

Série Produtor Rural



CULTIVO HIDROPÔNICO DE PLANTAS

Série Produtor Rural - nº 1

Universidade de São Paulo/USP
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/ESALQ
Divisão de Biblioteca e Documentação/DIBD





Universidade de São Paulo - **USP**
Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz"- **ESALQ**
Divisão de Biblioteca e Documentação - **DIBD**

Quirino A. C. Carmello
Departamento de Química ESALQ/USP

CULTIVO HIDROPÔNICO DE PLANTAS

Série Produtor Rural - nº 1

Piracicaba
1997

Série Produtor Rural, nº 1

USP/ESALQ/DIBD

Projeto Exagri

Av. Pádua Dias,11- Caixa Postal 9

Cep: 13.418-900

Tel: (019) 429.4100 ramal 4433

Editado com o apoio da
Fundação W. K. Kellogg

Conselho Técnico-Consultivo do Exagri

EVARISTO MARZABAL NEVES

ENEIDA ELISA M. COSTA

FERNANDO CURI PERES

GERD SPAROVEK

JANETI L. BOMBINI DE MOURA

JOCELEM MASTRODI SALGADO

Secretária Executiva do Conselho

NILCE T. PUGA NASS

Tiragem:

3.000 exemplares

Editoração Eletrônica

PONTO FINAL PROPAGANDA & COMUNICAÇÃO

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Divisão de Biblioteca e Documentação - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Carmello, Quirino A.C.

Cultivo hidropônico de plantas / Quirino A.C. Carmello. - - Piracicaba :

ESALQ - Divisão de Biblioteca e Documentação, 1977.

27p. : il. - - (Série Produtor Rural, 1)

1. Hidroponia I. Título II. Série

CDD 631.585



Universidade de São Paulo - **USP**
Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz"- **ESALQ**
Divisão de Biblioteca e Documentação - **DIBD**

Quirino A. C. Carmello
Departamento de Química ESALQ/USP

CULTIVO HIDROPÔNICO DE PLANTAS

Série Produtor Rural - nº 1

Piracicaba
1997

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	7
2. NUTRIÇÃO DAS PLANTAS	7
Distribuição dos nutrientes	8
3. TIPOS DE CULTIVO EM SOLUÇÕES NUTRITIVAS	9
4. O QUE OBSERVAR NO CULTIVO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA..	10
Aspecto qualitativo	10
Aspecto quantitativo	11
Pressão osmótica (P.O.)	11
Condutividade elétrica (CE)	12
O pH da solução	12
Arejamento da solução	13
Temperatura da solução	13
Renovação da solução	14
Recipiente ou suporte utilizado	14
Material do recipiente ou do suporte	14
Forma e capacidade	14
Cobertura	15
Uso de meios sólidos	15
Tamanho das partículas	15
Composição do material de sustentação	16
5. PREPARO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA	16
Como preparar a solução	16
Sais utilizados no preparo de solução nutritiva	17
Preparo da solução nutritiva	18
Macronutrientes	19
Micronutrientes	19
Volume de solução nutritiva	19
6. ESTRUTURA HIDROPÔNICA	20
Cultivo em um fluxo laminar de nutrientes (NFT)	21
Cultura em substratos sólidos	25
Solução nutritiva comercial	27

CULTIVO HIDROPÔNICO DE PLANTAS

Quirino A. C. Carmello

1. INTRODUÇÃO

Hidroponia quer dizer cultivo de plantas em meio líquido, isto é, sem a utilização do solo. **Hydro**, em grego, significa água e **ponos**, trabalho. Portanto, hidroponia é cultivar em larga escala, plantas em solução nutritiva.

Essa forma de cultivar as plantas começou em 1699, quase 400 anos atrás, com John Woodward. Ele cultivou uma planta da família da menta em diferentes águas: chuva, rio, enxurrada, poço e água com um pouco de terra. Os resultados dessa experiência mostraram que, quanto mais partículas suspensas a água tinha, maior foi o crescimento da planta.

A partir disso, outras experiências foram aperfeiçoando a descoberta e, em meados do século XIX, foram cultivadas plantas em areia, quartzo e carvão, umedecidos com uma solução nutritiva com concentração conhecida.

Com o passar do tempo, outros estudiosos aprofundaram as pesquisas. Houve estudos para se chegar a uma solução em que os produtos necessários à planta foram totalmente dissolvidos. Houve outros sobre germinação de sementes em serragem bem lavada e depois de um certo tamanho, as plantas foram lavadas e presas à uma rolha de cortiça, com as raízes mergulhadas em uma solução (água mais outros produtos).

E finalmente chegou-se às soluções preparadas para atender as necessidades específicas da planta; são duas: uma que continha nitrato e outra que, além do nitrato, continha amônio. Em nossas condições, a primeira, cujos nutrientes baseiam-se na composição de plantas de tomateiro, tem sido muito utilizada em estudos de nutrição de plantas.

2. NUTRIÇÃO DAS PLANTAS

As plantas precisam exclusivamente de elementos químicos de natureza inorgânica (de origem mineral). Foi possível descobrir quais

eram esses nutrientes essenciais à planta graças ao estudo de Arnon e Stout (1939), que previa, entre outras coisas, que a deficiência ou falta de um deles impedia a planta de completar o seu ciclo de vida.

Desde que hajam condições ambientais favoráveis, os elementos essenciais para uma planta se desenvolver são:

carbono (C),	hidrogênio (H),	oxigênio (O),	nitrogênio (N),
fósforo (P),	potássio (K),	cálcio (Ca),	magnésio (Mg),
enxofre (S),	boro (B),	cloro (Cl),	cobre (Cu),
ferro (Fe),	manganês (Mn),	molibdênio (Mo)	zinco (Zn)

Destes nutrientes, o carbono, o hidrogênio e o oxigênio são incorporados à planta pelo ar e pela água. Os outros, a planta absorve pelas raízes.

Existem outros elementos, que não são os essenciais, mas que também têm sido considerados benéficos às plantas.

São eles:

- sódio (Na) para plantas que sobrevivem em solos em condições de deserto, como, por exemplo, o cactus
- silício (Si) para algumas gramíneas, como o capim, a cana-de-açúcar e o milho.
- cobalto (Co) para plantas leguminosas, como o feijão, soja e ervilha.

