz solar, e risco de desequilíbrio nutricional ocasionado pelo uso prolongado da mesma solução devido à componentes químicos que a própria água pode conter. Além disso, neste tipo de cultivo também ocorrem os riscos com a disseminação de doenças radiculares, com perdas totais das plantas.

#### **g) Com substrato**

Dependendo do tipo de substrato para a sustentação das plantas pode-se utilizar as bancadas de canais. Normalmente as telhas são usadas quando o substrato é cascalho, areia, seixos, pedra britada, argila expandida, cacos de cerâmica, casca de arroz carbonizada e outros. O uso dessa técnica tem sido restrito devido ao aquecimento do substrato e da solução e pelo desenvolvimento de algas estimulado pela incidência direta dos raios solares. A permanência de resíduos de plantas (folhas e raízes) após a colheita também é indesejável pois acelera o desenvolvimento de microorganismos indesejáveis. Além disso, na colheita de plantas de hortaliças de folhas com as raízes intactas colhe-se também um pouco do substrato o que promove a depreciação visual do produto.

Quando se usa lâ-de-rocha ou espuma fenólica pode-se utilizar como suporte do substrato, os canais de PVC e os individuais construídos próximos ao solo. Nestes casos não se dispensa a cobertura dos canais para proteção do bloco de lâ-de-rocha ou de espuma, sem o que o desenvolvimento de algas seria muito grande. As plantas são enraizadas nestes substratos e neste sistema os intervalos de irrigação podem ser mais espaçados porque o substrato retém umidade. O sistema de irrigação pode ser semelhante ao de NFT, mas pode-se também optar pela irrigação individual dos blocos de substrato com mangueiras finas (tipo espaguete) ou por gotejamento. Estas opções têm sido usadas para o cultivo de tomate e pepino no Canadá (Papadopoulos, 1991 e 1994).

Quando se utiliza a areia lavada, vermiculita, casca de arroz carbonizada ou crua, fibra

de coco, casca de pinus compostada, ou perlita como substrato de enraizamento é necessário o cultivo das plantas em sacos ou vasos de plástico. Para hortaliças de frutos os vasos de areia são bastante utilizados, e o sistema é simples: os recipientes são colocados sobre uma base baixa, para evitar o contato com o solo e permitir que se instale o sistema de drenagem. Uma linha de alimentação de solução percorre a seqüência de vasos injetando um determinado volume durante um certo tempo. A solução percolará pelo substrato irrigando as raízes e o excesso será drenado pelo fundo ou pela lateral do vaso. Pode haver retorno de partículas sólidas pela linha de drenagem, recomendando-se o uso de um filtro (Figura 10). A freqüência de irrigação será determinada pela capacidade de retenção de umidade do substrato ou pela demanda da evapotranspiração.

(Inserir figura 10)

### **3.3. COBERTURA DOS CANAIS E FIXAÇÃO DAS PLANTAS**

Para a fixação das plantas e bloqueio dos raios solares nos canais de cultivo ou no “floating”, podem ser usados isopor, filmes plásticos e de embalagens tipo “longa vida” (Tetrapack®) e outros materiais sintéticos, furados no espaçamento desejado.

Nas bancadas de arame, nas de telhas e no “floating” o isopor é utilizado na forma de placas de 1,5 ou 2,0 cm de espessura, cobrindo toda superfície da bancada, sendo furado apenas nos locais das plantas. É necessária a fixação destas placas com fios de nylon, fitilhos ou ripas para evitar danos pela ação dos ventos. Nos tubos de PVC cortados ao meio pode-se usar fitas de isopor encaixadas no interior dos canais, conferindo uma economia no consumo desse material de cobertura. Estas fitas podem ser cortadas no centro de cada furo, de modo a facilitar a colheita (Figura 11). Quando as plantas são retiradas estas partes se separam deixando que as raízes saiam facilmente do interior do canal. Tem sido estudadas alternativas ao isopor, pois este se quebra com relativa facilidade (principalmente na colheita) e também por liberar durante sua degradação um resíduo que contém CFC (cloro-fluor-carbono), nocivo à camada de ozônio.

(Inserir figura 11)

O filme plástico de dupla face (Duplalon®) vem sendo utilizado em substituição ao isopor com vantagens: é mais barato e de fácil instalação, pois basta esticar o filme sobre a mesa, fixar as laterais e furar no espaçamento desejado fazendo-se um corte em “X”. Além disto é de fácil limpeza e se adapta perfeitamente à conformação do colo das plantas, impedindo a formação de algas dentro do canal. Entretanto, a sua durabilidade ainda é pequena comparada ao isopor e outros materiais. Outras mantas sintéticas estão sendo testadas para serem utilizadas na sustentação das plantas, mas seus elevados custos e menor durabilidade têm limitado suas utilizações.

A lâmina usada para confeccionar as embalagens tipo longa vida (Tetrapack®) tem sido

empregada com sucesso na cobertura de mesas de cultivo e sustentação das plantas. É um produto relativamente barato e de excelente durabilidade. É de fácil limpeza, durável, tem boa capacidade de isolamento térmico e resistente aos raios solares.

Os tubos de PVC inteiros e os perfis hidropônicos dispensam qualquer tipo de sustentação para as plantas pois são fechados, fornecendo o apoio suficiente para a maioria das hortaliças folhosas. Para plantas de grande porte é necessário o tutoramento, não importando o tipo de canal utilizado.

Os vasos com substrato também dispensam a sustentação para as plantas de pequeno porte, mas o tutoramento para as hortaliças de frutos é igualmente necessário.

### **3.4 EMPRESAS FABRICANTES DE TUBOS E PERFIS PARA CULTIVO HIDROPÔNICO.**

Encontram-se no mercado brasileiro, tubos e perfis especiais de PVC fabricados por LUMAPLASTIC DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS ESPECIAIS ([www.lumaplastic.com.br](http://www.lumaplastic.com.br)) e DYNACS ESTUFAS AGRÍCOLAS LTDA ([www.dynacs.com.br](http://www.dynacs.com.br)) e perfis de polipropileno fabricado por HIDROGOOD HIDROPONIA MODERNA ([www.hidrogood.com.br](http://www.hidrogood.com.br)).

## **4. REGULADOR DE TEMPO OU TEMPORIZADOR**

A circulação da solução nutritiva é comandada por um sistema regulador de tempo, ou temporizador. Este equipamento permite que os tempos de irrigação e drenagem ocorram de acordo com a programação que se deseja. Existem no mercado desde temporizadores mecânicos com intervalos de 10 por 10 ou 15 por 15 ou 20 por 20 min, até temporizadores eletrônicos com intervalos variados de segundos a minutos. O tempo de irrigação varia muito entre os sistemas, bancadas, regiões, tipos de cobertura, variedade cultivada, época do ano e outros fatores, não havendo regra geral. Em locais quentes, durante o verão, o sistema deverá permanecer ligado ininterruptamente durante as horas mais quentes do dia, ao passo que no mesmo local, no inverno este manejo será diferente. Quando se usa a irrigação contínua durante o período mais quente do dia deve-se tomar cuidado para que haja aeração adequada da solução nutritiva para evitar deficiência de oxigênio no sistema radicular. Normalmente durante o período noturno o sistema pode permanecer desligado ou com duas a três irrigações de 10-15 min espaçadas de 4 a 5 horas.

## **5. PRODUÇÃO DE MUDAS PARA HIDROPONIA**

A etapa de produção de mudas é decisiva para conferir sucesso no empreendimento em hidroponia, pois interfere diretamente no aspecto sanitário da cultura, na precocidade da

colheita , na eficiência operacional , nos custos e qualidade do produto final. Para hortaliças de maneira geral, pode-se dividir a produção de mudas em duas fases; a 1<sup>a</sup>, compreendida entre a sementeira ou estaquia até o primeiro par de folhas e a 2<sup>a</sup> , a partir desta até o quinto par de folhas. O tempo de duração destas fases dependerá, dentre outros fatores, da espécie, da cultivar, do substrato, das condições microclimáticas, do tipo de propagação (vegetativa ou semente), do condicionamento da semente (nua ou peletizada), das condições fitossanitárias do ambiente de produção.

### 5.1 Escolha da semente

Um aspecto fundamental para reduzir o tempo para formação das mudas é a escolha da semente. Além de verificar a qualidade fisiológica, sanitária e genética, deve-se escolher na hora da compra, sementes peletizadas. Sementes peletizadas são misturadas com um pó inerte e aglutinantes configurando uma formação uniforme, facilitando a sementeira e dispensando o desbaste. Este procedimento aumenta em cerca de 1.000% o tamanho da semente, sendo a quantidade de semente em 1 kg é reduzida em cerca de 250.000 para 27.500 unidades. Normalmente, as sementes peletizadas recebem tratamento denominado “priming”, que reduz o problema da maioria dos cultivares como a fotodormência (luz para poder germinar) e a termodormência (não germina em temperaturas acima de 23° C). Vale ressaltar, que embora este tratamento seja muito eficiente para acelerar o processo de germinação, reduz a longevidade das sementes. Portanto, após a abertura de uma lata de sementes, mesmo com armazenamento adequado, deve ser consumida rapidamente.

### 5.2 Substratos

A escolha do substrato determinará o tipo de estrutura requerida para produção das mudas. Algumas características devem ser consideradas para a escolha do substrato mais adequado, ou sejam, ser inerte quanto ao fornecimento de nutrientes, ter pH neutro e apresentar retenção de água e porosidade adequadas para a oxigenação das raízes; de oferecer sustentação para a muda e proteção às raízes aos danos físicos.

Quatro principais tipos de mudas para hortaliças folhosas têm sido usadas no cultivo hidropônico, à saber: substrato organo-mineral, vermiculita, algodão hidrófilo e espuma fenólica. Para hortaliças de frutos, outros substratos podem ser usados, como a perlita, a lã de rocha, argila expandida e areia.

#### 5.2.1 Substrato organo-mineral

Foi muito utilizado no passado, quando outros substratos não eram disponíveis. Este substrato que pode apresentar as mais diferentes composições, conforme a fontes usadas na sua confecção, proporciona bom desenvolvimento das mudas, não sendo necessário o fornecimento de solução nutritiva e nem de uma estrutura física tipo bancada. No entanto, para

o cultivo hidropônico, o substrato organo-mineral apresenta as seguintes desvantagens: a) não é inerte, podendo interferir na composição da solução; b) pode ser veículo de transmissão de microorganismos patogênicos; c) requer uso de suporte tipo bandeja de isopor ou de plástico; d) requer, antes do transplante para o sistema hidropônico, da retirada do substrato aderido ao sistema radicular; e) requer o tutoramento das mudas após o transplante para o canal de cultivo; f) elevada incidência de danos físicos às raízes durante o processo de limpeza no transplante; g) promove maior risco de entupimento do sistema de irrigação devido a detritos de substrato; h) consome maior tempo na operação de transplante; i) aumenta a porcentagem de descartes de mudas e portanto, aumenta os custos.

### 5.2.2 Vermiculita

Este material resulta do aquecimento a 1.090° C do mineral mica, que apresenta após este tratamento a densidade de 90-150 kgm<sup>-3</sup>, podendo absorver entre 40-50 Lm<sup>-3</sup> de água, além de apresentar alta capacidade de troca de cátions. É comercializada em diferentes granulometrias, sendo a nº 4 (0,75-1,0 mm) a mais indicada para germinação, todavia recomenda-se para produção em sistema hidropônico a de maior granulometria. Para um bom desenvolvimento das mudas é necessário o fornecimento de solução nutritiva, dessa maneira requer uma bancada. Nesta bancada denominada de "floating" ou piscina, as bandejas de isopor são colocadas para flutuar sobre um filme de solução nutritiva (4-8 cm), de preferência que esteja em circulação. Convém salientar, que a solução nutritiva nesta fase deve ser mais diluída, cerca de 50% da concentração da fase de produção. Apresenta as mesmas desvantagens do substrato organo-mineral, com as exceções de não servir de fonte de patógenos e não interferir na solução nutritiva, entretanto proporciona relativo desenvolvimento de algas na superfície das bandejas.

### 5.2.3 Espuma Fenólica

É um substrato estéril, de fácil manuseio e que oferece ótima sustentação para as plântulas, reduzindo sensivelmente os danos durante a operação de transplante. Dispensa o uso de bandejas de isopor, portanto não requer a construção do "floating", pois após a emergência as mudas são transplantadas diretamente para os canais de crescimento. É comercializado em placas com 2 cm ou 4 cm de espessura e com células pré-marcadas nas dimensões de 2 cm x 2 cm.

A seguir é apresentado o procedimento recomendado para produção de mudas utilizando placas de espuma fenólica.

- a) Dividir a placa de espuma fenólica em duas metades;
- b) Lavar muito bem cada placa com água limpa. Uma maneira fácil de efetuar essa operação é enxaguar diversas vezes com água para eliminar possíveis compostos ácidos remanescentes de sua fabricação. O uso de um tanque com dreno facilita o trabalho. Para evitar que a placa de espuma se quebre durante o seu manuseio, usar um suporte com

perfurações . Por exemplo, a parte dorsal (base) de uma bandeja de isopor ou chapa de madeira ou de plástico ou de PVC ou de acrílico com perfurações de 0,5-1,0 cm de diâmetro e alocadas de forma aleatória no suporte. Estas perfurações auxiliam a drenagem do excesso de água da espuma fenólica.

c) Caso as células não estejam perfuradas para a semeadura, efetuar as perfurações usando-se qualquer tipo de marcador com diâmetro máximo de 1,0 cm, tomando-se o cuidado de que os orifícios fiquem com no máximo 1cm de profundidade. O orifício de forma cônica possibilita melhor acomodamento da semente e evita compactação da base favorecendo a penetração da raiz na espuma fenólica.

d) Efetuar a semeadura conforme determinado para cada espécie de hortaliça. No caso de alface, usar apenas uma semente quando a mesma for peletizada, ou no máximo três no caso de semente nua (neste caso há necessidade de efetuar o desbaste após a emergência, deixando-se apenas uma plântula por célula). Para as outras hortaliças de folhas, caso de rúcula, agrião d'água, almeirão, salsa e cebolinha, usar quatro a seis sementes por orifício.

e) Após a semeadura, caso haja necessidade, irrigar levemente a placa com água usando um pulverizador ou regador com crivo fino.

f) Colocar a bandeja com a placa já semeada, em local apropriado para a germinação de sementes (temperatura amena porém com pouca variação de 20 a 25° C). Normalmente, não há necessidade de irrigação da espuma durante o período de 48 h após a semeadura. Entretanto, caso haja necessidade, umedecer a placa de espuma fenólica por subirrigação, usando-se apenas água.

g) No período de 48 a 72 horas a setenta e duas horas após a semeadura , transferir as placas para a estufa e acomodar num local com luminosidade plena. Iniciar a subirrigação com a solução nutritiva diluída a 50%. A espuma deve ser mantida úmida porém não encharcada. Quando a semente iniciar a emissão da primeira folha verdadeira (cerca de 7 a 10 dias após a semeadura), efetuar o transplante das células contendo as plantas para a mesa de desenvolvimento das mudas, mantendo um espaçamento entre células de 5cm x 5cm, caso essa mesa tenha canaletas de PVC de 50 mm, ou 7,5 cm x 5 cm caso seja com telha de fibrocimento de 4 mm. Para facilitar o transplante das células de espuma para a canaleta, use uma pinça (tira dobrada de PVC com 1 cm de largura) para auxiliar a colocação de cada muda no fundo da canaleta. O orifício na placa de isopor de cobertura da mesa deve ser de no máximo 3,5 cm de diâmetro.

h) Quando da transferência das mudas para a mesa definitiva ou para a mesa intermediária, tomar cuidado para que o sistema radicular fique bem acomodado na canaleta de crescimento. O cubo de espuma fenólica permanece intacto com a planta até a fase final de colheita.

Cada m<sup>2</sup> de canteiro intermediário fornece mudas para 4 m<sup>2</sup> de canteiro definitivo. Para a cultura de alface, a mais plantada na hidroponia, tem-se conseguido, com o uso desse sistema intermediário, aumentos de 50% na produção mensal usando-se uma mesma área de mesa. É recomendado que toda etapa de produção de mudas seja realizada em uma unidade separada das unidades de produção, para que qualquer problema fitossanitário (ataque de pragas e ocorrência de doenças) possa ser controlado de maneira segura seguindo-se o atendimento aos períodos de carência, sem comprometimento às plantas que serão comercializadas em breve.

## **6. NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS, PREPARO E MANEJO DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS**

Ao contrário dos animais e microorganismos, os elementos químicos essenciais requeridos pelas plantas superiores são exclusivamente de natureza inorgânica. A identificação desses nutrientes atendeu aos critérios de essencialidade propostos por Arnon e Stout (1939), conforme citação de Resh (1996), ou seja: a) a deficiência ou a falta de um elemento impossibilita a planta completar o seu ciclo biológico; b) a deficiência é específica para o elemento em questão; c) o elemento deve estar envolvido diretamente na nutrição da planta quer seja constituindo um metabólito essencial, quer seja, requerido para a ação de um sistema enzimático. Dessa forma, com os elementos químicos carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn), uma planta é capaz de se desenvolver e completar seu ciclo biológico se as condições ambientais forem favoráveis. Com exceção dos nutrientes não minerais C, H e O, que são incorporados ao metabolismo vegetal, através da água e ar atmosférico, os demais nutrientes minerais são absorvidos via raízes. Recentemente, o níquel (Ni) entrou para o rol dos elementos essenciais por fazer parte da estrutura molecular da enzima urease, necessária para a transformação de nitrogênio amídico em mineral. Todavia a quantidade exigida pelas plantas deve ser inferior à de molibdênio.

Além desses nutrientes, outros elementos químicos têm sido esporadicamente considerados benéficos ao crescimento de plantas, sem contudo atender aos critérios de essencialidade. Como exemplo, podemos citar o sódio (Na) para plantas halófitas, o silício (Si) para algumas gramíneas e o cobalto (Co) para plantas leguminosas fixadoras de nitrogênio atmosférico.

De acordo com a redistribuição no interior das plantas, os nutrientes podem ser classificados em três grupos: móveis ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , P, K e Mg), intermediários (S, Mn, Fe, Zn, Cu e Mo) e imóveis (Ca e B). Essa classificação é muito útil na identificação de sintomas de

deficiência de um determinado nutriente. Por exemplo, os sintomas de falta de N e de B, ocorrem em partes mais velhas (folhas velhas) e mais jovens da planta (pontos de crescimento), respectivamente.

