

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
Etec TRAJANO CAMARGO
3º ETIM QUÍMICA

MATEUS VERDEIRO FELIPE
GABRIELLE JURGENSEN DE SOUZA
GEOVANNA CLARA SILVA VENTURE

**O ESTUDO DO DESCARTE DA SOLUÇÃO NUTRITIVA DO ALFACE
HIDROPÔNICO PARA EVITAR A EUTROFIZAÇÃO NOS RIOS**

LIMEIRA – SP

2021

**MATEUS VERDEIRO FELIPE
GABRIELLE JURGENSEN DE SOUZA
GEOVANNA CLARA SILVA VENTURE**

**O ESTUDO DO DESCARTE DA SOLUÇÃO NUTRITIVA DO ALFACE
HIDROPÔNICO PARA EVITAR A EUTROFIZAÇÃO NOS RIOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Química da ETEC Trajano Camargo, orientado pela prof^a. Gislaine Aparecida Barana Delbianco, como requisito parcial para a obtenção do título de técnico em química.

Orientador: Prof^a. Dra. Gislaine A. B. Delbianco
Coorientador: Prof. Dr. Sérgio D. Filho

LIMEIRA – SP

2021

Dedicamos esse trabalho a todos àqueles que acreditam que a ousadia e o erro são caminhos para as grandes realizações.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos, a todos aqueles que, direta ou indiretamente, auxiliaram no presente trabalho, em especial:

À empresa e instituição de produção alimentícia Global Hortaliças, em Limeira/SP, pelo fornecimento da amostra necessária à confecção do nosso projeto. Em especial ao Sr. Rinaldo, responsável pela produção, por fornecer todas as informações necessárias e responder todas as perguntas com muito zelo e compreensão.

Ao Prof. Dr. e Coorientador Sérgio Delbianco Filho e à Prof^a Dra. e Orientadora Gislaine Barana Aparecida Delbianco, por nos acompanhar e auxiliar no decorrer dessa jornada, incentivando-nos sempre a continuar em frente, sendo essenciais à nossa formação como profissional e evolução pessoal.

Ao Prof. Dr. Reinaldo Blezer, por nos ajudar e auxiliar em vários problemas e obstáculos que vieram a surgir.

À nossa família pelo apoio e paciência durante a realização deste trabalho para nossa formação como profissional técnico.

Aos colegas de turma, que estiveram conosco durante esta árdua tarefa e que são, com certeza, parte dessa vitória.

“Não está na natureza das coisas qualquer homem fazer uma descoberta súbita e violenta, a ciência vai passo a passo, e cada homem depende do trabalho de seus antecessores”. Ernest Rutherford.

RESUMO

A hidroponia é uma técnica de cultivo protegido, a qual é muito utilizada em todo o mundo e no Brasil, onde há uma crescente tendência a este tipo de cultivo de hortaliças, principalmente nas áreas urbanas e periurbanas. O efluente hidropônico contém altas quantidades de Fósforo e de Nitrogênio inorgânicos e é descartado mensalmente em grandes quantidades no esgoto, e no solo contaminando o lençol freático e os corpos hídricos. A presença no ambiente aquático de compostos ricos em Nitrogênio e Fósforo e metais pesados (Fe, Mn, Cu e Zn), geram sérios problemas de eutrofização e de intoxicação nos seres vivos, degradando a qualidade da água. O presente trabalho avaliou a eficiência do tratamento por aumento de pH na remoção do Fósforo, de Nitrogênio, de Fe, de Mn, de Cu e de Zn do efluente hidropônico produzido na Instituição Fornecedora de Produtos Alimentícios Global Hortaliças, em Limeira/SP. O experimento foi realizado no laboratório de química da ETEC Trajano Camargo, sob supervisão da Prof^a Dra. e Orientadora Gislaine Barana Aparecida Delbianco e do Prof. Dr. e Coorientador Sérgio Delbianco Filho. A solução foi tratada com hidróxido de sódio e ureia, para elevação do pH até 12 com o intuito de precipitar compostos nitrogenados e demais metais, posteriormente, utilizando-se o sulfato de alumínio para precipitar compostos fosfatados. Apenas uma das amostras tratadas (Amostra 2) apresentou uma concentração de nitrito aceitável, que beira a faixa dos 0,25mg/L, as demais soluções excederam o nível previsto, provavelmente por causa de problemas no método ou durante o processo de tratamento. Neste estudo, pode-se concluir que a remediação através do aumento de pH é uma alternativa de reciclagem para efluente hidropônico ainda em estudo, pois alguns resultados foram imprevistos, a efetividade da remoção de Nitrogênio, Fósforo, Fe, Mn, Cu, Zn e afins não pode ser totalmente constatada e provavelmente ocorreram alguns erros ou incompatibilidade entre os métodos.

Palavras chave: Agricultura, tratamento de efluentes, eutrofização, hidroponia, solução nutritiva.

ABSTRACT

Hydroponics is a technique of protected cultivation, which is widely used all over the world and in Brazil, where there is a growing trend towards this type of vegetable cultivation, mainly in urban and peri-urban areas. The hydroponic effluent contains high amounts of inorganic Phosphorus and Nitrogen and is monthly discharged in large amounts into the sewer and into the soil, contaminating the water table and water bodies. The presence in the aquatic environment of compounds rich in Nitrogen and Phosphorus and heavy metals (Fe, Mn, Cu and Zn), generate serious problems of eutrophication and intoxication in living beings, degrading water quality. The present work evaluated the efficiency of the treatment by increasing the pH in the removal of Phosphorus, Nitrogen, Fe, Mn, Cu and Zn from the hydroponic effluent produced at the Institution Supplier of Food Products Global Hortaliças, in Limeira/SP. The experiment was carried out in the chemistry laboratory of ETEC Trajano Camargo, under the supervision of Prof. Dr. and Advisor Gislaine Barana Aparecida Delbianco and Prof. Dr. and Co-advisor Sérgio Delbianco Filho. The solution was treated with sodium hydroxide and urea to raise the pH to 12 in order to precipitate nitrogenous compounds and other metals, later using aluminum sulfate to precipitate phosphate compounds. Only one of the treated samples (Sample 2) had an acceptable nitrite concentration, which borders the range of 0.25mg/L, the other solutions exceeded the expected level, probably because of problems in the method or during the treatment process. In this study, it can be concluded that remediation by increasing the pH is a recycling alternative for hydroponic effluent still under study, as some results were unforeseen, the effectiveness of the removal of Nitrogen, Phosphorus, Fe, Mn, Cu, Zn and alike cannot be fully verified and there have probably been some errors or incompatibility between the methods.

Key words: Agriculture, effluent treatment, eutrophication, hydroponics, nutrient solution.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução da agricultura.....	20
Figura 2 – Agricultura Inglesa no século XVIII.....	22
Figura 3 – Gráfico de venda de agrotóxico por cultura no Brasil em 2015.....	23
Figura 4 – Gráfico do consumo de agrotóxicos e afins (em toneladas) no Brasil de 2000 a 2014.....	24
Figura 5 – Gráfico das exportações de açúcar no Brasil colonial.....	27
Figura 6 – Gráfico do crescimento do PIB agropecuário de 1996 a 2019.....	31
Figura 7 – Sistema de hidroponia NFT.....	40
Figura 8 – Sistema de hidroponia DFT.....	41
Figura 9 – Sistema de hidroponia com substratos.....	41
Figura 10 – Casa de vegetação modelo capela.....	44
Figura 11 – Casa de vegetação modelo arco.....	45
Figura 12 – Bancada de canos de PVC.....	46
Figura 13 – Bancada de bambu.....	46
Figura 14 – Bancada de suporte de arame.....	47
Figura 15 – Muda de alface cultivada em substrato de fibras de coco.....	48
Figura 16 – Gráfico da distribuição da água na superfície terrestre.....	54
Figura 17 – Corpo hídrico eutrofizado.....	56
Figura 18 – Fluxograma das atividades práticas realizadas.....	65
Figura 19 – Imagem do ciclo de produção hidropônica da Global Hortaliças.....	71
Figura 20 – Amostra inicial após a coleta.....	72

Figura 21 – Amostra 1 após a filtração da retirada dos compostos nitrogenados e metais.....	74
Figura 22 – Amostra 2 após a filtração da retirada dos compostos nitrogenados e metais....	75
Figura 23 – Amostra 1 após o tratamento com sulfato de alumínio.....	76
Figura 24 – Amostra 2 após o tratamento com sulfato de alumínio.....	76
Figura 25 – Teste de concentração de nitrito nas amostras 1 e 2, além da amostra inicial.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Evolução do número de engenhos de açúcar em cada capitania.....	27
Tabela 2 – Espécies mais adequadas ao cultivo hidropônico.....	37
Tabela 3 – Relação de sais/fertilizantes usados como fontes de macronutrientes para o preparo de soluções nutritivas.....	50
Tabela 4 – Diferença entre as características da Amostra 1 e Amostra 2.....	73
Tabela 5 – Padrão de concentração do teste de nitrito.....	78
Tabela 6 – Parâmetros de qualidade de água necessários para um descarte seguro...	79

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	15
2. OBJETIVOS.....	18
2.1. Objetivo Geral.....	18
2.2. Objetivo Específicos.....	18
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
3.1. Breve Histórico da Agricultura.....	19
3.1.1. Agricultura no Brasil.....	25
3.1.2. Classificação da Agricultura.....	32
3.1.2.1. Agricultura de Subsistência.....	32
3.1.2.2. Agricultura Familiar.....	33
3.1.2.3. Agricultura Empresarial.....	33
3.1.2.4. Agricultura Tradicional.....	34
3.1.2.5. Agricultura Moderna.....	34
3.1.2.6. Agricultura Alternativa.....	35
3.2. Cultivo Hidropônico.....	35
3.2.1. Histórico.....	35
3.2.1.1. Vantagens.....	38
3.2.1.2. Desvantagens.....	38
3.2.2. Tipos de Sistemas Hidropônicos.....	39
3.2.3. Fatores que Afetam a Hidroponia.....	42

3.2.3.1. Temperatura.....	42
3.2.3.2. Luz.....	42
3.2.3.3. Umidade Relativa do Ar.....	42
3.2.3.4. Aeração.....	43
3.2.3.5. Pressão Osmótica.....	43
3.2.3.6. Condutividade Elétrica.....	43
3.2.3.7. pH.....	43
3.2.4. Casa de Vegetação.....	44
3.2.5. Bancada e Canais de Cultivo.....	45
3.2.6. Reservatório da Solução Nutritiva.....	47
3.2.7. Produção de Mudas.....	48
3.2.8. Solução Nutritiva.....	49
3.2.9. Substratos.....	50
3.2.9.1. Substrato de Turfa.....	51
3.2.9.2. Substrato de Fibra de Coco.....	52
3.2.9.3. Substrato de Vermiculita.....	52
3.2.9.4. Substrato de Espuma.....	52
3.3. Descarte da Solução Nutritiva.....	53
3.3.1. Poluição Hídrica.....	54
3.3.1.1. Eutrofização.....	56
3.3.1.1.1. Nutrientes Relacionados ao Processo de	