Os elementos essenciais, dependendo da quantidade necessária à planta, são chamados de macronutrientes ou micronutrientes.

A porta principal de entrada dos nutrientes na planta é a raiz. Para os nutrientes entrarem na planta dependem:

- da forma do nutriente
- da quantidade do nutriente no meio externo
- da idade da planta e das raízes
- da distribuição das raízes
- da espécie da planta
- de outros fatores da natureza (temperatura, luz, oxigênio, pH, umidade etc)

2.1. Distribuição dos Nutrientes

Os nutrientes são absorvidos pelas raízes e são transportados para a parte aérea e para os órgãos da planta. Quanto à mobilidade, os nutrientes são móveis, pouco móveis e imóveis. Isto permite identi-

Tabela 1 - Chave geral para saber os sintomas da deficiência de nutrientes em folhas
(Adaptado de BATAGLIA et al., 1992)

Folhas	Sintoma	Nutriente provável
Velhas	amarelecimento uniforme	Nitrogênio
	cor verde-amarela e depois amarela	Fósforo
	branqueamento e secamento das bordas	Potássio
	branqueamento entre as nervuras	Magnésio
	amarelecimento uniforme com encurvamento da folha	Molibdênio
Novas	amarelecimento uniforme	Enxofre
	branqueamento das bordas para o centro	Cálcio
	pequenas e deformadas	Boro
	nervuras formam uma rede verde fina contra fundo amarelo	Ferro
	nervuras formam uma rede verde grossa sobre fundo amarelo	Manganês

ficar os sintomas de deficiência de acordo com a parte da planta afetada. (Veja tabela 1)

3. TIPOS DE CULTIVO EM SOLUÇÕES NUTRITIVAS

Há três técnicas para se cultivar plantas em soluções:

a) Cultivo em soluções não-renovadas e de renovação periódica e em areia

Hoje, os métodos de cultivo em solução mais simples utilizados em pesquisas são em soluções não-renovadas ou renovadas de tempos em tempos e em areia.

O que colocar na solução, a quantidade do que se coloca e o número de vezes que se renova a solução nutritiva varia de pesquisador para pesquisador.

Embora seja freqüente o uso de pouca quantidade de solução bem concentrada no início, é possível obter-se melhores resultados se for usada uma solução menos concentrada inicialmente e ir aumentando, aos poucos, a quantidade da solução e o número de vezes com que a mesma é renovada.

b) Cultivo em Névoa

As plantas podem crescer adequadamente se suas raízes estiverem suspensas em uma fina névoa de solução. A principal vantagem desse método é a facilidade com que as raízes podem ser observadas. Mas a desvantagem é que, mesmo pequenas interrupções na produção da névoa podem levar a danos nas plantas. Normalmente, utilizam-se soluções nutritivas concentradas em pequenos volumes de cada vez.

c) Cultivo em solução com circulação contínua

O cultivo em solução com circulação contínua é o mais prático, para se ter o controle do ambiente das raízes. Esta técnica permite que as plantas cresçam durante um bom tempo, numa solução em que os sais são tão diluídos quanto a solução no solo e com a temperatura das raízes e o pH da solução controlados. Esse controle é essencial, para se saber a quantidade dos efeitos do ambiente das raízes sobre a entrada dos nutrientes e sobre o crescimento das plantas.

O Fluxo Laminar de Nutrientes (NFT) é um sistema de cultivo em que uma solução nutritiva flui sobre um plástico (canal), ligeiramente inclinado (declive de 1 para 30 até 1 para 100), onde são colocadas as raízes nuas ou, em alguns casos, as plantas recém-germinadas em vasos. O pH é controlado acrescentando-se ácidos ou bases, além de uma mistura de nutrientes. Essa técnica tem uma aceitação comercial razoável, mas ainda são necessárias mais pesquisas, principalmente sobre a taxa de fluxo, que na maioria dos sistemas fica entre 1,5 e 2,0 litros por minuto em cada canal.

4. O QUE OBSERVAR NO CULTIVO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA

4.1. Aspecto qualitativo

Todos os vegetais, para se desenvolverem, precisam absorver alguns elementos do meio onde estão vivendo, e que são chamados nutrientes. Os nutrientes, dependendo da concentração nas plantas, são chamados macronutrientes ou micronutrientes.

Segundo a ordem decrescente do valor nutritivo dos macronutrientes temos: carbono (C), oxigênio (O), hidrogênio (H), nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P) e enxofre (S).

Para os micronutrientes, a ordem decrescente do valor nutritivo é a seguinte: cloro (Cl), ferro (Fe), manganês, (Mn), boro (B), zinco (Zn), cobre (Cu) e molibdênio (Mo).

Como o carbono é absorvido pela planta da atmosfera, e o oxigênio e hidrogênio são retirados da água da própria solução, esses três elementos não devem ser preocupação para quem cultiva plantas em solução, pois a planta se encarrega automaticamente de absorvê-los.

Caso algum outro elemento seja considerado essencial para a planta ser cultivada, ele também deverá ser incluído na solução.

4.2. Aspecto quantitativo

Na maioria das soluções, os nutrientes devem ser colocados na mesma quantidade em que aparecem nos tecidos vegetais, porque isto representa o que a planta conseguiu absorver e não o que tinha à sua disposição no meio nutritivo.

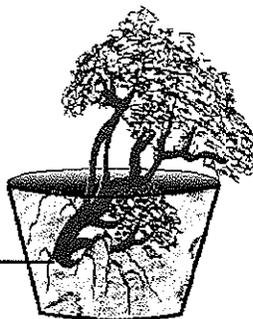
4.3. Pressão osmótica (P.O.)

Pressão Osmótica é a tendência que a solução tem de penetrar nas raízes da planta, dependendo da quantidade de partículas colocadas nela. A água se movimenta no sentido de uma solução menos concentrada (menos nutrientes) para outra mais concentrada (mais nutrientes).

Assim, quando se dissolvem sais na água, a pressão osmótica aumenta (isto é, a solução fica mais concentrada e se move mais devagar). Isto diminui a tendência da solução de penetrar nas raízes.

A partir de uma certa quantidade de partículas na solução, isto é, a partir de uma certa concentração, a tendência é invertida e a água passa a sair das raízes, causando a sua morte.