Em cultivos hidropônicos, a absorção é geralmente proporcional à concentração de nutrientes na solução próxima às raízes sendo muito influenciada pelos fatores do ambiente, tais como: salinidade, oxigenação, temperatura, pH da solução nutritiva, intensidade de luz, fotoperíodo, temperatura e umidade do ar (Adams, 1992 e 1994).

## 6.1 EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE HORTALIÇAS VISANDO O CULTIVO HIDROPÔNICO

Quando se procede uma análise das exigências nutricionais de plantas visando o cultivo em solução nutritiva deve-se focar as relações existentes entre os nutrientes, pois essa é uma indicação da relação de extração do meio de crescimento. As quantidades totais absorvidas apresentam importância secundária uma vez que no cultivo hidropônico procura-se manter relativamente constante as concentrações dos nutrientes no meio de crescimento, diferente do que ocorre em solo, onde procura-se fornecer as quantidades exigidas pelas plantas através do conhecimento prévio das quantidades disponíveis existentes no próprio solo.

No quadro 1 são apresentadas as relações existentes entre os teores foliares considerados adequados de N, P, Ca, Mg e S com os de K para diferentes culturas passíveis de serem cultivadas no sistema hidropônico-NFT. Embora haja diferenças nos teores de nutrientes em folhas em função de cultivares, épocas de amostragem e posição das folhas, os valores apresentados indicam que existem diferenças entre essas relações para as diversas espécies considerando o desenvolvimento vegetativo adequado e que isto deve ser levado em consideração quando se utiliza uma única composição de solução nutritiva para o crescimento de variadas espécies vegetais. Quando isso ocorre com espécies que possuem relação de extração diferente, há uma grande possibilidade de desequilíbrio nutricional com o acúmulo e, ou, a falta de nutrientes ao longo do período de desenvolvimento das plantas, principalmente para plantas de ciclo mais longo, quando a solução nutritiva não é renovada integralmente. Os valores apresentados também indicam que para a reposição de nutrientes durante o desenvolvimento das plantas, essas relações devem ser consideradas.

### Inserir Quadro 1

Por exemplo, quando se usa uma única solução nutritiva para o crescimento de diferentes hortaliças de folhas, pode-se antever que as plantas de espinafre e rúcula irão absorver maiores quantidades de cálcio que as plantas de agrião, alface e almeirão, para cada unidade de potássio absorvido. Se isso não foi considerado na reposição de nutrientes, ocorrerá deficiência de Ca para essas culturas com maior capacidade de extração.

Por outro lado, para as culturas que possuem fase reprodutiva com interesse comercial seja na produção de flores ou de frutos, a relação entre N e K e P considerada deve ser diferente da usada para o desenvolvimento vegetativo. No período de floração e frutificação deve-se reduzir a relação N/K e aumentar P/K. Essas alterações são fáceis de serem feitas no cultivo hidropônico.

## 6.2 COMPOSIÇÕES DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS

A composição ideal de uma solução nutritiva depende não somente das concentrações dos nutrientes, mas também de outros fatores ligados ao cultivo, incluindo-se o tipo ou o sistema hidropônico, os fatores do ambiente, a época do ano (duração do período da luz), o estágio fenológico, a espécie vegetal e o cultivar em produção.

A figura 12, apresentada por Resh (1996), mostra as origens dos nutrientes no cultivo em solo e hidroponia. Comparando-se as composições químicas de extratos de solo e de soluções nutritivas, Martinez (1997) comentou que as maiores diferenças existentes entre esses dois meios de crescimento de plantas (solo e hidroponia) referem-se à concentração de P. Enquanto que na solução de um solo fértil ela é de  $0,004 \text{ mmolL}^{-1}$  ( $0,12 \text{ mgL}^{-1}$ ), nas soluções nutritivas essa concentração mostra-se 125 a 675 vezes maior, isto é, entre 0,5 e 2,7  $\text{mmolL}^{-1}$  (15 e 84  $\text{mgL}^{-1}$ ). Segundo a autora, também o K e o N apresentam concentrações na solução do solo muito superiores às na solução nutritiva, sendo, respectivamente, de 49 a 126 vezes e de 16 a 56 vezes mais elevadas nessa solução. Para os demais nutrientes, as diferenças são de menor magnitude. A composição da solução de um solo apresenta muito pouca alteração em função da extração de nutrientes pelas plantas, uma vez que no solo, além da relação de volume de solução por volume de raízes ser muito elevada, também ocorre uma capacidade contínua de reposição de nutrientes a partir dos processos de decomposição e, ou, liberação dos componentes inorgânico e orgânico. Isso não ocorre com soluções nutritivas, onde normalmente, a relação de volume solução/raízes além de ser muito menor em relação às condições de solo, a reposição de nutrientes não existe de maneira natural.

Inserir Figura 12

Diversas soluções nutritivas já foram propostas na literatura havendo, em alguns casos, diferenças marcantes entre elas com relação às concentrações dos macronutrientes, enquanto que para os micronutrientes, as diferenças são bem menores. Hewitt citado por Benton Jones (1982), apresenta uma lista de 160 diferentes fórmulas, baseadas nos vários tipos de sais e combinações de fontes de N.

No entanto, é comum encontrar nos artigos a frase “solução nutritiva modificada de Hoagland”, isto é, fórmulas derivadas da proposta em 1938, por Hoagland & Arnon, conforme citação de Resh (1996), onde os valores expressos em ( $\text{mgL}^{-1}$ ) são : N- $\text{NO}_3$  (210), P(31), K (234), Ca (160), Mg (48), S (64), B (0,5), Cu (0,02), Fe (1,0), Mn (0,5), Mo (0,01) e Zn (0,05). Existe outra versão dessa solução com a adição de N- $\text{NH}_4$  (14), mantendo-se o N total constante. Essa solução tem sido a mais usada em pesquisa com nutrição mineral de plantas e constitui-se a base para a formulação de inúmeras soluções nutritivas comerciais existentes em todo o mundo.

De maneira geral, segundo Barry (1996) as concentrações de nutrientes se apresentam nas seguintes faixas ( $\text{mgL}^{-1}$ ): N (70-250), P (15-80), K (150-400), Ca (70-200), Mg (15-80), S (20-200), Fe (0,8-6), Mn (0,5-2), B (0,1-0,6), Cu (0,05-0,3), Zn (0,1-0,5) e Mo (0,05-0,15). Esses valores podem ser observados nos quadros 2 a 4, nos quais estão apresentadas diferentes soluções nutritivas para várias espécies de hortaliças segundo propostas de diversos autores. Convém salientar que, para as condições em que foram avaliadas, todas apresentaram bons resultados, podendo-se dizer que não existe uma formulação que seja

única e melhor que todas as outras. Como mencionado anteriormente, são pequenas as diferenças entre as concentrações de um mesmo micronutriente nas diferentes soluções nutritivas. Por exemplo, nas soluções propostas por Yamazaki, conforme citação de Sazaki (1992), as concentrações dos micronutrientes são as mesmas, independente da cultura.

Inserir Quadros 2, 3 e 4

### 6.3 PREPARO E MANEJO QUÍMICO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

Os produtores que optarem pelo preparo de sua própria solução nutritiva, podem utilizar qualquer sal solúvel, desde que forneça o nutriente requerido e não contenha elemento químico que possa prejudicar o desenvolvimento das plantas. Nos quadros 5, 6 e 7 encontram-se listados os sais/fertilizantes comumente usados para o preparo de soluções nutritivas. Alguns cuidados devem ser observados no preparo das soluções nutritivas destinadas à produção comercial: a) conhecer a qualidade da água, quanto ao suas características químicas (quantidades de nutrientes e concentração salina) e microbiológicas (coliformes fecais e patógenos). Se os teores de macro e micronutrientes forem respectivamente maiores que 25% e 50% dos valores da fórmula, as quantidades devem ser recalculadas; b) observar a relação custo/benefício e solubilidade na escolha dos sais fertilizantes; c) o nitrogênio na forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) não deve ultrapassar mais do que 20% da quantidade total de N da formulação; d) evitar a mistura de solução concentrada de nitrato de cálcio com sulfatos e fosfatos, pois podem ocorrer a formação de compostos insolúveis (precipitados) como sulfato de cálcio e fosfato de cálcio; e) dar preferência ao uso de molibdato de amônio ou ácido molibdico em vez do molibdato de sódio, pois este é muito alcalino e quando adicionado ao coquetel dos demais sais de micronutrientes pode ocasionar precipitações de alguns deles.

Inserir Quadros 5, 6 e 7

Uma grande parte das soluções nutritivas não tem capacidade tampão, dessa forma o pH varia continuamente, não se mantendo dentro de uma faixa ideal. Variações na faixa de 4,5 a 7,5 são toleradas, sem problemas ao crescimento das plantas. No entanto, valores abaixo de 4,0 afetam a integridade das membranas celulares e valores superiores a 6,5 deve-se ter atenção redobrada com possíveis sintomas de deficiência de Fe, P, B e Mn.

As variações de pH que ocorrem na solução nutritiva são reflexos da absorção diferenciada de cátions e ânions. Por exemplo, quando o N é fornecido na forma nítrica, a absorção de ânions é maior que cátions ocorrendo elevação do pH. Por esta razão, recomenda-se o fornecimento de parte do nitrogênio também na forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ), tornando a solução mais tamponada. É mais conveniente manter a solução nutritiva equilibrada em cátions e ânions para atender a demanda da planta, que tentar manter o pH numa faixa estreita de valores através do uso de ácido (sulfúrico, fosfórico, nítrico ou clorídico) ou de bases (hidróxido de sódio, de potássio ou de amônio) fortes para diminuir ou aumentar o pH do meio

de crescimento, respectivamente. Convém salientar que o uso desses produtos deve ser feito com cautela, pois podem causar sérias queimaduras quando em contato com a pele e olhos do operador.

Considerando que a absorção de nutrientes pelas plantas é seletiva em função da espécie e do cultivar, a reposição dos nutrientes durante o desenvolvimento das plantas sem afetar o balanço entre as suas concentrações na solução nutritiva, passa a ser o maior desafio dos produtores hidropônicos.

Diferentes formas de reposição de nutrientes são mencionadas na literatura, de acordo com Berry (1996). Durante o desenvolvimento do cultivo hidropônico comercial, os sistemas de manejo foram também evoluindo. Inicialmente, procurava-se renovar periodicamente a solução nutritiva. Entretanto, essa prática ocasionava desperdícios com o conseqüente efeito poluente e, passou a ser substituída pela adição de sais proporcional ao volume de água consumido pelas plantas, usando como critério os valores da evapotranspiração. Este critério provocava aumentos nas concentrações de nutrientes extraídos em menores quantidades e deficiência dos nutrientes extraídos em maiores quantidades, se a solução nutritiva não fosse balanceada para a cultura. Embora sejam fáceis de usar na prática, estes critérios foram substituídos pelo controle da concentração salina da solução nutritiva mediante monitoramento com condutivímetro portátil. No entanto, a leitura fornecida pelo condutivímetro não discrimina os nutrientes, podendo também ocasionar desequilíbrios nutricionais. Para contornar esses problemas, a análise química periódica da solução nutritiva é a única maneira de repor à solução nutritiva, as quantidades de nutrientes que foram absorvidos pelas plantas. Do ponto de vista prático, exige-se que a análise seja feita de forma rápida e com custo baixo, o que nem sempre é conseguido por produtores residentes distantes de laboratórios de análises. Mais recentemente, esforços tem sido direcionados para o desenvolvimento de sensores que estimam a concentração dos nutrientes individualmente. Entretanto, nada definitivo e confiável existe no mercado brasileiro.

Para calcular as quantidades de sais ou de fertilizantes necessários para o preparo de qualquer uma das soluções nutritivas listadas nos quadros 2 a 4, pode-se multiplicar a concentração requerida do nutriente pela quantidade listada na quinta coluna do quadro 5 para se obter  $1 \text{ mgL}^{-1}$  de um determinado macronutriente, ou  $0,1 \text{ mgL}^{-1}$  de um micronutriente.

Também a condutividade elétrica (em mS) de qualquer solução nutritiva pode ser estimada *à priori*, somando-se os resultados da multiplicação da quantidade de cada sal pelo respectivo coeficiente de condutividade elétrica, conforme mostrado na quarta coluna do quadro 5, tomando-se o cuidado de transformar as quantidades em  $\text{gL}^{-1}$  para  $\text{kg}1.000 \text{ L}^{-1}$ .

#### 6.4 SUGESTÃO DE RECEITAS PARA O PREPARO DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS PARA DIVERSAS CULTURAS EM HIDROPONIA-NFT

a) Carrasco & Izquierdo (1996) - Hortaliças diversas (alface, manjerição, melão, tomate e pepino): **Solução estoque A** ( $\text{g}\cdot 100\text{L}^{-1}$ ): nitrato de cálcio (4.330); **Solução estoque B** ( $\text{g}\cdot 100\text{L}^{-1}$ ): nitrato de potássio (8.295), nitrato de magnésio (3.270), fosfato monopot ssio (MKP) (2.070), sulfato de potássio (3.665), quelato de ferro (FeEDTA-13% Fe) (400), Sequelene® (Mistura de micros: 1,6% Mn, 0,88% B, 0,8% Cu, 0,24% Mo e 1,12% Zn) (1,25).

Para preparar 1.000 L de uma solução nutritiva com CE ao redor de 2,5 mS acrescentar 10 L de cada uma das soluções estoques ao reservatório e completar o volume com  gua. Para as diferentes espécies, usar a seguinte faixa recomendada de CE: alface (1,5 a 2,5 mS), manjerição (1,5 a 2,0 mS), melão (3,0 a 3,5 mS), pepino (3,0 a 3,5 mS) e tomate (2,5 a 3,0 mS).

b) Resh (1993) – Tomate – **Solução estoque A<sub>1</sub>** ( $\text{g}\cdot 100\text{L}^{-1}$ ): nitrato de cálcio (4.600); **Solução estoque B<sub>1</sub>** ( $\text{g}\cdot 100\text{L}^{-1}$ ): nitrato de potássio (2.300), fosfato monopotássico (1.800), sulfato de potássio (1.600) e sulfato de magnésio (2.000); **Soluç o estoque A<sub>2</sub>** ( $\text{g}\cdot 100\text{L}^{-1}$ ): nitrato de cálcio (6.900); **Soluç o estoque B<sub>2</sub>** ( $\text{g}\cdot 100\text{L}^{-1}$ ): nitrato de potássio (1.900), fosfato monopotássico (2.500), sulfato de potássio (3.900) e sulfato de magnésio (3.300); **Soluç o estoque A<sub>3</sub>** ( $\text{g}\cdot 100\text{L}^{-1}$ ): nitrato de cálcio (9.200); **Solução estoque B<sub>3</sub>** ( $\text{g}\cdot 100\text{L}^{-1}$ ): nitrato de potássio (3.100), fosfato monopotássico (2.900), sulfato de potássio (5.000) e sulfato de magnésio (4.500); **Solução estoque C** ( $\text{g}\cdot 100\text{L}^{-1}$ ):  cido bórico (17), sulfato de manganês (32), sulfato de cobre (2,8), sulfato de zinco (4,5), molibdato de sódio (1,3), quelato de ferro (10%Fe) (300). As soluções estoques com índices 1, 2 e 3 referem-se, respectivamente, aos est dios de crescimento 1- p s-emergência até primeira folha verdadeira, 2 – da primeira folha verdadeira até aparecimento dos primeiros frutos com 0,5 a 1,5cm de diâmetro, e 3- desta fase em diante até o final do ciclo. A solução estoque C (micronutrientes)   a mesma para os três est dios.

Para preparar 1.000 L de solução nutritiva para uso nas três distintas fases de desenvolvimento do tomateiro, acrescentar 10 L de cada uma das soluções estoques A, B e C ao reservatório e completar o volume com água.

c) Papadopoulos (1991) - Tomate - **Solução estoque A** ( $\text{g}\cdot 100\text{L}^{-1}$ ): nitrato de cálcio (9.900), nitrato de potássio (6.600); **Solução estoque B** ( $\text{g}\cdot 100\text{L}^{-1}$ ): sulfato de magnésio (5.000), fosfato monopot ssio (MKP) (2.700), Dissolvine® (FeEDTA-13% Fe) (300), sulfato de manganês (50), ácido bórico (20), sulfato de cobre (3), sulfato de zinco (3,5), molibdato de amônio (1).

Para preparar 1.000 L de solução nutritiva com CE ao redor de 2,2 mS acrescentar 8 litros de cada uma das soluções estoques ao reservatório e completar o volume com  gua. Quando iniciar com uma cultura nova (transplante de mudas), preparar uma solução com CE igual a 1,5 mS e aumentar gradualmente a CE para 2,2 mS durante a primeira semana de crescimento.

d) Papadopoulou (1994) - Pepino - Solução estoque A: ( $\text{g}100\text{L}^{-1}$ ) nitrato de cálcio (4.400), nitrato de potássio (6.270), nitrato de amônio (500); Solução estoque B: ( $\text{g}100\text{L}^{-1}$ ) sulfato de magnésio (5.000), fosfato monopotássio (MKP) (220), Dissolvine® (FeEDTA-13% Fe) (100), sulfato de manganês (25), ácido bórico (9), sulfato de cobre (3), sulfato de zinco (3,5), molibdato de amônio (1).

Para preparar 1.000 L de solução nutritiva com CE ao redor de 2,2 mS acrescentar 8 litros de cada uma das soluções estoques ao reservatório e completar o volume com água. Quando iniciar com uma cultura nova (transplante de mudas), preparar uma solução com CE igual a 1,5 mS e aumentar gradualmente a CE para 2,2 mS durante a primeira semana de crescimento.

e) Furlani (1998) – Para diversas hortaliças de folhas - O Instituto Agronômico de Campinas tem uma proposta de preparo e manejo de solução nutritiva para cultivo hidropônico, destinada para diversas espécies de plantas e já utilizada por muitos produtores em escala comercial. O produtor pode preparar sua própria solução nutritiva utilizando sais ou fertilizantes simples, de maneira fácil e rápida. No seu preparo são usadas as quantidades de sais/fertilizantes, conforme consta do quadro 8 (Furlani, 1988). Com essas quantidades de sais, a solução nutritiva resultante teoricamente deve ter a composição apresentada no quadro 2 (Furlani, 1998). É importante salientar que a quantidade fornecida de N e P pode variar, dependendo da qualidade do fertilizante MAP (fosfato monoamônio), podendo-se optar entre o comum (22% de P) ou o purificado (26% de P). Devido às pequenas quantidades utilizadas, os micronutrientes podem ser fornecidos no preparo da solução inicial, através da alíquota de 100 mL de uma solução estoque contendo em um litro dez vezes as quantidades recomendadas de cada sal de micronutriente, com exceção do ferro que deve ser fornecido separadamente.

