

HIDROPONIA

1. Introdução

2. Tipos de Sistemas

3. Principais Vantagens e Desvantagens do Sistema Hidropônico

3.1 Vantagens

3.2 Desvantagens

4. A Técnica do Filme Nutriente (NFT)

4.1 Sistema Hidráulico

4.1.1 Reservatório

4.1.2 Escolha do Conjunto Moto-bomba

4.1.3 Regulador de Tempo ou Timer

4.2 Estufas

4.3 Bancadas

4.3.1 Canais de cultivo

4.4 Plantas que podem ser cultivadas pelo Sistema NFT

5. Aeroponia

5.1 Aeroponia Horizontal

5.2 Aeroponia Vertical

6. Sistema DFT (Deep Film Technique) ou Floating ou Piscina

7. Nutrição Mineral das Plantas

7.1 Elementos Essenciais

7.3 Solução Nutritiva

7.3.1 Sugestões de Soluções Nutritivas

7.3.2 Preparo da Solução Nutritiva

7.3.3 Manejo da Solução Nutritiva

8. Produção de Mudanças para Hidroponia

9. Doenças e Pragas na Hidroponia

10. Referências Bibliográficas

1. Introdução

A Hidroponia é uma técnica bastante difundida em todo o mundo e seu uso está crescendo em muitos países. Sua importância não é somente pelo fato de ser uma técnica para investigação hortícola e produção de vegetais; também está sendo empregada como uma ferramenta para resolver um amplo leque de problemas, que incluem tratamentos que reduzem a contaminação do solo e da água subterrânea, e manipulação dos níveis de nutrientes no produto.

A hidroponia ou hidropônica, termos derivados de dois radicais gregos (*hydor*, que significa água e *ponos*, que significa trabalho), está-se desenvolvendo rapidamente como meio de produção vegetal, sobretudo 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 indispensáveis aos vegetais. (Graves, 1983; Jensen e Collins, 1985; Resh, 1996, apud Furlani et. al., 1999).

Apesar do cultivo hidropônico ser bastante antigo, foi somente em meados de 1930 que se desenvolveu um sistema hidropônico para uso comercial, idealizado por W. F. Gericke da Universidade da Califórnia.

Segundo Donnan (2003), a primeira produção efetiva de grande escala não ocorreu até a Segunda Guerra Mundial. O exército dos EEUU estabeleceu unidades hidropônicas por inundação e drenagem, em várias ilhas áridas dos Oceanos Pacífico e Atlântico, usadas como pontos de aterrissagem. Isto foi seguido por uma unidade de 22 hectares (55 acres) em Chofu, Japão, para alimentar com hortaliças frescas as forças de ocupação. No entanto, o uso desta técnica sobre circunstâncias normais provou não ser comercialmente viável. Uma vez que Chofu fechou, apenas restaram um punhado de pequenas unidades comerciais disseminadas ao redor do mundo, totalizando menos de 10 hectares.

Em 1955 foi fundada a Sociedade Internacional de Cultivo Sem Solo (ISOSC) por um pequeno grupo de dedicados cientistas. Naqueles primeiros anos, freqüentemente estiveram sujeitos ao ridículo por perseguirem uma causa que comercialmente foi considerada inútil e irrelevante.

O primeiro uso comercial significativo não ocorreu até a metade da década de 1960, no Canadá. Existia uma sólida indústria de estufas de vidro em Columbia Britânica, principal produtor de tomates, que chegou a ser devastado por enfermidades do solo. Eventualmente, a única opção para sobreviver foi evitando o solo, pelo uso da hidroponia. A técnica que usaram foi rega por gotejamento em bolsas de serragem. Os recentes avanços técnicos também ajudaram especialmente ao desenvolvimento de plásticos e fertilizantes. No decorrer desta década, houve um aumento de investimento na investigação e desenvolvimento de sistemas hidropônicos. Também houve um pequeno aumento gradual na área comercial que estava sendo utilizada.

O seguinte maior avanço veio como resultado do impacto da crise do petróleo, sobre o custo de calefação da indústria de estufas em rápida expansão na Europa. Devido ao enorme incremento nos custos da calefação, os rendimentos chegaram a ser ainda mais importantes, assim os produtores e investigadores começaram a ver a hidroponia como um meio para melhorar a produção. Na década de 1970, o cultivo em areia e outros sistemas floresceram e logo desapareceram nos Estados Unidos. O sistema NFT (Nutrient Film Technique) foi desenvolvido, assim como o meio de crescimento denominado lã de rocha. Por volta de 1979, o grande volume de produção em estufas continuou aumentando. A nível mundial a área hidropônica esteve ao redor de apenas 300 hectares (75 acres).

A detecção de níveis significativos de substâncias tóxicas nas águas subterrâneas em regiões da Holanda em 1980, resultou no uso de esterilização do solo em estufas sendo progressivamente proibido. Isto levou a um rápido abandono do solo, através da hidroponia, a técnica mais popular foi lã de rocha alimentada por regas por gotejamento.

Seguindo os evidentes êxitos na Holanda, houve uma rápida expansão na produção hidropônica comercial em muitos países ao redor do mundo. Utilizando sistemas que diferem amplamente de país a país, a área mundial hidropônica aumentou cerca de 6.000 hectares (15.000 acres) no ano de 1989. A hidroponia agora foi alterada de uma “curiosidade irrelevante” a uma significativa técnica hortícola, especialmente em segmentos de flor cortada e hortaliças para saladas.

Através dos anos 1990, a expansão continuou ainda que a taxa de incremento tenha diminuído notavelmente no norte da Europa. Alguns países tais como Espanha, se desenvolveram muito nos últimos anos, e não sabemos se a área hidropônica de algum país tenha diminuído nesta década.

No lado técnico, estão sendo usados uma ampla gama de substratos incluindo alguns novos. Se desenvolveram um número de versões modificadas de técnicas já existentes, mas nenhuma teve maior impacto. Sem dúvida, os equipamentos de rega e equipamentos de controle e as técnicas têm melhorado muito, como ter métodos de desinfecção de soluções nutritivas recirculantes. No entanto, não apareceu uma nova técnica hidropônica significativa nos últimos 20 anos.

O cultivo sem solo proporciona um bom desenvolvimento das plantas, bom estado fitossanitário, além das altas produtividades quando comparado ao sistema tradicional de cultivo no solo. Quando utiliza apenas meio líquido, associado ou não a substratos não

orgânicos naturais, pode-se utilizar o termo cultivo ou sistema hidropônico (Castellane e Araujo, 1995).

Segundo Furlani et. al. (1999), no Brasil, tem crescido nos últimos anos o interesse pelo cultivo hidropônico, predominando o sistema NFT (Nutriente film technique). Muitos dos cultivos hidropônicos não obtêm sucesso, principalmente em função do desconhecimento dos aspectos nutricionais desse sistema de produção que requer formulação e manejo adequados das soluções nutritivas. Outros aspectos que interferem igualmente nos resultados relacionam-se com o tipo de sistema de cultivo. Para a instalação de um sistema de cultivo hidropônico, é necessário que se conheça detalhadamente as estruturas básicas que o compõem (Castellane e Araujo, 1994; Cooper, 1996; Faquin et. al., 1996; Martinez e Silva Filho, 1997; Furlani, 1998). Os tipos de sistema hidropônico determinam estruturas com características próprias, entre os mais utilizados estão:

- a) Sistema NFT (Nutrient film technique) ou técnica do fluxo laminar de nutrientes: 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) Sistema DFT (Deep film technique) ou cultivo na água ou “floating”: a solução nutritiva forma uma lâmina profunda (5 a 20 cm) na qual as raízes ficam submersas. Não existem canais, e sim uma mesa plana em que a solução circula por meio de um sistema de entrada e drenagem característico.
- c) Sistema com substratos: para a sustentação de hortaliças frutíferas, de flores e outras culturas, cujo sistema radicular e cuja parte aérea são mais desenvolvidos, utilizam-se canaletas ou vasos cheios de material inerte, como areia, pedras diversas (seixos, brita), vermiculita, perlita, lã-de-rocha, espuma fenólica ou espuma de poliuretano; a solução nutritiva é percolada através desse material e drenada pela parte inferior dos vasos ou canaletas, retornando ao tanque de solução.

Na hidroponia, cujos sistemas são mais caros e exigentes no manejo, as expectativas de produção em quantidade, qualidade e segurança são maiores do que nas culturas que são produzidas de forma tradicional. Uma vez que na hidroponia, a planta encontra, em ótimas condições, os elementos que necessita (água, nutrientes, oxigênio, etc.), pode haver grandes oscilações de produção, dependendo do controle correto ou incorreto dos fatores de produção fornecidos à planta.

Como o objetivo do presente trabalho é promover a técnica, é importante esclarecer que a hidroponia não é estática, não exhibe resultados matemáticos, pois se está trabalhando com vida. O fator biológico é por si só, variável, dinâmico e está sempre em evolução. Portanto, muito mais se aprenderá com a prática do que com a simples leitura deste trabalho.

2. Tipos de Sistemas

A maioria das plantas têm o solo como o meio natural para o desenvolvimento do sistema radicular, encontrando nele o seu suporte, fonte de água, ar e minerais necessários para a

sua alimentação e crescimento. As técnicas de cultivo sem solo substituem este meio natural por outro substrato, natural ou artificial, sólido ou líquido, que possa proporcionar à planta aquilo que, de uma forma natural, ela encontra no solo (Canovas Martinez apud Castellane e Araújo, 1995).

Existem diversos tipos de sistemas de cultivo sem solo variando de acordo com a estrutura, substrato e fornecimento de oxigênio:

a) **Sistemas com meios Inorgânicos**

* **Lã de Rocha (57%)**. É um meio manufaturado por fusão de lã de rocha, o qual é transformado em fibras e usualmente prensado em blocos e pranchas. Sua principal característica é que contém muitos espaços vazios, usualmente 97%, isto permite absorver níveis muito altos de água, enquanto que também um bom conteúdo de ar. A lã de rocha também é usada freqüentemente como pequenos blocos iniciadores para ser transplantados em outros substratos ou em sistemas baseados em água. É o principal meio usado onde existe uma fábrica perto. É um material caro quando se compara localmente com meios disponíveis mais baratos.

* **Areia**. Chegou a ser popular como meio hidropônico no início dos anos 70, especialmente nos EEUU, onde foi desenvolvido camas compridas e profundas de cultivo de areia. Se estabeleceram grandes unidades no Sul dos EEUU mas depois fecharam. Também se estabeleceram unidades em vários países desérticos do Médio Oriente. Esta foi a técnica original usada quando se estabeleceu o Land Pavilion em Epcot Center de Walt Disney na Flórida. Um grande problema experimentado com a técnica foi manter sobre controle enfermidades de raízes, motivo pelo qual agora é raramente usado.

Por anos se usaram bolsas de areia de certo grau em muitos países; no entanto, têm existido uma grande onda recentemente em seu uso, devido que está sendo a base de uma rápida expansão na produção de tomate hidropônico na Espanha.

Areia é um termo geral e deveria ser especificado mais estreitamente quando se destina para uso hidropônico. A areia de quartzo é usada, não a de tipo calcário (pedra caliza e areias de praia), as quais dariam severos problemas de pH. O tamanho da partícula e simetria também são propriedades importantes.

* **Perlita**. Feita por aquecimento de lã de rocha em água, a qual se expande muito para dar partículas aeradas. Primeiro foi usada na Escócia em torno de 1980, seu uso se difundiu por vários países especialmente onde é fabricado localmente. Seu uso é significativo mas relativamente menor; na Coréia seu uso alcança 112 hectares ou 41% da área hidropônica coreana.

* **Escória**. É uma rocha ligeiramente aerada, natural conhecida com vários nomes: “tuff” em Israel e “picón” em Ilhas Canárias. Ainda que é um meio efetivo, é pesado (800 kg/m^3) e portanto só é usado onde é um recurso local.

* **Pumecita.** É uma rocha vulcânica natural, leve e aerada, a qual é um bom meio de crescimento. Normalmente é usada onde existe em quantidade disponível, como em Nova Zelândia. Existem grandes depósitos na Islândia e recentemente estão sendo exportados para a Europa.

* **Argila Expandida.** É relativamente cara e tem sido usada principalmente em hidrocultivo e por estudiosos. Recentemente existe algum uso comercial limitado na Europa para cultivos de crescimento alto, como as rosas.

* **Vermiculita.** Foi anunciada anos atrás mas agora não se usa comercialmente, só em poucas misturas. (Donnan, 2003).

b) Sistemas com Meios Orgânicos

* **Serragem.** Foi um dos primeiros meios usados comercialmente, ainda é usado no Canadá, onde recentemente, só tem sido ultrapassado em popularidade pela lã de rocha. Também é o principal meio no Sul da África e Nova Zelândia e é usada em certo grau em outros países, incluindo Austrália. A serragem usada é grossa, não descomposta, de origem conhecida e se cultiva só para uma estação.