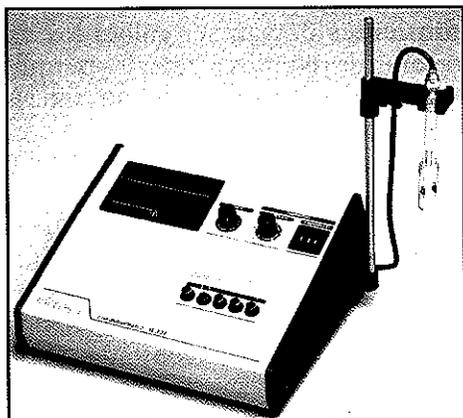
Quanto maior a quantidade de nutrientes na solução, menor é a capacidade da solução penetrar nas raízes. É preciso usar quantidades adequadas.



É por isso, que os nutrientes devem ser colocados nas soluções na proporção adequada, e bem diluídos, para não provocar danos às raízes. A P.O. considerada boa está entre 0,5 e 1 atm (atm, significa atmosfera e é como a pressão osmótica é medida)

4.4 Condutividade elétrica (CE)

A água pura é um mau condutor de eletricidade, mas à medida que são dissolvidos sais na água, sua condutividade elétrica aumenta. Assim, a condutividade elétrica de uma solução indica, também, quanto de sais ela contém.



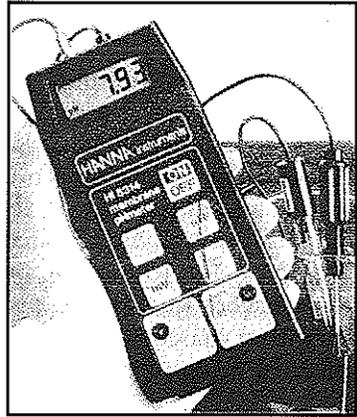
Medidor de condutividade
(Conduvímetero digital).

A condutividade elétrica é medida em mS por centímetro, por um aparelho chamado condutivímetero. É a condutividade elétrica que indica se é necessária ou não a reposição de sais na solução. Mas ela não mostra quais nutrientes estão em falta ou em excesso, precisando-se para isso, de análises químicas.

4.5. O pH da solução

O pH é o índice que mede a concentração de hidrogênio na solução. De uma maneira geral, nenhuma planta consegue sobreviver satisfatoriamente, em valores de pH menores que 3,5, devido ao efeito direto do hidrogênio. Indiretamente, o pH pode afetar outros elementos essenciais ao desenvolvimento da espécie.

Valores baixos ou elevados de pH influem no desenvolvimento da planta. O pH elevado pode provocar uma precipitação de partículas



Medidor de pH (pHmetro)

de elementos essenciais numa solução, isto é, as partículas de um elemento se juntam e afundam (precipitam).

De uma maneira geral, o valor de pH mais adequado para o desenvolvimento das plantas está entre 6 e 6,5. Existem plantas mais ou menos tolerantes à acidez ou à alcalinidade. O sapé é tolerante à acidez e a alfafa é tolerante à alcalinidade.

O pH de uma solução nutritiva pode ser medido pelo pHmetro (peagâmetro). Se o pH estiver acima de 7, coloca-se ácido para reduzi-lo; se o pH estiver abaixo de 5, coloca-se solução de base para elevá-lo.

O controle preciso do pH da solução é difícil de ser conseguido. Mas para manter-se um pH favorável (entre 6,5 e 7) para o crescimento das plantas, basta adicionar 1 grama de carbonato de cálcio por litro de solução.

4.6. Arejamento da solução

A planta precisa de energia para absorver os nutrientes, cuja concentração externa às raízes é muito menor que a interna. A energia é obtida pela respiração da planta, portanto ela precisa de oxigênio, para que suas raízes possam absorver os elementos essenciais ao seu desenvolvimento.

A quantidade a mais de oxigênio deve ser adicionada pelo borbulhamento de ar (bomba de aquário) na solução, ou através da movimentação automática da solução, ou ainda através da drenagem do vaso, quando se faz a irrigação dos vasos ou canais, que contém o meio sólido responsável pela sustentação das plantas.

4.7. Temperatura da solução

A manutenção de uma temperatura adequada é um fator de grande importância para que a planta possa absorver com eficiência os nutrientes. Infelizmente, pouca atenção tem sido dada aos efeitos da temperatura das raízes sobre o crescimento e a absorção dos nutrientes.

A temperatura é considerada adequada até em torno de 30 graus Celsius. Os melhores limites de temperatura, para os cultivos de períodos frios são: 16 graus C durante o dia e 10 graus C durante a noite. Nas estações quentes, as temperaturas mais adequadas são 24 graus C durante o dia e 15 graus C durante a noite. Quando o tempo estiver nublado, a temperatura diurna deve ser mantida igual à noturna.

4.8. Renovação da solução

Os elementos que vão ser colocados na solução nutritiva devem variar de acordo com o crescimento das plantas (fase e tamanho). Isto vale também para a quantidade de solução a ser usada.

Também ocorre variação no pH da solução, o que pode levar a partículas de um mesmo elemento, como por exemplo o ferro, a se juntarem e afundarem (precipitação). Por isso, é preciso controlar o pH, adicionar os sais removidos e substituir periodicamente toda a solução.

Nos cultivos comerciais, pode-se acrescentar todos os dias uma quantidade de solução equivalente à que foi reduzida do recipiente. Ou pode-se, também, adicionar água e ir acompanhando a condutividade elétrica, para que quando estiver menor que 1 mS por centímetro, colocar-se os sais para recompô-la ou trocar a solução. Ou, pode-se, ainda, trocar todos os dias toda a solução.

4.9. Recipiente ou suporte utilizado

A escolha do recipiente ou do suporte é feita em função da finalidade do experimento ou da utilização comercial de soluções, do tipo da planta que se pretende cultivar e do tempo de cultivo desejado.

4.9.1. Material do recipiente ou do suporte

Para escolher o material a ser utilizado, é importante levar em consideração a resistência e a possibilidade de contaminação. Os materiais normalmente utilizados são: metais, barro, vidro, plástico, concreto, madeira, cimento-amianto etc, que podem estar recobertos com tinta betuminosa (tinta Neutrol), parafina, resinas plásticas (tinta

Epox), vidro, sacos ou películas plásticas etc. Cada um desses materiais apresenta vantagens e desvantagens.