#### Inserir quadro 8

O manejo da solução nutritiva sugerido pelo Instituto Agronômico é baseado no trabalho de Nielsen (1984), que utiliza o critério da manutenção da condutividade elétrica, mediante a adição de soluções de ajuste com composições químicas que apresentam uma relação entre os nutrientes semelhante à extraída pela planta cultivada. A partir de dados da composição química de diversas hortaliças folhosas (quadro 1), Furlani (1998) sugere a formulação constante do quadro 8 para o preparo e manejo da solução nutritiva, respectivamente. Para preparar a solução nutritiva, dissolver cada sal separadamente e acrescentar ao depósito já contendo cerca de 900 L de água, cada uma das soluções concentradas e na ordem em que estão listadas no quadro 8. Após a adição da última solução concentrada, acrescentar água até atingir o volume de 1.000 L. Tomar a medida da condutividade elétrica. O valor da condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva do IAC situa-se ao redor de 2,0 mS ou 2.000  $\mu\text{S}$  ou 1.280 ppm ou 20 CF (1 mS = 1.000  $\mu\text{S}$ ; 640 ppm = 1.000  $\mu\text{S}$ ; 1CF = 100  $\mu\text{S}$ ). Pequena variação poderá ser encontrada em função da composição química da água usada para o seu

preparo. No caso de se optar pelo uso de uma solução nutritiva com condutividade de 1,0 ou 1,5 mS ou 1.000 ou 1.500  $\mu\text{S}$  (recomendado para o verão e para locais de clima quente - região Norte e Nordeste), basta multiplicar por 0,50 ou 0,75 os valores das quantidades indicadas dos macronutrientes, mantendo em 100% os micronutrientes.

É conveniente que o volume do depósito seja completado quantas vezes forem necessárias durante o dia para evitar elevação muito grande na concentração salina da solução nutritiva. Para o manejo da solução durante a fase de desenvolvimento das plantas seguir o seguinte procedimento: a) diariamente, logo pela manhã, fechar o registro de irrigação, esperar toda a solução voltar ao depósito e completar o volume do reservatório com água e homogeneizar a solução nutritiva. b) proceder a leitura da condutividade elétrica, retirando uma amostra do reservatório; c) para cada diferença na condutividade inicial de 0,25 mS ou 250  $\mu\text{S}$  ou 150 ppm, quantidades proporcionais de cada produto usado para o preparo da solução inicial, ou seja, 12,5% do recomendado para obter solução com 2,00 mS/cm d) após a adição das soluções e homogeneização da solução nutritiva efetuar nova leitura e caso esta esteja na faixa adotada, abrir o registro de irrigação das plantas. É conveniente manter o reservatório de solução nutritiva sempre no nível, acrescentando água para repor o volume evapotranspirado. Caso seja conveniente, o volume poderá ser completado à tarde e a condutividade elétrica medida e corrigida na manhã do dia seguinte.

O ajuste químico perfeito da solução nutritiva depende da cultivar, do ambiente de crescimento, da época do ano e principalmente da qualidade da água usada no cultivo hidropônico. Quando se procede a adição de água para repor as perdas por evapotranspiração, acrescentam-se também os nutrientes que estão presentes na água.

A água usada no cultivo hidropônico no Instituto Agrônomo (IAC) tem apresentado a seguinte composição: 19  $\text{mgL}^{-1}$  para Ca, 5  $\text{mgL}^{-1}$  para Mg e 5  $\text{mgL}^{-1}$  para K e 0,2S de CE. Isso indica que para cada 1.000 L de água reposta ao tanque, acrescentam-se também 19 g de Ca, 5 g de Mg e 5 g de K. Como consequência dessas adições ao longo do tempo para repor as perdas por evapotranspiração (o consumo médio de água num cultivo de alface hidropônica situa-se entre 75 e 100  $\text{mLplanta}^{-1}\text{dia}^{-1}$ ), poderá ocorrer desequilíbrio entre os nutrientes na solução nutritiva, com excesso de Ca e Mg em relação à K. Para contornar esse desequilíbrio, deve-se proceder a análise química da solução nutritiva e efetuar as correções nos níveis dos nutrientes, ou então renovar a solução nutritiva quando as quantidades dos nutrientes acrescentados com a água atingirem valores maiores dos iniciais. A renovação da solução nutritiva também é recomendada para evitar aumento nas concentrações de materiais orgânicos (restos de plantas, exsudados de raízes e crescimento de algas) que podem servir como substrato para o desenvolvimento de microorganismos maléficos. Além disso, quando a água usada para o cultivo hidropônico apresentar CE entre 0,2-0,4 mS, há uma indicação que possui sais dissolvidos (carbonatos, bicarbonatos, Na, Ca, K, Mg, S, etc.) e com o tempo de

cultivo e sua constante adição para repor as perdas evapotranspiradas, ocorrerá uma diminuição gradativa da CE efetiva dos nutrientes devido ao acúmulo de elementos indesejáveis.

Também já existem no mercado brasileiro, formulações na forma sólida e prontas para o uso, tais como: Kristalon® Laranja® 6-12-36), Plant Prod® 7-11-27, Peter's Professional Hydro-Sol® 5-11-26, Max-F21 Hidroponia 8-11-38. Esses fertilizantes também contêm Mg, S e os micronutrientes em concentrações variadas em função de cada fabricante. Todos esses produtos não contêm Ca, o qual deve ser fornecido separadamente, sendo o nitrato de cálcio o mais usado para esse fim e também para complementar o N.

Recentemente, foi introduzida no mercado brasileiro, solução nutritiva líquida concentrada formuladas "a la carte", isto é, de acordo com a formulação desejada do produtor e da composição química da água usada no cultivo hidropônico.

Os produtores que optarem pelo preparo da própria solução nutritiva podem utilizar qualquer sal solúvel, desde que forneça o nutriente requerido e não contenha elemento químico que possa prejudicar o desenvolvimento das plantas. Nos Quadros 5, 6 e 7 encontram-se listados os sais/fertilizantes comumente usados para o preparo de soluções nutritivas e, respectivos conteúdos em nutrientes.

Também a condutividade elétrica (em mS/cm) de qualquer solução nutritiva pode ser estimada *à priori*, somando-se os resultados da multiplicação da quantidade de cada sal pelo respectivo coeficiente de condutividade elétrica, conforme mostrado na terceira coluna do Quadro 5, tomando-se o cuidado de transformar as quantidades em  $\text{g.L}^{-1}$  para kg por 1000 litros.

Os sais ou fertilizantes simples ou fertilizantes complexos usados no preparo de uma solução nutritiva devem fornecer os elementos minerais essenciais em formas químicas prontamente assimiláveis e em proporções que atendam a necessidade nutricional das plantas.

Qual o pH adequado para soluções nutritivas prontas para uso em cultivo hidropônico?

As figuras 13 e 14 mostram as faixas de pH consideradas adequadas para cultivo em solo e em cultivo hidropônico. Observa-se que o intervalo ideal de valores de pH para cultivo hidropônico é menor que para o cultivo tradicional em solos. Por quê isso ocorre no cultivo hidropônico?

Como preparar soluções nutritivas concentradas sem alterar as formas disponíveis dos nutrientes e sem provocar reações químicas entre os componentes químicos?

Na figura clássica de incompatibilidade entre soluções de fertilizantes (Figura 15), recomendam-se não misturar soluções concentradas de nitrato de cálcio com soluções concentradas de sulfatos de K ou de Mg (pode ocorrer formação de  $\text{CaSO}_4$ , insolúvel), de fosfatos de K, de  $\text{NH}_4$  (pode ocorrer formação de  $\text{CaHPO}_4$ ) e, também que soluções concentradas de Mg (sulfato ou nitrato) não devem ser misturadas com fosfatos de K ou de

$\text{NH}_4$  ( $\text{MgHPO}_4$ ). Da mesma forma, soluções concentradas de sais inorgânicos de micronutrientes não podem ser misturadas com soluções concentradas de fosfatos, podendo ocorrer fosfatos de Cu, de Mn e de Zn. Convém recordar que o fertilizante cloreto de potássio é compatível com os demais adubos usados no preparo de soluções nutritivas.

Entretanto, algumas das incompatibilidades podem ser contornadas por efeitos das concentrações e do pH das soluções obtidas.

De uma maneira geral, os sais e/ou fertilizantes usados no preparo de uma solução nutritiva são os seguintes: nitrato de cálcio, nitrato de potássio, fosfato monoamônio, fosfato monopotássico, sulfato de magnésio, ácido bórico ou borax, sulfato de cobre, sulfato de zinco, sulfato de manganês, molibdato de sódio ou de amônio. O ferro deve ser fornecido na forma quelatizada e dentre os quelatos existentes destacam-se o FeDTPA (DietilenoTriamino Penta Acetato de ferro), FeEDTA (Etileno Diamino Tetra Acetato de ferro), FeEDDHA (Etileno Diamino Di-orto Hidroxi fenil Acetato de ferro) e FeEDDHMA (Etileno Diamino Di-orto Hidroxi para Metil fenil Acetato de ferro).

Independente do fertilizante escolhido para o preparo de uma solução nutritiva para uso em cultivo hidropônico deve possuir pureza suficiente para fornecer apenas os nutrientes pretendidos. Os níveis de qualquer contaminante e materiais insolúveis devem ser os mínimos possíveis e tolerados pelas plantas.

A maioria das soluções nutritivas não tem poder tampão e o pH varia continuamente e, na maioria das vezes não se mantém numa faixa ideal. Diferente do solo, a faixa ideal de pH deve-se situar entre 5,0 e 6,0, com um ótimo de 5,5. Valores de pH diferentes destes ocasionam alteração nas formas livres e complexadas dos nutrientes, conforme mostram os dados dos Quadros 9 a 16, obtidos através do uso do programa de especiação química denominado GEOCHEM (PARKER et al, 1995) para diferentes soluções nutritivas.

Nos quadros 9 a 11, encontram-se resultados de especiação química feita em soluções nutritivas prontas para uso em pH 6,0, 6,4 e 6,6. Observa-se que quando o pH da solução é de 6,0, todos os nutrientes estão prontamente disponíveis para as plantas (formas livres e complexadas) enquanto que em pH 6,4 e 6,6, ocorre formação de compostos insolúveis de fosfatos de Ca, que aumenta com aumento de pH.

Com o ferro e demais cátions micronutrientes (Quadro 12) as alterações nas formas livres e complexadas são dependentes do pH e também do quelato de ferro usado. Considerando a faixa normal de pH que ocorre em soluções nutritivas (5,5 –6,5), o quelato FeEDDHA é mais estável que o FeDTPA e este mais estável que o FeEDTA.

A adição do quelato FeEDDHA como fonte de Fe à uma solução nutritiva promoverá, em parte, a quelatização apenas do cobre porém em menor proporção que com os outros agentes quelatizantes como o DTPA e EDTA. No caso do zinco, tanto o DTPA quanto o EDTA possuem semelhantes capacidades de quelatização, enquanto que no caso do Mn, o EDTA é

superior ao DTPA em capacidade de quelatização, porém tem importância significativa apenas em pH superior a 7,0.

Quando são usados volumes maiores de solução nutritiva em sistemas hidropônicos, é aconselhável e mais prático preparar soluções concentradas, as quais após diluições apropriadas preparam-se as soluções de irrigação. Esta operação pode ser manual (pequenos volumes) ou automáticas através de injetores, conforme já discutido na aula de adubos para fertirrigação.

Como preparar soluções nutritivas concentradas sem alterar as formas disponíveis dos nutrientes e sem provocar reações químicas entre os componentes químicos?

Nos quadros 13 a 15, encontram-se as formas iônicas dos nutrientes em solução concentrada contendo Ca, P, N-NH<sub>4</sub> e N-NO<sub>3</sub> (Quadro 13) em função de variações no pH obtidas por ácido fosfórico. Observa-se que até pH 4,5, os elementos Ca e P estão prontamente disponíveis às plantas pois apresentam-se nas formas livres ou complexadas. Isso não ocorre em solução concentrada com pH 5,0, na qual inicia-se a formação de compostos sólidos de fosfato de cálcio. Portanto, a incompatibilidade mostrada na figura 4 pode ser contornada por acidificação da solução concentrada.

A incompatibilidade entre Ca e SO<sub>4</sub> ocorre a partir de uma quantidade desse composto superior a solubilidade em água do CaSO<sub>4</sub> (cerca de 2g/L) (Quadro 16).

Outra incompatibilidade apontada na figura 15 refere-se a não mistura de fertilizantes fosfatados com sais de magnésio. Nos quadros 14 e 15, encontram-se os resultados da especiação químicas de uma solução concentrada contendo Mg, K, S, P e micronutrientes quelatados com EDTA. Observa-se que até pH 5,5, todos os nutrientes encontram-se nas formas prontamente assimiláveis pelas plantas (formas livres e complexadas). Em soluções concentradas com pH 6,0, inicia-se a formação de fosfato de Mg, comprovando a incompatibilidade existente entre P e Mg em soluções com pH maiores que 5,5.

As variações de pH que ocorrem na solução nutritiva durante o crescimento das plantas são reflexos da absorção diferenciada de cátions e ânions. Por exemplo, quando o nitrogênio é fornecido na forma nítrica, a absorção de ânions é maior que cátions ocorrendo elevação do pH. Por esta razão, recomenda-se o fornecimento de parte do nitrogênio também na forma amoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), tornando a solução mais tamponada. É mais conveniente manter a solução nutritiva equilibrada em cátions e ânions para atender a demanda da planta, que tentar manter o pH numa faixa estreita de valores através do uso de ácido (sulfúrico, fosfórico, nítrico ou clorídico) e/ou, bases fortes (hidróxido de sódio ou de potássio ou de amônio) para diminuir ou aumentar o pH do meio de crescimento, respectivamente.

## 6.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos cultivos comerciais é comum ocorrer murchamento de plantas nas horas mais quentes do dia. Para contornar tal problema, é importante manter o nível do reservatório próximo da capacidade adotada, principalmente para as culturas de ciclo rápido, pois em decorrência da maior absorção de água e aumento de temperatura, a condutividade elétrica real pode aumentar no decorrer do dia e atingir valores críticos para as plantas. Para regiões de clima quente, este sintoma pode ser resultado de aumento na concentração de sais na solução nutritiva pois sabe-se que, proporcionalmente, as plantas absorvem mais água que nutrientes. Vale ressaltar que nestes locais é conveniente trabalhar com soluções mais diluídas. Outra causa do murchamento está relacionada com o apodrecimento do sistema radicular por patógenos e, ou, por falta de oxigênio na solução nutritiva, cujos sintomas iniciais causam escurecimento das raízes. Portanto, antes de qualquer decisão sobre a causa provável desse murchamento, o produtor deve procurar identificá-la corretamente.

## 7 RECOMENDAÇÕES DE CULTIVO DE ALGUMAS HORTALIÇAS DE FOLHAS E DE FRUTOS

Os procedimentos e recomendações técnicas para o cultivo de algumas hortaliças de folhas e de frutos, encontram-se nos quadros 17 e 18, respectivamente.

As informações dadas para a obtenção das mudas referem-se ao uso da espuma fenólica, com exceção da cultura do morango, cuja muda inicial (Muda I) poderá ser originada de substrato organo-mineral, dada a ausência no mercado de mudas em espuma fenólica. Para a obtenção de mudas em espuma fenólica, o procedimento é similar ao usado para as mudas em substrato organo-mineral, ou seja, destacar as mudas dos estolões e plantá-las em cubos de espuma fenólica umedecida com solução nutritiva para mudas.

Inserir quadros 17e 18

## 8. PROJETO PARA A PRODUÇÃO DE 1.250 PLANTAS DE ALFACE POR SEMANA NUMA ESTUFA COM DIMENSÕES DE 7m x 50m (350m<sup>2</sup>).

### 8.1. Mudas -

8.1.1 Mudas Fase I - Da semente até a emergência (início de aparecimento da primeira folha) - tempo: uma semana. Área para esta fase: 1,5 m x 0,75 m. Suficiente para acomodar as placas de espuma fenólica (dimensão de cada placa: 0,20 m x 0,40 m. Número de placas por semana: 10 Com 160-180 células cada.

8.1.2 Mudas Fase II - Da emergência até o estágio do início de aparecimento da quinta folha) - tempo: duas semanas. Espaçamento entre plantas: 0,05 m x 0,05 m. Área para esta fase: 1,5 m x 4,75 m

8.2. Plantas da fase intermediária - tempo para formação: duas semanas. Espaçamento entre plantas: 0,125 m x 0,125 m. Área para esta fase: 1,5 m x 30 m, ou duas mesas sendo uma com 12m e outra com 18m de comprimento, respectivamente.

8.3. Plantas da fase definitiva - tempo para formação: duas semanas. Espaçamento entre plantas: 0,25 m x 0,25 m. Área para esta fase: 1,5 m x 108 m, ou três mesas com 12 m de comprimento e quatro mesas com 18 m de comprimento.

A figura 16 ilustra a disposição das diferentes mesas no interior de uma casa de vegetação com dimensões de 7m x 50 m.

Inserir figura 16

#### 8.4. Dimensionamento hidráulico

8.4.1 Mesa de mudas fase II: Número de canais de cultivo por mesa:  $1,5 \text{ m}/0,05 \text{ m} = 30$ ; Fluxo de solução nutritiva/canal de cultivo/minuto = 1,0 L. Através da equação (1) calcula-se a vazão da bomba d'água em  $\text{Lh}^{-1}$ , ou seja,

$$\text{Vazão da bomba d'água} = 1,0 \times 30 \times 0,09 = 2,700 \text{ Lh}^{-1} = 2.700 \text{ L.min}^{-1}.$$

8.4.2 Mesa de plantas fase intermediária: Número de canais de cultivo por mesa:  $1,5 \text{ m}/0,125 \text{ m} = 12$ ; Número de mesas: 2; Número total de canais de cultivo: 2 mesas x 12 = 24; Fluxo de solução nutritiva por canal de cultivo por minuto: 1,5 L

$$\text{Vazão da bomba d'água} = 1,5 \times 24 \times 0,09 = 3,240 \text{ Lh}^{-1} = 3.240 \text{ L.min}^{-1}.$$

8.4.3 Mesa de plantas fase definitiva: Número de canais de cultivo por mesa:  $1,5 \text{ m}/0,25 = 6$ ; Número de mesas: 7; Número total de canais de cultivo: 7 x 6 = 42; Fluxo de solução nutritiva/canal de cultivo/minuto: 2,0 L

$$\text{Vazão da bomba d'água} = 2,0 \times 42 \times 0,09 = 7,560 \text{ L.h}^{-1} = 7.560 \text{ L.min}^{-1}.$$

Portanto, deve-se usar bombas d'água com as seguintes capacidades de vazão: Mesa mudas II –  $2,700 \text{ L.h}^{-1}$ , Mesa plantas fase intermediária –  $3,240 \text{ Lh}^{-1}$ , Mesa plantas fase definitiva –  $7,560 \text{ L.h}^{-1}$ . Essas vazões garantirão o fluxo desejado em cada fase e também a aeração da solução nutritiva.