Eutrofização.....	57
3.3.2. Parâmetros de Qualidade Hídrica.....	58
3.3.2.1. pH.....	58
3.3.2.2. Turbidez.....	59
3.3.2.3. Sólidos.....	59
3.3.2.4. Demanda Bioquímica de Oxigênio.....	60
3.3.2.5. Demanda Química de Oxigênio.....	60
3.3.2.6. Temperatura.....	60
3.3.2.7. Nitrogênio.....	61
3.3.2.8. Oxigênio Dissolvido.....	61
3.3.2.9. Fósforo.....	62
3.3.3. Legislação.....	62
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	65
4.1. Coleta e Preservação da Amostra de Solução Nutritiva Utilizada para a Nutrição Vegetal de Alface Hidropônico.....	66
4.2. Tratamento da Solução.....	66
4.3. Análises Físico-Químicas.....	68
4.3.1. Ensaio de Quantificação do Nitrito.....	68
4.3.2. Ensaio de Quantificação do Nitrato.....	68
4.4. Verificar se a Solução Posterior ao Tratamento Apresenta os Padrões de Qualidade da Água Necessários.....	69
5. DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	71

5.1. Coleta e Preservação da Amostra de Solução de Nutritiva Utilizada para a Nutrição Vegetal de Alface Hidropônico.....	71
5.2. Tratamento da Solução.....	73
5.2.1 Comparação entre Amostra 1 e 2.....	73
5.3. Análises Físico-Químicas.....	77
5.3.1. Ensaio de Quantificação do Nitrito.....	77
5.3.2. Ensaio de Quantificação do Fosfato.....	78
5.4. Verificar se a Solução Posterior ao Tratamento Apresenta os Padrões de Qualidade da Água Necessários.....	78
6. CONCLUSÃO.....	80
REFERÊNCIAS.....	81

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Podemos considerar a produção de alimentos como necessidade básica para a sobrevivência humana. É um problema que cada vez mais se torna difícil e exige soluções de maior envergadura. Em sua maior parte, esse problema é gerado pela tendência das pessoas se concentrarem em densos agrupamentos as grandes cidades cujos dois maiores objetivos são as atividades industrial e comercial. Estes grandes centros necessitam importar das zonas agropecuárias todos os alimentos de que precisam, e isso em quantidades fantásticas (CULTE, 2019).

A importância da agricultura é, assim, indiscutível, pois é a partir dela que se produzem os alimentos e os produtos primários utilizados pelas indústrias, pelo comércio e pelo setor de serviços, tornando-se a base para a manutenção da economia mundial (PENA, 2020).

Na década de 30 surge então a hidroponia, a arte e a ciência de crescer plantas numa solução de água e nutrientes em que as raízes são suportadas por um meio que não o solo. Esta técnica pode ser utilizada desde pequenos cultivos domésticos até a grandes explorações comerciais (ECO CENTER, 2020).

Neste tipo de cultivo a água é portadora dos nutrientes, uma mistura ideal de macro e microelementos essencial para satisfazer todas as necessidades das plantas. Qualquer que seja o ambiente (solo ou água) no qual as plantas crescem, elas absorvem os nutrientes em forma de íons dissolvidos em oxigênio e no caso da água quando os nutrientes e o oxigênio são absorvidos têm que ser repostos, este é o princípio da Hidroponia. É um método de cultivo sem solo que estimula o crescimento da planta enquanto controla as quantidades de água, sais minerais e oxigênio dissolvido. A Hidroponia pode ser utilizada para crescer o mais variado tipo de plantas, vegetais, flores, arbustos, ervas aromáticas e afins (ECO CENTER, 2020).

O que aparentemente seria a solução para uma planta bem nutrida, saudável e com ótimo desenvolvimento também pode se tornar um problema (LABORSOLO, 2013).

A facilidade de acesso ao método está permitindo um crescimento considerável do mercado, mas, a solução nutritiva e o crescimento da planta requerem acompanhamento profissional, para monitorar as variações da solução, evitando deficiências e, principalmente, os excessos de nutrientes que podem causar efeito tóxico, tanto nas plantas, como no consumidor (LABORSOLO, 2013).

A água hidropônica contém nutrientes como fósforo, nitrogênio, enxofre, cálcio e zinco. Embora esses nutrientes sejam eficazes no apoio ao crescimento das plantas, eles podem ser perigosos quando não descartados de forma adequada (PLATAFORMA HIDROPONIA, 2020).

Por exemplo, a poluição por nitrogênio do escoamento da água pode causar estragos nos ecossistemas locais. O excesso de nitrogênio contribui para o florescimento maciço de algas e fitoplâncton em riachos, lagos, oceanos e outros sistemas de água, esgotando os níveis de oxigênio e produzindo toxinas perigosas que podem prejudicar animais e plantas. O fósforo, outro nutriente comumente encontrados em misturas hidropônicas, tem um efeito ambiental semelhante. A isso se dá o nome de eutrofização, que consiste no aumento dos nutrientes, como nitrogênio e fósforo, em um ecossistema aquático, o que leva ao aumento da produtividade e, conseqüentemente, a alterações em todo esse ecossistema (PLATAFORMA HIDROPONIA E SANTOS, 2019).

O aumento da produtividade é ocasionado, principalmente, pela proliferação excessiva de algas. Essas algas podem produzir toxinas, o que pode acabar contaminando a água, os organismos que vivem ali e os que deles se alimentam, inclusive o homem. No entanto, mesmo que não produza toxinas, essa proliferação excessiva de algas pode causar muitos problemas (SANTOS, 2019).

A eutrofização resulta em aumento nos custos do tratamento da água para abastecimento público devido ao aumento no uso de coagulantes e alcalinizantes para ajuste de pH de coagulação, necessidade de usar polímeros para auxiliar a floculação e evitar a flotação, diminui a eficiência de remoção de flocos na decantação, acelera a obstrução do meio filtrante, redução na duração da cadeia de filtros e aumento no consumo da água de lavagem, e conseqüentemente aumento de águas residuárias e maior consumo de cloro devido à presença de matéria orgânica e amônia, diminuindo a eficiência da desinfecção e aumentando a possibilidade de formação de componentes tóxicos organoclorados, prejudiciais à saúde humana. Também é necessário destacar a possibilidade de crescimento de bactérias nos sistemas de distribuição, devido ao aumento da matéria orgânica que serve de substrato com ocorrência de sabor e odor provocados por algumas espécies de algas e aumento na deposição de ferro e manganês (ZEN, 2019).

Dentro desta conjectura, o presente estudo tem por finalidade demonstrar uma revisão bibliográfica sobre eutrofização em corpos d'água e questões relacionadas com o

incremento de nutrientes em água doce por resíduos hidropônicos, sob um enfoque ambiental, além de apresentar métodos para evitar, resolver e prevenir esse problema.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Estudar as propriedades físicas e químicas da solução nutritiva, muito utilizada por produtores de alface hidropônico, comprovando a sua participação no processo de eutrofização dos corpos hídricos quando o descarte é realizado de forma indevida, além de discutir métodos de prevenção e tratamento.

2.2. Objetivos Específicos

- Definir qualitativamente as substâncias presentes na solução;
- Propor métodos de tratamento e descarte;
- Expor as consequências que esse descarte incorreto e a eutrofização podem causar em nosso cotidiano;
- Estudar as propriedades da solução;
- Determinar a eficácia e viabilidade dos métodos;
- Expor as alternativas disponíveis ao agricultor em relação ao descarte da solução;
- Elucidar as pessoas no que se refere a poluição dos corpos hídricos e à disponibilidade cada vez menor de água potável aos seres humanos.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Breve Histórico da Agricultura

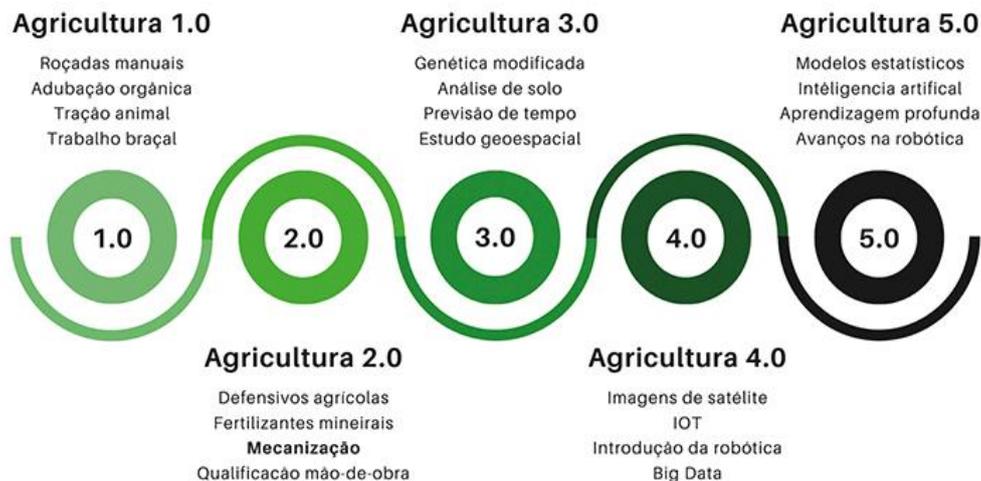
Conhecer a evolução da agricultura, desde os primórdios tempos, passa a ser importante para uma melhor compreensão de sua influência na sobrevivência humana do que tem ocorrido ao longo do tempo culminando nas práticas culturais adotadas hoje (PENA, 2019).

A prática da agricultura é uma das mais antigas atividades desenvolvidas pelos humanos. No Período Neolítico, a constituição das primeiras técnicas e materiais utilizados para o cultivo de plantas e confinamento de animais foi a principal causa para aquilo que se denominou como a sedentarização do ser humano, o que permitiu a sua moradia fixa em uma dada localidade (DIAS, 2019).

Todos os indícios sugerem que a agricultura surgiu independentemente em várias regiões do planeta. Acredita-se que tenha despontado em três grandes áreas: a China, o Sudeste Asiático e a América Tropical, devendo-se acrescentar o noroeste da África onde prosperou a poderosa civilização egípcia, vários milênios antes da era cristã (PENA, 2019).

Originalmente, a prática da agropecuária foi desenvolvida na proximidade de grandes rios, notadamente o Tigre e Eufrates, além do Nilo, o Ganges e outros. Não por coincidência, foram nessas localidades que surgiram as primeiras grandes civilizações que se teve notícia, pois a prática da agricultura permitiu o desenvolvimento do comércio graças à produção de excedente (ARAÚJO, 2018).

Segundo Lopes (2019), o desenvolvimento da agricultura, portanto, esteve diretamente associado à formação das primeiras civilizações, o que nos ajuda a entender a importância das técnicas e do meio técnico no processo de construção das sociedades e seus espaços geográficos. Nesse sentido, à medida que essas sociedades modernizaram suas técnicas e tecnologias, mais a evolução da agricultura conheceu os seus avanços, como mostra a Figura 1:

Figura 1: Evolução da agricultura.

Fonte: SANTOS F. B. A. *et al.*, 2020.