4.9.2. Forma e capacidade

Para escolher a forma e a capacidade do recipiente deve-se levar em conta as necessidades físicas das raízes da espécie a ser cultivada, a variação permitida na composição e no pH da solução e o sistema de arejamento que se pretende utilizar.

O crescimento da planta provoca alterações na solução. Quanto menos solução tiver, maiores serão as alterações na composição da solução. Portanto, o número de trocas ou renovações da solução é definido em função da capacidade do recipiente. Se o recipiente for pequeno será necessário trocar ou renovar mais vezes a solução. Para recipientes com capacidade para 1 a 2 litros de solução e culturas anuais de pequeno porte, as trocas podem ser feitas uma vez por semana.

4.9.3. Cobertura

A cobertura do recipiente ou dos canais evita a contaminação externa, evita a evaporação de água, a incidência de luz na solução e serve de sustentação da planta.

Se houver evaporação de água, a concentração da solução será maior, isto é, o número de partículas será o mesmo, numa menor quantidade de água. Portanto, a pressão osmótica aumenta e com isso também aumenta o risco das raízes perderem água e apodrecerem.

Se houver incidência de luz na solução haverá o aparecimento de algas, que vão competir com a planta na absorção dos nutrientes.

Em cultivos comerciais, placas de isopor têm sido utilizadas com essas quatro finalidades: evitar a evaporação, a contaminação e a incidência de luz e servir para sustentação das plantas. Além disso tudo, o isopor é um isolante térmico, o que evita o aquecimento da solução.

4.10. Uso de meios sólidos

A utilização de areia como meio de sustentação é bastante frequente, mas outros materiais podem ser utilizados, tais como: quartzo moído (sílica), cacos de porcelana, vermiculita, lâ-de-rocha, pedra britada, pedregulhos, cascalho, casca-de-arroz torrada, serragem etc.

O meio de sustentação da planta permite que a solução possa ser drenada e que o recipiente ou leito de cultivo permaneça drenado por um tempo razoável, sem que ocorram danos às raízes. Deve ser considerado segundo o tamanho das partículas e a composição.

4.10.1. Tamanho das partículas

A escolha do tamanho das partículas deve levar em conta as características da espécie escolhida, quanto ao encharcamento e ao regime adotado de fornecimento da solução.

Se o fornecimento de solução for contínuo, o substrato pode ter partículas maiores. Se for de vez em quando, o diâmetro das partículas deve ser adequado, para que a quantidade de solução nas partículas seja suficiente para alimentar as raízes durante o período de arejamento.

4.10.2. Composição do material de sustentação

A escolha do material a ser utilizado como meio de sustentação deve obedecer os mesmos critérios de escolha do material do recipiente, ou seja, deve levar em conta a finalidade do cultivo e a contaminação permitida.

5. PREPARO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

Existem várias formulações para o cultivo de plantas e em água. Deve-se escolher a mais apropriada para a espécie que se quer cultivar. Se a finalidade for comercial, deve-se utilizar adubos e produtos químicos menos puros (grau técnico), para reduzir o custo da produção.

A solução número 1 de Hoagland e Arnon e modificada por Sarruge é boa para a maioria das hortaliças. Ela pode ser utilizada satisfatoriamente, no cultivo comercial, com algumas modificações para algumas espécies e modificando-se as fontes de nutrientes para adubos e reagentes químicos.

5.1. Como preparar a solução

A composição ideal de uma solução nutritiva depende, além das concentrações dos nutrientes, de outros fatores ligados ao cultivo, incluindo-se o tipo de sistema hidropônico, os fatores ambientais (luminosidade, temperatura e umidade), a época do ano (duração do período de luz), a idade das plantas, a espécie vegetal e a variedade em produção.

Existem diversas soluções nutritivas, com algumas diferenças quanto às concentrações de macronutrientes. Com relação às concentrações de micronutrientes, as diferenças são bem menores.

De acordo com Cooper (1978), a composição ideal para uma solução nutritiva empregada no sistema NFT (ppm ou mg/L) é:

Nitrogênio (200),	Fósforo (60),	Potássio (300),	Cálcio(170),
Magnésio (50),	Ferro (12),	Manganês (2),	Boro (0,3),
Enxofre (60),	Cobre (0,1),	Molibdênio (0,2)	Zinco (0,1)

Castellane & Araujo (1994) indicam as concentrações de sais (mg/L), para o preparo de soluções nutritivas (tabela 2) para as culturas, pelo sistema NFT, de hidroponia de tomate, pimentão, berinjela, pepino, melão, alface e morango.

5.2. Sais utilizados no preparo de solução nutritiva

Qualquer sal solúvel pode ser utilizado para o preparo da solução nutritiva, desde que forneça o nutriente requerido e não contenha nenhum elemento químico que possa prejudicar o desenvolvimento da planta. Devem ser evitados sais que provoquem a precipitação de partículas ou reações químicas.

Os sais utilizados no cultivo comercial não necessitam de pureza química elevada, que custam muito caro. Sais com grau técnico e mesmo fertilizantes químicos podem ser usados sem maiores problemas.

A tabela 3 apresenta os sais e os fertilizantes que têm sido recomendados para o preparo de soluções nutritivas.

Na escolha dos sais, a relação custo-benefício é muito importante. Apesar dos sais que contêm nitrato terem algumas dificuldades para

Tabela-2 - Quantidade de nutrientes para o cultivo de diversas hortaliças pelo sistema NFT de hidroponia

Nutriente	Tomate	Pimentão	Berinjela	Pepino	Melão	Alface	Morango
Nitrato	169	152	179	174	170	238	125
Fósforo	62	39	46	56	39	62	46
Potássio	311	245	303	258	225	426	176
Cálcio	153	110	127	153	153	161	119
Magnésio	43	29	39	41	24	24	24
Enxofre	50	32	48	54	32	32	32
Boro	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2
Cobre	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	0,05	0,03
Ferro	4,3	3,7	3,2	4,3	2,2	5,0	2,5
Manganês	1,1	0,4	0,6	1,1	0,6	0,4	0,4
Molibdênio	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Zinco	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

Tabela 3 - Sais e fertilizantes usados no preparo de soluções nutritivas

SAIS E FERTILIZANTES	
Nitrato de Potássio	Nitrato de Cálcio
Nitrato de Magnésio	Sulfato de Amônio
Monoamôniofostato (MAP)	Diamôniofosfato (DAP)
Nitrato de Amônio	Fosfato Monobásico de Potássio
Cloreto de Potássio	Sulfato de Potássio
Sulfato de Magnésio	Cloreto de Cálcio
Sulfato Ferroso	EDTA-dissódico
Ácido Bórico	Bórax
Sulfato de Cobre	Sulfato de Manganês
Cloreto de Manganês	Sulfato de Zinco
Cloreto de Zinco	Molibdato de Sódio
Molibdato de Amônio	Trióxido de Molibdênio

serem adquiridos, devem ser preferidos em relação aos sulfatos e aos cloretos. Isto porque a planta absorve mais nitrato.