* **Musgo.** Foi um dos primeiros meios tratados e não é considerado por alguns como meio hidropônico. É usado em certo grau em muitos países que possuem uma quantidade disponível de qualidade, e é o principal método usado na Finlândia e Irlanda. Seu uso é enorme dentro da indústria.

* **Fibra de Coco.** Recentemente tem sido adicionado favoravelmente como meio hidropônico. Gozou de alguns primeiros êxitos, mas agora seu uso parece estar estabelecido. Existe uma quantidade significativa usada na Holanda e um pequeno uso em outros países. Um aspecto importante é que a qualidade varia consideravelmente entre provedores, principalmente relacionado a conteúdo de sais.

* **Produtos de Espuma.** Se tem usado vários tipos e marcas de espuma, frequentemente com bom resultado e alguns por mais de 20 anos, mas seu uso ainda está limitado. Têm sido vistos pelos produtores como muito caros. Alguns destes meios ainda têm potencial.

* **Produtos de Madeira Processada.** Tem-se produzido e vendido este produto mas seu uso não dá resultado em extensões significativas.

* **Gel.** Se tem produzido, provado e promovido um determinado número de polímeros de gel mas a maioria tem desaparecido do mercado sem haver sido aceitado pelos produtores (Donnan, 2003).

c) Sistemas Baseados em Água

* **NFT (Técnica de Película Nutriente) (5%)**. Foi desenvolvido na Inglaterra na década de 1970. Este sistema recircula uma fina película de solução nutritiva nos canais de cultivo. Foram provados comercialmente um amplo número de cultivos e, como resultado de uma ampla difusão publicitária, o NFT foi provado em muitos países. Uma vez que se estabeleceu, a técnica provou ser útil para a produção de tomates, e para cultivos de curto crescimento como a alface. Cultivos como o melão tem dado problemas e no mundo só são produzidos por produtores experientes.

* **Cultivo em Água (3%)**. O sistema Gericke usou um tanque de concreto cheia de solução nutritiva. Existem muito poucos destes sistemas hoje em dia, mas alguns derivados deste sistema são significativos em alguns países.

A principal técnica comercial é a Técnica de Fluxo Profundo (DFT, Deep Flow Technique), onde pranchas de poliestireno flutuam sobre uma solução nutritiva aerada por recirculação. Este é o principal sistema no Japão com 270 hectares, de cultivos de folha principalmente. Outros países onde seu uso é significativo, se encontram na Ásia, com seu uso predominante em cultivos de hortaliças de folha.

* **Cultivo em Cascalho (1%)**. Está incluído por sua conexão histórica e é classificado como um sistema baseado em água porque sempre se usou como uma técnica de recirculação, como contínuo ou como inundação e drenagem. Existem poucos dos sistemas de canais originais abandonados no mundo e o uso do cascalho quase todo é em sistema híbridos. O mais comum é a Técnica de Fluxo em cascalho (GFT, Gravel Flow Technique), onde os canais de NFT são cobertos com uma capa de 50 mm (2 polegadas) de cascalho.

* **Aeroponia (0,2%)**. É uma técnica onde as raízes estão suspensas em uma neblina de solução nutritiva. Várias formas desta técnica tem sido provadas por mais de 20 anos. Atraiu muita publicidade e existem um número de sistemas para aficionados que estão sendo vendidos. Sua realidade comercial é tal que só se tem reportado 19 hectares na Coreia. Seu uso está limitado a um punhado de pequenas operações espalhados pelo mundo.

Quadro 01 – Porcentagem Estimada da Área Total para Diferentes Sistemas Hidropônicos.

Sistemas Hidropônicos	
Sistemas	Porcentagem
Lã de rocha	57%
Outros meios inorgânicos	22%
Substratos orgânicos	12%
NFT	5%
Cultivo em água	3%
Técnicas em cascalho	1%
Total	100%

Fonte: Donnan (2003).

3. Principais Vantagens e Desvantagens do Sistema Hidropônico

3.1 Vantagens

- Produção de melhor qualidade: pois as plantas crescem em um ambiente controlado, procurando atender as exigências da cultura e com isso o tamanho e a aparência de qualquer produto hidropônico são sempre iguais durante todo o ano.
- Trabalho mais leve e limpo: já que o cultivo é feito longe do solo e não são necessárias operações como arações, gradagens, coveamento, capinas, etc.
- Menor quantidade de mão-de-obra: diversas práticas agrícolas não são necessárias e outras, como irrigação e adubação, são automatizadas.
- Não é necessária rotação de cultura: como a hidroponia se cultiva e meio limpo, pode-se explorar, sempre, a mesma espécie vegetal.
- Alta produtividade e colheita precoce: como se fornece às plantas boas condições para seu desenvolvimento não ocorre competição por nutrientes e água, e além disso, as raízes nestas condições de cultivo não empregam demasiada energia para crescer antecipando o ponto de colheita e aumentando a produção.
- Menor uso de agrotóxicos: como não se emprega solo, os insetos e microorganismos de solo, os nematóides e as plantas daninhas não atacam, reduzindo a quantidade de defensivos utilizada.
- Mínimo desperdício de água e nutrientes: já que o aproveitamento dos insumos em questão é mais racional.
- Maior higienização e controle da produção: além do cultivo ser feito sem o uso de solo, todo produto hidropônico tende a ser vendido embalado, não entrando em contato direto com mãos, caixas, veículos, etc.
- Melhor apresentação e identificação do produto para o consumo: na embalagem utilizada para acondicionamento dos produtos hidropônicos pode-se identificar a marca, cidade de origem, nome do produtor ou responsável técnico, características do produto, etc.
- Melhor possibilidade de colocação do produto no mercado: por ser um produto de melhor qualidade, aparência e maior tamanho, torna-se um produto diferenciado, podendo agregar à ele melhor preço e comercialização mais fácil.
- Maior tempo de prateleira: os produtos hidropônicos são colhidos com raiz, com isso duram mais na geladeira.

- Pode ser realizado em qualquer local: uma vez que seu cultivo independe da terra, pode ser implantado mais perto do mercado consumidor.

3.2 Desvantagens

- Os custos iniciais são elevados, devido a necessidade de terraplenagens, construção de estufas, mesas, bancadas, sistemas hidráulicos e elétricos. Dependência grande de energia elétrica. O negócio para ser lucrativo exige conhecimentos técnicos e de fisiologia vegetal. Em um sistema fechado, com uma população alta de plantas, poucos indivíduos doentes podem contaminar parte da produção. Exige rotinas regulares e periódicas de trabalho (Carmo Jr., 2003).
- O balanço inadequado da solução nutritiva e a sua posterior utilização podem causar sérios problemas às plantas. O meio de cultivo deve prover suporte às raízes e estruturas aéreas das plantas, reter boa umidade e, ainda, apresentar boa drenagem, ser totalmente inerte e facilmente disponível. Somente materiais inertes podem entrar em contato com as plantas (toxidez de Zn e de Cu poderão ocorrer, caso presentes nos recipientes). É essencial boa drenagem para não haver morte das raízes (Castellane e Araújo, 1995).
- Emprego de inseticidas e fungicidas: No início do emprego da hidroponia, para fins comerciais, se propagava que não ocorriam pragas e doenças no referido sistema de cultivo. Hoje, sabe-se, que se pode ter esses problemas na instalação hidropônica, embora em muito menor grau em comparação com o sistema convencional. Entretanto, a decisão quanto ao uso de inseticidas e fungicidas sempre é muito difícil. Deve-se, sempre, procurar alternativas menos agressivas à saúde e ao ambiente, evitando, ao máximo, o uso de produtos químicos. Pois, caso contrário, o método perde um dos atrativos de comercialização (Teixeira, 1996).
- Os equipamentos necessários para trabalhar as culturas hidropônicas devem ser mais precisos e sofisticados que para o solo, portanto, mais caros de aquisição, instalação e manutenção. A falta de inércia dos sistemas hidropônicos torna-os vulneráveis perante qualquer falha ou erro de manejo. Também a fiabilidade das instalações e automatismos atuais é alta, não se devendo esquecer que, para um sistema deste tipo, alguma avaria teria consequência muito mais grave que na agricultura tradicional (www.ep-agricola-torres-vedras.rcts.pt, 2003).

4. A Técnica do Filme Nutriente (NFT)

Segundo Bernardes (1997), o sistema NFT é uma técnica de cultivo em água, no qual as plantas crescem tendo o seu sistema radicular dentro de um canal ou canaleta (paredes impermeáveis) através do qual circula uma solução nutritiva (água + nutrientes).

O pioneiro dessa técnica foi Allen Cooper, no Glasshouse Crop Research Institute, em Littlehampton (Inglaterra), em 1965. NFT é originário das palavras **NUTRIENT FILM TECHNIQUE**, que foi utilizado pelo Instituto inglês para determinar que a espessura do fluxo da solução nutritiva que passa através das raízes das plantas deve ser bastante

pequeno (laminar), de tal maneira que as raízes não ficassem totalmente submergidas, faltando-lhes o necessário oxigênio.

Tradicionalmente, o Brasil vem utilizando para a montagem dos canais telhas de cimento amianto ou tubos de PVC, que são materiais tradicionais na construção civil brasileira, fáceis de se encontrar e com preços razoáveis.

No sistema NFT não há necessidade de se colocar materiais dentro dos canais, como pedras, areia, vermiculita, argila expandida, palha de arroz queimada; dentro dos canais somente raízes e solução nutritiva.

O sistema NFT funciona da seguinte maneira: a solução nutritiva é armazenada em um reservatório, de onde é recalçada para a parte superior do leito de cultivo (bancada) passando pelos canais e recolhida, na parte inferior do leito, retornando ao tanque, conforme Figura 01 (Teixeira, 1996).

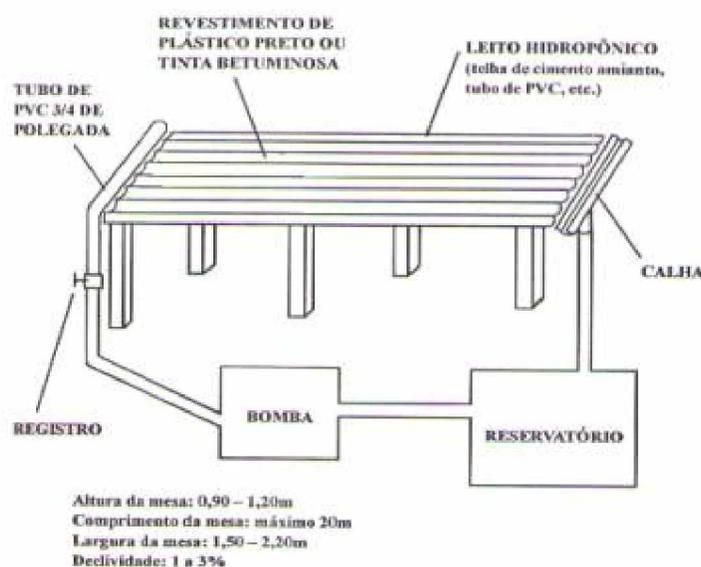


Figura 01 – Esquema Básico para Instalação de Hidroponia no Sistema NFT

4.1 Sistema Hidráulico

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 (Furlani et. al., 1999).

4.1.1 Reservatório

Os reservatórios ou tanques de solução podem ser construídos de material diverso, como plástico PVC, fibra de vidro ou de acrílico, fibrocimento e alvenaria. Os tanques de plástico

PVC e de fibra têm sido os preferidos em virtude do menor custo, facilidade de manuseio e, por serem inertes, não necessitarem de nenhum tratamento de revestimento interno. Já os tanques construídos em alvenaria bem como as caixas de fibrocimento exigem revestimento interno com impermeabilizantes destinados a esse 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 esses cuidados, a solução nutritiva, por ser corrosiva, poderá ser contaminada por componentes químicos presentes na constituição desses materiais.

O depósito deve, de preferência, ser enterrado em local sombreado para impedir 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 dependerá do número de plantas e das espécies que serão cultivadas. Deve-se obedecer ao limite mínimo de 0,1-0,25 L/planta para mudas, de 0,25-0,5 L/planta para plantas de pequeno porte (rúcula, almeirão), de 0,5-1,0 L/planta para plantas de porte médio (alface, salsa, cebolinha, agrião, manjericão, morango, cravo, crisântemo), de 1,0-5,0 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, em vista da maior dificuldade para o manejo químico (correção do pH e da condutividade elétrica – CE) e oxigenação da solução nutritiva.

4.1.2 Escolha do Conjunto Moto-bomba

Segundo Teixeira (1996), a potência da bomba a empregar para o recalque da solução nutritiva é pequena. Para se calcular pode-se empregar a fórmula seguinte (Castellane e Araújo, 1995):

Vazão x altura manométrica total

HP motor = _____

75 x 0,90

HP motor

HP bomba = _____

0,70

A vazão adequada no sistema hidropônico é 1,5 litro/minuto – 2,0 litros/minuto por canaleta de cultivo. Na fórmula, a vazão é expressa em litros/segundo e corresponde ao necessário para suprir todas as canaletas existentes na instalação.