Na Idade Média o cultivo de plantas forrageiras e de outros cereais, como aveia, cevada, generalizou-se pela Europa. Nas regiões onde se estabeleceram povos germânicos, instalou-se o sistema chamado de rotação trienal ou de três campos. Este sistema consistia em dividir as terras de uma comunidade em três folhas ou campos, ao redor de uma aldeia, com suas casas e culturas de quintal. Numa dessas folhas, os camponeses faziam uma lavoura de inverno, geralmente de trigo ou centeio semeado no outono, à qual sucedia uma lavoura de verão, que podia ser de cevada, aveia ou leguminosas. No terceiro ano, aquela folha era deixada em descanso, convertendo-se em pasto para o gado (SOUZA, 2020).

O afolhamento era feito em três anos e submetia cada folha, rotativamente, a dois cultivos (um de inverno, outro de verão) e a um descanso. Cada família camponesa possuía em cada folha uma parcela, de forma alongada e sem cercas, visto que na mesma folha todos os terrenos eram arados em conjunto. Além das folhas se estendia uma faixa de pasto comum permanente, em que o gado de todos os habitantes da aldeia ia pastar (PINHEIRO, 2015).

Em meados dos séculos XII e XIII, a agricultura europeia sofreu pesadamente uma crise agrária com o surto demográfico que se espalhou pelo continente levando a uma urbanização com conseqüente derrubada de novas áreas de matas. Contribuíram com essa crise as epidemias de peste que dizimaram um contingente enorme da população

tendo como consequência a escassez de mão-de-obra, declínio do mercado agrícola determinando o abandono ou a perda de muitas terras produtivas que se destinaram ao pastoreio (PINHEIRO, 2015).

Lentamente esse sistema trienal de cultivo foi desaparecendo, tendo como causa básica a industrialização urbana iniciada com a criação de manufaturas. Na Inglaterra, onde o processo se evidenciou, a nobreza se interessou em vender lã às manufaturas locais e, mais tarde, à burguesia do próprio país (SOUZA, 2020).

Com o início da revolução industrial e a crescente importância das cidades fabris, a Inglaterra foi cenário de um fenômeno que pouco a pouco se irradiou pelo ocidente, e mais tarde, pelo resto do mundo: o rápido aumento das populações urbanas e o declínio progressivo das populações rurais. O impulso que teve a modernização da agricultura inglesa gerado pela revolução industrial, a partir da segunda metade do século XVIII, trouxe importantes inovações no campo como o arado de aço e a aplicação de adubos e corretivos, a princípio naturais: marga, calcário, argila, estrume, salitre. Ao arado de aço não sucedeu logo uma genuína mecanização das lavouras, o que só ocorreria, e ainda assim lentamente, no século XX (WALTER, 2018).

Na mesma época, outras inovações foram concebidas no próprio meio rural, como a substituição do boi pelo cavalo na tração do arado (Figura 2). Mas a transformação fundamental, foi a rotatividade de culturas em terras enxutas, ou seja, em irrigação, associada à criação de gado estabulado (FÉRES, 2015).

Figura 2: Agricultura Inglesa no século XVIII.



Fonte: CURADO, 2019.

Essa técnica surgiu, em meados do século XVIII, na Grã-Bretanha, conhecida como Sistema de Norfolk, que daria lugar à primeira revolução agrícola dos tempos modernos. Norfolk é o nome do condado inglês por onde o novo sistema de cultura se difundiu na Inglaterra. Trata-se de uma região de solos arenosos pobres, mas que apresentava a vantagem de ser fácil de trabalhar, pois eram solos leves. Quanto à baixa fertilidade, esta foi superada pelo próprio sistema de cultura que enriquecia progressivamente o solo. Trata-se de um sistema extremamente equilibrado do ponto de vista ecológico, cujos princípios agronômicos continuam válidos. A pauta clássica do chamado Sistema Norfolk compreende uma rotação de quatro plantas, cultivadas em quatro partes iguais, em toda propriedade. Em cada quarta parte, desenvolvem-se, sucessivamente, as etapas de uma mesma rotação. No primeiro ano, produz-se trigo, no segundo, nabos, no terceiro, cevada ou aveia e, no quarto, trevo. Desta forma, em cada ano, o trigo é semeado em terra que, no ano anterior, fora enriquecida pelo nitrogênio fixado pelo trevo (FÉRES, 2015).

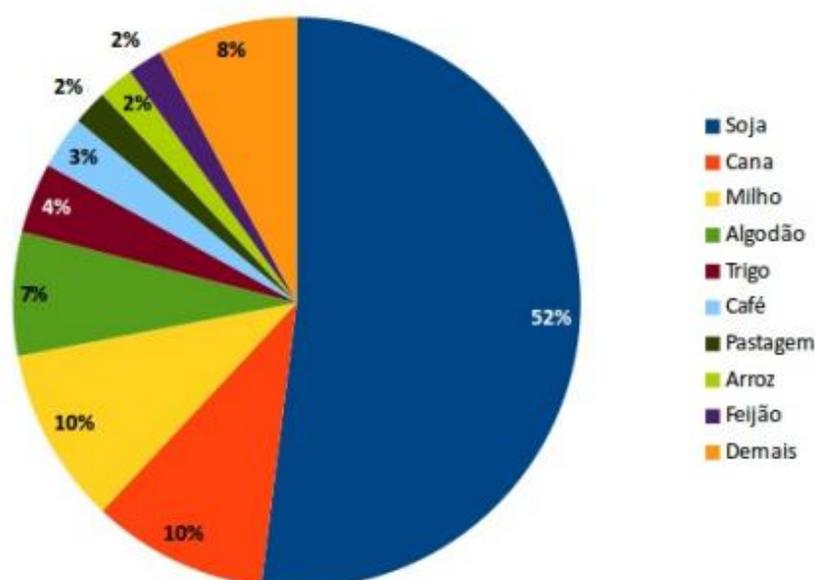
Este novo sistema mais intensivo não apenas permitiu o abandono do cultivo coletivo, porque era autossuficiente e não necessitava de terras comunais, mas obrigou, aos que o praticavam, o cercamento de terras, que nunca descansavam, para evitar que os rebanhos dos outros camponeses invadissem as plantações (WALTER, 2018).

Portanto, podemos perceber que o meio rural sempre foi a atividade econômica mais importante para a constituição e manutenção das sociedades. Quando as técnicas agrícolas permitiam a existência de um excedente na produção, iniciavam-se as primeiras trocas comerciais. Assim, é possível concluir que, inicialmente, todas as práticas rurais e urbanas subordinavam-se ao campo (LOPES, 2017).

Com o advento da industrialização e da modernidade, essa concepção foi gradativamente se alterando. Cada vez menos as cidades dependiam do campo e cada vez mais o campo dependia das cidades. As práticas agrícolas, mais modernas, mecanizaram-se e passaram a depender das indústrias para o desenvolvimento do meio técnico (ARAÚJO, 2018).

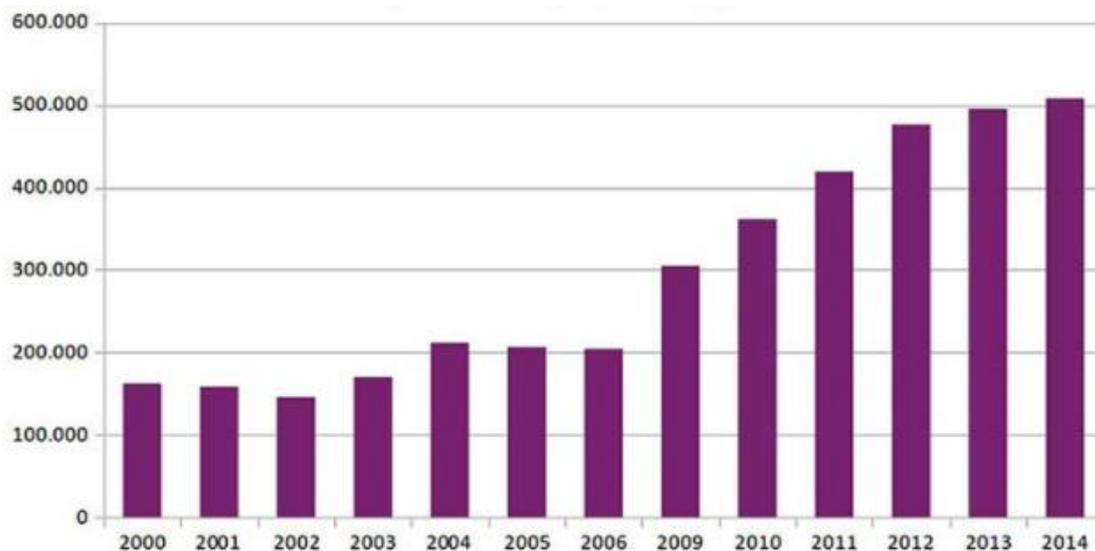
Segundo Pena (2020), as zonas de produção agropecuária, para atender o grande consumo urbano e obter maior índice de lucro, passam a industrializar sua produção, empregando enormes quantidades de fertilizantes químicos e inseticidas. Tal prática é extremamente nociva em dois sentidos: prejudica sensivelmente o equilíbrio ecológico e expõe o consumidor a taxas elevadas de toxicidade. Já se constatou a presença de inseticidas, como o DDT em pessoas e no leite de vaca. Isto quer dizer que as populações vão sendo envenenadas lentamente, através da absorção de produtos químicos de que os alimentos estão impregnados, como mostram as Figuras 3 e 4:

Figura 3: Gráfico da venda de agrotóxico por cultura no Brasil em 2015.



Fonte: ABREU, 2019

Figura 4: Gráfico do consumo de agrotóxicos e afins (em toneladas) no Brasil de 2000 a 2014.



Fonte: MARQUES, 2017.

Com o passar das três revoluções industriais, a prática da agricultura atual fundamenta-se em procedimentos avançados, que denotam uma nova característica para o espaço geográfico, classificado como meio técnico-científico informacional. Hoje, existem técnicas avançadas em manejo dos solos, máquinas e colheitadeiras que realizam o trabalho de dezenas ou até centenas de trabalhadores em uma velocidade maior, além de avanços propiciados pelo desenvolvimento da biotecnologia. Isso significa que as práticas agrícolas cada vez mais se subordinam à ciência e à produção de conhecimento (DIAS, 2019).

Mas é importante salientar que não há somente técnicas modernas sobre o meio rural. Podemos dizer que os diferentes tipos de avanços coexistem no espaço rural, embora as grandes e mais desenvolvidas propriedades ocupem a maior parte do espaço. Existem sistemas agrícolas modernos ao mesmo tempo em que existem formas de cultivos tradicionais, como a agricultura orgânica, a itinerante e a de jardinagem (CULTE, 2019).

Sabe-se que toda e qualquer intervenção humana no meio ambiente gera algum tipo de impacto. Neste sentido, a agricultura, pela sua dimensão e uso dos recursos naturais, tem uma responsabilidade significativa. Acontece que, o modelo praticado atualmente, baseia-se no uso intensivo de adubos químicos, agrotóxicos e mecanização,

o que tem trazido sérios problemas ambientais, como contaminação das águas e dos solos (GUALBERTO, 2018).

Como o homem precisa produzir alimentos para garantir a sua sobrevivência e a das gerações futuras, a busca por um sistema produtivo de cunho mais sustentável ganhou forças como alternativa ao modelo dominante. Além disso, uma proposta pautada em um modelo de desenvolvimento sustentável é incongruente com o atual nível de desgaste dos recursos naturais provocado pela agricultura tradicional (MORAES, 2017).