Existe uma regra geral de que a concentração de amônio não deve ultrapassar 10% da quantidade total de nitrogênio. O uso de uréia em solução nutritiva também deve ser evitado.

Os sais devem ser dissolvidos separadamente para evitar reações entre eles. Nunca se deve misturar, de forma concentrada, soluções de nitrato de cálcio e sulfatos, uma vez que pode ocorrer precipitação do cálcio como sulfato de cálcio.

5.3. Preparo da solução nutritiva

Para o preparo de uma solução nutritiva de composição conhecida, recomenda-se iniciar o cálculo das quantidades de sais a partir do nitrato de cálcio, uma vez que esse sal é a única fonte de cálcio que não tem problemas para se dissolver e nem causa intoxicação por outro elemento.

Como exemplo, serão calculadas as quantidades de sais necessárias para uma solução nutritiva para o cultivo da alface, segundo a tabela 2. A composição dos nutrientes é a seguinte (mg/L):

Nitrato (238),	Fósforo (62),	Potássio (426),	Cálcio (161),
Magnésio (24),	Enxofre (32),	Boro (0,3),	Cobré (0,05),
Ferro (5),	Manganês (0,4),	Molibdênio (0,05)	e Zinco (0,3)

Exemplo:

Para se preparar 1.000 (mil) litros dessa solução nutritiva são necessários:

a) macronutrientes:

- 947 g de nitrato de cálcio
- 954 g de nitrato de potássio
- 286 g de fosfato monobásico de potássio
- 240 g de sulfato de magnésio

b) micronutrientes

- 2,73 g de Bórax ou 1,76 g de ácido bórico
- 0,21 g de sulfato de cobre
- 1,60 g de sulfato de manganês
- 1,36 g de sulfato de zinco
- 0,13 g de molibdato de sódio
- 1 L da solução de Fe-EDTA

Na prática, é mais conveniente preparar-se uma solução estoque dos micronutrientes, menos o ferro, que já está em solução, pesando-se, assim, por exemplo, as quantidades de sais para se fazer 10 litros de solução. Neste caso é só multiplicar os valores calculados por 10 e utilizar 1 litro dessa solução para se preparar 1.000 litros de solução nutritiva.

5.4. Volume de solução nutritiva

No sistema NFT, o volume de solução nutritiva para cada planta cultivada não deve ser inferior a 1,0 L. Quanto maior o volume, menores serão as alterações que ocorrerão na concentração de nutrientes.

O volume de solução evaporado deve ser repostado diariamente e o pH deve ser medido periodicamente e mantido na faixa de 5,5 a 6,5.

O produtor hidropônico deve ter em mente, que a produção de hortaliças funciona como uma fábrica, onde todos os cuidados para o controle de qualidade do meio de crescimento e do produto colhido são de fundamental importância.

Os cuidados para prevenir doenças e pragas com o uso de defensivos agrícolas no cultivo hidropônico devem ser os mesmos do cultivo tradicional, mas somente quando necessários.

6. ESTRUTURA HIDROPÔNICA

Para cultivar plantas em hidroponia é preciso uma infra-estrutura básica, que é um ambiente protegido, isto é, uma estufa ou casa-de-vegetação.

A casa-de-vegetação ou estufa deve ser construída em um local protegido dos ventos, de forma que fique exposta ao sol e orientada para receber a maior luminosidade (ou seja, no sentido leste-oeste).

Deve ter, ainda, uma altura adequada (mais ou menos 3,5 metros do piso à cobertura), para que a circulação do ar em seu interior seja facilitada. Pode ser do tipo semi-arco ou do tipo duas águas, conforme a figura 1, individuais ou conjugadas.

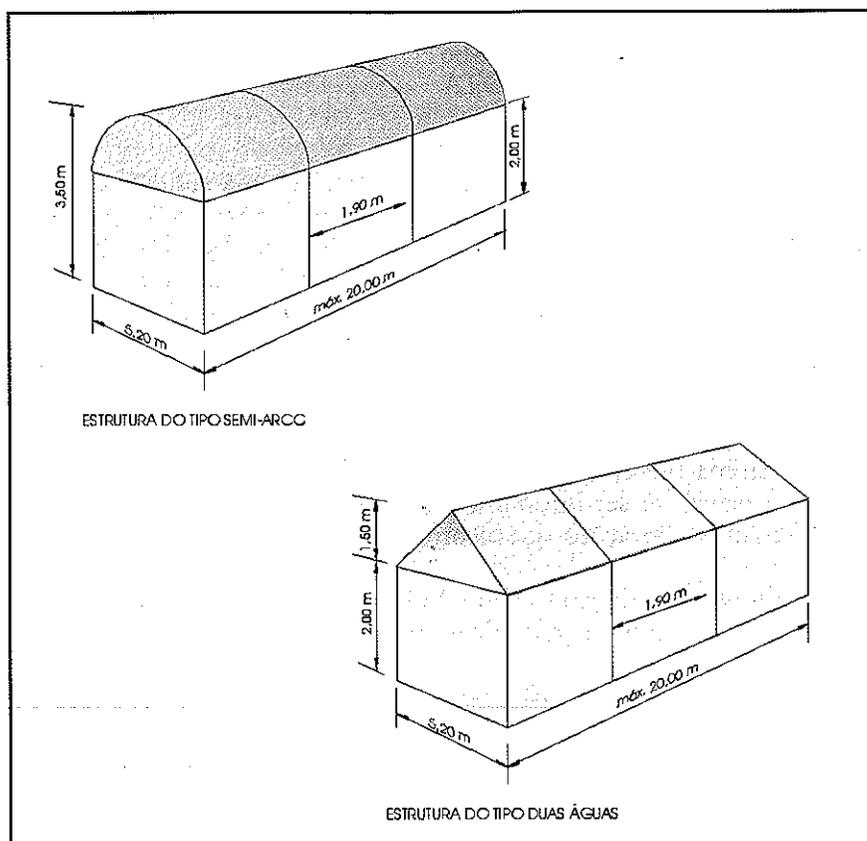


Figura 1 - Dimensões consideradas boas para os dois tipos de estufa.