A altura manométrica total é a somatória da altura geométrica de recalque (distância vertical da entrada da bomba até o ponto de distribuição superior na bancada) da altura da sucção (distância vertical da bomba até 20 cm do fundo do reservatório) e das perdas nas tubulações e acessórios (cerca de 30%).

O conjunto moto-bomba estará ligado ao reservatório, localizado em nível geométrico inferior ao ponto que liberará a solução nutritiva para os canais, ou seja, terá a função de recalque da solução nutritiva, conforme mostrado na Figura 02.



Figura 02 – Esquema de um Sistema Hidráulico.

Para calcular o consumo de energia elétrica do conjunto moto-bomba basta multiplicar o valor da potência do motor por 0,746 e obter o valor em Kwh (Kilowatts hora).

Os principais problemas com o conjunto moto-bomba e suas possíveis causas são:

- 01.** Mesmo com o motor ligado, a bomba não realiza o trabalho de sucção. Causas prováveis:

- Falta de solução nutritiva no reservatório.
- Não foi retirado o ar de sucção (escova).
- Entrada de ar nas conexões e acessórios.
- Giro do eixo do motor com rotação invertida.
- Tubulação de sucção e rotor de diâmetro pequeno.
- Entrada de ar pela carcaça da bomba. Apertar parafusos.

02. Superaquecimento do motor. Causas prováveis:

- Elementos girantes excessivamente justos, rotor ou eixo emperrados, atritando com as partes estacionárias.
- Gaxetas muito apertadas.
- Ligação elétrica inadequada ou com defeito nos contatos.
- Baixa tensão na rede.
- Ocorrência de sobretensão na rede elétrica.

03. Consumo exagerado de energia elétrica. Causas prováveis:

- Ocorrência de vazamento de energia devido à presença de carga inferior à possível.

Defeitos mecânicos como eixo e rotor emperrados, elementos girantes excessivamente apertados (gaxetas) (Bernardes, 1997).

4.1.3 Regulador de Tempo ou Timer

A circulação da solução nutritiva é comandada por um sistema regulador de tempo, ou temporizador. Esse equipamento permite que o tempo de irrigação e drenagem ocorra de acordo com a programação que se deseja. Existem no mercado temporizadores mecânicos com intervalos de 10 por 10 ou 15 por 15 ou 20 por 20 minutos e 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 e época do ano, 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, esse 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.

Durante o período noturno, o sistema pode permanecer desligado ou com duas a três irrigações de dez a quinze minutos espaçadas de quatro a cinco horas (Furlani et. al., 1999).

Aconselha-se estudar bem o local a ser implantada a hidroponia (região mais quente ou mais fria), pois é isso que vai decidir com exatidão os tempos de circulação e descanso do sistema (Alberoni, 1998).

Uma instalação básica, para o funcionamento de uma banca de crescimento (que facilmente pode se multiplicar) pode ser visualizada abaixo, conforme Figura 03 (Bernardes, 1997).

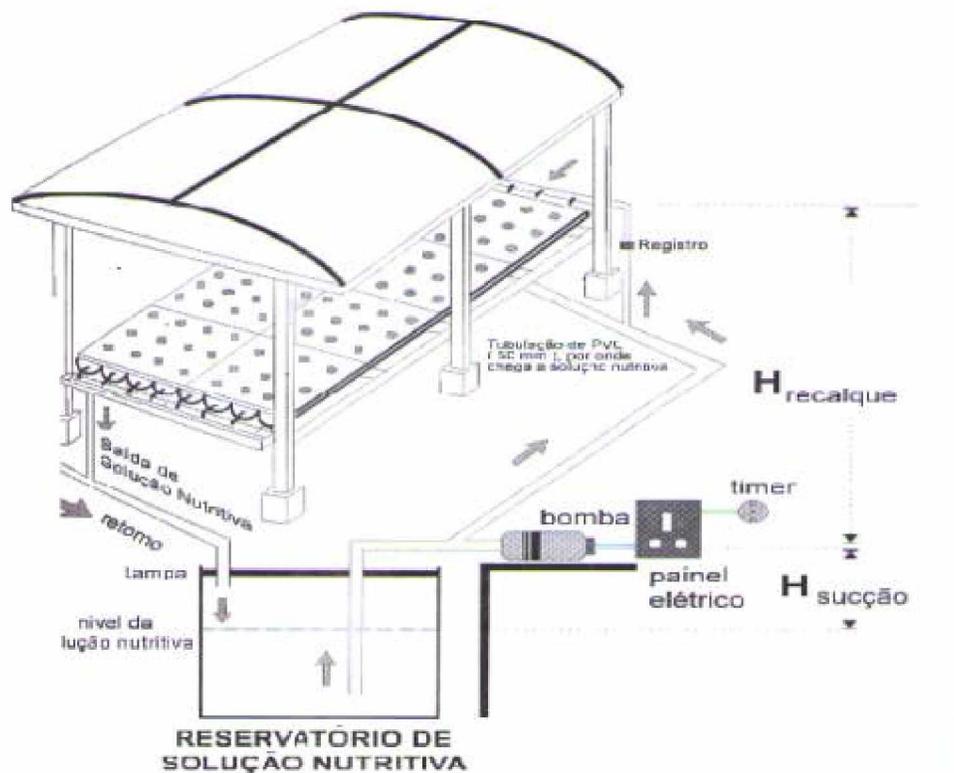
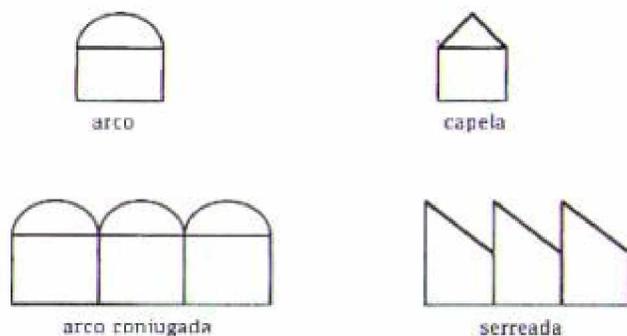


Figura 03 – Funcionamento do Sistema Hidráulico.

4.2 Estufas

Segundo Alberoni (1998), vários modelos de estufas são utilizados na produção hidropônica, entre eles: capela, arco e serreada, que podem ser conjugados ou não.



O modelo mais utilizado é a capela (duas águas), que fornece amplo espaço interno, com bom escoamento da água das chuvas e boa proteção interna. Dependendo do tamanho da estufa podem ser colocadas várias bancadas no seu interior, conforme Figura 04.

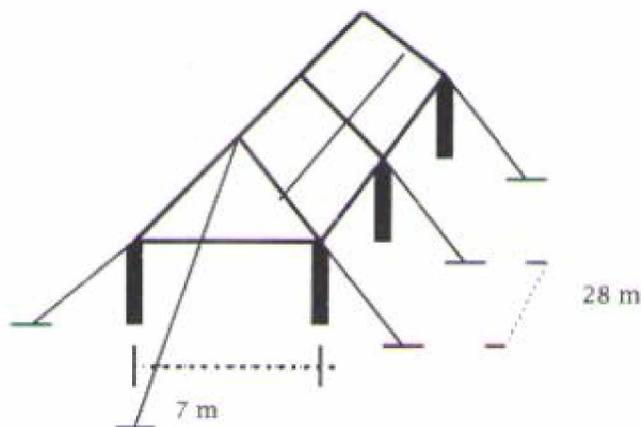


Figura 04 – Modelo de estufa com possibilidade de abrigar quatro bancadas ao mesmo tempo.

Alguns produtores utilizam o modelo de estufa individual. A estufa tem a medida exata da bancada e possibilita um maior arejamento do sistema, mas tem a desvantagem de dificultar os trabalhos em dias de chuva. Uma estrutura bem simples, porém muito prática é a da Estação Experimental de Hidroponia de Charqueada (SP), inspirada no modelo do engenheiro Shigeru Ueda, conforme ilustrado na Figura 05.

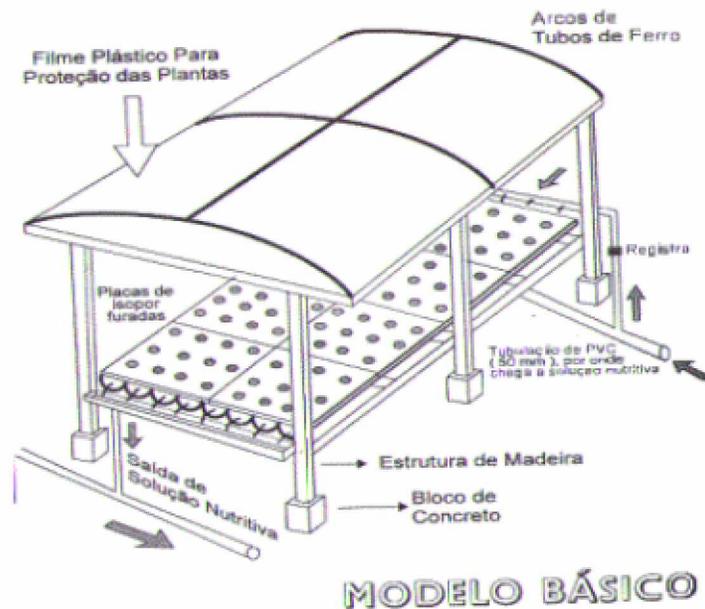


Figura 05 – Modelo de Estufa Individual.

Fonte: Bernardes (1997).

Para a cobertura das estufas recomenda-se a utilização de filme plástico aditivado anti-UV e antigotejo, com espessuras de 75 μ , 100 μ ou 150 μ . O filme plástico antigotejo é de extrema importância, pois evita que o acúmulo interno de água caia em forma de gotas sobre as plantas e faz com que a água escorra pelas laterais da estufa. Assim, evitam-se a contaminação e a propagação de diversos patógenos, principalmente os fúngicos (Alberoni, 1998).

No Brasil, a maioria das estufas hidropônicas não é climatizada.

Dentre os fatores ambientais que podem afetar o cultivo hidropônico, destaca-se a temperatura. Segundo Bernardes (1997), nas regiões mais quentes a utilização de estufas com pé-direito acima de 2,5 metros é recomendável, para proporcionar uma maior ventilação natural interna e para diminuir a temperatura do interior da estufa.

Telas de sombreamento também são utilizadas, no alto das casas de vegetação, na tentativa de diminuir a insolação direta e amenizar a temperatura interna.

4.3 Bancadas

As bancadas ou mesas de cultivo é onde são colocadas as mudas, ou seja, onde vai ocorrer o plantio propriamente dito. As plantas permaneceram nas bancadas até a sua colheita.

Segundo Furlani et. al. (1999), as bancadas para a técnica hidropônica são compostas de suportes de madeira ou outro material, os quais formam uma base de sustentação para os canais de cultivo, que podem ser de diversos tipos.

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. No que se refere à largura, a bancada deve ter: 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). Essas dimensões são suficientes para uma pessoa trabalhar de maneira confortável nos dois lados da mesa, facilitando-lhe as operações de transplante, os tratamentos fitossanitários, quando necessários, os tratos culturais, a colheita e a limpeza da mesa.

É necessária uma declividade de 2 a 4% no comprimento dos canais que conduzem a solução nutritiva. Além disso, é recomendável que o comprimento da bancada não ultrapasse 15 metros, quando se utilizar 1,0 litro/minuto de solução nutritiva por canal, devido, principalmente, à possibilidade de escassez de oxigênio dissolvido na solução no final da banca. Quando a solução nutritiva apresenta baixos níveis de O_2 , pode ocorrer a morte dos meristemas radiculares, pequena ramificação das raízes e baixa absorção dos nutrientes, ocasionando um crescimento mais lento com redução de produção ao longo do tempo (Bernardes, 1997).

4.3.1 Canais de cultivo

O material utilizado na confecção dos canais deve ser impermeável ou impermeabilizado para não reagir com a solução nutritiva. No Brasil, vêm-se utilizando para a montagem dos canais telhas de cimento amianto ou tubos de PVC, que são materiais muito usados na construção civil, fáceis de se encontrar e com preços razoáveis. Também, mais recentemente, têm sido usados tubos de polipropileno de formato semicircular.

a) Telhas de cimento amianto

Podem ser usadas telhas de amianto com ondas rasas (2,5 cm de altura e espaçadas a 7,5 cm), indicadas para produção de mudas ou para algumas culturas de pequeno porte (rúcula, agrião, etc.) servindo para condução das plantas até a fase de colheita. As telhas com ondas maiores (5 cm de altura e espaçadas a 18 cm) também são utilizadas para o cultivo de plantas de ciclo curto (alface, salsa, morango, etc.). Constrói-se a bancada, colocando-se as telhas de maneira a ficar com as extremidades encostadas umas nas outras ou sobrepostas. Após montada, a bancada é revestida com filme plástico para que a solução nutritiva seja conduzida de forma perfeita e para prevenir vazamentos. Em cima da bancada, para sustentação das plantas, são utilizadas placas de isopor, preferencialmente com espessura de 15 a 20 mm. Essas placas devem ser vazadas com furos de 50 mm de diâmetro (Figura 06) e espaçamento entre os furos de 18 cm x 20 cm.