O resultado dessa mudança parece mais nítido se observarmos as tendências de evolução no padrão de consumo alimentar. Os efeitos adversos do atual modelo de desenvolvimento sobre a segurança alimentar e nutricional da população estão cada vez mais presentes, a partir dos danos provocados à saúde e à qualidade de vida. Observa-se, ainda, que uma parcela crescente da população busca uma dieta mais saudável e alimentos provenientes de sistemas de produção mais sustentáveis, como os métodos hidropônicos de produção (GUALBERTO, 2018).

Devido às mudanças no hábito alimentar do consumidor que vem preocupando-se mais com a saúde, o consumo de alimentos vegetais vem aumentando a cada ano sendo necessária sua produção diária durante todo o ano para atender à crescente demanda do mercado consumidor com mercadoria fresca e com qualidade. Desta maneira, nos últimos anos têm sido desenvolvidos e adotados sistemas de cultivo protegido, principalmente o hidropônico. O cultivo de hortaliças em ambiente protegido é bastante difundido e aceito nas áreas de produção em todo o país. A sua aceitação e expansão entre produtores deve-se à exploração racional de pequenas áreas e à garantia de colheita, permitindo a obtenção de produções elevadas e de melhor qualidade (TECNOLOGIA NO CAMPO, 2020).

3.1.1. Agricultura no Brasil

Antes da chegada dos portugueses, no Brasil, os índios se alimentavam de peixes e crustáceos, da coleta de frutas, de algumas raízes e outros produtos das matas como o mel silvestre e caçavam animais. Plantavam milho, mandioca, fumo amendoim, e dispunham de alguma tradição no lidar com a terra. Essa tradição deu continuidade, em todo o território, ao sistema de roças de subsistência, que permaneceu quase inalterado, enquanto a agricultura de procedência europeia se implantava e sofria alterações enormes (PENA, 2020).

Com a chegada dos portugueses no Brasil, sendo a população indígena esparsa e não havendo produtos nativos realmente aproveitáveis a serem traficados, como as especiarias orientais, era preciso, pois, tentar organizar a produção local. Daí surge a ideia de povoação (PENA, 2020).

Possuindo uma imensidão de terras férteis, o Brasil foi berço de uma exploração agrícola desenfreada, levando à destruição de parte da nossa mata atlântica com a prática extrativa de madeira. A única riqueza descoberta encontrava-se verdejante ao longo da costa brasileira: o pau-brasil, madeira da qual se extraía uma matéria corante empregada na tinturaria. Até meados do século XVI, a exploração do pau-brasil, sob monopólio da Coroa Portuguesa, mas com intromissão dos franceses, foi a primeira atividade econômica em nosso país, causando a primeira afronta à nossa agricultura, com a destruição impiedosa de nossa floresta litorânea (AIRES, 2020).

Foi também nos primórdios da investida agrária na faixa litorânea brasileira que a ganância extrativista de portugueses e piratas de procedência diversa começou a causar danos à integridade ecológica do país recém-descoberto. Na mesma linha, a mata atlântica sofreu pilhagens contínuas para a extração de preciosas madeiras que escasseariam com o tempo, como jacarandá, jequitibá, maçaranduba e pau-ferro (PINHEIRO, 2015).

Dado o caráter da atividade (estritamente predatória), não houve a criação de estabelecimentos fixos, a não ser em certos locais de agrupamento da madeira cortada, à espera dos navios que a transportassem à Europa (ARAUJO, 2018).

Decadente o pau-brasil e não havendo outro artigo imediato, de extração pura, para a sustentação de algum comércio rendoso, a alternativa seria a produção de algum gênero que tivesse aceitação no mercado europeu. A melhor opção seria o açúcar, produto raro e escasso e de grande aceitação entre os europeus, adquirido a peso de ouro na época. Com a implantação da economia açucareira no Brasil, é lançada a pedra inaugural de nossa agricultura (AIRES, 2020).

Segundo Pinheiro (2015), o plantio da cana-de-açúcar e sua transformação industrial nos engenhos instalados pelos portugueses em certos pontos da costa, a partir de 1534, constituíram a primeira atividade economicamente estável da agricultura no Brasil, como mostra a Figura 5. Cinco anos depois de seu início, já havia trinta engenhos em Pernambuco, dezoito na Bahia e dois em São Vicente. Passados mais cinquenta anos,

subiu para 256 o número total de engenhos concentrados na produção de açúcar (Tabela 1).

Figura 5: Gráfico das exportações de açúcar no Brasil colonial.



Fonte: TEIXEIRA, 2020.

Tabela 1: Evolução do número de engenhos de açúcar em cada capitania.

Capitania	1570	1583	1612	1629
Pará, Ceará, Maranhão	-	-	-	-
Rio Grande	-	-	1	-
Paraíba	-	-	12	24
Itamaracá	1	-	10	18
Pernambuco	23	66	99	150
Sergipe	-	-	1	-
Bahia	18	33	50	80
Ilhéus	8	3	5	4
Porto Seguro	5	1	1	-
Espírito Santo	1	6	8	8
Rio de Janeiro	-	3	14	60
São Vicente, Santo Amaro	4	6	-	-
Total	60	118	201	350

Fonte: SILVA, 2020.

No fim do século XVI, o país ainda não tinha um milhão de habitantes, mas a agricultura, diante das excelentes condições naturais, evoluía a contento para abastecer a

metrópole. Com a grande propriedade monocultora instala-se no Brasil o trabalho escravo. A escravidão torna-se uma necessidade aos intentos da época. De início tentou-se o trabalho dos indígenas, em princípio trabalho livre, mas logo se partiu para a escravidão também, pois os índios começaram a se desinteressar pelos insignificantes objetos (miçangas e outros utensílios banais) com que eram pagos e não se adaptaram ao trabalho organizado nas plantações de cana, resistindo e fugindo dos locais de trabalho. Não tardou para que o problema do trabalho começasse a ser resolvido com escravos negros africanos (ARAÚJO, 2018).

Diante do número enorme de trabalhadores escravos, também se desenvolvia a produção de outros alimentos como o milho, mandioca, feijão, árvores frutíferas e outros gêneros agrícolas como fumo (produto de exportação) também eram cultivados desde o recôncavo baiano estendendo-se até Santa Catarina e Rio Grande do Sul (SILVA, 2019).

Com a utilização do trabalho escravo, tendo no engenho seu elemento central e na grande propriedade seu alicerce, a economia açucareira consolidou-se rapidamente, transformando-se na base da economia colonial de então, mantendo esta situação até fins do século XVII. A atividade pecuária também experimentou seu primeiro estímulo de crescimento durante o ciclo do açúcar, por causa do transporte animal da cana e também, é claro, pela demanda de carne para alimentação (SILVA, 2019).

Em princípio do século XVIII são feitas as primeiras descobertas de metais preciosos na região de Minas Gerais, provocando um deslocamento enorme de população e de capital para as zonas auríferas. Durante três quartos de século, a atividade mineradora iria polarizar todas as atenções da colônia, provocando mesmo a decadência das demais atividades econômicas (ARAÚJO, 2018).

A economia colonial era dominada pelo sistema da “grande lavoura”, o qual tomou impulso a partir do final do século XVIII, em parte devido ao esgotamento das jazidas auríferas de Minas Gerais, e em parte por causa da ampliação da demanda externa por produtos coloniais como o açúcar e o algodão, determinada pela ocorrência da primeira revolução industrial na Inglaterra (CONTINI, 2018).

Antigas regiões monoprodutoras, como Bahia e Pernambuco, voltaram a expandir-se como no início da colonização, novas áreas produtoras de açúcar foram surgindo na capitania do Rio de Janeiro, e mesmo na de São Paulo, o Maranhão se firmava como área produtora de algodão. Em termos de produtividade e de custos, o Brasil só

conseguia competir com outras áreas produtoras nas épocas de ampliação da demanda e de elevação dos preços no mercado internacional. O desmatamento era contínuo e novas terras eram incorporadas ao cultivo à medida que se esgotava a fertilidade natural dos solos. Práticas agrícolas mais complexas, como a irrigação, nunca chegavam a ser cogitadas. Inexistia a seleção das variedades cultivadas, e o beneficiamento dos produtos agrícolas era dos mais precários e primitivos. Em muitos engenhos de açúcar, a moagem da cana ainda era movida por animais, não obstante a ampla disponibilidade de recursos hídricos (CONTINI, 2018).

Em todo esse processo de produção das grandes lavouras não houve preocupação com a forma de explorar a natureza. Com a destruição da floresta, contribuiu também a monocultura para o empobrecimento rápido, o esgotamento violento do solo, diminuindo de um lado a renovação do seu húmus formado pela decomposição da matéria orgânica vegetal e, de outro lado, facilitando ao extremo seus processos de lavagens exageradas do solo e sua consequente erosão (PEDROZO, 2016).

Nestas áreas do latifúndio se pratica uma agricultura primária sem assistência técnica, sem adubagem, sem seleção de sementes, obtendo-se um rendimento irrisório da terra e do trabalho consumido. Os motivos desse atraso tecnológico não podiam ser atribuídos apenas à escravidão, que ainda continuava existindo em outras áreas tropicais dotadas de lavouras mais produtivas que as do Brasil. As causas do atraso residiam em boa parte, e de certa forma continuam residindo até hoje, na má qualidade do seu empresariado rural, no baixo nível cultural e técnico dos seus fazendeiros (REGINA, 2016).

A situação não era melhor nas pequenas culturas de subsistência, da mesma forma que as grandes lavouras, elas acabaram se especializando na produção de alguns poucos gêneros, complementares aos das culturas de exportação e predominantemente destinados ao consumo local. Muitas vezes, essas culturas de subsistência eram desenvolvidas dentro dos domínios das grandes lavouras de exportação, ou seja, nos engenhos e nas fazendas, que eram geralmente autossuficientes no que se refere à alimentação dos seus proprietários e escravos. A estes últimos era concedido o domingo para cuidarem das roças que eram cultivadas juntos às culturas principais a fim de produzirem o necessário para alimentar a si mesmos e a seus senhores (CONTINI, 2018).