A estrutura da cobertura pode ser feita de madeira, bambu, concreto, ferro galvanizado ou até alumínio. A cobertura pode ser com vidros ou, como é mais comum, com um filme plástico simples ou duplo, cobrindo uma bancada individual ou um grupo delas.

Esse ambiente protegido deve ter uma cobertura plástica para proteger as bancadas e os leitos de cultivo. Os filmes plásticos de polietileno são encontrados no mercado brasileiro com 4; 6; 7,6; 8 e 12 metros de largura e com 105 a 200 metros de comprimento, nas espessuras de 0,075; 0,10; 0,15; e 0,20 mm e podem ter recebido ou não tratamento contra as radiações ultravioletas (raios intensos do sol).

Recentemente surgiu no Brasil, um filme de PVC, que tem maior durabilidade por ter uma rede bem fina que protege a película plástica dos rasgos. Se acontecer um furo, este não aumenta de tamanho por causa das malhas, que também reduzem a incidência de luz, funcionando como um sombrite.

O filme plástico deve ser colocado somente na parte superior da estufa, devendo as laterais permanecer abertas ou protegidas com uma tela plástica tipo sombrite, para proteger as plantas de insetos ou de pequenos animais.

Também deve ter uma bomba para fazer a solução circular e, portanto, um motor para mover a bomba. Deve ter, ainda um temporizador ou timer (aparelho que liga e desliga o motor de tempos em tempos), para controlar o funcionamento da bomba e as interligações entre a bomba e as bancadas, e entre as bancadas e o depósito de solução.

6.1. Cultivo em um Fluxo Laminar de Nutrientes (NFT)

As bancadas ou mesas de cultivo são os locais onde se faz o cultivo das plantas, quando se utiliza a técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes ou NFT. Elas têm como função, permitir que todas as operações de cultivo sejam feitas sem que seja necessário a pessoa se curvar. Por isso, a altura das bancadas deve ser adequada para quem irá utilizá-las.

Assim, elas podem ter na sua parte mais alta de 0,6 a 1,0m de altura. Os canais onde a solução circula, podem ser feitos utilizando-se telhas de cimento-amianto ou tubos de PVC e têm como finalidade, permitir que a solução nutritiva escorra do início da bancada até o seu final. Por isso, a bancada deve ser inclinada em cerca de 2 centímetros a cada 10 metros de bancada.

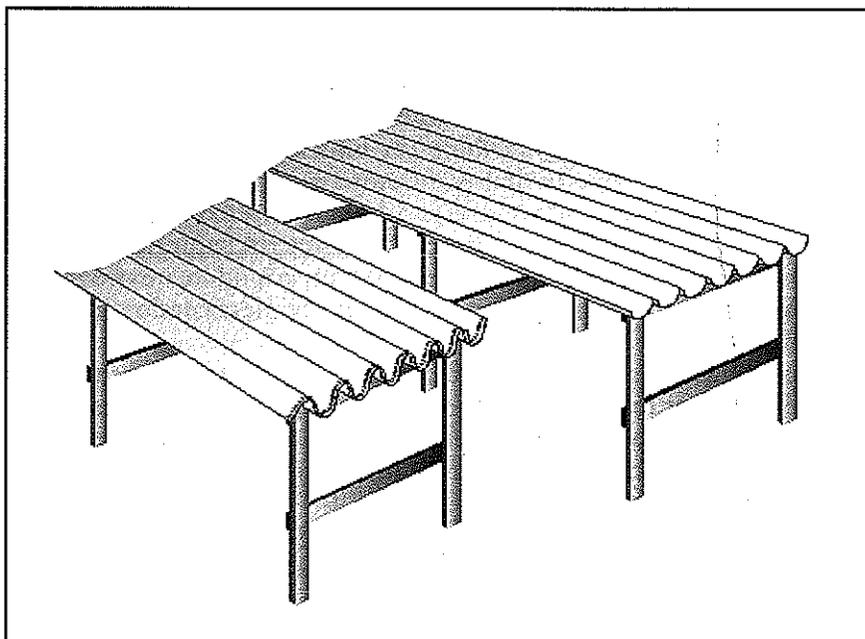


Figura 2 - Esquema de bancadas para o cultivo em NFT, com telha de cimento amianto e tubos de PVC

A largura da bancada deve também ser apropriada ao comprimento dos braços de quem vai utilizá-la, tendo normalmente 2 metros de largura. O comprimento das bancadas não deve ser maior que 15 metros, pois se for maior, podem ocorrer modificações muito grandes na composição da solução devido ao contato com as plantas, o que resultaria em plantas de menor tamanho e mal nutridas no final das bancadas.

As telhas de cimento-amianto são encontradas em vários tamanhos, mas as mais utilizadas em hidroponia são as de 2,44 metros de comprimento e 0,5 metro de largura, com canais de 5 cm de profundidade, espaçados entre si de 9 cm. Isto permite que se faça o transplante das mudas diretamente para as bancadas de cultivo, sem que seja necessário o uso do berçário. Quando são utilizados tubos de PVC, os diâmetros mais freqüentes são 75 e 100 mm, partidos ao meio no comprimento.

A solução é preparada misturando-se sais ou adubos na água do depósito de solução, que deve ser enterrado para evitar o aquecimento excessivo causado pelo sol.

A bomba retira a solução do reservatório e a injeta na bancada através de um tubo de 25 mm, com furos de 2,5 mm na posição dos canais. A solução escorre através dos canais devido à inclinação da bancada e é recolhida no final da bancada, em um cocho feito com um tubo de 100 mm dividido ao meio no comprimento, retornando por gravidade, através de uma tubulação enterrada, para o depósito de solução.