#### 8.5. Depósitos para solução nutritiva

8.5.1 Mudanças fase II: Número total de plantas: 2.850; Relação de volume por planta: 0,1 a 0,2  $\text{Lplanta}^{-1}$ .

$$\text{Volume do depósito: } 2850 \times 0,1 \text{ a } 2850 \times 0,2 = 285 \text{ a } 570 \text{ L}$$

8.5.2 Plantas fase intermediária: Número total de plantas: 2850; Relação de volume por planta: 0,25 a 0,50  $\text{Lplanta}^{-1}$

$$\text{Volume do depósito: } 2850 \times 0,25 \text{ a } 2850 \times 0,5 = 712,5 \text{ a } 1425 \text{ L}$$

8.5.3 Plantas fase definitiva: Número total de plantas: 2592; Relação de volume por planta: 0,75 a 1,0  $\text{Lplanta}^{-1}$

$$\text{Volume do depósito: } 2592 \times 0,75 \text{ a } 2592 \times 1,0 = 1944 \text{ a } 2592 \text{ L}$$

Portanto, deve-se trabalhar com depósitos com as seguintes capacidades mínimas: Mudanças Fase II - 500 L, Plantas Fase intermediária – 1.000 L e Plantas Fase definitiva – 2.000 L

Para outras hortaliças de folhas, o procedimento de cálculo é semelhante, devendo-se entretanto efetuar o ajuste para o número de plantas por mesa. Para as Hortaliças de frutos, deve-se adotar uma relação de volume de 4 a 5 L.planta<sup>-1</sup>, devido a maior evapotranspiração e o fluxo de solução de acordo com os dados do quadro 10.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, P. Crop nutrition in hydroponics. *Acta Horticulturae*, 323, p.289-305, 1992.
- ADAMS, P. Nutrition of greenhouse vegetable in NFT and hydroponic systems. *Acta Horticulturae*, 361:p 254-257, 1994.
- BARRY, C. Nutrients: The handbook to hydroponic nutrient solutions. Narrabeen, NSW, Australia, Casper Publications Ltda., 1996, 55p.
- BENOIT, F & CEUSTERMANS, N. Horticultural aspects of ecological soilless growing methods. *Acta Horticulturae*, 396: 11-24, 1995.
- BENTON JONES, J. Jr. Hydroponics: its history and use in plant nutrition studies. *Journal of Plant Nutrition*, 5(8): 1003-1030, 1982.
- BERRY, W.L. The evolution of hydroponics. Hydroponic Society of America. Proceedings of 17<sup>th</sup> Conference, San Jose, CA, USA, p. 87-95, 1996.
- CARRASCO, G. & IZQUIERDO, J.A. A média empresa hidropônica: A técnica da solução nutritiva recirculante ("NFT"). Talca, Chile, Universidade de Talca, Escritório Regional da FAO para a América Latina e o Caribe, 1996, 91 p.
- CASTELLANE, P.D. & ARAUJO, J.A.C., de. Cultivo sem solo-Hidroponia. Jaboticabal. FUNEP. 1994. 43p.
- COOPER, A. The ABC of NFT. Casper Publications Pty Ltd., Narrabeen, Australia, 1996. 171p.
- FAQUIM, V.; FURTINI NETO, A.E. & VILELA, L.A.A. Produção de alface em hidroponia. Lavras, MG, UFLA, 1996, 50p.
- FURLANI, P.R. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de Hidroponia NFT. Campinas, Instituto Agrônômico, 1998, 30p. (Boletim técnico, 168).
- GRAVES, C.J. The nutrient film technique. In: JANICK, J., ed. *Horticultural Reviews*. Westport, Connecticut, USA, The AVI Publishing Company, 1983. v. 5, cap. 1, p.1-44.
- JENSEN, M.H. & COLLINS, W.L. Hydroponic vegetable production. In: JANICK, J., ed. *Horticultural Reviews*, Westport, Connecticut, USA, The AVI Publishing Company, 1985. v. 7, cap. 10, p.483-558.
- LIM, E.W. & WAN, C.K. Vegetable production in the tropics using a two phase substrate system

- of soilless culture. In: Proceeding of the Sixth International Congress on Soilless Culture, ISOSC, Lunteren, The Netherlands., p. 317-328. 1984.
- MARTINEZ, H.E.P. & SILVA FILHO, J.B. Introdução ao cultivo hidropônico de plantas. Viçosa, MG, 1997. 52p
- MARTINEZ, H.E.P. Formulação de soluções nutritivas para cultivos hidropônicos comerciais. Jaboticabal, FUNEP, 31 p. 1997.
- MUCKLE, M.E. Hydroponic nutrients. 3<sup>rd</sup> ed. Princeton, British Columbia, Canada,. Growers Press Inc., 1993, 154 p.
- NIELSEN, N. E. Crop production in recirculating nutrient solution according to the principle of regeneration. In: INTERNATIONAL SOCIETY FOR SOILLESS CULTURE, Proceedings of the Sixth International Congress on Soilless culture. Lunteren, The Netherlands., p. 421-446, 1984.
- PAPADOPOULOS, A.P. Growing greenhouse seedless cucumbers in soil and in soilless media. Agriculture Canada Publication 1902/E. 1994. 126p.
- PAPADOPOULOS, A.P. Growing greenhouse tomatoes in soil and in soilless media. Agriculture Canada Publication 1865/E. 1991. 79p.
- PARDOSI, A.; LANDI, S.; MALORGIO, F.; CECCATELLI, M. & CAMPIOTTI, C.A. Studies on melon grown with NFT. Acta Horticulturae, 361: 186-193, 1994.
- PARKER, D.R., NORVELL, W.A., CHANEY, R.L. 1995. *GEOCHEM-PC: a chemical speciation program for IBM and compatible person computers*. In: Loeppert, R.H., Schwab, A.P., Goldberg, S. (Eds.). Chemical Equilibrium and Reaction Models. Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI, USA. pp. 253-269.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed.ver.atual. Campinas, Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico 100).
- RESH, H.M. Hydroponic food production. 5<sup>th</sup> ed. Califórnia, EUA, Woodbridge Press Publishing Company, 1996, 527 p.
- RESH, H.M. Hydroponic tomatoes for the home gardener, California, EUA, Woodbridge Press Publishing Company, 1993, 142 p.
- SAROOSHI, R.A. & CRESSWELL, G.C. Effects of hydroponic solution composition, electrical conductivity and plant spacing on yield and quality of strawberries. Australian Journal of Experimental Agriculture, 1994, 34, 529-535 p.
- SASAKI, J.L.S. Hidroponia. In: IX Semana da Agronomia (Palestras), UNESP/Ilha solteira, SP. 1992. 9p.
- SONNEVELD, C. & STRAVER, N. Nutrient solutions for vegetables and flowers grown in water or substrates. Tenth ed. Proefstation voor Tuinbouw onder Glas Te Naaldwijk, The Netherlands, Series: Voedingsoplossingen Glastuinbouw, n<sup>o</sup> 8, 45 p., 1994.

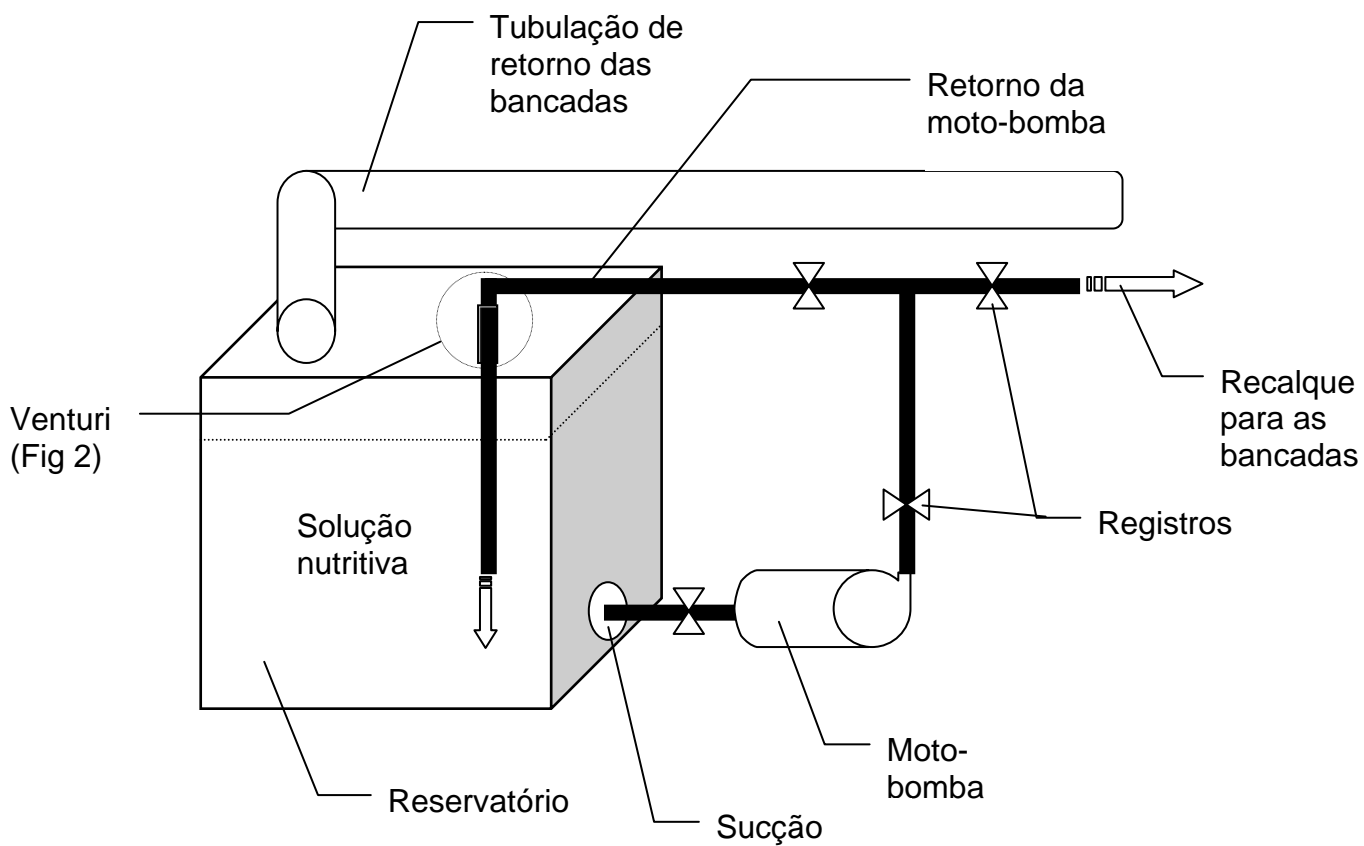


Figura 1. Esquema do reservatório, moto-bomba e encanamentos de recalque e drenagem de solução.

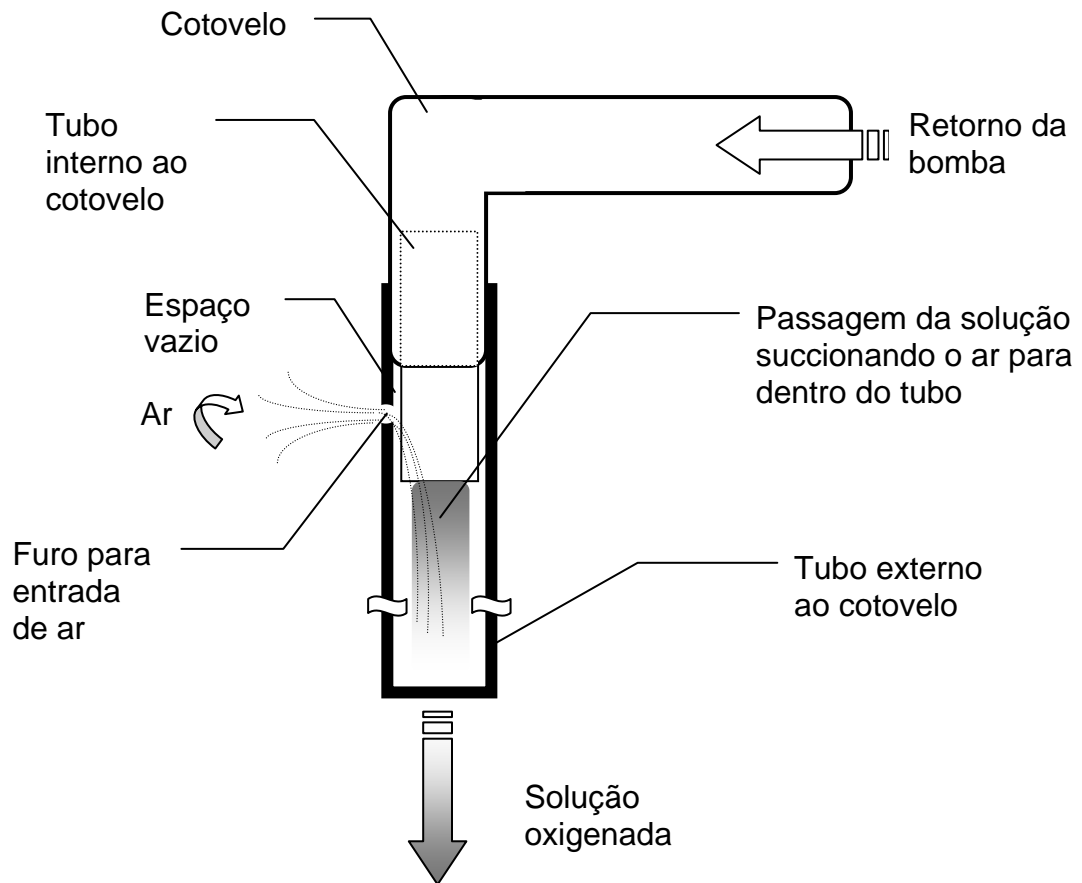


Figura 2. Montagem de um dispositivo tipo “venturi”.

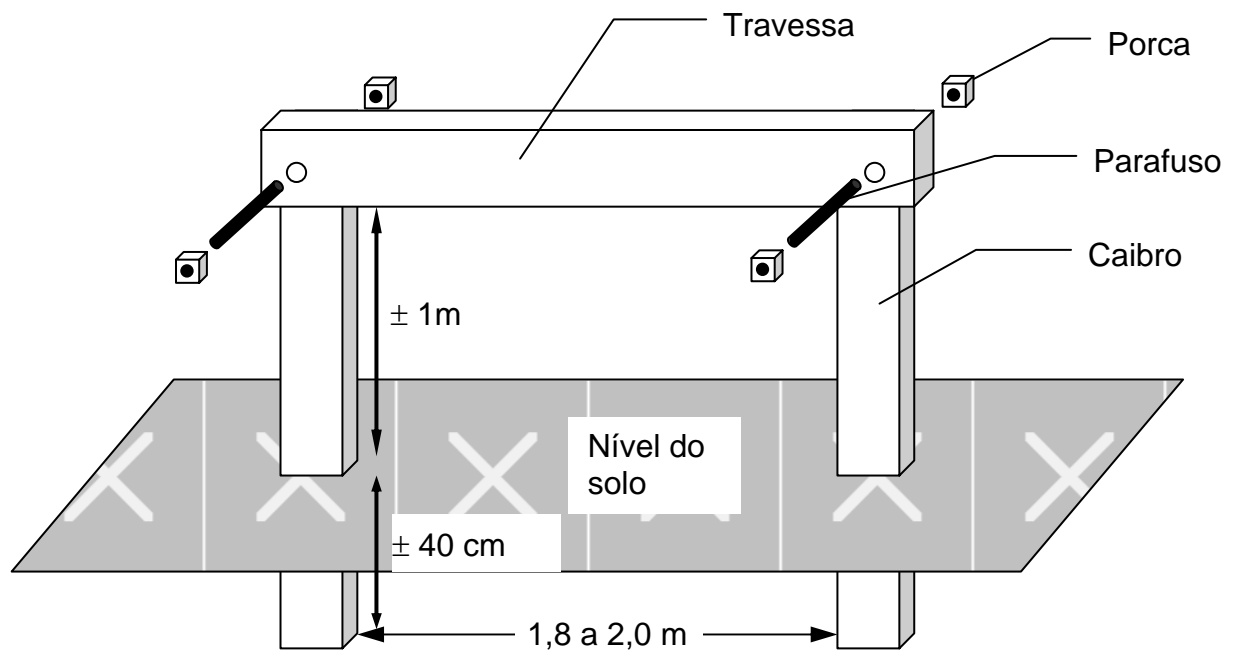


Figura 3. Suporte de madeira construído com caibros e travessa parafusados e enterrado no solo.