De um modo geral, todavia, as culturas de subsistência nunca deixaram de constituir atividades secundárias e subsidiárias em relação às grandes lavouras escravistas

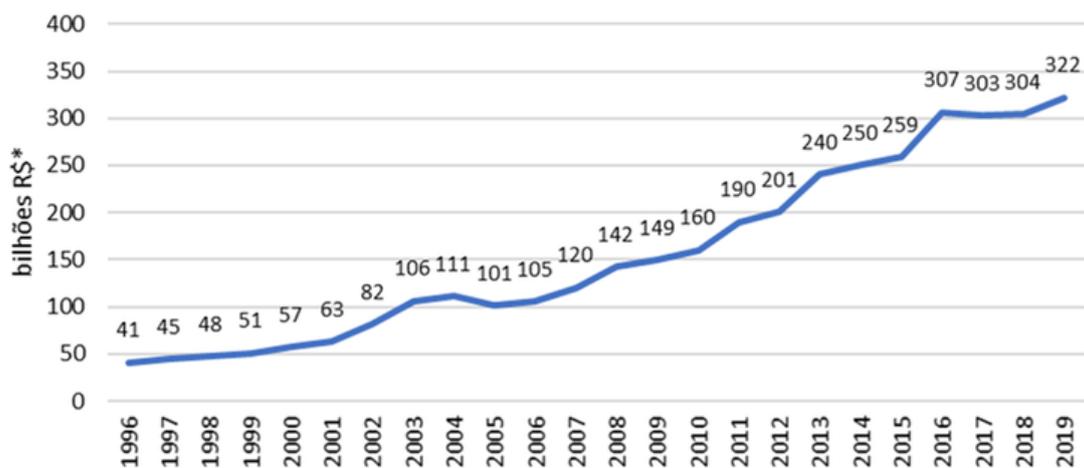
de exportação. Mas, outro tipo de exploração também se desenvolveu no período produzindo alimentos, eventualmente para abastecer os latifúndios e, principalmente, para abastecer os incipientes centros urbanos coloniais. Trata-se de pequenas propriedades nas quais, à semelhança dos camponeses europeus, é o proprietário que trabalha, com sua família, na produção, auxiliado eventualmente por trabalhadores livres ou algum escravo, muitas vezes indígenas (REGINA, 2016).

O Brasil adentra o século XIX numa fase de renascimento de sua agricultura. O declínio da mineração, a vinda da família real, a abertura dos portos ao comércio internacional (1808), a emancipação política do país (1822) e o fortalecimento do capitalismo industrial na Europa são fatores importantes para explicar o surto de prosperidade pelo qual passará o país a partir do século XIX (PEDROZO, 2016).

Na prática, todavia, não se pode deixar de vislumbrar em toda a primeira metade do século XIX um período de transição, durante o qual, por meio de numerosas crises, foi possível manter e consolidar a economia que herdara do período colonial (COLLE, 2017).

A agricultura da região norte e nordeste começa a entrar em declínio e a região centro-sul começa a tomar a dianteira nas atividades econômicas do país, entrando aquelas primeiras regiões em decadência provocando uma mudança do centro dinâmico da economia do país para a nova região. A cana-de-açúcar começou a sofrer a concorrência da beterraba, tendo os países europeus e os Estados Unidos se tornado produtores de açúcar (FARIA, 2020).

Segundo Colle (2017), atualmente, a atividade do setor agrícola é uma das mais importantes da economia brasileira, pois, embora componha pouco mais de 5% do PIB brasileiro na atualidade, é responsável por quase R\$100 bilhões em volume de exportações em conjunto com a pecuária. A produção agrícola no Brasil, portanto, é uma das principais responsáveis pelos valores da balança comercial do país, como mostra a Figura 6:

Figura 6: Gráfico do crescimento do PIB agropecuário de 1996 a 2019.

Fonte: IBGE, 2020.

Podemos dizer que a principal marca da agricultura no Brasil atual e também, por extensão, a pecuária, é a formação dos complexos agrícolas, notadamente desenvolvidos nas regiões que englobam os estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Santa Catarina, Paraná, Rio Grande do Sul, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Nesse contexto, destacam-se a produção de soja, a carne para exportação e também a cana-de-açúcar, em razão do aumento da necessidade nacional e internacional por etanol (FARIA, 2020).

Na região Sul do país, a produção agrícola é caracterizada pela ocupação histórica de grupos imigrantes europeus, pela expansão da soja voltada para a exportação nos últimos decênios e pela intensiva modernização agrícola. Essa configuração é preponderante no oeste do Paraná e de Santa Catarina, além do norte do Rio Grande do Sul. Além da soja, cultivam-se também, em larga escala, o milho, a cana-de-açúcar e o algodão. Na pecuária, a maior parte da produção é a de carne de porco e de aves (REGINA, 2016).

Na região Sudeste, assim como na região sul, a mecanização e produção com base em procedimentos intensivos de alta tecnologia são predominantes. Embora seja essa a região em que a agricultura se encontra mais completamente subordinada à indústria, destacam-se os altos índices de produtividade e uso do solo. Por outro lado, com a maior presença de maquinários, a geração de empregos é limitada e, quando muito, gerada nas agroindústrias. As principais culturas cultivadas são o café, a cana-de-açúcar e a fruticultura, com ênfase para os laranjais (FARIA, 2020).

Na região Nordeste, por sua vez, encontra-se uma relativa pluralidade. Na Zona da Mata, mais úmida, predomina o cultivo das “*plantations*”, presente desde tempos coloniais, com destaque novamente para a cana, voltada atualmente para a produção de álcool e também de açúcar. Nas áreas semiáridas, ressalta-se a presença da agricultura familiar e também de algumas zonas com uma produção mais mecanizada. O principal cultivo é o de frutas, como o melão, a uva, a manga e o abacaxi. Além disso, a agricultura de subsistência também possui um importante papel (PEDROZO, 2016).

Já a região Centro-Oeste é a área em que mais se expande o cultivo pela produção mecanizada, que se expande em direção à Amazônia e vem pressionando a expansão da fronteira agrícola para o norte do país. A Revolução Verde, no século passado, foi a principal responsável pela ocupação dos solos do Cerrado nessa região, pois permitiu o cultivo de diversas culturas em seus solos de elevada acidez. O principal produto é a soja, também voltada para o mercado externo (GAZZOLA S. L. *et al.*, 2017).

Por fim, a região Norte é caracterizada por receber, atualmente, as principais frentes de expansão, vindas do Nordeste e do Centro-Oeste. A região do “matopiba” (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), por exemplo, é a área onde a pressão pela expansão das atividades agrárias ocorre mais intensamente, o que torna a região Norte como o futuro centro de crescimento do agronegócio brasileiro. As atividades mais praticadas nessa região ainda são de caráter extensivo e de baixa tecnologia, com ênfase na pecuária primitiva, na soja em expansão e em outros produtos, que passam a competir com o extrativismo vegetal existente (GAZZOLA S. L. *et al.*, 2017).

3.1.2. Classificações da Agricultura

Neste contexto, serão demonstradas as diversas formas de classificação da agricultura, agregando conhecimentos que se tornam importantes para uma melhor compreensão das fases, pelas quais vem passando a agricultura (COLLE, 2017).

3.1.2.1. Agricultura de Subsistência

A atividade agrícola nesse caso destina-se à geração de produtos para o consumo da família. A organização e distribuição dos trabalhos são feita pela família, que conta com áreas muito pequenas, com solo ou relevo muitas vezes inadequados. Os agricultores

de subsistência procuram retirar da terra tudo o que necessitam: alimentos, lenha, medicamentos caseiros, madeira para construção de móveis e moradia. Os eventuais excedentes agrícolas são utilizados na comercialização ou negociação de outros produtos, na forma de escambo. Geralmente excluídos das iniciativas governamentais, esses agricultores são muitas vezes obrigados a se empregar em estabelecimentos maiores para garantir a sobrevivência de sua família. Na maioria dos casos, a atitude deles em relação à natureza é de respeito e preocupação com conservação dos recursos naturais, até mesmo pela dependência vital que eles têm em relação à terra (OLIVEIRA, 2018).

3.1.2.2. Agricultura Familiar

Essa expressão designa o segmento de agricultores que produzem regularmente excedentes comercializáveis por meio do trabalho organizado em torno de uma família. Diferente da agricultura de subsistência onde os agricultores são excluídos das iniciativas governamentais, como citado anteriormente, neste tipo de agricultura esses agricultores recebem algum tipo de assistência técnica governamental e têm acesso ao crédito bancário podendo contar com o trabalho de auxiliares contratados ou agregados. Comparados aos agricultores de subsistência, os agricultores familiares geralmente possuem lotes de terras maiores ou com qualidade superior, podendo produzir mais e com maior regularidade. Normalmente, esse tipo de agricultura preocupa-se com a conservação dos recursos naturais, principalmente do solo e das águas (FERREIRA P. C. *et al.*, 2015).

3.1.2.3. Agricultura Empresarial

Caracteriza-se por ser desenvolvida em estabelecimentos médios e grandes. O trabalho é assalariado e o gerenciamento dos serviços é feito em geral por profissionais como agrônomos ou administradores. O segmento possui amplo acesso aos auxílios governamentais (pesquisa, assistência técnica, subsídios e créditos). A produção é direcionada basicamente à exportação ou ao fornecimento para agroindústrias. Possuidor de extensas áreas, em geral esse segmento adota uma atitude exploratória diante da natureza, concebendo-a apenas como fonte de recursos (OLIVEIRA, 2018).

3.1.2.4. Agricultura Tradicional

É a atividade agrícola que se apoia em conhecimentos acumulados pelas comunidades locais, geralmente transmitidos oralmente. Adotando técnicas desenvolvidas ao longo de várias gerações de agricultores, ela se caracteriza por posturas menos agressivas ao meio ambiente e mais adaptada às condições locais em todos os seus aspectos (agrícola, ambiental, econômico e social). Basicamente pode-se dizer que todos os agricultores de subsistência e parte dos agricultores familiares eram, até poucas décadas atrás, agricultores tradicionais. Exemplo de agricultores tradicionais são os camponeses do nordeste brasileiro ou os povos ribeirinhos dos rios amazônicos (FERREIRA P. C. *et al.*, 2015).

3.1.2.5. Agricultura Moderna

É a designação dada à atividade agrícola que emprega os insumos e as inovações tecnológicas desenvolvidas nas últimas décadas. A agricultura moderna fundamenta-se em elementos como os produtos agroquímicos (fertilizante, pesticidas etc.), as sementes manipuladas e a mecanização das atividades agrícolas. A agricultura predominante nos Estados Unidos ou aquela desenvolvida pela maioria dos sojicultores do cerrado brasileiro são exemplos deste tipo de agricultura. Sobre as culturas desenvolvidas no cerrado, os principais cultivos são a soja, o milho, e o arroz. Como em geral as condições dos solos são consideradas impróprias para as culturas, adota-se, então, o uso de fertilizantes e corretivos químicos. O excessivo uso de agroquímicos já começa a poluir os solos e as águas (AQUINO F. C. *et al.*, 2017).

No início, esse tipo de agricultura era praticado exclusivamente por médios e grandes estabelecimentos agrícolas (agricultura extensiva e empresarial). Como boa parte dos grandes proprietários que se instalaram nessa região nas últimas décadas é originária principalmente do sul do país, onde eles estavam acostumados a outro tipo de clima, vegetação, ciclos hidrológicos e solo, tem ocorrido inadequação das técnicas agrícolas utilizadas, o que certamente gera sérias consequências ambientais (ECYCLE, 2017).

À semelhança do que ocorreu com a mata atlântica, a exploração econômica do cerrado está sendo feita sem se considerarem as características ambientais locais, e estão sendo adotadas práticas degradantes e insustentáveis a longo prazo. Porém, com o avanço

da tecnologia e de pesquisas o cerrado é hoje cenário da maior fronteira agrícola do planeta (FERREIRA P. C. *et al.*, 2015).

3.1.2.6. Agricultura Alternativa

Abarca diversos modelos de agricultura cujas práticas e recursos tecnológicos empregados variam conforme modelos que promovam um desenvolvimento agrícola e rural que possibilite o respeito pela conservação ambiental tendo por objetivo uma agricultura social e ambientalmente sustentável (AQUINO F. C. *et al.*, 2017).