Sobre as telhas são colocadas placas de isopor com 1,5 a 2 cm de espessura, com furos na distância dos canais e no espaçamento de plantio (18cm x 20cm ou 20cm x 20cm).

Nos tubos de PVC são colocadas faixas de placas de isopor encaixadas à abertura dos tubos, com furos no espaçamento do plantio (20cm) para sustentar as plantas, evitar a contaminação, a evaporação e que a luz atinja a solução, impedindo assim o aparecimento de algas e, principalmente, evitando o aquecimento da solução.

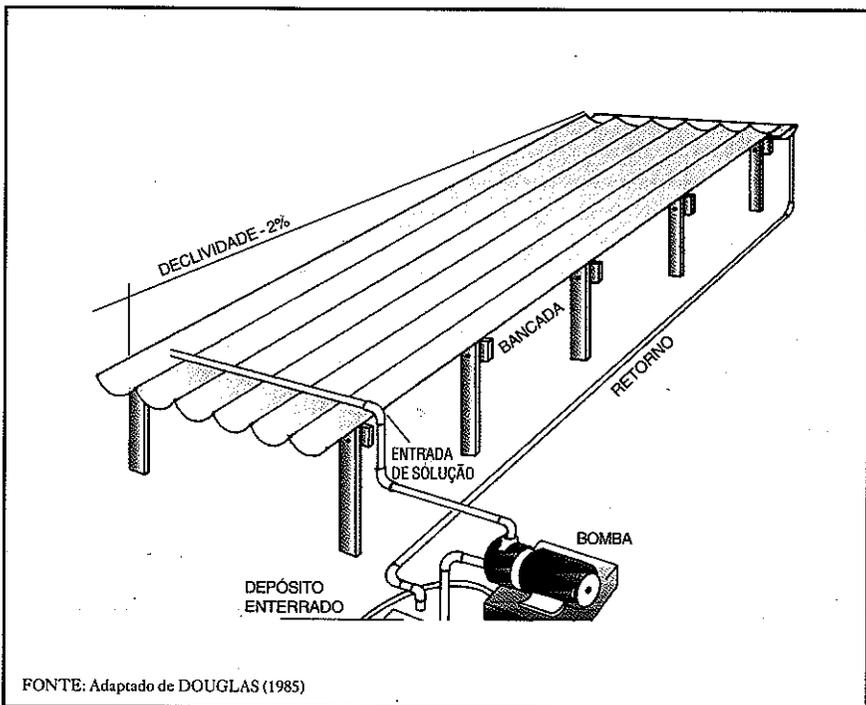


Figura 3 - Esquema do caminho percorrido pela solução nas bancadas (NFT).

Alguns produtores hidropônicos utilizam pedras nos canais, para sustentar as plantas, dizendo ser mais barato que o isopor. Mas eles certamente terão problemas de aquecimento, contaminação e evaporação da solução. Isto vai aumentar a concentração de nutrientes, a condutividade elétrica e o aparecimento de algas. Além de ter que aumentar a inclinação dos canais para compensar as pequenas barreiras formadas pelas pedras.

O temporizador ou timer (aparelho que liga e desliga de tempos em tempos o motor) permite que se programe o funcionamento da bomba de solução.

Normalmente ele é regulado para funcionar 15 minutos e parar por 15 minutos durante o dia. À noite, o funcionamento é de 15 minutos a cada 3 horas.

As interligações são feitas com tubos de PVC soldável, normalmente com 50 mm de diâmetro e levam a solução da bomba até os canais da bancada e trazem a solução do “cocho” de saída dos canais até o depósito de solução.

Próximo da entrada de solução nas bancadas deve ser instalado um registro na tubulação, para regular a vazão da entrada, de forma que ela seja igual em todas as bancadas.

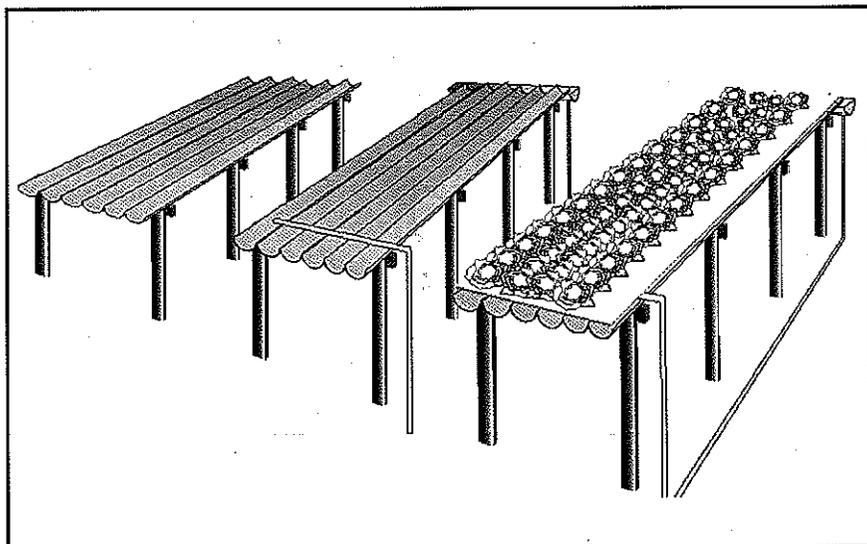


Figura 4 - Esquema de um conjunto de bancadas, mostrando as suas fases de montagem

6.2. Cultura em substratos sólidos

Os substratos sólidos (meios sólidos, como areia, vermiculita, lâ-de-rocha etc), têm por finalidade dar boa sustentação para as plantas e possibilitar a aeração das raízes, através da drenagem da solução. Uma quantidade dessa solução fica aderida ao substrato e isso permite que se faça a irrigação poucas vezes por dia e, portanto, evita os danos às raízes.

A estrutura para a utilização de substratos sólidos necessita também da estufa. No lugar das bancadas, são usados leitos, que podem ser de vários materiais: metal, madeira, plástico, cimento-amianto, cimento etc, dependendo do tipo de substrato sólido a ser empregado.

Um deles é a lâ-de-rocha, que é vendida em sacos plásticos. Nesses sacos faz-se uma janela, para colocar as plantas que foram semeadas em cubos de lâ-de-rocha. A irrigação é feita por meio de gotejadores e a drenagem por pequenos furos no canto do saco plástico.