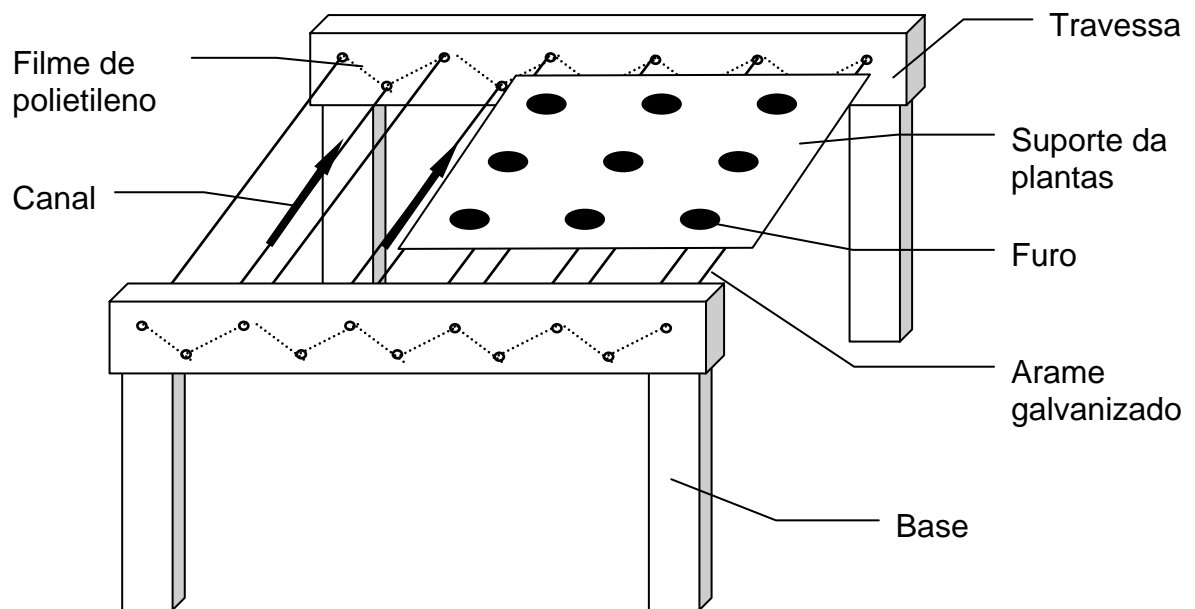


Figura 4. Bancada de fios de arame galvanizado e filme de polietileno.

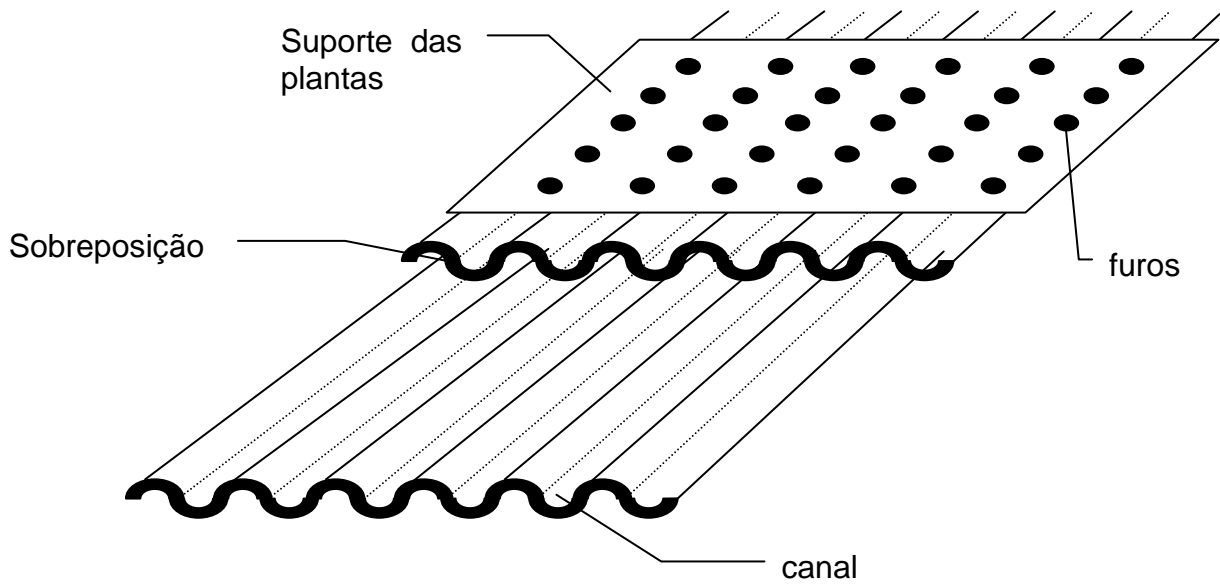


Figura 5. Telhas de fibrocimento com as extremidades sobrepostas para formar os canais.

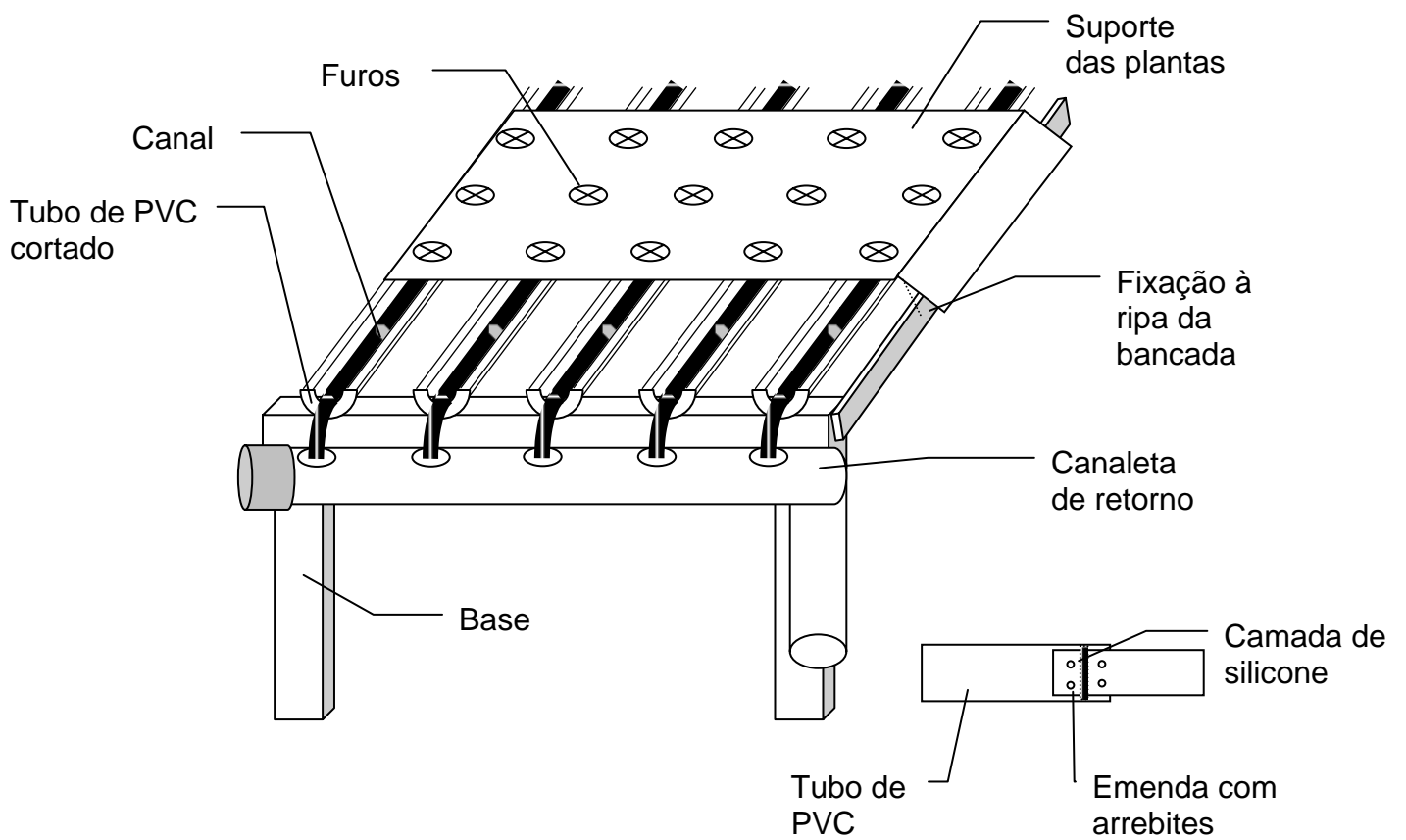


Figura 6. Bancada de canos de PVC, mostrando também a canaleta de retorno de solução e a fixação do suporte das plantas à bancada. No detalhe, a união dos tubos.

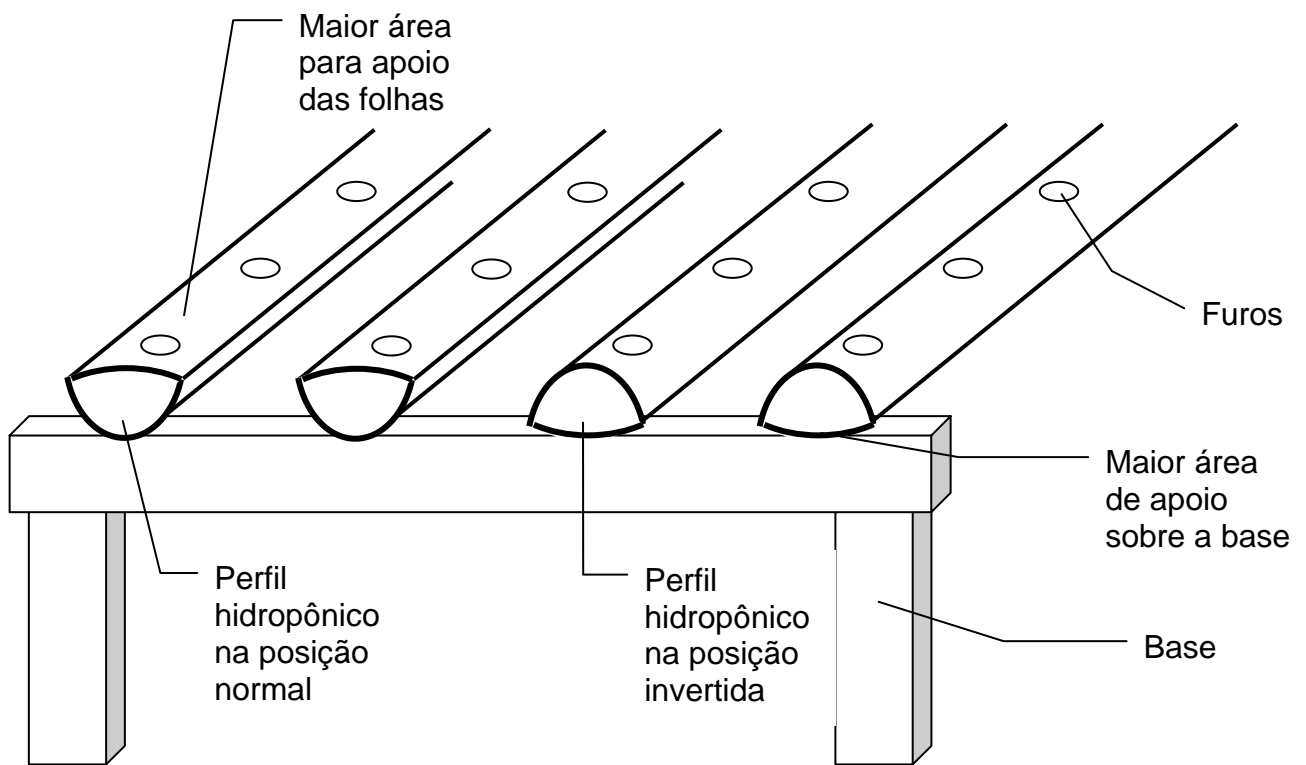


Figura 7. Perfis hidropônicos nas duas posições utilizadas.

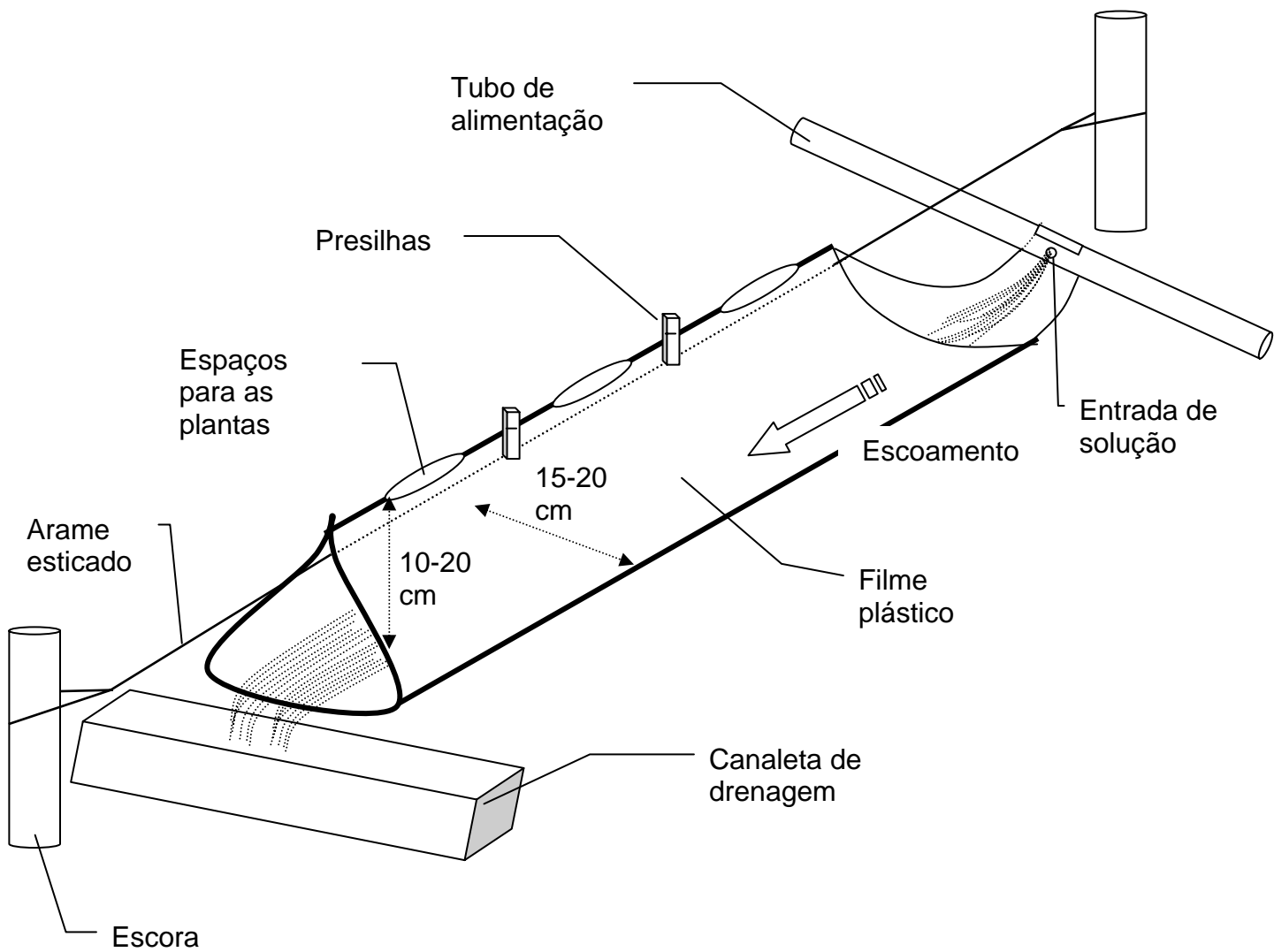


Figura 8. Canal feito sobre o solo com filme plástico dobrado e fixado com presilhas.

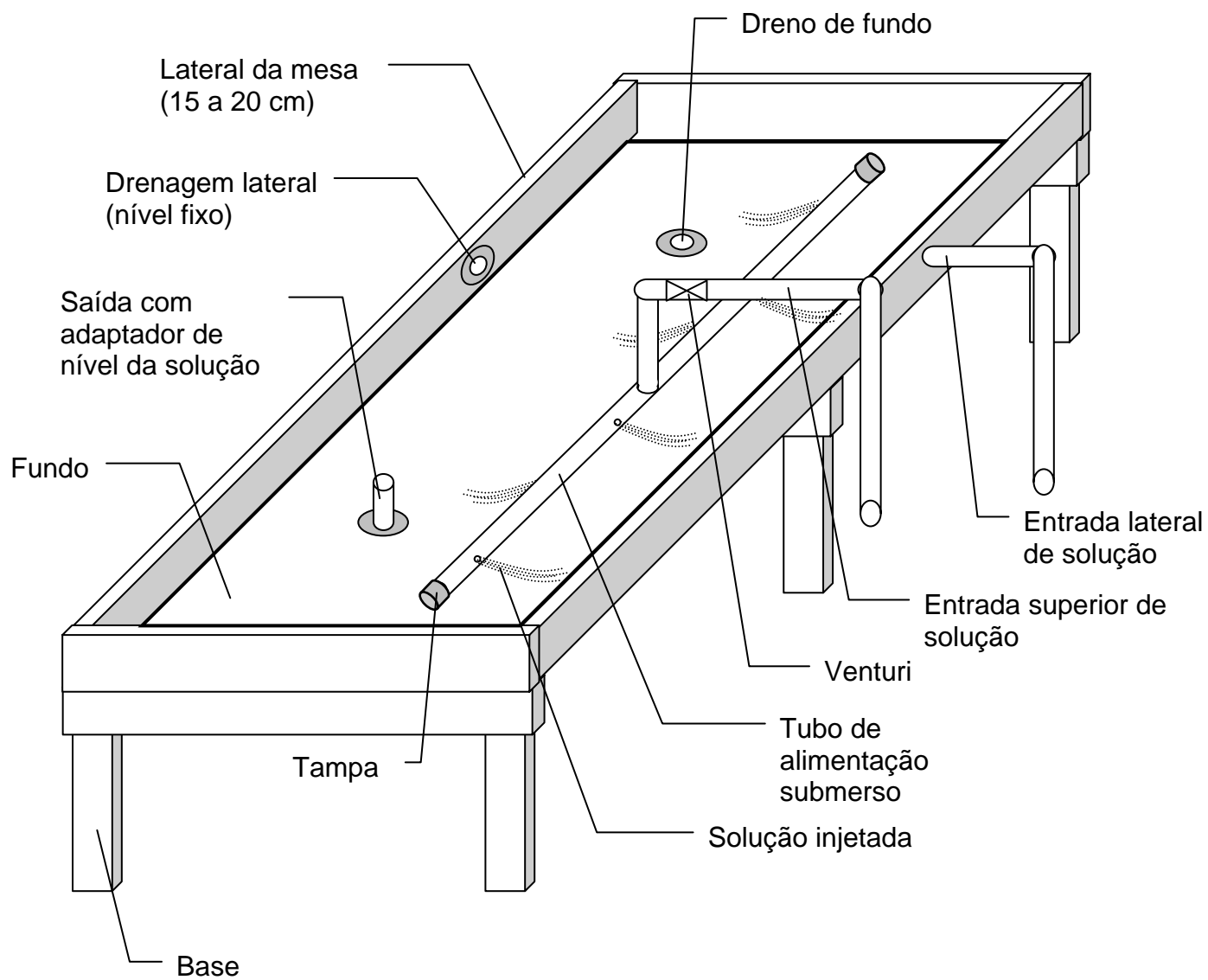


Figura 9. Mesa de "floating" mostrando as opções de drenagem e alimentação laterais ou de fundo