Destaca-se também, a agricultura de baixo insumo, que tem como preocupação desenvolver práticas que conservem o meio ambiente, reduzam o uso de produtos químicos e de energia não renovável, o manejo integrado de pragas, o cultivo mínimo, a redução dos desperdícios ou perdas e outras técnicas. Para tanto, são desenvolvidas práticas que implicam o uso reduzido de insumos e a reciclagem generalizada dos restos de culturas e demais sobras (ECYCLE, 2017).

3.2. Cultivo Hidropônico

3.2.1. Histórico

A hidroponia teve origem em experimentos sobre nutrição vegetal, no século XVII, quando se buscava determinar a composição das plantas. Foi no século XIX que os cientistas conseguiram determinar quais eram os nutrientes minerais, essenciais para o desenvolvimento das plantas, onde os adubos minerais eram dissolvidos em água (SOUZA, 2019).

O desenvolvimento de sistemas de produção agrícola que sejam eficientes do ponto de vista hídrico, principal entrave para a expansão das áreas irrigadas em regiões semiáridas, é uma das alternativas para a expansão da produção no setor. Os sistemas de cultivo hidropônico, dadas as características, como elevada eficiência no uso da água, podem subsidiar um processo alternativo de produção, dentro de uma lógica que vem sendo estudada por diversos pesquisadores e aplicada a diferentes culturas (TECNOLOGIA NO CAMPO, 2020).

Em decorrência da sensibilidade da planta às intempéries e às variações climáticas, o cultivo das plantas em ambiente protegido vem crescendo em importância

nos últimos anos. Além da praticidade no manejo, a limpeza e a versatilidade desta modalidade de cultivo conferem ótimas condições para reduções na utilização de produtos químicos, menor consumo de água, produção fora de época, maior produtividade e, conseqüentemente, melhor preço, devido à alta qualidade do produto (CUBA C. S. B. *et al*, 2015).

A denominação Hidroponia só foi criada em 1935, pelo pesquisador de nutrição de plantas, da Universidade da Califórnia, Dr. William Frederick Gericke, o qual foi o primeiro cientista a utilizar a hidroponia em nível comercial. O primeiro uso comercial expressivo desta prática se deu na metade da década de 60, no Canadá, o qual ocorreu em função da devastação de uma grande produção de tomate, onde na ocasião, a hidroponia foi a única saída do produtor para evitar a perda total da produção. Posteriormente houve avanços nos Estados Unidos, na década de 70, e na Holanda em 1980. Com o êxito da hidroponia nestes países, a prática se estendeu rapidamente a outros países da Europa e depois América. No Brasil, a hidroponia só passou a ser mais bem difundida a partir de 1980, sendo até hoje uma prática pouco aplicada (LEITE M. M. J. *et al*, 2016).

A hidroponia é uma técnica ou ciência utilizada para cultivar plantas sem a presença de solo, transferindo os nutrientes que a planta necessita somente por meio de solução aquosa enriquecida, que dará subsídio para seu desenvolvimento. Essa água será uma solução balanceada, rica em nutrientes, com a presença de elementos como nitrogênio, fósforo, potássio, dentre outros, de acordo com cada espécie vegetal. Tem-se o controle rigoroso do pH e da concentração dos nutrientes para que o vegetal cresça nas melhores condições possíveis. A técnica também é adaptada conforme a região onde as plantas serão cultivadas em razão das diferenças climáticas, escassez de água ou falta de nutrientes (MENEGAES F. R. S. *et al.*, 2015).

A hidroponia é uma técnica de cultivo que visa obter produtos com excelente qualidade, sabor e aspectos externos superiores aos obtidos com agricultura tradicional, oferecendo menor risco de contaminações de doenças endêmicas. O cultivo em hidroponia é uma técnica de produção agrícola adequada às exigências de alta qualidade e produtividade com mínimo desperdício de água e nutrientes. Este sistema de cultivo vem crescendo, substancialmente, no Brasil e se apresenta como alternativa, proporcionando maior rendimento e qualidade da produção, bem como a redução da ocorrência de doenças (MENEGAES F. R. S. *et al.*, 2015).

Os nutrientes não minerais como carbono, hidrogênio e oxigênio são provenientes da água e do ar atmosférico. Já os macronutrientes como fósforo, cálcio, magnésio, enxofre e os micronutrientes como cloro, manganês, ferro são adquiridos pelas raízes. Assim, as plantas na hidroponia ficam com as raízes suspensas a, aproximadamente, um metro do solo num meio aquoso rico com os nutrientes necessários para o crescimento da planta. Além disso, existem maneiras de se praticar a hidroponia. As raízes podem ficar suspensas em meio líquido ou apoiadas em substrato inerte (CAMARGO B. S. *et al.*, 2016).

Conseqüentemente, para que as plantas tenham bom crescimento e desenvolvimento no sistema hidropônico é necessário que haja constante equilíbrio de nutrientes na solução fornecida as plantas, permanecendo em faixas limitadas pela exigência nutricional da espécie cultivada, sem escassez nem excesso. Desta maneira, o cultivo em hidroponia necessita de um grande volume de água e, preferencialmente, de qualidade (MORAES, 2017).

Segundo Souza (2019), a alface é ainda a mais cultivada em produção sem solo, mas há ainda outros produtos que podem ser cultivados, como: rúcula, feijão-vagem, repolho, couve, salsa, coentro, melão, agrião, pepino, berinjela, pimentão, tomate, arroz, morango, forrageiras para alimentação animal, muda de plantas frutíferas e florestais, plantas ornamentais e afins, conforme mostra a Tabela 2:

Tabela 2: Espécies mais adequadas ao cultivo hidropônico.

Hortaliças folhosas	alface, agrião, rúcula e couve
Hortaliças frutos	tomate, pimentão, abobrinha e pepino
Hortaliças condimentares	cebolinha, coentro, manjericão, mostarda e salsa
Medicinais	alecrim, alfavaca, bálsamo, hortelã, melissa
Ornamentais	antúrio, crisântemo, Lisianthus, hortênsia
Frutífera	melão, morango e melancia-baby
Forrageiras	milho, sorgo, cevada e alfafa

Fonte: GUEDES, 2020.

3.2.1.1. Vantagens

Esse sistema possui muitas vantagens como economizar água, energia e espaço, além de produzir alimentos mais saudáveis, de qualidade superior. Como é cultivado em estufas, fica livre de insetos e outros animais que poderiam parasitar as plantas. Além disso, contaminantes do solo também são evitados, não havendo necessidade de utilizar algum tipo de tóxico no combate de pragas. A nutrição é diária, ou seja, as plantas recebem as quantidades ideais de nutrientes necessários para seu crescimento forte e saudável diariamente. Para o produtor, o trabalho se torna mais leve e limpo, o manuseio das plantas é facilitado, pois não necessita abaixar-se para colher em virtude da altura em que os vegetais são cultivados. E não é necessário preocupar-se com rotação de culturas (CUBA C. S. B. *et al.*, 2015).

Com a quantidade de nutrientes disponibilizada, as plantas crescem mais rapidamente, o que aumenta o interesse comercial. Atualmente, a hidroponia é bem difundida, possui muitos estudos e pesquisas em universidades em face de suas vantagens e benefícios, tanto para os produtores como para os consumidores (CAMARGO B. S., 2016).

A crescente busca por uma vida mais saudável tem levado a um aumento constante e irreversível no nível de exigência do consumidor em relação à qualidade salutar de sua alimentação. Há na sociedade uma relação cada vez mais forte e mais frequente entre alimentação e saúde e o meio ambiente. E com isso, os consumidores estão exigindo alimentos livres de produtos químicos, principalmente, dos resíduos de agrotóxicos (LAY-ANG, 2020).

3.2.1.2. Desvantagens

Segundo Mancan (2018), dentre as desvantagens da produção hidropônica, estão:

- **Dependência de energia elétrica ou sistemas alternativos:** Existem sistemas desenhados para funcionar por gravidade, isto é existem sistemas hidropônicos em que não é necessária a utilização de energia elétrica (como é o caso do sistema “*autopot*”). No entanto, a maioria dos sistemas hidropônicos recorre à utilização de bombas de água e portanto ao uso de energia elétrica. Se houver uma queda de energia e se o produtor não tiver um gerador poderá haver o risco de perder toda a produção;

- **Maior investimento inicial em equipamento:** Um sistema típico de hidroponia requer as bancadas e perfis/vasos onde as plantas são cultivadas, sensores, tubagem, uma bomba de água, temporizadores e doseadores. Isto requer um investimento inicial provavelmente superior ao de um cultivo tradicional em solo. Uma vez montado o sistema, os custos passam a relacionar-se apenas com água, nutrientes e eletricidade;
- **Conhecimento da tecnologia e acompanhamento:** Plantas cultivadas em solo podem ser abandonadas por dias ou semanas e ainda assim sobreviver, apesar das condições não estarem optimizadas para o seu crescimento. O mesmo não acontece em hidroponia, onde as plantas precisam de um acompanhamento mais permanente. No caso de um sistema montado com automação este acompanhamento pode ser só a sua monitorização para detecção de eventuais falhas;
- **Maior facilidade de disseminação de pragas ou doenças :** Apesar de a probabilidade de um cultivo ser alvo de pragas ou doenças ser menor que em um cultivo tradicional, a disseminação da doença é muito mais rápida. Isto deve-se ao facto das plantas serem cultivadas em sistemas fechados com água a recircular, o que faz com que uma doença possa rapidamente chegar a todo o sistema. Para pequenos produtores este problema não é grave, pois pode ser facilmente evitado com uma limpeza eficiente do sistema entre culturas e bom acompanhamento do crescimento das plantas. Para grandes produtores, este fator terá um peso superior.