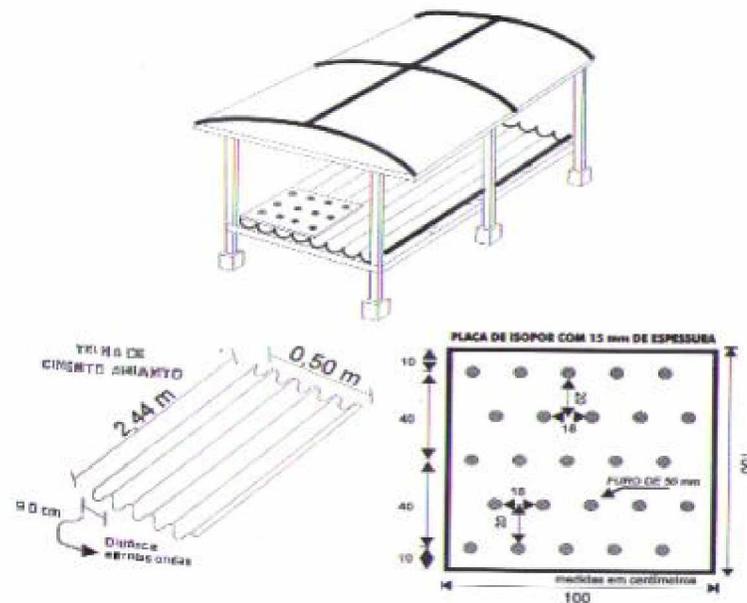


Figura 06 – Telha de cimento amianto com placas de isopor

Fonte: Bernardes (1997).

b) Tubos de PVC

Segundo Furlani et. al. (1999), os canos de PVC utilizados para esgoto (tubos brancos ou pretos) ou para irrigação (azuis) são ainda os mais encontrados em sistemas hidropônicos NFT. Serrando-se os canos ao meio, obtêm-se dois canais de cultivo com profundidade igual à metade do diâmetro do tubo (Figura 07). Pode-se unir quantos canais forem necessários, utilizando-se, para tanto, cola para encanamentos, silicone e, se necessário, arrebites.

Os canais de PVC servem para todas as fases de desenvolvimento das hortaliças mais cultivadas. 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.

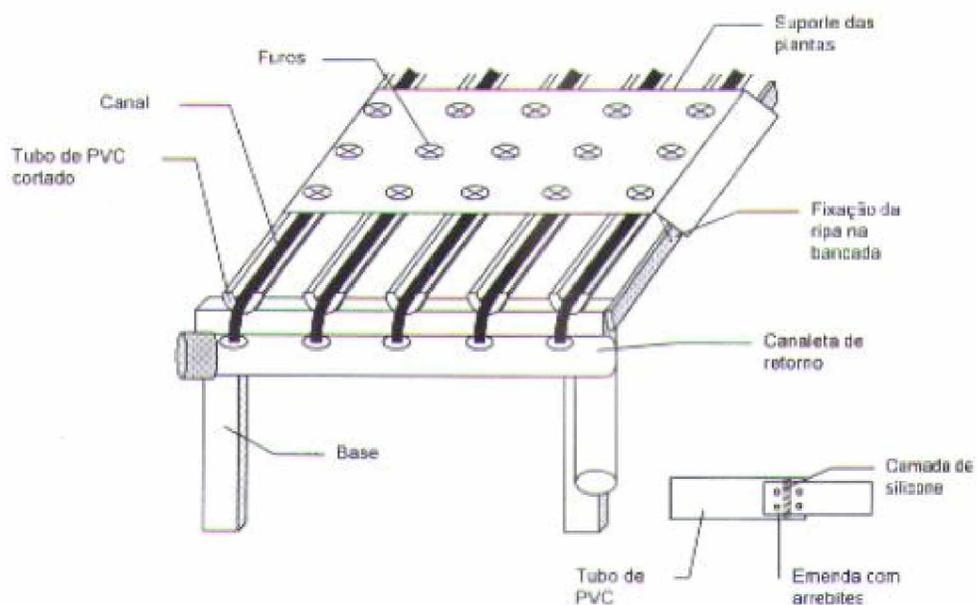


Figura 07 – Bancada de canos de PVC, mostrando também a canaleta de retorno de solução e a fixação do suporte das plantas na bancada. No detalhe, a união dos tubos.

O inconveniente desse sistema é a formação de algas dentro dos canos, em função da luz que penetra por eles (Alberoni, 1998).

Os tubos de PVC podem ser usados inteiros com furos na parte superior dos mesmos. Eles dispensam qualquer tipo de sustentação para as plantas já que são fechados, fornecendo o apoio suficiente para a maioria das plantas.

De acordo com Furlani et. al. (1999), a lâmina usada para confeccionar as embalagens tipo longa vida (TetraPark®) 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, tem boa capacidade de isolamento térmico e resiste aos raios solares.

c) Tubos de Polipropileno

Apresentam formato semicircular e são comercializados nos tamanhos definidos pelo diâmetro em: pequeno (50 mm), médio (100 mm) e grande (150 mm), já contendo furos para a colocação das mudas no espaçamento escolhido (Figura 08). Embora de uso muito recente, têm apresentado bons resultados práticos tanto para mudas, como para 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, têm 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 instalá-los com a parte achada para baixo, o que propicia maior área para o desenvolvimento do sistema radicular. Por serem de polipropileno, dispensam revestimento interno, são mais fáceis de emendar pois já vêm com os encaixes e apresentam todas as vantagens dos tubos de PVC.

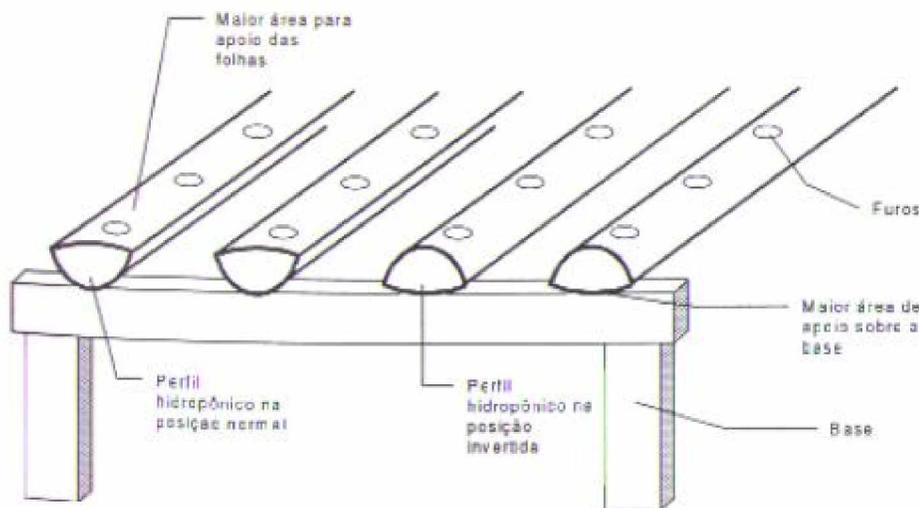


Figura 08 – Perfis hidropônicos nas duas posições utilizadas.

Fonte: Furlani et. al. (1999).

4.4 Plantas que podem ser cultivadas pelo Sistema NFT

A Alface é a mais cultivada, mas pode-se encontrar nos sistemas de cultivo sem solo: rúcula, feijão-vagem, repolho, couve, salsa, coentro, melão, agrião, pepino, berinjela, pimentão, tomate, arroz, morango, forrageiras para alimentação animal, mudas de plantas frutíferas e florestais, plantas ornamentais, etc; teoricamente, qualquer planta pode ser cultivada no sistema.

Um experimento recente foi desenvolvido IAC-Frutas (Instituto Agronômico de Campinas), estudando o enraizamento de mini-estacas de maracujá-amarelo por meio de hidroponia em espuma fenólica pelo sistema NFT.

Segundo Meletti et. al., (2003), com o objetivo de melhorar o aproveitamento de plantas matrizes, foi investigada no IAC a possibilidade de se reduzir o tamanho das estacas, economizando, assim, material selecionado, quer seja de matrizes de elite de lotes experimentais e de plantações comerciais, como até de espécies silvestres em fase de extinção.

Usando o método convencional de estaquia em areia não foi possível obter o enraizamento de estacas com uma ou duas gemas, porque elas secavam muito rapidamente, antes mesmo de enraizar. Isso só foi conseguido com a técnica de hidroponia em espuma fenólica.

Os experimentos foram realizados em Monte Alegre do Sul (SP). Foram preparadas estacas mais curtas, com uma ou duas gemas e apenas uma meia-folha, com cerca de 5 a 8 cm de comprimento. As mini-estacas foram colocadas para enraizar no centro dos cubos de espuma fenólica, de aproximadamente 20 mm de arestas, previamente umedecidas com água. Estes, por sua vez, foram transferidos para uma bancada de hidroponia de produção de mudas na horizontal, em estufa.

Foi detectado o início da formação de calos 10 dias depois da colocação das mini-estacas em espuma fenólica, sendo que depois de 18 dias, calos radiculares encontram-se completamente formados e visíveis. O início do enraizamento foi observado aos 24 dias e o enraizamento completo, 37 dias depois da instalação do sistema. Houve, portanto, uma redução de 25 dias no período necessário ao enraizamento das estacas, em relação ao sistema tradicional, podendo-se antecipar em igual período o transplante das estacas para sacos plásticos. Foi observado, também, um índice de 100% de enraizamento em todas as cultivares testadas, mostrando que não há efeito de cultivares no processo.

Concluiu-se que a hidroponia pode ser adotada com vantagens na estaquia de matrizes comerciais, de campos com escassez de plantas superiores, economizando material propagativo, sem perda de qualidade e com bons índices de aproveitamento. Poderá vir a ser, também, uma efetiva contribuição à multiplicação de passifloras nativas, em processo de extinção pelo desmatamento, desde que se repita com elas o comportamento obtido com o maracujazeiro-amarelo. Em programas de melhoramento genético, pode ser uma ferramenta muito útil na multiplicação de plantas estratégicas, resultantes de cruzamentos controlados.

5. Aeroponia

Com o intuito de se conseguir maior produtividade e melhoria na eficiência e qualidade de produção em sistemas hidropônicos, têm se desenvolvido outros métodos alternativos de cultivo.

A aeroponia é uma técnica de cultivo sem solo que consiste em cultivar as plantas suspensas no ar, tendo como sustentação canos de PVC que podem ser dispostos no sentido horizontal ou vertical, permitindo um melhor aproveitamento de áreas e a instalação de um número maior de plantas por metro quadrado de superfície da estufa, obtendo-se, assim, um aumento direto de produtividade.

Nesse sistema não é utilizado nenhum tipo de substrato, sendo que as raízes, protegidas da luminosidade dentro dos canos, recebem a solução nutritiva de forma intermitente ou gota a gota, de acordo com esquema previamente organizado. Há casos de aeroponia, nos quais, a solução nutritiva é nebulizada ou pulverizada sobre as raízes.

5.1 Aeroponia Horizontal

Segundo Teixeira (1996), aeroponia horizontal consiste fundamentalmente em cultivar as plantas em tubos de plásticos (PVC) de 12 a 15 cm de diâmetro, em cujo interior passa a solução nutritiva. Os tubos são colocados com inclinação de 1-3%. A solução entra pela parte mais alta do tubo saindo pela outra extremidade. As mudas são colocadas, nos tubos de PVC, em perfurações de 3-4 cm de diâmetro e no espaçamento indicado à cultura. Os tubos, (Figura 09), são colocados em grupos formando linhas seguidas. Os grupos são colocados um em cima dos outros, a 1 m de distância, como se fossem andaimes. O apoio é feito em estruturas metálicas ou de madeira, de preferência, móveis.