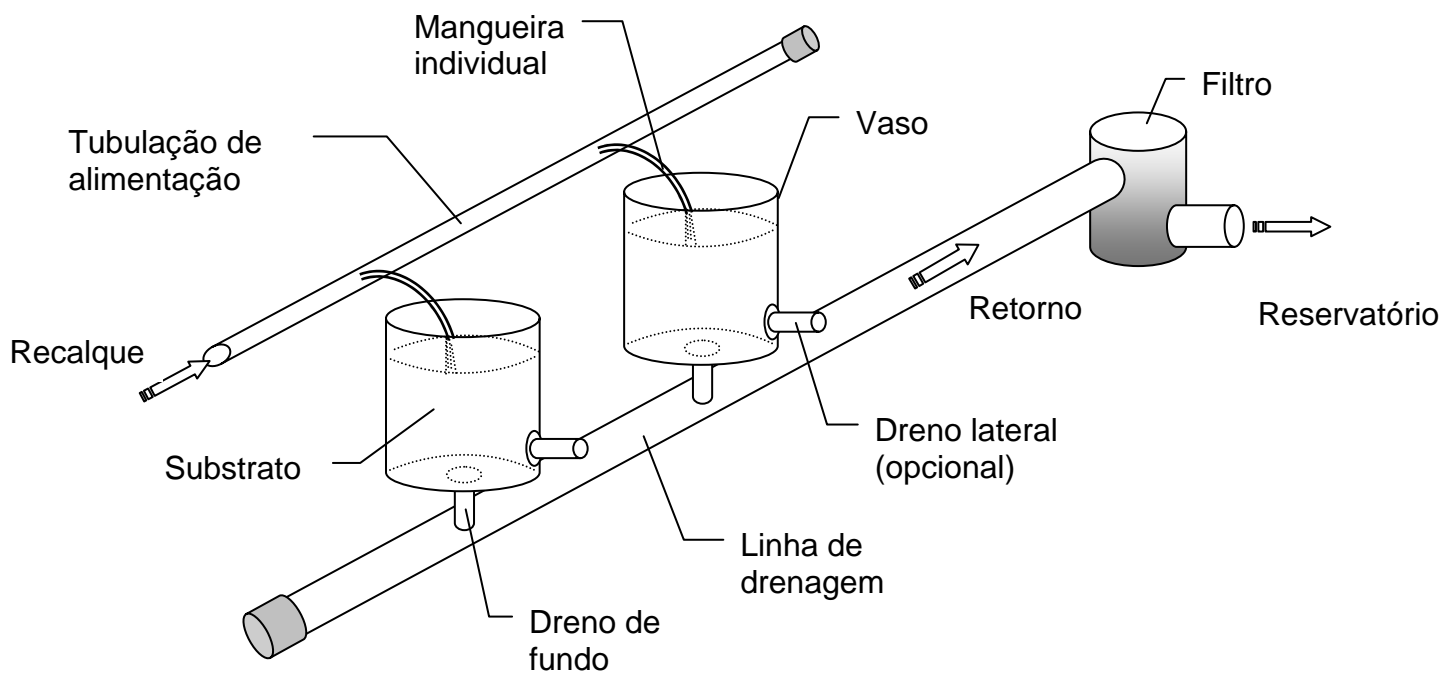


Figura 10. Esquema simplificado de um sistema de vasos.

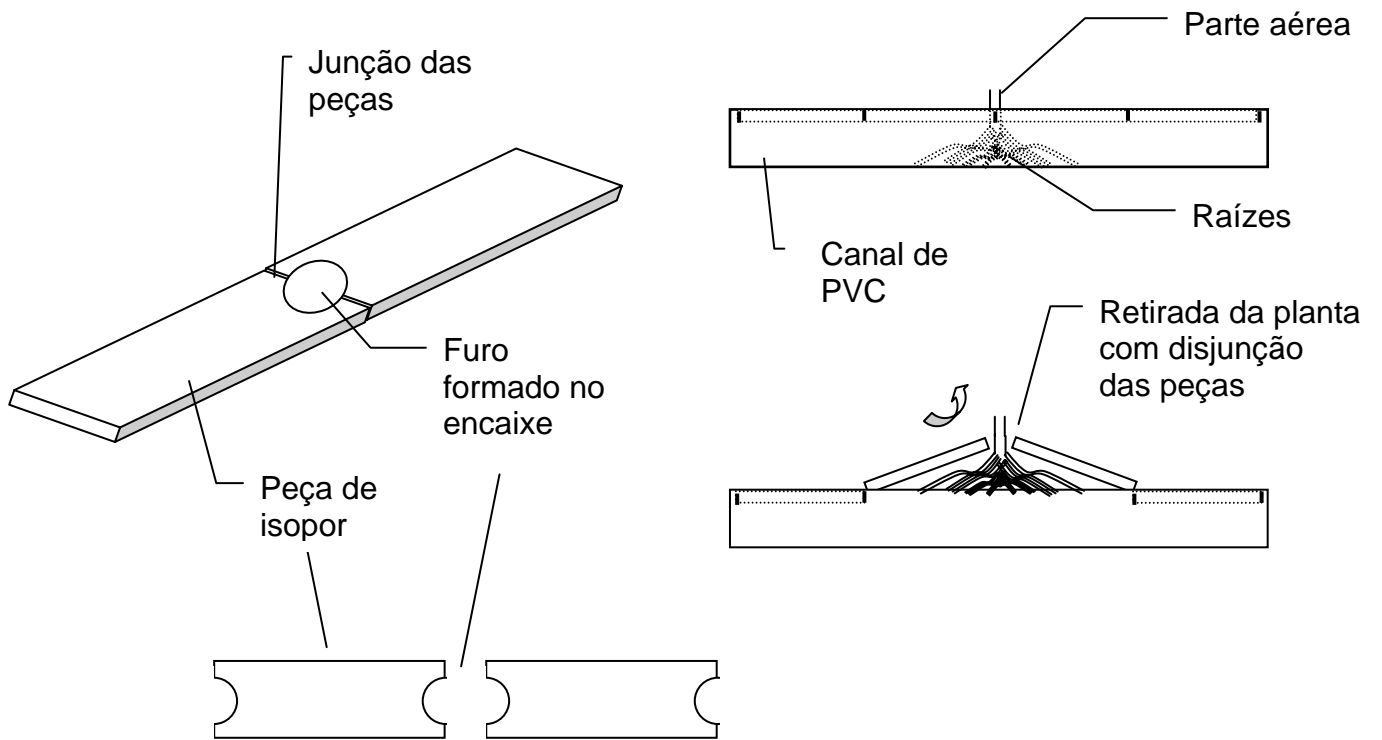


Figura 11. Detalhes do uso da fita de isopor que se encaixa nos bordos dos canais de PVC.

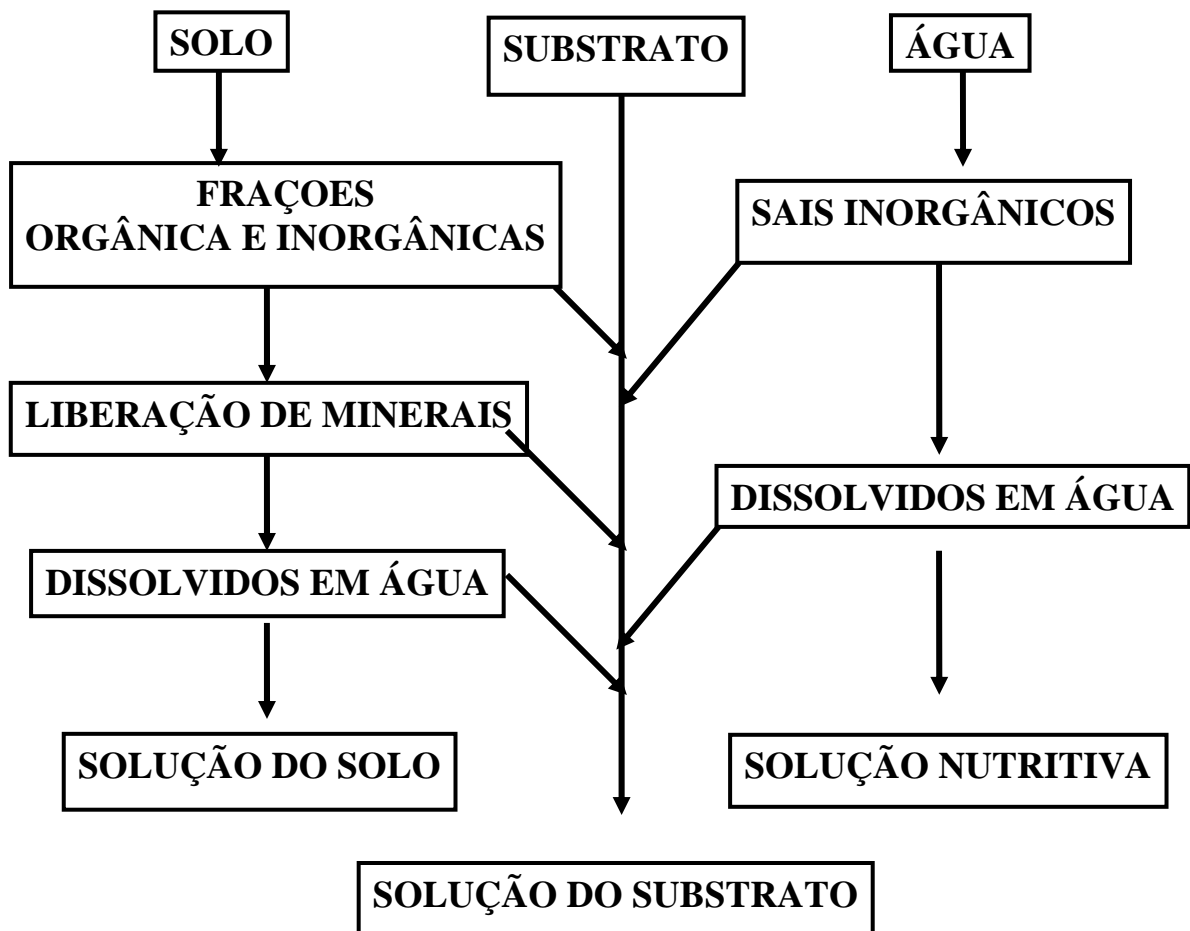


Figura 12. Analogia entre as origens dos nutrientes absorvidos por plantas cultivadas em solo e em hidroponia em água e substratos (adaptado de Resh, 1996).

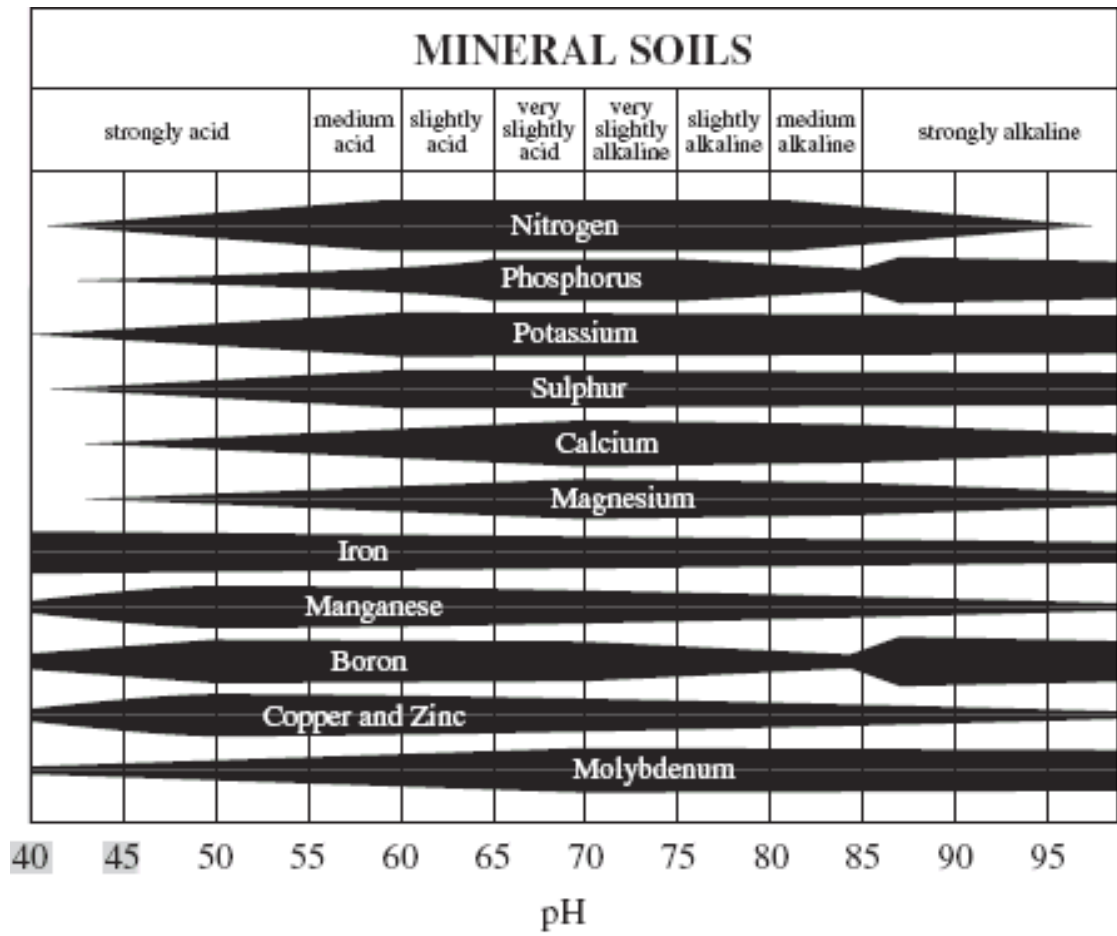


Figura 13. Disponibilidade de nutrientes em solo em função do pH.

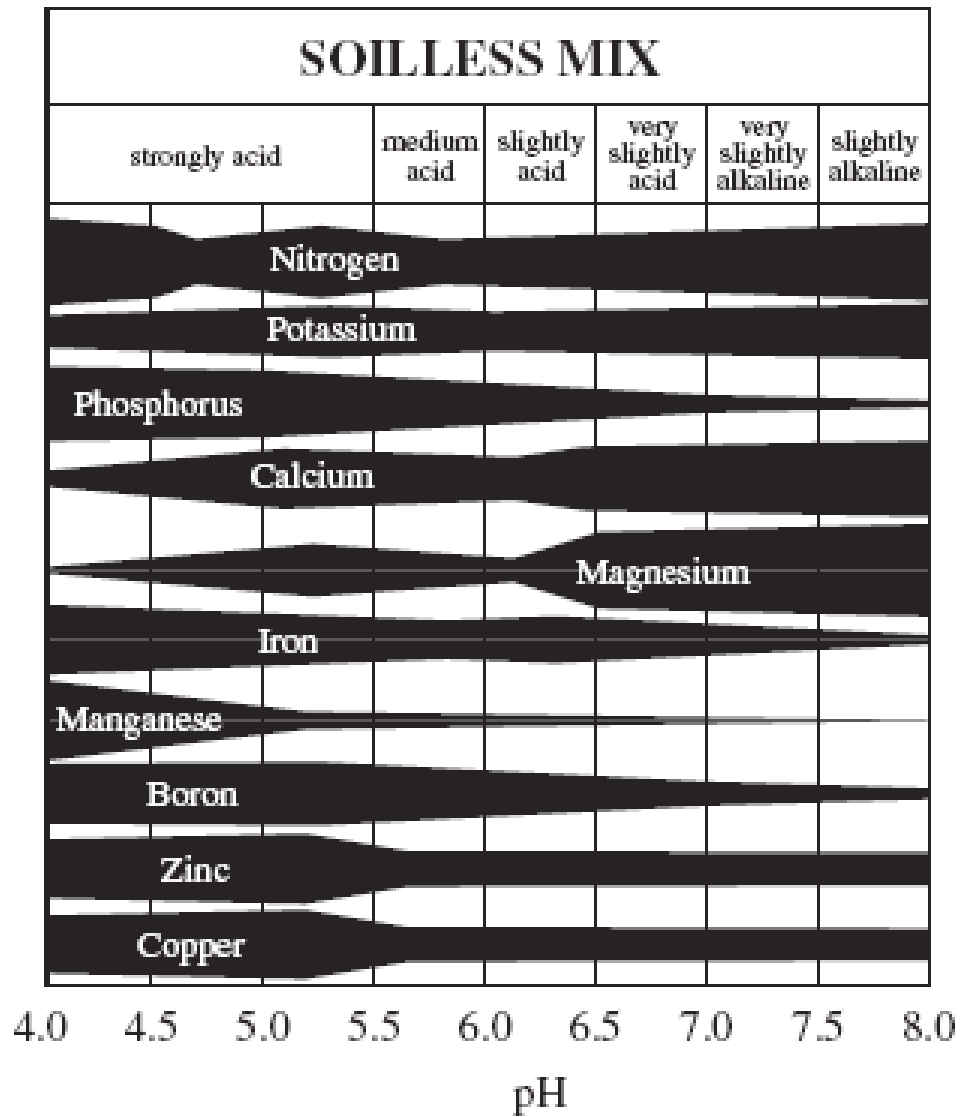


Figura 14. Disponibilidade de nutrientes em cultivo sem solo em função do pH.

C	C	I	I	I	I	I	I	C	C	Nitrato de cálcio
C	C	C	C	I	C	I	C	C		Nitrato de magnésio
C	C	C	C	C	C	C	C			Nitrato de potássio
C	C	C	C	C	C	C				Sulfato de potássio
C	R	C	I	C	I					Fosfato monoamônio (MAP) ou monopotássico (MKP)
C	C	C	C	I						Sulfato de magnésio
C	R	C	I							Ácido fosfórico
C	C	C								Sulfatos de ferro, cobre, manganês e zinco
C	C									Molibdato de sódio ou de amônio
C										Quelatos de ferro, cobre, manganês e zinco
										Ácido bórico

Figura 15. Compatibilidade entre diferentes fertilizantes (C – compatível; I – incompatível; R – compatibilidade reduzida).