3.2.2. Tipos de Sistemas Hidropônicos

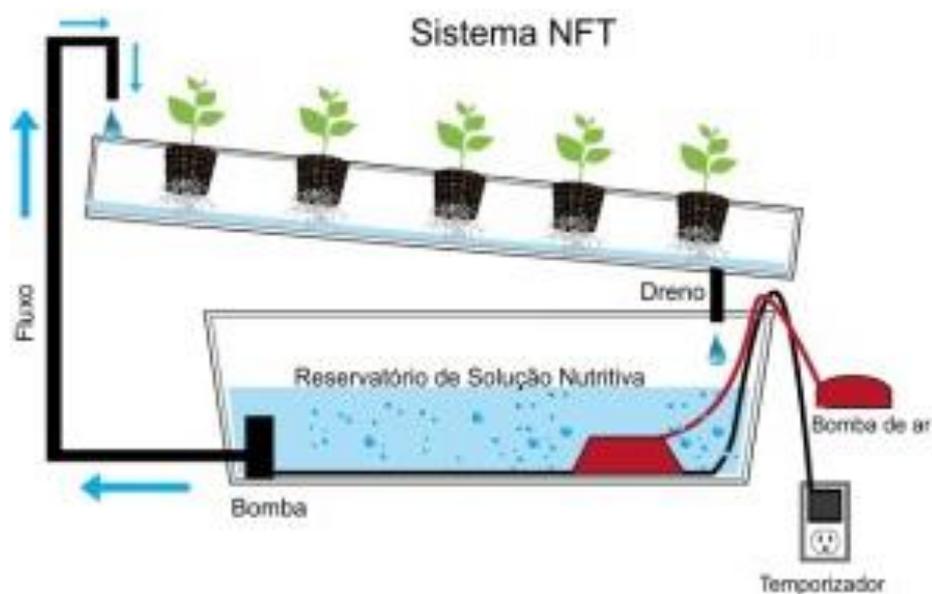
Segundo Oliveira (2017), existem três sistemas em que pode utilizar hidroponia:

- **Sistema NFT (“*nutrient film technique*”) ou técnica do fluxo laminar de nutrientes:** Este sistema é composto basicamente de um tanque de solução nutritiva, de um sistema de bombeamento, dos canais de cultivo e de um sistema de retorno ao tanque, onde a solução nutritiva é bombeada aos canais e escoar por gravidade formando uma fina lâmina de solução que irriga as raízes, conforme mostra a Figura 7;
- **Sistema DFT (“*deep film technique*”) ou cultivo na água ou “*floating*”:** Neste sistema a solução nutritiva forma uma lâmina profunda (5 a 20 cm) onde as raízes ficam submersas. Não existem canais e sim uma mesa plana onde fica circulando

a solução, através de um sistema de entrada e drenagem característica, conforme mostra a Figura 8;

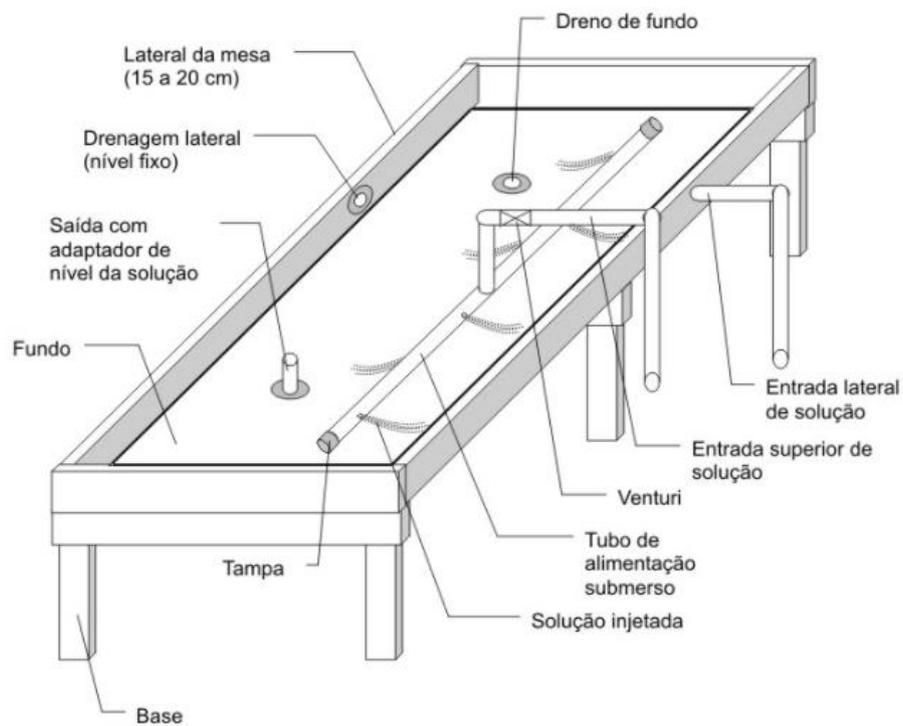
- **Sistema com substratos:** Para hortaliças frutíferas, flores e outras culturas que têm sistema radicular e parte aérea mais desenvolvida, utilizam-se vasos cheios de material inerte, como areia, pedras diversas (seixos, brita), vermiculita, perlita, lâ-de-rocha, espuma fenólica, espuma de poliuretano e outros para a sustentação da planta, onde a solução nutritiva é percolada através desses materiais e drenada pela parte inferior dos vasos, retornando ao tanque de solução, conforme mostra a Figura 9.

Figura 7: Sistema de hidroponia NFT.



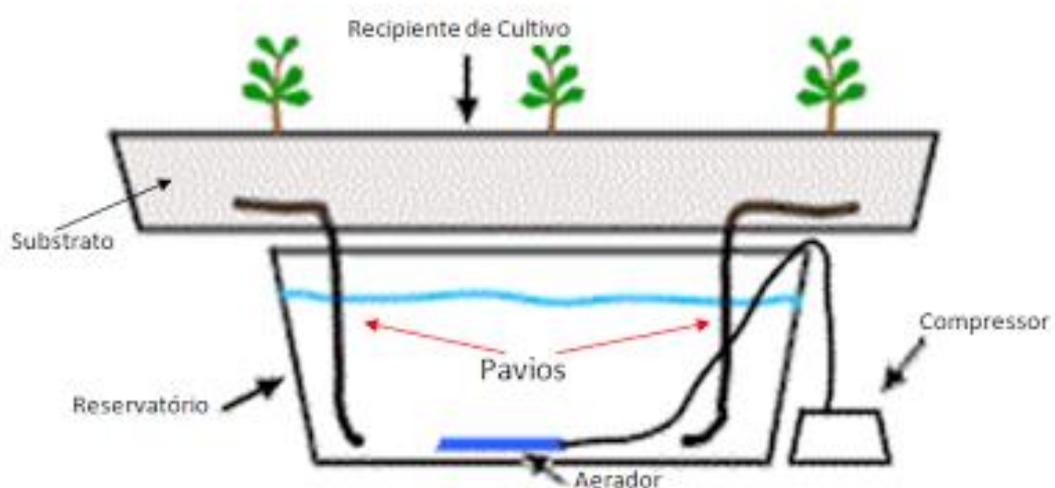
Fonte: Tudo Hidroponia, 2016.

Figura 8: Sistema de hidroponia DFT.



Fonte: FURLANI S. B. F. *et al.*, 2019.

Figura 9: Sistema de hidroponia com substratos.



Fonte: In-Outdoor Hydroponics, 2019.

O sistema hidropônico mais utilizado na produção de hortaliças folhosas no Brasil é a NFT. Esse sistema se destaca, principalmente, pela praticidade na implantação da

cultura e pela limpeza dos produtos colhidos. Entretanto, em regiões ou períodos quentes do ano, onde as temperaturas do ar podem atingir frequentemente valores entre 35 e 40°C durante várias horas do dia, a temperatura da solução nutritiva tem sido um dos entraves para a produção hidropônica de hortaliças nos períodos quentes do ano, isso porque em níveis excessivamente elevados da temperatura da solução nutritiva estão associados com condições de hipoxia e é uma das causas da redução no crescimento ao longo das calhas de cultivo (OLIVEIRA, 2017).

3.2.3. Fatores que Afetam a Hidroponia

3.2.3.1. Temperatura

Baixas temperaturas da solução nutritiva impedem a absorção de água e nutrientes, podendo causar murchamento e clorose, mas por outro lado, altas temperaturas também causam danos, como o desenvolvimento das plantas. Em regiões onde ocorrem temperaturas extremas, o ideal é utilizar estufa climatizadas (SAFRA VIVA, 2017).

3.2.3.2. Luz

A luz é o fator que desencadeia a fotossíntese, na qual desencadeia a fotossíntese, que leva a fixação de carbono nos nutrientes. Deve se observar quando instalar uma hidroponia, o local e o posicionamento, para aproveitar o máximo de radiação solar, pois a baixa luminosidade leva ao estiolamento da planta. O excesso de luminosidade também é prejudicial para a planta, pois causa a perda de água de seus tecidos, prejudicando o crescimento das plantas (ZEN, 2019).

3.2.3.3. Umidade Relativa do Ar

O excesso de umidade favorece o desenvolvimento de doenças e a baixa umidade causa o murchamento das plantas. Para eliminar a umidade relativa do ar, podem ser empregados a nebulização acima da casa de vegetação e abaixo da bancadas e manter as janelas e aberturas parcialmente fechados para reter parte da umidade das plantas. Já a redução da umidade relativa do ar pode ser conseguida dividido há manter as cortinas abertas e utilizar exaustores para movimentar o ar externo (ZEN, 2019).

3.2.3.4. Aeração

É preciso que haja a renovação do ar dentro da casa de vegetação, isso para manter as taxas de gás carbono e oxigênio em níveis adequados para a realização da fotossíntese e da respiração da planta, processo pela qual é essencial para o crescimento e produção vegetal. Uma das maneiras de oxigenação é através da circulação da solução nutritiva, quando é feito a sucção no reservatório, quando é aplicada nas canaletas, quando é recolhida e quando retorna ao reservatório. Isso ocorre à medida que a solução nutritiva percorre os canais de cultivo, havendo a difusão de oxigênio (ZEN, 2019).

3.2.3.5. Pressão Osmótica

Quando se dissolve sais nas águas para se fazer uma solução, aumenta a pressão osmótica, ou seja, diminui-se a tendência que a água tinha de penetrar nas raízes das plantas, e a partir de certa concentração de sais, a tendência da água passa a ser a de sair das células de raízes, promovendo a sua morte, portanto, embora a solução nutritiva deva conter todos os nutrientes nas proporções adequadas, ela deve ser suficientemente diluída, para que não haja danos as raízes (SAFRA VIVA, 2017).

3.2.3.6. Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica é um dos fatores determinantes da qualidade da água. Se a água que se pretende utilizar apresenta valor maior que 0,75 mS/cm, ela não é adequada ao cultivo hidropônico. É através da condutividade elétrica que se determina a quantidade total de sais presentes na solução, mas não identifica quais nutrientes estão em falta ou excesso na solução nutritiva. Para hortaliças folhosas, como a alface e a rúcula, depois de pronta a solução nutritiva, a condutividade elétrica deve ficar entre 2,0 e 2,5 mS/cm (DAL'SOTTO, 2018).

3.2.3.7. pH

O pH é um índice que mede a atividade dos íons hidrogênio. Valores baixos de pH provocam competição entre o H^+ e os cátions essenciais para as plantas, já os valores

elevados de pH diminuem a absorção de ânions, valores inadequados de pH podem provocar a formação de hidróxidos insolúveis e precipitação de elementos essenciais. Em geral, o valor de pH mais adequado para o desenvolvimento das plantas está entre 5,5 e 6,5 (DAL'SOTTO, 2018).

3.2.4. Casa de Vegetação

Para que se possa produzir hidroponia, é necessário que tenha uma estrutura que possa proteger a produção. Esta proteção é chamada de estufa ou casa de vegetação, e tem como função proteger a plantação contra os agentes meteorológicos desfavoráveis. Seu alicerce pode ser feito com vários materiais como metal, madeira, plástico e cimento, a cobertura deve ser de material transparente que proteja contra raios ultravioletas (ECOEFICIENTES, 2020).

Há vários modelos de casa de vegetação, sendo que os mais comuns são o de capela e o de arco (Figura 10 e 11). As casas de vegetação podem ser grandes, contendo várias bancadas de cultivo, ou ainda podem ser pequenas, com apenas uma bancada de cultivo. As dimensões de uma casa de vegetação interferem diretamente para elevar ou reduzir a temperatura e a umidade relativa do ar (DAL'SOTTO, 2018).