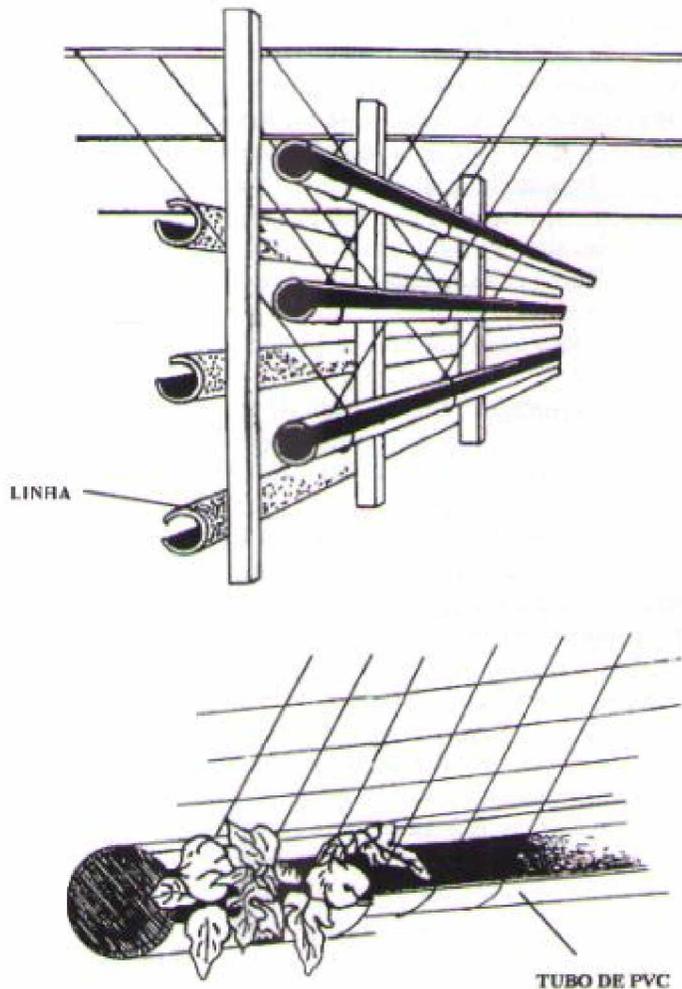


Figura 09 – Instalação Aeropônica Horizontal

O principal inconveniente na utilização deste sistema está na impossibilidade da exploração de culturas que necessitem de sustentação, como é o caso do tomate, pimentão, pepino e outros, isto limita o seu uso no caso de rotação de cultura.

5.2 Aeroponia Vertical

Neste sistema se cultivam plantas em colunas (tubos de PVC de quatro polegadas), de cerca de 2 m de comprimento. Esses tubos recebem perfurações para adaptação das mudas. As colunas são dispostas paralelamente, deixando-se espaços de 1,40 m entre elas, formando grupos. Entre os grupos se deixa o espaçamento de 1,80 m. Maneja-se a formação de grupos de modo que a luminosidade e a temperatura sejam as desejáveis para boa produtividade.

A solução nutritiva entra pelo alto da coluna, passa ao longo da mesma, é recolhida na parte inferior, é filtrada e retorna ao reservatório. O processo inclui, como nos anteriores, bomba para recalque da solução, “timer” programador e reservatório de solução nutritiva. A Figura 10 ilustra o método. (Teixeira, 1996).

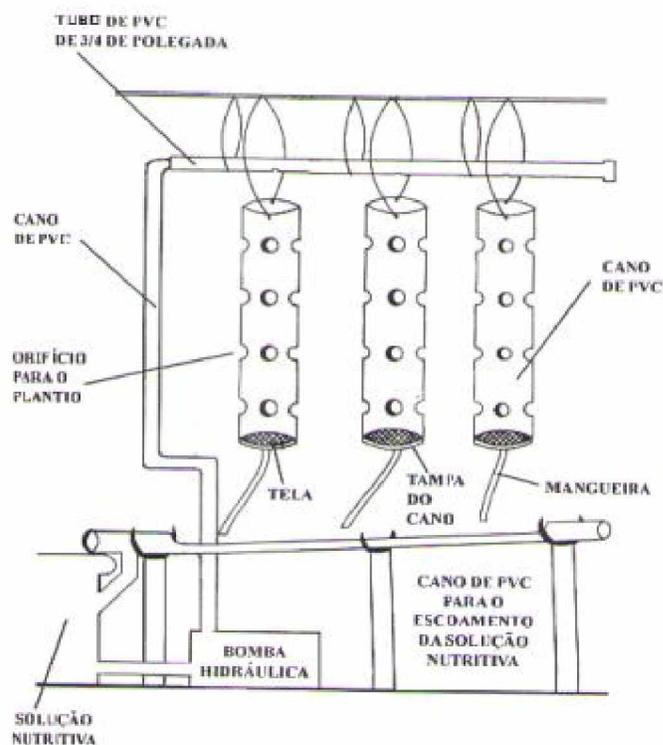


Figura 10 – Esquema da Instalação de Hidroponia Vertical

Utilizada na Europa desde a década de 70, a técnica foi adaptada à realidade brasileira pelos agrônomos Flávio Fernandes e Pedro Roberto Furlani, pesquisadores da Estação Experimental de Agronomia de Jundiaí do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Comparando a hidroponia vertical aos sistemas tradicional e de hidroponia em bandejas horizontais, segundo os pesquisadores, os resultados obtidos, tanto em produtividade como sanidade são melhores, o que compensa os custos de implantação e produção mais altos. Ocupando espaços iguais na estufa, a produção na hidroponia vertical foi 100% superior à da horizontal e 120% maior do que a de canteiro. Em um plantio comercial com hidroponia vertical realizado em Jundiaí (SP) os agrônomos do IAC observaram também redução nos gastos de água e energia, enquanto a aplicação de defensivos agrícolas teve queda de até 90%.

Mesmo adotando cuidados sanitários como a proteção dos canteiros com plástico, o que impede o contato direto dos frutos com o solo, dificilmente os produtores conseguem evitar a contaminação e o desgaste da terra nos cultivos tradicionais de morango. Os frutos próximos ao chão também estão sujeitos ao ataque de pragas e doenças e até o próprio peso do morango pode prejudicar sua sanidade e apresentação. Uma nova técnica, entretanto, pode resolver parte desses problemas. Trata-se do cultivo hidropônico de morango em estruturas verticais. Nos casos em que foi necessário fazer o controle de pragas e doenças, apenas as plantas atacadas receberam pulverização. Outra grande vantagem da nova técnica é que os morangos podem ser colhidos em estágio mais avançado de maturação, o que garante frutos mais saborosos. Além disso, as perdas são menores e o trabalho de colheita muito mais fácil que no sistema tradicional. As mudas formadas junto à planta-matriz, suspensas no ar, também podem ser utilizadas para novos plantios, o que não ocorre nos cultivos convencionais por causa do risco de contaminação do solo.

Na hidroponia vertical as mudas de morango são plantadas em compridas sacolas ou tubos de polietileno cheios com casca de arroz carbonizada e irrigadas com uma solução nutritiva. De acordo com os pesquisadores, a casca de arroz funciona como suporte para as plantas fixarem as raízes e também para reter o alimento líquido. As medidas mais indicadas são altura de 2 metros e diâmetro de 20 centímetros. O espaçamento é de 1 metro entre cada tubo e de 1 metro entre as fileiras. Geralmente são 28 mudas por tubo, sete grupos de quatro mudas planadas diametralmente. Para introduzir as mudas deve-se fazer pequenos orifícios em X no plástico. O substrato precisa estar encharcado (apenas com água) e as plantinhas colocadas num ângulo de 45 graus. A irrigação com a solução hidropônica varia de acordo com o estágio de desenvolvimento da planta, com volume de 3 a 6 litros diários por tubo. Com o tempo, o produtor sabe dimensionar, sem desperdício, a quantidade necessária. Outro cuidado é garantir que todas as mudas recebam raios solares em quantidades iguais. (www.vivaverde.agr.br).

6. Sistema DFT (Deep film technique) ou Floating ou Piscina

O sistema de piscinas é muito usado para a produção de mudas, como por exemplo, de alface. Nessa piscina são colocadas as bandejas de isopor, deixando correr uma lâmina de solução nutritiva (aproximadamente de 4 a 5 cm) suficiente para o desenvolvimento do sistema radicular das mudas, mantendo o substrato úmido e permitindo a absorção dos nutrientes.

Segundo Furlani et. al. (1999), no sistema DFT não existem canais, mas sim uma mesa ou caixa rasa nivelada onde permanece uma lâmina de solução nutritiva. O material utilizado para sua construção pode ser madeira, plástico ou 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 outro material, como descrito para as bancadas do sistema NFT. Para a manutenção da lâmina de solução, deve-se instalar um sistema de alimentação e drenagem compatível, ou seja, a drenagem sempre maior ou igual à entrada de solução, para manter constante o nível da lâmina.

No sistema DFT as raízes das plantas permanecem submersas na solução nutritiva por todo o período de cultivo, por isso 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 11) permite eficiente oxigenação na lâmina de solução.

Para as mesas pré-fabricadas em material plástico ou fibras 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.

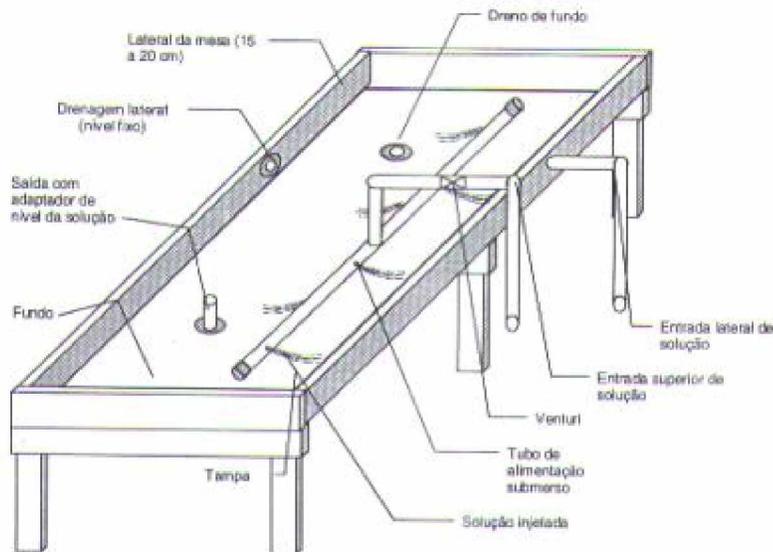


Figura 11 – Mesa de “floating” mostrando as opções de drenagem e alimentação laterais ou de fundo.

7. Nutrição Mineral das Plantas

Um dos princípios básicos para produção vegetal, tanto no solo como sobre sistemas de cultivo sem solo (hidroponia) é o fornecimento de todos os nutrientes de que a planta necessita.

O solo que sustenta as raízes das plantas também é importante para fornecer oxigênio, água e minerais. Ele é formado por partículas de minerais e material orgânica, e apresenta poros e microporos que ficam cheios de água e ar. Nesta água estão dissolvidos sais formando a solução do solo, que leva os nutrientes para as plantas.

Em um meio sem solo, as plantas também deverão suprir as mesmas necessidades, assim, para entender as relações das plantas em um sistema hidropônico deve-se ter em conta as relações que existem entre seu crescimento e o solo.

Se no meio em que a planta crescer houver um desequilíbrio de nutrientes, sua produção será limitada. Por exemplo, se o pimentão tiver à sua disposição uma quantidade de fósforo muito menor do que ele precisa para produzir bem, não adianta ter níveis adequados dos outros nutrientes ou acrescentar mais destes, enquanto não for corrigida a deficiência de fósforo. O pimentão não produzirá de acordo com o seu potencial, isto vale para qualquer fator essencial ao crescimento das plantas, como a água, por exemplo. Não adianta adubar bem a planta, se não houver água suficiente para o seu crescimento. Daí a necessidade de fornecer todos os elementos de que as plantas necessitam, feita de acordo com as exigências de cada cultura.

7.1 Elementos Essenciais

Diversos elementos químicos são indispensáveis para o crescimento e produção das plantas, num total de dezesseis elementos, sendo eles:

Carbono	C	Magnésio	Mg
Hidrogênio	H	Manganês	Mn
Oxigênio	O	Ferro	Fe
Nitrogênio	N	Zinco	Zn
Fósforo	P	Boro	B
Potássio	K	Cobre	Cu
Enxofre	S	Molibdênio	Mo
Cálcio	Ca	Cloro	Cl

Segundo Alberoni (1998), entre os elementos citados, existe uma divisão, conforme sua origem:

- Orgânicos: C, H, O
- Minerais:
 - macronutrientes: N, P, K, Ca, Mg, S;

- micronutrientes: Mn, Fe, B, Zn, Cu, Mo, Cl.

Essa divisão, entre macro e micro, leva em consideração a quantidade que a planta exige de cada nutriente para o seu ciclo.

As plantas têm, em sua constituição, em torno de 90 a 95% do seu peso em C, H, O. Mas esses elementos orgânicos, não constituem problemas, pois provêm do ar e da água, abundantes em nosso sistema. Diante disso, deve-se dar grande ênfase para os elementos minerais, que são os que irão compor a solução nutritiva.

Segundo Furlani et. al. (1999), recentemente, o níquel (N) 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, pode-se 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 (NO_3 , 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 nutrientes. 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 ambientes, tais como: salinidade, oxigenação, temperatura, pH da solução nutritiva, intensidade de luz, fotoperíodo, temperatura e umidade do ar (Adams, 1992 e 1994 apud Furlani et. al. 1999).

Cada um dos macronutrientes e dos micronutrientes exerce pelo menos uma função dentro do ser vegetal e a sua deficiência ou excesso provoca sintomas de carência, ou de toxidez, característicos. A tabela 01 resume alguns dos papéis desempenhados pelos nutrientes na vida da planta. As tabelas 02 e 03 mostram os sintomas típicos de deficiência e de excesso, respectivamente. (Teixeira, 1996).