Para a vermiculita (material utilizado em horticultura), podem ser utilizados os sacos plásticos ou fazer-se leitos com o material, da mesma forma que é feito com a areia.

A estrutura de sustentação, quando se faz o leito de areia, pode ser de metal, madeira, cimento ou cimento-amianto. O calhetão ou a calheta de amianto tem diversas medidas, mas pode ser usado um calhetão de 6 metros de comprimento e 1 metro de largura.

Também estão à venda, os tampões para esse tipo de material, que são instalados nas pontas da peça, fixados com parafusos e vedados com massa própria para esse fim, formando assim, um “cocho” com mais ou menos 25 cm de altura.

O interior desse “cocho” deve ser pintado internamente com tinta betuminosa tipo neutrol para impermeabilizar e, assim, evitar que a solução nutritiva tenha contato com o cimento-amianto.

O calhetão deve ser instalado em nível, diretamente sobre o solo ou suspenso em estruturas que o apóiam acima do solo. Nos dois casos, as abas laterais devem ser sustentadas, para que não se deforme ou se quebre com o peso do substrato. A colocação de um apoio a cada 1,5 metro ou 2 metros é suficiente para prevenir esse problema.

A alimentação do leito de cultivo será feita através de uma bomba instalada em um depósito enterrado de solução, assim instalado, pelos mesmos motivos discutidos para o NFT.

A bomba levará a solução até a entrada do leito, onde haverá um registro para se regular a vazão de entrada da solução. A solução será

injetada no canal de drenagem localizado no fundo do calhetão, causando assim uma subinundação do substrato por capilaridade.

O canal de drenagem é formado por um tubo de 100 mm de PVC, cortado ao comprimento, e instalado com a abertura voltada para baixo, nas duas ondulações do fundo da peça, sobre o qual são colocados pedregulhos, até o seu completo recobrimento.

Sobre essa camada de pedras, monta-se uma camada de areia grossa de rio, bem lavada, que será o substrato de cultivo. Do lado oposto da peça, instalam-se as saídas de solução no fundo dos canais. A solução retorna então, por gravidade, para o depósito através das tubulações de retorno. A figura 5 ilustra a forma como o leito de cultivo deve ser montado.

Nesses leitos de substratos sólidos é possível cultivar-se plantas de: tomate, pimentão, berinjela, pimenta, rabanete, beterraba, cenoura, nabo, morango, cebolinha, salsa, coentro, hortelã, salsão, aspargo, couve, couve-flor, brócoli, repolho, couve-de-bruchelas, pepino, milho-doce, cebola, alho, feijão-vagem e outras hortaliças ou não, desde que o duração do ciclo e o preço de venda, permitam um bom lucro.

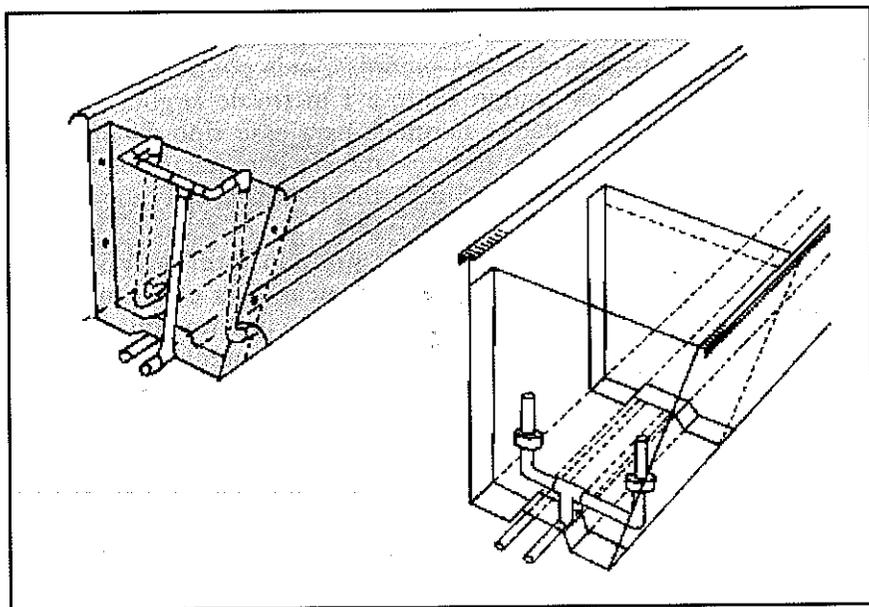


Figura 5 - Esquema da montagem dos leitos de cultivo, quando se usa areia como substrato (meio) sólido

6.3. Solução nutritiva comercial

Para o cultivo da alface em NFT, a solução nutritiva comercial que vem sendo utilizada com sucesso na ESALQ, para cada 1000 litros, é composta por

- 1200 g de nitrato de cálcio (adubo),
- 500 g de sulfato de magnésio (reagente grau técnico),
- 260 g de nitrato de potássio (adubo),
- 250 g de cloreto de potássio (adubo),
- 150 g de fosfato monoamônico (adubo MAP),
- 1 litro de solução de micronutriente contendo:
 - 2,86 g de ácido bórico,
 - 1,81 g de sulfato de manganês,
 - 0,10 g de sulfato de zinco,
 - 0,04 g de sulfato de cobre
 - 0,02 g de ácido molíbdico (todos grau técnico ou produto comercial)
- 1 litro de solução de ferro EDTA contendo:
 - 26,1 de EDTA-dissódico,
 - 24,0 g de sulfato ferroso
 - 11,44 g de soda(Todos grau técnico ou produto comercial.)

Quando se cultivar plantas do tomateiro, pimentão e berinjela, em NFT ou em substrato sólido, é necessário que se aumente a quantidade de cálcio da solução, para que não ocorra o apodrecimento da ponta do fruto, nos frutos do tomateiro ou para que as plantas do pimentão e de berinjela cresçam adequadamente. Deve-se, portanto, acrescentar-se mais 910 g de cloreto de cálcio à solução já descrita.

Quando o cultivo for de rabanete ou de beterraba, deve-se diminuir a quantidade de nitrogênio da solução, para que as folhas das plantas não cresçam demais e possam formar, assim, a raiz tuberosa de forma adequada. Para tanto diminui-se a quantidade de nitrato de cálcio para 950g e adiciona-se 195g de cloreto de cálcio.