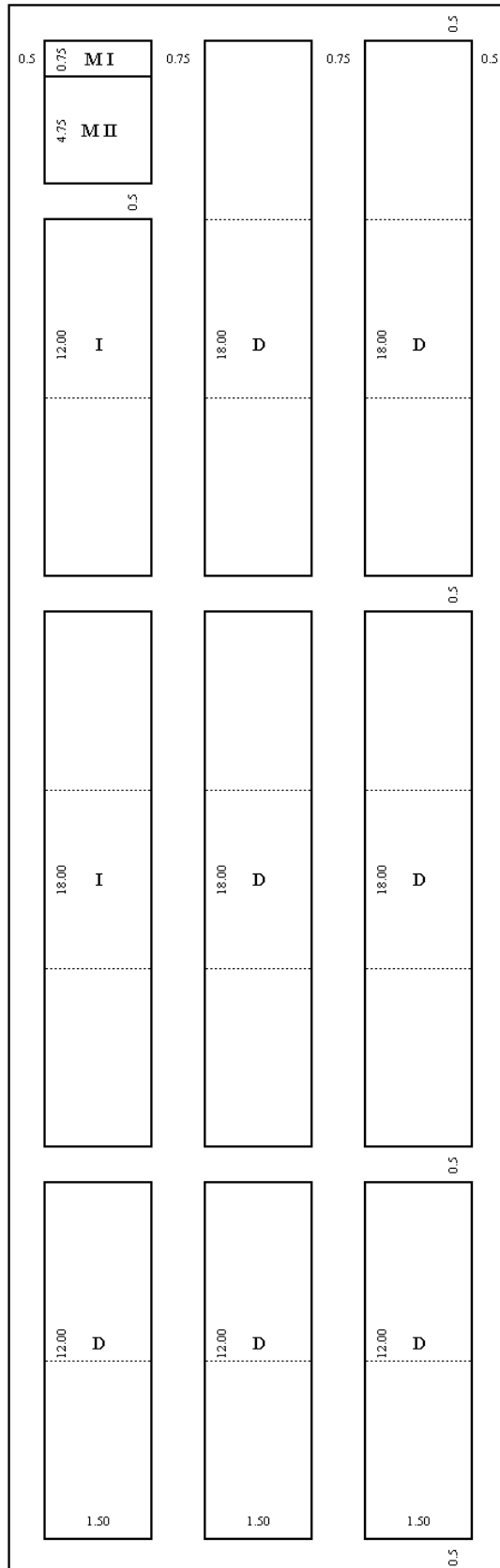


Figura 16. Disposição das mesas de mudas (MI e MII), da fase intermediária (I) e da fase definitiva (D).

Quadro 1. Relações entre os teores foliares ( $\text{gkg}^{-1}$ ) de N, P, Ca, Mg e S com os teores de K considerados adequados para diferentes culturas. Adaptado de Raij et al. (1997).

Culturas	K	N	P	Ca	Mg	S
<b>Hortaliças de Folhas</b>						
Agrião	1,00	0,83	0,17	0,25	0,07	0,05
Alface	1,00	0,62	0,09	0,31	0,08	0,03
Almeirão	1,00	0,65	0,11	0,12	0,03	-
Cebolinha	1,00	0,75	0,08	0,50	0,10	0,16
Chicória	1,00	0,82	0,11	0,36	0,07	-
Couve	1,00	1,20	0,16	0,62	0,14	-
Espinafre	1,00	1,00	0,11	0,78	0,18	0,20
Repolho	1,00	1,00	0,15	0,63	0,15	0,13
Rúcula	1,00	0,78	0,09	0,84	0,07	-
Salsa	1,00	1,14	0,17	0,43	0,11	-
<b>Hortaliças de Frutos</b>						
Berinjela	1,00	1,00	0,16	0,40	0,14	-
Ervilha	1,00	1,67	0,20	0,67	0,17	-
Feijão-vagem	1,00	1,43	0,14	0,71	0,17	0,11
Jiló	1,00	1,57	0,14	0,57	0,11	-
Melão	1,00	1,14	0,14	1,14	0,29	0,08
Morango	1,00	0,67	0,10	0,67	0,27	0,10
Pepino	1,00	1,22	0,18	0,56	0,16	0,13
Pimenta	1,00	1,00	0,13	0,63	0,20	-
Pimentão	1,00	0,90	0,10	0,50	0,16	-
Quiabo	1,00	1,29	0,11	1,14	0,23	0,10
Tomate	1,00	1,25	0,15	0,75	0,15	0,16
<b>Hortaliças de Flores</b>						
Brócolos	1,00	1,50	0,20	0,67	0,17	0,18
Couve-flor	1,00	1,25	0,15	0,75	0,10	-
<b>Ornamentais</b>						
Antúrio	1,00	1,00	0,20	0,80	0,32	0,20
Azaléia	1,00	2,00	0,40	1,00	0,70	0,35
Begônia	1,00	1,11	0,11	0,44	0,11	0,12
Crisântemo	1,00	1,00	0,14	0,30	0,14	0,10
Gadíolo	1,00	1,29	0,20	0,71	0,09	-
Gloxínia	1,00	1,00	0,10	0,50	0,15	0,13
Gypsophila	1,00	1,25	0,13	0,88	0,18	0,12
Hibiscus	1,00	1,75	0,35	1,00	0,30	0,16
Palmeira	1,00	1,00	0,17	0,67	0,20	0,18
Rosa	1,00	1,60	0,16	0,60	0,16	0,21
Schefflera	1,00	1,00	0,13	0,50	0,17	0,16
Violeta-Africana	1,00	0,90	0,10	0,30	0,12	0,11

Quadro 2. Concentrações de nutrientes recomendadas por diversos autores para o cultivo hidropônico de alface.

N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P	K	Ca	Mg	S-SO <sub>4</sub>	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	Referência*
g1.000L <sup>-1</sup>													
86,5	8,7	12	145	45	12	16	0,2	0,01	2,0	0,2	0,005	0,02	1
266	18	62	430	180	24	36	0,3	0,05	2,2	0,3	0,05	0,05	2
156	-	28	252	93	26	34	0,5	0,05	3,0	0,5	0,05	0,1	3
238	-	62	426	161	24	32	0,3	0,05	5,0	0,4	0,05	0,3	4
166	-	30	279	149	46	90	0,5	0,02	2,5	2,0	0,05	0,1	5
206	-	50	211	200	29	38	0,5	0,02	3,0	0,5	0,1	0,15	6
165	-	35	339	78	23	49	0,1	0,1	5,0	0,2	0,03	0,14	7
174	24	39	183	142	38	52	0,3	0,02	2,0	0,4	0,06	0,06	8

1- Sazaki (1992); 2- Sonneveld & Straver (1994), acrescentar 14 g e 21 g de Si 1.000L<sup>-1</sup>, para alface e pepino, respectivamente; 3- Muckle (1993); 4- Castellane & Araujo (1994); 5- Lim & Wan (1984); 6- Adams (1994); 7- Carrasco & Izquierdo (1996); 8- Furlani (1998)

QUADRO 3. Concentrações de nutrientes recomendadas por diversos autores para o cultivo hidropônico de algumas hortaliças de frutos.

Cultura	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P	K	Ca	Mg	S-SO <sub>4</sub>	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	Referência*
	g /1.000L													
Tomate	103,5	12	16	109	67,5	24	32	0,2	0,01	2,0	0,2	0,005	0,02	1
	151	14	39	254	110	24	48	0,3	0,05	0,8	0,6	0,05	0,05	2
	192	-	46	275	144	32	42	0,5	0,05	0,5	0,5	0,05	0,1	3
	169	-	62	311	153	43	50	0,3	0,05	4,3	1,1	0,05	0,3	4
Pepino	198	21	24	217,5	157,5	48	64	0,2	0,01	2,0	0,2	0,005	0,02	1
	168	14	31	254	110	24	32	0,3	0,05	0,8	0,6	0,05	0,05	2
	185	-	46	229	170	32	42	0,5	0,05	1,0	0,5	0,05	0,1	3
	174	-	56	258	153	41	54	0,3	0,05	4,3	1,1	0,05	0,3	4
Pimentão	175	14	31	244	120	27	32	0,3	0,05	0,8	0,6	0,05	0,05	2
	185	-	46	231	170	32	50	0,5	0,05	1,5	0,5	0,05	0,1	3
Pimentão	152	-	39	245	110	29	32	0,3	0,05	3,7	0,4	0,05	0,3	4
Berinjela	165	14	31	254	90	37	36	0,3	0,05	0,8	0,6	0,05	0,05	2
	179	-	46	303	127	39	48	0,3	0,05	3,2	0,6	0,05	0,3	4
Morango	73,4	8,7	12	109	45	12	16	0,2	0,01	2,0	0,2	0,005	0,02	1
	140	7	39	205	110	27	36	0,3	0,05	1,0	0,6	0,05	0,05	2
	101	3	44	208	123	51	134	0,5	0,05	3,0	0,5	0,05	0,1	3
	125	-	46	176	119	24	32	0,3	0,05	2,5	0,4	0,05	0,3	4
	138	35	36	292	95	30	-	-	0,17	6,0	0,5	-	0,2	5
Melão	198	25,2	32	217,5	157,5	36	48	0,2	0,01	2,0	0,2	0,005	0,02	1
	170	-	39	225	153	24	32	0,3	0,05	2,2	0,6	0,05	0,3	4
	200	-	50	680	180	30	-	0,5	0,2	6,0	0,5	0,2	0,2	6 primavera
	130	-	40	400	70	30	-	0,5	0,2	6,0	0,5	0,2	0,2	6 verão

\* 1, 2, 3 e 4 – vide quadro 2; 5- Sarooshi & Cresswell (1994); 6- Pardossi et al. (1994).

Quadro 4. Concentrações de nutrientes recomendadas para o cultivo hidropônico de plantas ornamentais (Sonneveld & Straver, 1994).

Cultura	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P	K	Ca	Mg	S-SO <sub>4</sub>	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
g1.000L <sup>-1</sup>													
Alstroemeria	158	18	39	235	115	24	40	0,3	0,05	1,40	0,6	0,05	0,3
	105	11	31	186	80	18	40	0,2	0,05	1,4	0,3	0,05	0,3
Anemona	182	14	47	254	150	24	40	0,3	0,05	2,0	0,3	0,05	0,3
	182	14	39	244	150	24	40	0,6	0,05	1,4	0,6	0,05	0,3
Cravo	102	11	19	156	70	12	26	0,2	0,03	1,1	0,3	0,05	0,2
	91	14	31	176	60	24	48	0,2	0,03	0,8	0,2	0,05	0,2
Aster	182	14	39	244	150	24	40	0,3	0,05	1,4	0,6	0,05	0,3
Bouvardia	182	18	54	235	170	24	48	0,2	0,05	1,4	0,3	0,05	0,2
	112	14	47	156	100	12	24	0,2	0,05	1,4	0,3	0,05	0,2
Crisântemo	179	18	31	293	100	24	32	0,2	0,03	3,4	1,1	0,05	0,2
Cymbidium	63	7	31	137	80	21	68	0,2	0,03	0,4	0,6	0,05	0,2
	56	17	31	127	65	21	72	0,2	0,03	0,4	0,6	0,05	0,3
Euforbia	161	14	47	235	140	24	48	0,2	0,03	2,0	0,6	0,05	0,2
Freesia	203	17	39	303	135	36	48	0,3	0,05	1,4	0,6	0,05	0,3
Gerbera	158	21	38	215	120	24	40	0,3	0,05	2,0	0,3	0,05	0,3
	105	14	23	166	70	12	24	0,2	0,03	1,4	0,3	0,05	0,3
Gypsophila	210	17	54	274	180	30	48	0,3	0,05	1,4	0,6	0,05	0,3
Hippeastrum	182	14	39	293	125	24	40	0,3	0,03	0,6	0,6	0,05	0,3
Rosa	60	7	16	90	44	10	16	0,2	0,05	1,4	0,3	0,05	0,2
	154	18	39	196	140	18	40	0,2	0,03	0,8	0,3	0,05	0,2
Statice	168	14	31	235	120	24	32	0,03	0,05	0,8	0,6	0,05	0,3

Quadro 5. Relação de sais/fertilizantes usados como fontes de macronutrientes para o preparo de soluções nutritivas.

Sal ou Fertilizante	Nutriente Fornecido	Concentração	CE (sol.0,1%)	Quantidade para preparar 1 mgL <sup>-1</sup> de cada nutriente
		%	mS	g1.000L <sup>-1</sup>
Nitrato de potássio (13-0-44)	K	36,5	1,28	2,74
	N-NO <sub>3</sub>	13		7,69
Nitrato de cálcio	Ca	19	1,18	5,26
	N-NO <sub>3</sub>	14,5		6,90
	N-NH <sub>4</sub>	1,0		100,00
Nitrato de magnésio	Mg	9	0,70	11,11
	N-NO <sub>3</sub>	11		9,09
Fosfato monoamônio (MAP) purificado (11-60-0)	N-NH <sub>4</sub>	11	0,95	9,09
	P	26		3,85
Nitrato de amônio	N-NH <sub>4</sub>	16,5	1,50	6,06
	N-NO <sub>3</sub>	16,5		6,06
Fosfato monopotássico (MKP) (0-52-34)	K	29	0,70	3,45
	P	23		4,35
Cloreto de potássio (branco)	K	52	1,70	1,92
	Cl	47		2,13
Sulfato de potássio	K	41	1,20	2,44
	S	17		5,88
Sulfato de magnésio	Mg	9	0,88	11,11
	S	13		7,69
Ácido fosfórico 85%, D=1,7	P	27	1,00	3,70 (2,18 mL)

Quadro 6. Relação de sais/fertilizantes usados como fontes de micronutrientes para o preparo de soluções nutritivas.

Sal ou Fertilizante	Nutriente fornecido	Concentração	Quantidade para preparar 0,1mgL <sup>-1</sup> de cada nutriente
		%	g1.000L <sup>-1</sup>
FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> EDTA	Fe	vide abaixo <sup>1</sup>	
FeDTPA	Fe	11	0,91
FeEDTA	Fe	13	0,76
FeEDDHA	Fe	6	1,67
FeEDDHMA	Fe	6	1,67
Ácido bórico	B	17	0,59
Bórax	B	11	0,91
Sulfato de cobre	Cu	24	0,41
CuEDTA	Cu	15	0,66
Sulfato de manganês	Mn	26	0,38
Cloreto de manganês	Mn	27	0,37
MnEDTA	Mn	14	0,71
Sulfato de zinco	Zn	22	0,45
Cloreto de zinco	Zn	45	0,22
ZnEDTA	Zn	15	0,66
Molibdato de sódio	Mo	39	0,26
Molibdato de amônio	Mo	54	0,19
Ácido molíbdico	Mo	66	0,15

<sup>1</sup> Para preparar uma solução contendo 10 mgmL<sup>-1</sup> de Fe, dissolver, separadamente em cada 450 mL de água, 50 g de sulfato ferroso e 60 g de EDTA dissódico. Após a dissolução, misturar acrescentando a solução de EDTA à solução de sulfato ferroso. Efetuar o borbulhamento de ar na solução obtida até completa dissolução de qualquer precipitado formado. Guardar em frasco escuro e protegido da luz.

Quadro 7. Produtos comerciais usados como fontes de micronutrientes para o preparo de soluções nutritivas.

Nutriente	ConMicros	ConMicros	Librel	Quelatec	Micromix	Rexolin
	Premium	Standard	BMX	AZ		CXK
	%		mg/mL		%	
Boro	1,2	2,0	0,9	0,7	0,5	1,5
Cobre	0,5	0,8	1,7	2,3	1,5	0,5
Ferro	4,6	8,0	3,4	7,5	4,0	3,4
Manganês	1,2	2,0	1,7	3,5	4,0	3,2
Molibdênio	0,2	0,4	0,0	0,4	0,1	0,05
Zinco	0,5	0,8	0,6	0,7	1,5	4,2
Níquel	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Potássio	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0
Magnésio	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	1,2
Enxôfre	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	1,5

Quadro 8. Quantidades de sais para o preparo de 1.000 L de solução nutritiva – proposta do Instituto Agronômico (Furlani, 1998)

Nº	sal/fertilizante	g1.000L <sup>-1</sup>
1	Nitrato de cálcio	750
2	Nitrato de potássio	500
3	Fosfato monoamônio	150
4	Sulfato de magnésio	400
5	Conmicros Standard	25
	Ou	
5	Conmicros Premium	40
	Ou	
5	Sulfato de cobre	0,15
5	Sulfato de zinco	0,5
5	Sulfato de manganês	1,5
5	Ácido bórico ou	1,5
	Bórax	2,3
5	Molibdato de sódio ou	0,15
	Molibdato de amônio	0,12
5	FeEDDHMA (6% Fe) ou	30,0
	FeEDTA (13% Fe) ou	13,8
	FeDTPA (11% Fe) ou	16,3
	FeEDDHA (6% Fe) ou	30,0
	Sol. FeEDTANa <sub>2</sub> (10mg.mL <sup>-1</sup> de Fe)	180 mL

Quadro 9. Formação de compostos em solução nutritiva diluída pronta para uso com pH 6,0. Resultados expressos em porcentagem.

Ca	96,24 % como metal livre 2,79 % complexado com SO <sub>4</sub> 0,97 % complexado com PO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>	75,00 % como ligante livre 18,05 % complexado com Ca 5,09 % complexado com Mg 1,50 % complexado com K 0,15 % complexado com Na 0,12 % complexado com Mn +2 0,08 % complexado com Zn
Mg	96,95 % como metal livre 2,23 % complexado com SO <sub>4</sub> 0,81 % complexado com PO <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	0,09 % como ligante livre 99,91 % complexado com H <sup>+</sup>
K	99,79 % como metal livre 0,21 % complexado com SO <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	10,19 % complexado com Ca 2,98 % complexado com Mg 0,13 % complexado com Zn 86,71 % complexado com H <sup>+</sup>
Na	99,87 % como metal livre 0,13 % complexado com SO <sub>4</sub>	B(OH) <sub>4</sub>	0,07 % como ligante livre 99,93 % complexado com H <sup>+</sup>
Fe +3	99,99 % complexado com DTPA	MoO <sub>4</sub>	98,74 % como ligante livre 1,26 % complexado com H <sup>+</sup>
Mn +2	97,02 % como metal livre 2,81 % complexado com SO <sub>4</sub> 0,17 % complexado com DTPA	NO <sub>3</sub>	100,00 % como ligante livre
Cu +2	0,04 % como metal livre 99,96 % complexado com DTPA	DTPA	10,11 % complexado com Fe +3 0,04 % complexado com Mn +2 49,08 % complexado com Cu +2 40,77 % complexado com Zn
Zn	17,52 % como metal livre 0,51 % complexado com SO <sub>4</sub> 0,51 % complexado com PO <sub>4</sub> 0,40 % complexado com NO <sub>3</sub> 80,84 % complexado com DTPA 0,22 % complexado com OH <sup>-</sup>		

Quadro 10. Formação de compostos em solução nutritiva diluída pronta para uso com pH 6,4. Resultados expressos em porcentagem.