Tabela 01 – Funções dos nutrientes de plantas

Nutrientes	Funções
Nitrogênio	Participa das proteínas, ácidos nucleicos e das clorofilas; é ligado à formação de folhas.
Fósforo	Participa dos nucleotídeos, ácidos nucléicos e de membranas vegetais. Interfere no metabolismo das plantas como fonte de energia. É importante para o enraizamento, floração e frutificação.

Potássio	Ativador enzimático, atua na fotossíntese (formação de açúcares). Translocação de açúcares nas plantas, influencia na economia de água e na resistência ao acamamento, a pragas, a doenças, ao frio e à seca.
Cálcio	Constituinte da parede celular, ajuda na divisão celular, atua como ativador enzimático.
Magnésio	Integra a molécula da clorofila, é ativador enzimático e aumenta a absorção de Fósforo.
Enxofre	Constituinte das proteínas e clorofila, de vitaminas e óleos essenciais, importante para fixação de Nitrogênio.
Boro	Participa do processo de síntese do ácido indolacético (hormônio vegetal), dos ácidos pécticos (parede celular), dos ácidos ribonucleicos, das proteínas e do transporte de açúcar nas plantas.
Cloro	Participa do processo fotossintético.
Cobre	É ativador enzimático; influencia na respiração, na fotossíntese e no processo de fixação nitrogenada.
Ferro	Ativador enzimático; importante na síntese da clorofila e dos citocromos, influencia a respiração, fotossíntese e fixação do Nitrogênio.
Manganês	Ativador enzimático e participa da fotossíntese e da respiração (como ativador enzimático).
Níquel	Ativador da enzima urease (que faz a hidrólise da uréia nas plantas).
Molibdênio	Influencia no processo da redução de Nitrato no interior das plantas e da fixação do Nitrogênio por leguminosas.
Zinco	Ativador enzimático, síntese do ácido indolacético.

Tabela 02 – Sintomas visuais gerais de deficiência nutricional em vegetais (adaptado de MALAVOLTA, 1980)

1 – Sintomas iniciais em folhas mais velhas.

1.1 – Com verde clara (esmaecida) na folha, abrangendo nervuras e limbo. Com a evolução da carência passa a clorose seguido de seca e queda das folhas.

.....
NITROGÊNIO

1.2 – Inicialmente diminuição do crescimento da planta, desenvolvimento de cor verde escura, seguida de manchas pardas, pardo amareladas, pardo avermelhadas. Porte reduzido, pouco enraizamento

..... **FÓSFORO**

1.3 – Clorose em margens e pontas das folhas que, com o progresso da deficiência, evolui para queimadura; atingindo toda a folha

POTÁSSIO

1.4 – Clorose interneval mantendo-se as nervuras verdes

MAGNÉSIO

2 – Sintomas iniciais em folhas mais novas.

2.1 – Morte de pontas de crescimento, internódios curtos, superbrotamento (tufos de folhas), folhas deformadas e pequenas

BORO

2.2 - Folhas flácidas, por vezes gigantes, clorose reticulada.....

COBRE

2.3 – Clorose interneval com reticulado fino, evoluindo para folha toda amarela

FERRO

2.4 – Clorose interneval com reticulado grosso

MANGANÊS

2.5 – Folhas pequenas, internódios curtos e superbrotamento e, por vezes, clorose

ZINCO

2.6 – Folhas deformadas, com morte de pontos de crescimento e clorose nas pontas

CÁLCIO

2.7 – Cor verde clara na folha. Clorose generalizada

ENXOFRE

3 – Sintomas iniciais em folhas recém-maduras ou folhas mais novas.

3.1 – Amarelecimento em manchas ou generalizadas, folhas deformadas por má formação no limbo

MOLIBDÊNIO

4– Sintomas iniciais em folhas mais velhas ou mais novas.

4.1 – Murcha, clorose e bronzeamento das folhas

CLORO

Tabela 03 – Sintomas visuais gerais de excesso de nutrientes em vegetais(adaptado de MALAVOLTA et. al., (1989)

Nutrientes	Funções
Nitrogênio	Em geral, não-identificados. Atraso e redução de floração e frutificação e acamamento.
Fósforo	Indução de deficiência de Cobre, Ferro, Manganês e Zinco.
Potássio	Indução de deficiência de Cálcio e/ou Magnésio provavelmente.
Cálcio	Indução de deficiência de Magnésio e/ou Potássio provavelmente.
Magnésio	Indução de deficiência de Potássio e/ou Cálcio provavelmente.
Enxofre	Clorose interveinal em algumas espécies.
Boro	Clorose reticulada e queima das margens das folhas de ápice para a base.
Cloro	Necrose das pontas e margens, amarelecimento e queda das folhas.
Cobre	Manchas aquosas e depois necróticas nas folhas. Amarelecimento das folhas, da base para o ápice, seguindo a nervura central.
Ferro	Manchas necróticas nas folhas, manchas amarelo-parda.
Manganês	Deficiência de Ferro induzida, depois manchas necróticas ao longo do tecido condutor.
Molibdênio	Manchas amarelas globulares do ápice da planta.
Zinco	Indução de carência de Fósforo e ou Zinco.

7.2 A água

Em cultivo sem solo, a qualidade da água é fundamental, pois nela estarão dissolvidos os minerais essenciais, formando a solução nutritiva que será a única forma de alimentação das plantas. Além da água potável e de poço artesiano, pode-se utilizar água de superfície e água recolhida de chuvas. (Lejeune e Balestrazzi, 1992 apud Castellane e Araújo, 1995).

Quanto melhor a qualidade da água menos problemas. A análise química (quantidade de nutrientes e salinidade) e microbiológica (coliformes fecais e patógenos) é fundamental. O recomendável é enviar amostras para empresa que costuma fazer análise para produtores hidropônicos.

Os parâmetros que devem ser considerados são: carbonatos, sulfatos, cloretos, sódio, ferro, cálcio, magnésio e micronutrientes (Cl ativo, Mn, Mo, B, Zn, Cu).

Se a água contém boa quantidade de Ca ou B, por exemplo, este valor deve ser descontado no momento de adicionar os adubos na solução. Tem-se recomendado que este desconto deve acontecer quando o valor de um dado macronutriente ultrapassar a 25% do que seria adicionado a solução (formulação), e 50% para os micronutrientes. (www.labhidro.cca.ufsc.br).

Em hidroponia a condutividade elétrica deve ser inferior a 0,5 mS/cm, com uma concentração total de sais inferior a 350 ppm. (Hanger 1986 apud Castellane e Araújo 1995). Entretanto, Maroto (1990) apud Castellane e Araújo (1995), considera que o ideal é menos que 200 ppm de sais totais, com cloro e sódio livres inferiores a 5 e 10 ppm, respectivamente. Quando for utilizada no sistema NfT, Lejeune e Balestrazzi (1992) apud Castellane e Araújo (1995), consideram ser a água de boa qualidade quando seus teores

máximos de Ca, Mg, SO₄ e HCO₃ estão abaixo de 80, 12, 48 e 224 mg/l, respectivamente. Para ferro, boro, flúor, zinco, cobre e manganês, os teores máximos permitidos são, respectivamente: 1, 12; 0,27; 0,47; 0,32; 0,06 e 0,24 mg/l.

Dependendo da região, a água pode apresentar características que interferem na solução nutritiva, como:

- Água com teor de cloreto de sódio (NaCl) acima de 50 ppm (50g/1000l) começa a causar problemas de fitotoxidez e pode inviabilizar seu uso;
- Se a água for dura (elevado teor de íons carbonatos, HCO₃), haverá problemas de elevação do pH e indisponibilização de ferro adicionado à solução. Também conterá sulfatos, mas o íon sulfato é macronutriente;
- Águas subterrâneas originadas de rochas calcáreas e dolomíticas contém bons teores de Ca e Mg. (www.labhidro.cca.ufsc.br).

7.3 Solução Nutritiva

Na hidroponia todos os nutrientes são oferecidos às plantas na forma de solução. Esta solução é preparada com sais fertilizantes. Existem vários sais que fornecem os mesmos nutrientes para as plantas, deve-se optar por aqueles fáceis de dissolver em água, baixo custo e facilmente encontrados no mercado. As tabelas 04 e 05 apresentam alguns dos sais mais usados em hidroponia, sob a forma de macro e micronutrientes.

Tabela 04 – Composição de alguns adubos empregados em hidroponia (Macronutrientes)

Adubos	%N	%P	%K	%Ca	%Mg	%S
Nitrato de Potássio	14	-	36,5	-	-	-
Nitrato de Sódio e Potássio (Salitre do Chile Potássio)	-	-	-	-	-	-
Nitrato de Amônio	13	-	11,6	-	-	-
Nitrato de Cálcio	34	-	-	-	-	-
Nitrocálcio	15	-	-	20	-	-
Fosfato Monoamônio (MAP)	22	-	-	7	-	-
Fosfato Diamônio (DAP)	10	21,1	-	-	-	-
Uréia	18	20,2	-	-	-	-
Sulfato de Amônio	45	-	-	-	-	-
Superfosfato Simples	20	-	-	-	-	24
Superfosfato Triplo	-	8,8	-	20,2	-	12
Fosfato de Potássio	-	19,8	-	13,0	-	-
Cloreto de Potássio	-	24	31	-	-	-
Sulfato de Potássio	-	-	49,8	-	-	-
Sulfato de Potássio e Magnésio	-	-	41,5	-	-	17
Sulfato de Magnésio	-	-	16,6	-	11	22
	-	-	-	-	9,5	13

Fonte: Malavolta (1989) apud Teixeira (1996).

Tabela 05 – Composição de alguns adubos empregados em hidroponia (Micronutrientes)

Adubos	Composição
Bórax	11% de Boro
Ácido Bórico	17% de Boro
Sulfato Cúprico Pentaidratado	25% de Cobre
Sulfato Cúprico Monoidratado	35% de Cobre
Quelados de Cobre	9 – 13% de Cobre
Sulfato Ferroso	19% de Ferro
Quelados de Ferro	5 – 14% de Ferro
Sulfato Manganoso	26 – 8% de Manganês
Quelado de Manganês	12% de Manganês
Molibdato de Sódio	39% de Molibdênio
Molibdato de Amônio	54% de Molibdênio
Sulfato de Zinco	20% de Zinco
Quelado de Zinco	14 – 19% de Zinco

Fonte: Malavolta (1989) apud Teixeira (1996).

Não existe uma solução nutritiva ideal para todas as espécies vegetais e condições de cultivo. Cada espécie vegetal tem um potencial de exigência nutricional. (Teixeira, 1996).

No Quadro 02. Apresentam-se as relações entre os teores foliares considerados adequados de N, P, Ca, Mg e S e 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. (Furlani et. al. 1999).

Quadro 02 – Relações entre os teores foliares (g/kg) 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
Hortaliças de folhas						
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	1,0	0,65	0,11	0,12	0,03	-
Cebolinha	1,0	0,75	0,08	0,50	0,10	0,16
Chicória	1,00	0,82	0,11	1,36	1,07	-

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	1,0	1,14	0,17	0,43	0,11	-
Hortaliças de frutos						
Beringela	1,00	1,0	0,16	0,40	0,14	-
Ervilha	1,00	1,67	0,20	0,67	0,17	-
Feijão-vagem	1,00	1,43	1,14	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
Hortaliças de flores						
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	-
Ornamentais						
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	1,0	1,00	0,14	0,30	0,14	0,10
Gloxinia	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

Tal fato deve ser levado em conta quando se utiliza uma única composição de solução nutritiva para o crescimento de variadas espécies vegetais.

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. (Furlani et. al. 1999).

Os produtores desejam freqüentemente obter uma fórmula ótima, que sirva para todas as culturas, mas isto não é possível. Existem muitas variáveis a considerar na nutrição de plantas, como:

- Espécie de planta – por exemplo a alface precisa mais de nitrogênio que o tomate;
- Estágio de crescimento – plantas novas gastam menos nutrientes que as mais velhas;
- Parte da planta que será colhida – se é folha ou fruto;
- Estação do ano;
- Temperatura e intensidade de luz.

Para que as plantas tenham um bom desenvolvimento é necessário que haja um constante equilíbrio de nutrientes na água que banha as raízes das plantas, ou seja, ao longo do tempo e da formação das plantas os elementos essenciais (nutrientes) devem estar sempre à disposição, dentro de faixas limitadas, sem escassez nem excesso.

7.3.1 Sugestões de soluções nutritivas

Nos quadros 03 e 04 são apresentadas soluções nutritivas para tomate, pepino e alface (Castellane e Araújo, 1995). A diferença entre a solução A e a solução B está na quantidade de nitrato de cálcio. A solução A é usada na fase de crescimento da planta e a solução B na fase de frutificação. Como a formação de frutas exige mais quantidade de cálcio e nitrogênio é observado que a planta deve ter maior quantidade destes nutrientes à sua disposição nesta fase.

Quadro 03 – Composição de soluções nutritivas 1/ para tomates, pepino e alface em sistemas hidropônicos abertos ou fechados.