Ca	94,87 % como metal livre 2,76 % complexado com SO <sub>4</sub> 1,27 % complexado com PO <sub>4</sub> 1,10 % em forma sólida com PO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>	75,24 % como ligante livre 17,85 % complexado com Ca 5,07 % complexado com Mg 1,51 % complexado com K 0,15 % complexado com Na 0,12 % complexado com Mn +2 0,06 % complexado com Zn
Mg	96,29 % como metal livre 2,22 % complexado com SO <sub>4</sub> 1,48 % complexado com PO <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	0,22 % como ligante livre 99,78 % complexado com H <sup>+</sup>
K	99,79 % como metal livre 0,21 % complexado com SO <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	13,23 % complexado com Ca 7,68 % em forma sólida com Ca 5,46 % complexado com Mg 1,10 % em forma sólida com Fe
Na	99,87 % como metal livre 0,13 % complexado com SO <sub>4</sub>		
Fe +3 +3	32,94 % em forma sólida com PO <sub>4</sub> 67,05 % complexado com DTPA 0,01 % complexado com OH <sup>-</sup>		0,16 % complexado com Zn 72,37 % complexado com H <sup>+</sup>
Mn +2	96,89 % como metal livre 2,82 % complexado com SO <sub>4</sub> 0,29 % complexado com DTPA	B(OH) <sub>4</sub>	0,18 % como ligante livre 99,82 % complexado com H <sup>+</sup>
Cu +2	0,02 % como metal livre 99,97 % complexado com DTPA	MoO <sub>4</sub>	99,50 % como ligante livre 0,50 % complexado com H <sup>+</sup>
Zn	13,83 % como metal livre 0,40 % complexado com SO <sub>4</sub> 0,64 % complexado com PO <sub>4</sub> 0,32 % complexado com NO <sub>3</sub> 84,36 % complexado com DTPA 0,44 % complexado com OH <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub>	100,00 % como ligante livre
		DTPA	6,78 % complexado com Fe +3 0,06 % complexado com Mn +2 51,39 % complexado com Cu +2 41,77 % complexado com Zn

Quadro 11. Formação de compostos em solução nutritiva diluída pronta para uso com pH 6,6. Resultados expressos em porcentagem.

Ca	88,99 % como metal livre 2,62 % complexado com SO <sub>4</sub> 0,74 % complexado com PO <sub>4</sub> 7,65 % em forma sólida com PO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>	76,07 % como ligante livre 16,93 % complexado com Ca 5,15 % complexado com Mg 1,53 % complexado com K 0,15 % complexado com Na 0,12 % complexado com Mn +2 0,05 % complexado com Zn
Mg	96,70 % como metal livre 2,26 % complexado com SO <sub>4</sub> 1,03 % complexado com PO <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	0,34 % como ligante livre 99,66 % complexado com H <sup>+</sup>
K	99,79 % como metal livre 0,21 % complexado com SO <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	7,78 % complexado com Ca 53,25 % em forma sólida com Ca 3,80 % complexado com Mg 0,09 % complexado com Zn 35,08 % complexado com H <sup>+</sup> B(OH) <sub>4</sub> 0,29 % como ligante livre 99,71 % complexado com H <sup>+</sup>
Na	99,87 % como metal livre 0,13 % complexado com SO <sub>4</sub>	MoO <sub>4</sub>	99,68 % como ligante livre 0,32 % complexado com H <sup>+</sup>
Fe +3	40,89 % complexado com DTPA 0,02 % complexado com OH <sup>-</sup> 59,09 % em forma sólida com OH <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub>	100,00 % como ligante livre
Mn +2	96,76 % como metal livre 2,84 % complexado com SO <sub>4</sub> 0,39 % complexado com DTPA	DTPA	4,14 % complexado com Fe +3 0,08 % complexado com Mn +2 52,74 % complexado com Cu +2 43,05 % complexado com Zn
Cu +2	0,02 % como metal livre 99,97 % complexado com DTPA		
Zn	11,86 % como metal livre 0,35 % complexado com SO <sub>4</sub> 0,38 % complexado com PO <sub>4</sub> 0,27 % complexado com NO <sub>3</sub> 86,53 % complexado com DTPA 0,60 % complexado com OH <sup>-</sup>		

Quadro 12. Formação de compostos de ferro, cobre, manganês e zinco em função de quelatos de ferro e do pH da solução nutritiva. Resultados expressos em porcentagem.

Quelatos	Formas	pH da solução nutritiva							
		4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
		Composto formado, %							
FeEDTA	FePO <sub>4</sub>	0,9	1,9	3,5	6,5	10,5	0,0	0,0	0,0
	FeEDTA	99,0	98,1	96,5	93,5	89,5	67,6	15,9	1,2
	Fe(OH)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,4	84,1	98,8
	Cu <sup>2+</sup>	6,3	0,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Mn <sup>2+</sup>	92,7	92,5	91,3	82,1	67,0	18,5	4,3	3,4
	Zn <sup>2+</sup>	83,1	54,5	13,1	1,8	0,6	0,1	0,0	0,0
	Cu EDTA	92,8	99,2	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	Mn EDTA	0,0	0,2	1,5	11,4	27,2	79,7	92,6	96,1
	Zn EDTA	6,2	38,1	84,9	97,9	99,2	99,9	100,0	100,0
FeEDDHA	FePO <sub>4</sub>	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,0	0,0	0,0
	FeEDDHA	99,2	99,3	99,2	99,2	99,2	99,1	98,9	96,4
	Fe(OH)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	1,1	3,6
	Cu <sup>2+</sup>	28,1	22,1	13,5	6,5	6,6	1,4	0,1	0,0
	Mn <sup>2+</sup>	92,6	92,6	92,6	92,6	92,0	91,4	89,8	75,1
	Zn <sup>2+</sup>	88,6	88,1	86,6	82,9	81,2	77,8	63,8	37,9
	Zn OH	0,0	0,1	0,4	1,1	3,4	10,4	27,3	53,6
	Cu EDDHA	67,7	74,4	84	91,3	88,8	95,9	98,3	98,8
	Mn EDDHA	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	1,1	13,6
Zn EDDHA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,8	
FeDTPA	FePO <sub>4</sub>	1,1	1,6	2,5	3,3	3,7	0,0	0,0	0,0
	FeDTPA	98,9	98,4	97,5	96,7	96,3	91,5	77,6	56,2
	Fe(OH)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5	22,4	43,8
	Cu <sup>2+</sup>	2,9	0,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Mn <sup>2+</sup>	92,7	92,7	92,6	92,0	89,9	68,3	9,1	0,4
	Zn <sup>2+</sup>	79,5	62,0	33,9	11,1	5,7	0,5	0,0	0,0
	Cu DTPA	96,7	99,3	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	Mn DTPA	0,0	0,0	0,1	0,8	2,3	25,3	90,0	99,5
	Zn DTPA	10,4	29,6	60,9	86,6	93	99,4	100,0	100,0

Quadro 13. Formação de compostos de cálcio e de fósforo em função do pH da solução nutritiva concentrada. Resultados expressos em porcentagem..

pH = 2,5		pH = 4,5	
Ca	94,77 % como metal livre 5,23 % complexado com PO <sub>4</sub>	Ca	93,74 % como metal livre 6,26 % complexado com PO <sub>4</sub>
NH <sub>3</sub>	100,00 % complexado com H <sup>+</sup>	NH <sub>3</sub>	100,00 % complexado com H <sup>+</sup>
PO <sub>4</sub>	29,34 % complexado com Ca 70,66 % complexado com H <sup>+</sup>	PO <sub>4</sub>	35,13 % complexado com Ca 64,87 % complexado com H <sup>+</sup>
NO <sub>3</sub>	99,99 % como ligante livre	NO <sub>3</sub>	100,00 % como ligante livre
pH = 3,0		pH = 5,0	
Ca	94,18 % como metal livre 5,82 % complexado com PO <sub>4</sub>	Ca	87,27 % como metal livre 2,76 % complexado com PO <sub>4</sub> 9,97 % em forma sólida com PO <sub>4</sub>
NH <sub>3</sub>	100,00 % complexado com H <sup>+</sup>	NH <sub>3</sub>	99,99 % complexado com H <sup>+</sup>
PO <sub>4</sub>	32,67 % complexado com Ca 67,33 % complexado com H <sup>+</sup>	PO <sub>4</sub>	15,50 % complexado com Ca 55,92 % em forma sólida com Ca 28,58 % complexado com H <sup>+</sup>
NO <sub>3</sub>	100,00 % como ligante livre	NO <sub>3</sub>	100,00 % como ligante livre
pH = 3,5		pH = 5,5	
Ca	93,93 % como metal livre 6,07 % complexado com PO <sub>4</sub>	Ca	75,58 % como metal livre 0,73 % complexado com PO <sub>4</sub> 23,69 % em forma sólida com PO <sub>4</sub>
NH <sub>3</sub>	100,00 % complexado com H <sup>+</sup>	NH <sub>3</sub>	0,02 como ligante livre 99,98 % complexado com H <sup>+</sup>
PO <sub>4</sub>	34,07 % complexado com Ca 65,93 % complexado com H <sup>+</sup>	PO <sub>4</sub>	4,11 % complexado com Ca 88,59 % em forma sólida com Ca 7,30 % complexado com H <sup>+</sup>
NO <sub>3</sub>	100,00 % como ligante livre	NO <sub>3</sub>	100,0 % como ligante livre
pH = 4,0			
Ca	93,83 % como metal livre 6,17 % complexado com PO <sub>4</sub>		
NH <sub>3</sub>	100,00 % complexado com H <sup>+</sup>		
PO <sub>4</sub>	34,64 % complexado com Ca 65,36 % complexado com H <sup>+</sup>		
NO <sub>3</sub>	100,00 % como ligante livre		

Quadro 14. Formação de compostos em solução nutritiva concentrada com pH 5,50.  
Resultados expressos em porcentagem..

Mg	SO4
72.51 % como metal livre	62.27 % como ligante livre
24.47 % complexado com SO4	24.19 % complexado com Mg
2.92 % complexado com PO4	13.52 % complexado com K
0.08 % complexado com NO3	PO4
0.02 % complexado com EDTA	9.11 % complexado com Mg
K	90.89 % complexado com H+
94.58 % como metal livre	B(OH)4
5.42 % complexado com SO4	0.03 % como ligante livre
Fe +3	99.97 % complexado com H+
100.00 % complexado com EDTA	MoO4
Mn +2	97.45 % como ligante livre
3.23 % como metal livre	2.55 % complexado com H+
1.37 % complexado com SO4	NO3
95.39 % complexado com EDTA	99.94 % como ligante livre
Cu +2	0.06 % complexado com Mg
100.00 % complexado com EDTA	EDTA
Zn	0.57 % complexado com Mg
99.99 % complexado com EDTA	64.27 % complexado com Fe +3
	15.58 % complexado com Mn +2
	14.09 % complexado com Cu +2
	5.48 % complexado com Zn
	0.01 % complexado com H+

Quadro 15. Formação de compostos em solução nutritiva concentrada com pH 6,00.

Resultados expressos em porcentagem..

Mg	SO4
59.94 % como metal livre	64.70 % como ligante livre
21.51 % complexado com SO4	21.26 % complexado com Mg
3.24 % complexado com PO4	14.02 % complexado com K
15.22 % em forma sólida com PO4	PO4
0.07 % complexado com NO3	10.14 % complexado com Mg
0.02 % complexado com EDTA	47.59 % em forma sólida com Mg
K	42.28 % complexado com H+
94.38 % como metal livre	B(OH)4
5.62 % complexado com SO4	0.09 % como ligante livre
Fe +3	99.91 % complexado com H+
100.00 % complexado com EDTA	MoO4
Mn +2	99.18 % como ligante livre
2.91 % como metal livre	0.82 % complexado com H+
1.31 % complexado com SO4	NO3
95.78 % complexado com EDTA	99.95 % como ligante livre
Cu +2	0.05 % complexado com Mg
100.00 % complexado com EDTA	EDTA
Zn	0.51 % complexado com Mg
99.99 % complexado com EDTA	64.27 % complexado com Fe +3
	15.64 % complexado com Mn +2
	14.09 % complexado com Cu +2
	5.48 % complexado com Zn

Quadro 16. Formação de compostos de Ca e S em soluções com pH 6,5 contendo diferentes concentrações de sulfato de cálcio. Resultados expressos em porcentagem.

1g/L	
Distribuição primária de metais e ligantes	
Ca	SO4
74.23 % como metal livre	74.23 % como ligante livre
25.77 % complexado com SO4	25.77 % complexado com Ca
2g/L	
Distribuição primária de metais e ligantes	
Ca	SO4
68.39 % como metal livre	68.39 % como ligante livre
31.62 % complexado com SO4	31.62 % complexado com Ca
3g/L	
Distribuição primária de metais e ligantes	
Ca	SO4
47.86 % como metal livre	47.86 % como ligante livre
22.39 % complexado com SO4	22.39 % complexado com Ca
29.75 % em forma sólida com SO4	29.75 % em forma sólida com Ca

Quadro 17. Sugestão de procedimentos para a produção hidropônica de algumas hortaliças de folhas

Culturas	Nº de sementes por célula	Fase	Tamanho <sup>1</sup> do canal	Espaçamento entre plantas		Nº de plantas por 10m <sup>2</sup> de canteiro por canal	Vol. de solução	Solução
				linhas	cm		por canal	nutritiva
							Lmin <sup>-1</sup>	mScm <sup>-1</sup>
Agrião	5-10	muda	pequeno	5,0-7,5	5,0-7,5	2000-4000	0,5-1,0	1,0-1,2
	-	produção	médio	12,5-20,0	12,5-20,0	250-640	1,5-2,0	1,4-1,6
Alface	1(3) <sup>2</sup>	muda I	pequeno	5,0-7,5	5,0-7,5	2000-4000	0,5-1,0	1,0-1,2
	-	muda II	médio	10,0-15,0	10,0-15,0	450-1000	1,0-1,5	1,4-1,6
Almeirão	-	produção	médio	25,0-35,0	25,0-35,0	80-160	1,5-2,0	1,4-1,6
	3-5	muda	pequeno	5,0-7,5	5,0-7,5	2000-4000	0,5-1,0	1,0-1,2
Cebolinha <sup>3</sup>	-	produção	médio	10,0-20,0	10,0-20,0	250-1000	1,0-1,5	1,4-1,6
	3-5	muda I	pequeno	5,0-7,5	5,0-7,5	2000-4000	0,5-1,0	1,0-1,2
Chicória	-	muda II	médio	10,0-15,0	10,0-15,0	450-1000	1,0-1,5	1,4-1,6
	-	produção	médio	30,0-35,0	30,0-35,0	80-110	0,5-1,0	1,0-1,2
Couve	3	muda I	pequeno	5,0-7,5	5,0-7,5	2000-4000	0,5-1,0	1,0-1,2
	-	muda II	médio	10,0-15,0	10,0-15,0	450-1000	1,0-1,5	1,4-1,6
Rúcula	-	produção	grande	50-100	50-100	10-40	2,0-4,0	2,0-2,5
	5-10	muda I	pequeno	5,0-7,5	5,0-7,5	2000-4000	0,5-1,0	1,0-1,2
Salsa <sup>3,4</sup>	-	produção	médio	10,0-20,0	10,0-20,0	250-1000	1,5-2,0	1,4-1,6
	3-5	muda I	pequeno	5,0-7,5	5,0-7,5	2000-4000	0,5-1,0	1,0-1,2
	-	muda II	médio	10,0-15,0	10,0-15,0	450-1000	1,0-1,5	1,4-1,6
	-	produção	médio	10,0-15,0	20,0-30,0	220-500	1,5-2,0	1,4-1,6

<sup>1</sup> Tamanho do canal: Pequeno – 2,5 cm de profundidade e 5,0 cm de largura; Médio – 5 cm de profundidade e 10 cm de diâmetro; Grande – 15 cm de profundidade e 15 cm de diâmetro; <sup>2</sup> O número entre parêntesis refere-se a sementes nuas; <sup>3</sup> Juntar uma muda de cebolinha e uma muda de salsa para formar o conjunto denominado de “cheiro verde”; <sup>4</sup> Para coentro utilizar o mesmo procedimento adotado para salsa.

Quadro 18. Sugestão de procedimentos para a produção hidropônica de algumas hortaliças de frutos

Culturas	Nº de sementes por célula	Fase	Tamanho <sup>1</sup> do canal	Espaçamento entre linhas e plantas		Nº de mudas por 10m <sup>2</sup> de canteiro por canal	Vol. de solução por canal	Solução nutritiva
				cm	cm		Lmin <sup>-1</sup>	mScm <sup>-1</sup>
Melão "Net"	1	muda I	pequeno	5,0-7,5	5,0-7,5	2000-4000	0,5-1,0	1,0-1,2
	-	produção	grande	75-100	30	33-44	2,0-4,0	2,0-3,5
Morango	Muda I	muda II	médio	10,0-15,0	10,0-15,0	450-1000	1,5-2,0	1,0-1,2
	-	produção	grande	25-35	25-35	82-160	2,0-4,0	1,4-1,6
Pepino	1	muda I	pequeno	5,0-7,5	5,0-7,5	2000-4000	0,5-1,0	1,0-1,2
	-	produção	grande	50-75	50-75	18-40	2,0-4,0	2,0-3,0
Pimenta	1-3	muda I	pequeno	5,0-7,5	5,0-7,5	2000-4000	0,5-1,0	1,0-1,2
	-	produção	grande	75-100	50-75	13-27	2,0-4,0	2,0-3,0
Pimentão	1-3	muda I	pequeno	5,0-7,5	5,0-7,5	2000-4000	0,5-1,0	1,0-1,2
	-	produção	grande	75-100	50-75	13-27	2,0-4,0	2,0-3,0
Tomate	1-3	muda I	pequeno	5,0-7,5	5,0-7,5	2000-4000	0,5-1,0	1,0-1,2
	-	produção	grande	75-100	50-75	13-27	2,0-4,0	2,0-4,0

<sup>1</sup> Tamanho do canal – vide quadro 17.