Composto Químico	Nutrientes Fornecidos	Tomate		Pepino	
		Solução A	Solução B	Solução A ^{2/}	Solução B
Gramas/1000 litros					
KNO ₃	N,K	200	200	200	200
MgSO ₄ ·7 H ₂ O	Mg, S	500	500	500	500
KH ₂ PO ₄	K, P	270	270	270	270
K ₂ SO ₄	K, S	100	100	-	-
Ca(NO ₃) ₂	N, Ca	500	680	680	1.357
Fe 330 (quelado)	Fe	25	25	25	25
Micronutrientes	-	150 ml	150 ml	150 ml	150 ml

1 – Ver Quadro 04, para o manejo de micronutrientes.

2 - Para Alface, acrescentar mais 430g de Ca(NO₃)₂.

Quadro 04 – Preparo de solução estoque de micronutrientes.

Composto Químico	Nutrientes Fornecidos	Gramas a utilizar^{1/}
H ₃ BO ₃	B	7,50
MnCl ₂ .4H ₂ O	Mn	6,75
CuCl ₂ .2H ₂ O	Cu	0,37
MOO ₃	Mo	0,15
ZnSO ₄ .7H ₂ O	Zn	1,18

Estas quantidades dos sais são para preparar 450 ml de solução estoque. Utilize água quente para dissolver bem os sais. Use 150 ml desta solução por 1000 litros de solução de cultivo.

Outra opção de solução nutritiva para alface é apresentada no quadro 05.

Quadro 05 – Composição de solução nutritiva para alface

Sal/fertilizante	g/1.000 litros
Nitrato de cálcio	
Hydro especial	1.000
Nitrato de potássio	600
Cloreto de potássio	150
Monoamônio fosfato	150
Sulfato de magnésio	250
Solução de micronutrientes	500 ml
Solução de Fe-EDTA	500 ml
Cloro	100
Boro	20
Ferro	100
Manganês	50
Zinco	20
Cobre	6
Molibdênio	0,1

Fonte: Furlani, (1995).

Segundo Furlani et. al., (1999), para quelatização do Ferro, procede-se da seguinte maneira:

Para preparar uma solução contendo 10 mg/mL 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.

Ainda segundo Furlani et. al., (1999), o Instituto Agronômico tem uma proposta de preparo e manejo de solução nutritiva para cultivo hidropônico, destinada a diversas hortaliças de folhas e já utilizada por muitos produtores em escala comercial. No seu preparo, são usadas as quantidades de sais/fertilizantes, conforme consta do quadro 06.

Quadro 06 – Quantidades de sais para o preparo de 1.000 L de solução nutritiva – proposta do Instituto Agronômico (Furlani, 1998).

Nº	Sal ou fertilizante	g/1.000L
1	Nitrato de cálcio Hydros® Especial	750
2	Nitrato de potássio	500
3	Fosfato monoamônio	150
4	Sulfato de magnésio	400
5	Sulfato de cobre	0,15
6	Sulfato de zinco	0,5
7	Sulfato de manganês	1,5
8	Ácido bórico ou	1,5
	Bórax	2,3
9	Molibdato de sódio ou	0,15
	Molibdato de amônio	0,15
10	Tenso-Fe® (FeEDDHMA-6% Fe) ou	30
	Dissolvine® (FeEDTA-13% Fe) ou	13,8
	Ferrilene® (FeEDDHa-6% Fe) ou	30
	FeEDTANa ₂ (10mg/mL de Fe)	180 mL

7.3.2 Preparo da Solução Nutritiva

No preparo da solução nutritiva existe uma seqüência correta de adição de sais. Descreveremos passo a passo o preparo de uma solução nutritiva.

- O composto são pesados individualmente, identificados e ordenados próximo ao reservatório onde será preparada a solução nutritiva. Esta operação deve ser cuidadosa, pois qualquer engano nesta etapa poderá comprometer todo o sistema.
- Nos sacos estão as misturas de macronutrientes, mas sem a fonte de cálcio. Os sais são misturados a seco, o cálcio não pode entrar, porque forma compostos insolúveis com fosfatos e sulfatos.
- A mistura é dissolvida em um recipiente com água e depois jogada no reservatório. Ao colocar a mistura no reservatório ele já deverá estar cheio pela metade.
- O sal de cálcio é dissolvido separadamente e adicionado em seguida, depois vem a mistura de micronutrientes que poderá ser preparado em maior quantidade e armazenada.

- A mistura de micronutrientes não contém o ferro, basta medir a quantidade certa e jogar no tanque.
- Após acrescentar os micronutrientes completa-se o nível da solução no reservatório e mistura-se bem.
- A seguir faça a medição do pH, ele deverá ficar na faixa de 5,5 a 6,5. Se estiver mais alto que isto adiciona-se ácido sulfúrico ou ácido clorídrico. O ácido deve ser misturado com um pouco de água e depois ser colocado aos poucos no reservatório. Mistura-se bem e mede-se de novo o pH, faça isto até chegar ao valor certo. Se o pH estiver abaixo de 5,5 faz-se a correção com hidróxido de potássio ou hidróxido de sódio.
- No final acrescenta o ferro, pois ele é pouco solúvel e deve ser colocado na forma complexada com EDTA para ficar dissolvido e disponível para as plantas. Quando é colocado puro ele precipita e as plantas não conseguem absorvê-lo.

7.3.3 Manejo da solução

Segundo Alberoni (1998), após o preparo da solução, existem alguns fatores que devem ser controlados para o completo e perfeito desenvolvimento da planta, aproveitando ao máximo a solução nutritiva:

- **Temperatura** – a temperatura da solução não deve ultrapassar os 30°C, sendo que o ideal para a planta é a faixa de 18°C a 24° C em períodos quentes (verão) e 10°C a 16°C em períodos frios (inverno). Temperaturas muito acima ou abaixo desses limites causam danos à planta, bem como uma diminuição na absorção dos nutrientes e, conseqüentemente, uma menor produção, com produtos de baixa qualidade, que serão vendidos a preços mais baixos.
- **Oxigênio** – a oxigenação da solução é muito importante. É preciso utilizar uma boa água e oxigenar a solução constantemente para obter um bom nível de absorção dos nutrientes. A oxigenação pode ser feita durante a circulação da solução no retorno ao reservatório ou com a aplicação de ar comprimido ou oxigênio.
- **Pressão osmótica** – quando se dissolvem sais na água, sua pressão osmótica aumenta, ou seja, a tendência que a solução tem de penetrar nas raízes diminui, até o ponto que deixa completamente de penetrar e começa a retirar a água das plantas. Isso ocorre pelo fato de a água se movimentar de um meio hipotônico para um meio hipertônico ou, digamos, de um meio menos concentrado para um meio mais concentrado. Por isso, a solução deve conter os nutrientes nas proporções adequadas, mas suficientemente diluídas para não causar danos. A pressão osmótica ideal está entre 0,5 a 1,0 atmosfera (atm.).
- **Condutividade elétrica** – esse controle é de grande importância, pois determina quanto adubo há na solução (quantidade de íons). Quanto mais íons tivermos na

solução, maior será a condutividade elétrica, e vice-versa. Há um aparelho que mede a condutividade: o condutivímetro. Na utilização desse aparelho, as medidas ideais da solução ficam na faixa de 1,5 a 3,5 miliSiemens/cm, que corresponde a 1.000 à 1.500 ppm de concentração total de íons na solução. Valores acima dessa faixa são prejudiciais à planta, chegando a sua total destruição.

Valores inferiores indicam a deficiência de algum elemento, embora não se saiba qual e em que quantidade. A resposta só pode ser obtida com a análise química laboratorial da solução nutritiva.

- **pH** – o pH da solução nutritiva é tão importante quanto a condutividade elétrica, pois as plantas não conseguem sobreviver com valores abaixo de 3,5. Os seus efeitos podem ser diretos, quando houver efeito de íons H^+ sobre as células; ou indiretos, quando afetam a disponibilidade de íons essenciais para o desenvolvimento da planta.

A solução pode ser apresentar ácida, alcalina ou neutra. Valores baixos (acidez < 5,5) provocam uma competição entre o íon H^+ e os diversos cátions essenciais (NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+}) e valores elevados acidez > 6,5 e alcalinidade) favorecem a diminuição de ânions (NO_3^- , $H_2PO_4^{2-}$, MoO_4^-). Valores inadequados podem levar à precipitação de elementos.

Apesar de todos os fatores acima mencionados serem importantes no manejo da solução nutritiva, três aspectos devem sofrer controle diário, entre eles:

- 1º) Complementação do volume gasto sempre com água;
- 2º) Ajuste do pH da solução;
- 3º) Monitoramento do consumo de nutrientes através da condutividade elétrica da solução.

A – Nível da Solução Nutritiva

A solução é consumida pela planta e diariamente observa-se uma redução do seu volume no tanque de solução. Esse volume deverá ser repostado todos os dias não com solução nutritiva e sim com água pura. Pois as plantas absorvem muito mais água do que nutrientes e como a solução nutritiva é uma solução salina a reposição diária com solução leva a uma salinização deste meio, chegando a um ponto que a quantidade de sais dissolvida é maior do que as raízes podem suportar. Se isto ocorrer as plantas cessam seu crescimento, devido não a falta de nutrientes, mas a um potencial osmótico muito elevado no sistema radicular.

B – pH da Solução Nutritiva

Durante o processo de absorção de nutrientes as raízes das plantas vão alterando o pH da solução nutritiva. Esse pH significa a acidez ou basicidade da solução nutritiva. As

plantas têm o seu desenvolvimento máximo entre pH 5,5 a 6,5 e à medida que elas crescem elas alteram esse pH da solução nutritiva. Por essa razão diariamente após completar o volume da solução com água o pH da solução deve ser medido, Se estiver fora desta faixa de 5,5 a 6,5, ele deverá ser ajustado com ácido se estiver acima de 6,5 e, com base caso esteja abaixo de 5,5: isto é importante para que a planta tenha condições de absorver todos os nutrientes na quantidade que ela necessitar para o seu crescimento.

C – Condutividade Elétrica

À medida que as plantas crescem os nutrientes da solução vão sendo consumidos e esta solução vai se esgotando. Chega a um ponto que a solução não consegue mais fornecer os nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas. Nesse ponto a solução deve ser trocada. Um dos maiores problemas é saber quando esta troca deve ser realizada. É muito comum que se usem intervalos iguais entre trocas, o que não é correto, pois no início do desenvolvimento as plantas consomem muito menos que no final do seu desenvolvimento.

Para contornar esta situação a maneira mais fácil e simples é usar um condutivímetro. Uma solução que contém sais tem a capacidade de conduzir a corrente elétrica. Essa capacidade de condução da corrente elétrica é tanto maior quanto maior a concentração de sais dissolvidos na solução. Assim através da redução na condutividade elétrica é possível saber quando é necessário fazer a troca da solução nutritiva.

Um exemplo de manejo da solução nutritiva é sugerido pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), citado por Furlani et. al. (1999), que utiliza o critério da manutenção da condutividade elétrica, mediante a adição de solução de ajuste com composições químicas que apresentam uma relação entre os nutrientes semelhante à extraída pela planta cultivada. Furlani et. al. (1999) sugere as formulações constantes dos quadros 06 e 07 para o preparo e manejo da solução nutritiva respectivamente.

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 μ S ou 1.280 ppm ou 20 CF (1 mS = 1.000 μ S; 640 ppm = 1.000 μ S; 1 CF = 100 μ 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 μ 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 à leitura da condutividade

elétrica, retirando uma amostra do reservatório; (c) para cada diferença na condutividade inicial de 0,25 mS ou 250 µS ou 150 ppm, adicionar 1 L da solução A, 1 L da solução B e 50 mL da solução C (Quadro 07). Para os micronutrientes, a reposição também pode ser semanal, em vez de diária, através da solução C, adicionando 25% da quantidade de Fe e 50% dos demais micronutrientes, conforme o quadro 06; (d) após a adição das soluções e homogeneização da solução nutritiva, efetuar nova leitura; caso esteja na faixa adotada, abrir o registro de irrigação das plantas. É conveniente manter o reservatório de solução nutritiva sempre em nível constante, acrescentando água para repor o volume evapotranspirado. Se for favorável, o volume poderá ser completado à tarde e a condutividade elétrica medida e corrigida na manhã do dia seguinte.

Quadro 07 – Composição das soluções de ajuste para as culturas de hortaliças de folhas.

Solução	Sal ou fertilizante	Quantidade g/10L
A	Nitrato de potássio	1.200
	Fosfato monoamônio purificado	200
	Sulfato de magnésio	240
B	Nitrato de cálcio Hydros® especial	600
C	Sulfato de cobre	1,0
	Sulfato de zinco	2,0
	Sulfato de manganês	10,0
	Ácido bórico ou	5,0
	Bórax	8,0
	Molibdato de sódio ou	1,0
	Molibdato de amônio	1,0
	Tenso-Fe® (Fe EDDHMA-6% Fe) ou	20,0
	Dissolvine® (FeEDTA-13% Fe) ou	10,00
	Ferrilene® (FeEDDHA-6% Fe) ou	20,0
FeEDTANa ₂ (10 mg/ml de Fe)	120 ml	

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 a 100 ml/planta/dia), poderá ocorrer desequilíbrio entre os nutrientes na solução nutritiva, com excesso de Ca e Mg em relação a K. Para contornar esse desequilíbrio, deve-se proceder à 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 do que os iniciais.

A renovação da solução nutritiva também é recomendada para evitar aumento nas concentrações de material orgânico (restos de planta, exsudados de raízes e crescimento de algas) que pode 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 em função do acúmulo de elementos indesejáveis.

8. Produção de Mudanças para Hidroponia

Os produtores hidropônicos podem produzir suas próprias mudas ou adquirir as mesmas de viveiros idôneos que produzam mudas saudáveis e com garantia de qualidade.

No caso de se optar por produzir as próprias mudas os produtores devem adquirir sementes de firmas idôneas e escolher as variedades adaptadas à região.

Além de verificar a qualidade fisiológica, sanitária e genética, deve-se adquirir de preferência, sementes peletizadas, que facilitam o trabalho de plantio, pois facilitam a semeadura e dispensam o desbaste. As sementes peletizadas têm alto vigor, poder germinativo superior a 90%, pureza superior a 99% e homogeneidade de germinação.

As sementes peletizadas recebem tratamento denominados “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). Embora esse 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-se consumi-la rapidamente (Furlani et. al., 1999).

Segundo Alberoni (1998), as mudas devem ser produzidas em estufa-maternidade, coberta por filme plástico aditivado anti-UV e antigotejo, fechada lateralmente por tela sombrite 50%, que evita a entrada de 50% de luz e de insetos transmissores de doenças. A estufa-maternidade deve permanecer sempre limpa e muito bem fechada, evitando-se a entrada de pessoas que possam trazer qualquer tipo de contaminação.

São quatro os principais tipos de substratos usados para produção de mudas para cultivo hidropônico. São eles: substrato organo-mineral, vermiculita, algodão hidrófilo e espuma fenólica. Atualmente, tem-se usado muito a espuma fenólica, por uma série de vantagens que apresenta quando comparada com os outros substratos.

Segundo Furlani et. al. (1999), a 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 transplantio. Dispensa tanto o uso de bandejas de isopor como 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 em placas de espuma fenólica.

a) Dividir a placa de espuma fenólica ao meio:

b) Lavar muito bem cada placa com água limpa. Uma maneira fácil de efetuar essa operação é enxaguar as placas diversas vezes 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, usar um suporte com perfurações que poderá ser, por exemplo, a parte dorsal (base) de uma bandeja de isopor ou uma chapa de madeira, plástico, PVC ou acrílico com perfurações de 0,5-1,0 cm de diâmetro, alocadas de forma aleatória. Essas 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 qualquer tipo de marcador com diâmetro máximo de 1,0 cm, cuidando para que os orifícios fiquem com no máximo 1 cm 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 da alface, usar apenas uma semente se for peletizada, ou no máximo três, se se tratar de sementes nuas (nesse caso, há necessidade de efetuar o desbaste após a emergência, deixando apenas uma plântula por célula). Para as outras hortaliças de folhas, como 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 e com pouca variação: de 20 a 25°C). É comum não haver necessidade de irrigação da espuma durante o período de 48 horas após a semeadura. Entretanto, se for preciso, umedecer a placa de espuma fenólica por subirrigação, usando apenas água;

g) No período de quarenta e oito a setenta e duas horas após a semeadura, transferir as placas para a estufa, acomodando-as 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 5 cm x 5 cm, caso essa mesa tenha canaletas de PVC de 50 mm, ou 7,5 cm x 5 cm, caso seja feita com telha de fibrocimento de 4 mm. Para facilitar o transplante das células de espuma para a canaleta, usar 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.

9. Doenças e Pragas na Hidroponia

Quando se trabalha com hidroponia, a incidência de pragas e doenças é menor. Quando ocorrem, entretanto, é difícil decidir o que fazer: os produtos que controlam são testados para registro em cultivo tradicional e, por outro lado, um dos pontos fortes para a comercialização do produto hidropônico é poder propagar que não se emprega fungicidas e inseticidas no processo de cultivo. (Teixeira, 1996).

Produzir em hidroponia não significa, necessariamente, produzir sem agrotóxicos. Mesmo em hidroponia, ocorrem doenças e ataques de insetos. Naturalmente que as ocorrências são esporádicas, pois as plantas são mais protegidas das adversidades do clima, dos patógenos e dos insetos, além de serem melhor nutridas durante o ciclo.

Por outro lado, uma estufa mal planejada, ou um manejo inadequado das cortinas, ou ainda uma solução nutritiva com problemas, pode favorecer o ataque de doenças. Um ambiente quente, úmido e mal ventilado é “doença na certa”. Na hidroponia, uma vez estabelecida a doença, seu alastramento é rápido e fulminante. O mesmo acontece quando se permite o ataque de insetos. Uma vez estabelecido uma infestação, tem-se que tomar medidas rápidas de controle, principalmente quando se pretende produzir sem agrotóxicos. (www.labhidro.cca.ufsc.br).

As principais doenças que ocorrem em hidroponia atingem principalmente as raízes (contaminação da fonte de água) e, uma vez introduzidas, são altamente favorecidas pelo sistema, pelas seguintes razões:

- cultivo adensado – proximidade entre as plantas, facilitando o contato das sadias com as contaminadas;
- temperatura e umidade ideais ao desenvolvimento do fitopatógeno;
- uniformidade genética – utiliza-se do plantio de uma ou, no máximo, duas variedades diferentes;
- facilidade de disseminação em todo o sistema, através da solução recirculante;
- liberação de exudatos, atrativos para os patógenos.

Existem diversas formas pela qual um patógeno pode ser introduzido no sistema: ar, areia, solo, turfa, substratos, água, insetos, ferramentas e sementes, entre outras.

- A areia, constituinte do piso das estufas, pode conter propágulos de *Pythium* sp. Com relação aos patógenos de raiz, poucos são disseminados pelo ar, mas causa preocupação o *Fusarium oxysporum*, causador da podridão da raiz do tomateiro.
- A utilização de sementes cujos fabricantes dão garantia de qualidade e sanidade evita a ocorrência de muitas doenças.

- Os substratos utilizados devem ser inertes, pois no caso do uso de turfas pode haver contaminação por *Pythium*, *Fusarium* ou *Thelaviopsis*.
- Alguns insetos, que normalmente ocorrem em um sistema hidropônico, não são considerados pragas e, com isso, não recebem a menor atenção. Mas eles podem ser importantes transmissores de patógenos, tanto pela sua introdução no sistema como pela sua disseminação. (Alberoni, 1998).

Quando ocorre a contaminação do sistema hidropônico o controle é difícil, uma vez que os patógenos se disseminam rapidamente, principalmente através da solução nutritiva, não sendo recomendados os métodos utilizados no cultivo convencional.

O que se pode recomendar é, em primeiro lugar, que se mantenha a instalação limpa. Quando não se puder evitar os produtos para controlar a infestação, trabalhar, sempre que possível, com produtos biológicos, caso contrário, então, empregar os produtos químicos menos tóxicos e respeitar os prazos de carência. (Teixeira, 1996).

Muitas vezes é necessária a adoção de mais de um método de controle, sendo eles:

- Controle da temperatura da solução nutritiva – cada patógeno tem uma temperatura ideal e tolerante para o seu desenvolvimento;
- Arrancar imediatamente as plantas contaminadas;
- Identificar qual a doença ou praga e estudar tudo sobre ela;
- Retirar a solução nutritiva para a desinfecção do reservatório e de toda a tubulação;
- Trocar a solução e desinfetar as instalações mais rapidamente;
- Antecipar as colheitas, podendo chegar ao caso de colocar duas ou mais plantas por embalagem de venda;
- Rever o que pode ser melhorado nas estruturas, no manejo e na solução nutritiva;
- Anotar a época de ocorrência da contaminação para se prevenir no próximo ano;
- Tentar modificar as condições que são ótimas para o desenvolvimento do patógeno.

Segundo Alberoni (1998), dadas as dificuldades do controle dos patógenos e a não existência de produtos específicos para a hidroponia, a única solução é a prevenção, ou seja, a profilaxia;

- utilizar água de boa qualidade;

- reservatórios protegidos de contaminação;
- lavar as bancadas, canais e equipamentos com cloro ativo a 0,1%;
- utilizar variedades resistentes;
- utilizar substratos inertes;
- sementes sadias e sementeiras isoladas do sistema de produção;
- evitar a entrada de insetos, principalmente na área de produção de mudas;
- proibir a entrada de pessoas estranhas ao sistema;
- evitar que fumem dentro do sistema: o fumo contém um vírus que pode infectar toda a produção.

Em relação ao cultivo convencional, a ocorrência de patógenos relacionados à hidroponia é relativamente menor. Registrou-se até o momento a ocorrência de apenas quatro viroses:

- *lettuce bib vein virus* (vírus da grande nervura da alface);
- *melon necrotic spot virus* (vírus da mancha necrótica do melão);
- *tomato mosaic virus* (vírus do mosaico do tomateiro);
- *cucumber green mottle mosaic virus* (vírus do mosaico mosqueado do pepino verde).

Dois bacterioses:

- *Clavibacter michigenense*
- *Xanthomonas salacearum*

E 20 fúngicas, sendo que os fungos aqui listados, além de serem os mais frequentes, são causadores de uma real perda econômica:

- *Colletotrichum*
- *Fusarium*
- *Thielaviopsis*

- *Verticillium*
- *Pythium*
- *Phytophthora*
- *Plasmopara*
- *Cercospora*
- *Bremia*

Os fungos zoospóricos (*Phytophthora*, *Plasmopara*) têm uma fase do seu ciclo vital em que produzem esporos móveis, favorecidos por ambientes aquáticos. Uma vez introduzido esse zoósporo no sistema, ele é facilmente disseminado pelas plantas através da solução.

Deve-se considerar que, devido ao microclima formado, a hidroponia pode funcionar na pressão de seleção para a ocorrência de novos patógenos, extremamente adaptáveis a essa condição. Por outro lado, patógenos considerados secundários no solo podem adquirir níveis epidêmicos, ocasionando perdas econômicas, como o caso de *Cercospora* sp.

O acúmulo de etileno e CO₂ na solução pode causar a “podridão das raízes” sem, no entanto, haver causa patológica. São encontrados, no local, microorganismos saprófitos que colonizam os tecidos mortos.

10. Referências Bibliográficas

ALBERONI, R. B. Hidroponia. Como instalar e manejar o plantio de hortaliças dispensando o uso do solo – Alface, Rabanete, Rúcula, Almeirão, Chicória, Agrião. São Paulo: Nobel, 1998. 102p.

BERNARDES, L. J. L. Hidroponia. Alface Uma História de Sucesso. Charqueada: Estação Experimental de Hidroponia “Alface e Cia”, 1997. 120p.

CARMO Júnior, R. R. O que é hidroponia. Disponível em:
<<http://www.terravista.pt/bilene/7810/oque.htm>>. Acesso em: 23 jun. 2003.

CASTELLANE, P. D.; ARAUJO, J. A. C. Cultivo sem solo – hidroponia. 2ª ed. Jaboticabal: Funesp, 1995. 43p.

DONNAN, R. A Hidroponia no Mundo. Disponível em:
<<http://kidmais.sites.mol.com.br/boletim3.htm>>. Acesso em: 23 jun. 2003.

Escola Profissional Agrícola Fernando Barros Leal, Torres Vedras – Portugal. Definição de Hidroponia. Disponível em: http://www.ep-agricola-torres-vedras.rcts.pt/projectos/proj_hidro.htm. Acesso em: 23 jun. 2003.

FURLANI, P. R., SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIM, V. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas: Instituto Agronômico, 1999. 52p.

FURLANI, P.R. Cultivo de Alface pela Técnica de Hidroponia. Campinas: Instituto Agronômico, 1995.

Laboratório de Agricultura Irrigada e Hidroponia. A importância da água e dos adubos. Disponível em: <http://www.labhidro.cca.ufsc.br/água_e_adubo.htm>. Acesso em: 23 jun. 2003.

Laboratório de Agricultura Irrigada e Hidroponia. Cuidados com a Infecção de Insetos no Cultivo Hidropônico. Disponível em: <http://www.labhidro.cca.ufsc.br/infec_inset.htm>. Acesso em: 23 jun. 2003.

MELETTI, L. M. M.; FURLANI, P. R.; ÁLVARES, V.; SOARES-SCOTT, M.D.; BERNACCI, L. C.; AZEVEDO FILHO, J. A. Novas Tecnologias Melhoram a Produção de Mudanças de Maracujá. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/new/oagronômico/541/>>. Acesso em: 23 jun. 2003.

TEIXEIRA, N. T. Hidroponia: Uma Alternativa Para Pequenas Áreas. Guaíba: Agropecuária, 1996. 86p.

Viva Verde - Produção de Morango. Morango em Coluna Vertical. Disponível em: <<http://www.vivaverde.agr.br/instalac/morango.htm>>. Acesso em: 23 jun. 2003.