Figura 10: Casa de vegetação modelo capela.



Fonte: FURLANI S. B. F. *et al.*, 2019.

Figura 11: Casa de vegetação modelo arco.



Fonte: In-Outdoor Hydroponics, 2019.

3.2.5. Bancadas e Canais de Cultivo

Segundo Dal’Sotto (2018), bancada, ou mesa, é o local onde ocorre o plantio propriamente dito. Os tipos de bancadas mais usadas são:

- **Canos de PVC:** Nessa situação os canais de circulação da solução são formados por canos de PVC. A desvantagem deste sistema é a formação de alga dentro dos canos, isso devido a penetração da luz pelos canos (Figura 12);
- **Bambus:** Os canos de PVC, nesse caso, são substituídos por bambus gigantes, com 50 a 60 mm de diâmetro, nesse caso deve-se retirar todos nós, possibilitando que a solução nutritiva circule normalmente dentro dele (Figura 13);
- **Suporte de arame:** Os canais devem ser estruturados com fios de arame recobertos pela lona plástica, que permite a circulação da solução da solução e o crescimento da planta. Com a possibilidade de utilização de materiais variados facilita a implantação desse sistema, aproveitando assim o que já existe e minimizando os custos iniciais (Figura 14).

Figura 12: Bancada de canos de PVC.



Fonte: SILVA S. O. S. *et al.*, 2015.

Figura 13: Bancada de bambu.



Fonte: SILVA S. O. S. *et al.*, 2015.

Figura 14: Bancada de suporte de arame.



Fonte: SILVA S. O. S. *et al.*, 2015.

O comprimento de uma bancada não deve ultrapassar 20 metros, pois acima disso começa ocorrer falta de oxigênio na solução nutritiva na porção final da bancada, o que prejudica o crescimento das plantas. A bancada ainda deve apresentar um desnível de 2% a 4% ao longo de seu comprimento, isso para que a solução nutritiva percorra toda a extensão dos canais de cultivo. As dimensões das bancadas variam com a espécie do vegetal e com o tipo de canais utilizados. No caso de cultivo de mudas e plantas de ciclo curto, a bancada deve ser de até 1,0 metro de altura e 2,0 metros de largura. Com essas dimensões uma pessoa pode trabalhar tranquilamente dos dois lados da bancada, o que facilitará o transporte das plantas de uma bancada para a outra, assim como os tratamentos culturais, a colheita e a limpeza da mesa (ECOEFICIENTES, 2020).

3.2.6. Reservatório da Solução Nutritiva

Os reservatórios da solução nutritiva na hidroponia podem ser de ferro, alvenaria, plástico, fibra de vidro ou fibrocimento, sendo que os reservatórios de fibra de vidro e de plástico não precisam ser impermeabilizados. O reservatório não deve ficar exposto ao sol, para evitar o aquecimento da solução nutritiva. Deve ser colocado abaixo do nível

das bancadas do cultivo, para que a solução retorne por gravidade (ECOEFICIENTES, 2020).

A capacidade do reservatório depende do número de população de plantas que será cultivado e do tipo de cultura. Ele deverá conter quatro vezes, no mínimo, o volume de consumo diário da solução. Para estimar o consumo diário de um sistema hidropônico, como por exemplo, a alface pode se considerar uma média de 200 ml de solução nutritiva por dia, ou seja, com esse valor pode se calcular o tamanho do reservatório (BELAGRO, 2019).

3.2.7. Produção de Mudanças

Os cultivos de plantas por sistema de hidroponia necessitam do emprego de mudas. O produtor pode optar por adquirir mudas prontas de viveiros, ou produzir suas próprias mudas. No caso de produção de mudas próprias, o agricultor deve adquirir sementes de boa procedência e adaptadas à região de plantio (ECOEFICIENTES, 2020).

Segundo Rijk Zwann (2019), as mudas produzidas pelo modelo tradicional nem sempre tem garantia de qualidade, pois pode não se adaptar adequadamente ao sistema hidropônico e ainda trazer contaminações para o sistema. Por esse motivo, o ideal seria utilizar mudas feitas em bandejas de isopor ou espuma fenólica, como mostra a Figura 15.

Figura 15: Muda de alface cultivada em substrato de fibra de coco.



Fonte: TERRAL, 2016.

3.2.8. Solução Nutritiva

Quando se avalia a viabilidade da implantação da hidroponia, a primeira coisa que tem que ser levada em consideração é a qualidade da água que se pretende utilizar no sistema. Avaliam-se inicialmente a cristalinidade e a concentração natural de sais na água, medidas pela condutividade elétrica. A presença desses sais deve ser considerada na formulação da solução, para se evitar excessos e desbalanceamentos que possa comprometer a solução. O fator mais importante na hidroponia é, sem dúvida, a solução nutritiva, já que a nutrição que permite a cultura da planta é realizada por ela. Assim, na hidroponia, a solução tem papel similar ao do solo nas formas de cultivo tradicionais (BELAGRO, 2019).

Para o desenvolvimento da planta são necessários elementos que se dividem em duas classes: elementos orgânicos como carbono, hidrogênio e oxigênio e elementos minerais como nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre, cálcio, Magnésio, Manganês, Ferro, Zinco, Boro, Cobre, Molibdênio e Cloro (BELAGRO, 2019).

Segundo Rijk Zwann (2019), além desses nutrientes, outros elementos químicos têm sido considerados benéficos ao crescimento de plantas, sem, contudo atender aos critérios de essencialidade. Como exemplo, podemos citar o sódio (Na) para plantas halófitas, o silício (Si) para algumas gramíneas e o cobalto (Co) para plantas leguminosas fixadoras de nitrogênio atmosférico. Na hidroponia, todos os nutrientes são oferecidos para as plantas na forma de solução, e essa 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, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3: Relação de sais/fertilizantes usados como fontes de macronutrientes para o preparo de soluções nutritivas.

Sal ou Fertilizante	Nutriente Fornecido	Concentração	CE (sol.0,1%)	Quantidade para preparar 1 mgL ⁻¹ de cada nutriente
		%	mS	g1.000L ⁻¹
Nitrato de potássio (13-0-44)	K	36,5	1,28	2,74
	N-NO ₃	13		7,69
Nitrato de cálcio Hydro [®]	Ca	19	1,18	5,26
	N-NO ₃	14,5		6,90
	N-NH ₄	1,0		100,00
Magnitra-L [®] 41%, D=1,35	Mg	6	0,50	16,67 (12,35 mL)
	N-NO ₃	7		14,29 (10,59 mL)
Fosfato monoamônio (MAP) purificado (11-60-0)	N-NH ₄	11	0,95	9,09
	P	26		3,85
Nitrato de amônio	N-NH ₄	16,5	1,50	6,06
	N-NO ₃	16,5		6,06
Fosfato monopotássico (MKP) (0-52-34)	K	29	0,70	3,45
	P	23		4,35
Cloreto de potássio (branco)	K	52	1,70	1,92
	Cl	47		2,13
Sulfato de potássio	K	41	1,20	2,44
	S	17		5,88
Sulfato de magnésio	Mg	10	0,88	10,00
	S	13		7,69
Ácido fosfórico 85%, D=1,7	P	46	1,00	2,18 mL

Fonte: FURLAN, 2015.

3.2.9. Substratos

Substrato é o nome utilizado para o meio físico que vai dar sustentação às raízes das plantas. O substrato é o material que a planta utiliza como meio de crescimento, ou seja, ele vai fixar a planta no vaso. Para plantas, ele pode ser composto por um só material ou também por uma mistura balanceada de minerais e materiais orgânicos. Além disso, pode ser um veículo de nutrição para as plantas. Também é importante sabermos que a constituição química e física dos substratos influencia muito no desenvolvimento das plantas (CAMPOS, 2019).

Algum tipo de substrato sempre é usado para germinar sementes no primeiro estágio do crescimento. A germinação igual é uma obrigação, pois economizará custos

ao final do ciclo de crescimento. Diferentes tipos de substratos são usados nos sistemas de cultivo de NFT. Que tipo de substrato um produtor escolherá depende de seu tipo de sistema e preferências em crescimento. Ao usar novos tipos de substrato a cada ciclo de cultivo, a mudança para doenças possivelmente diminuirá (RIJK ZWANN, 2019).

O substrato varia conforme sua composição. É um material que apresenta vantagem no cultivo a curto prazo, pois fornece nutrição para o desenvolvimento das plantas durante um dado tempo. A desvantagem é que após esse período, os nutrientes são lixiviados com a água de irrigação. Por conta disso, as plantas demandarão um local apropriado. No entanto, como apresenta densidade leve e geralmente é feito de material poroso, permite o bom desenvolvimento das raízes das plantas (TERRAL, 2016).

O sucesso de uma cultura depende, em grande parte, da utilização de mudas de alta qualidade, seja no caso de frutífera, olerícola ou florestal. Os principais fatores envolvidos na formação de uma muda são o substrato, a nutrição e o recipiente, os quais devem proporcionar um bom desenvolvimento da muda durante a sua permanência no viveiro, tendo em vista a sua importância no desempenho da futura planta. O substrato exerce a função do solo, fornecendo à planta sustentação, nutrientes, água e oxigênio. Os substratos podem ter diversas origens, ou seja, animal (esterco, húmus, etc.), vegetal (tortas, bagaços, xaxim, serragem, etc.), mineral (vermiculita, perlita, areia, etc.) e artificial (espuma fenólica, isopor, etc.) (GROHO, 2019).

Na produção de mudas, para o cultivo sem solo, deve-se objetivar produzir plantas suficientemente desenvolvidas, com o fim de diminuir o período entre o transplante e a colheita, garantindo, desta maneira, uma otimização da mão de obra disponível e da área da estufa de cultivo definitivo, bem como, um ótimo índice de estabelecimento da população e uma boa sustentação da muda no sistema de cultivo sem solo. Este novo paradigma exige mudança no sistema de produção quanto aos materiais empregados como substratos (ABREU, 2019).

3.2.9.1. Substrato de Turfa

O substrato de turfa, uma mistura de diferentes tipos de matérias-primas, enriquecido com nutrientes e cal e outros aditivos para criar as propriedades físicas e químicas corretas para as mudas. Grandes variedades de substratos de turfa estão disponíveis no mercado. Preste atenção à estrutura do substrato da turfa, que precisa

atender às características do pote / copo líquido em que as culturas se desenvolvem. Outro aspecto importante é a uniformidade da mistura, que influencia a velocidade de germinação. As propriedades químicas também devem ter o equilíbrio correto entre o nível de CE e pH. Para melhores resultados, os meios de cultivo devem ter uma taxa de pH de 5,5 a 6,0 e a taxa de CE de 0,8 a 1,2 (MACAN, 2018).

3.2.9.2. Substrato de Fibra de Coco

Fibra de coco é um subproduto das plantações de coco. O material residual (a casca) é usado para produzir, com um processo de produção especial, o meio de cultivo da co-turfa. A fibra de coco tem uma excelente capacidade de ar e rápida captação de água. Além disso, mantém a capacidade de absorver água, mesmo quando está totalmente seco. Para obter melhores resultados, esse meio de cultivo deve ter uma taxa de pH de 5,5 a 6,0 e a taxa de CE de 0,8 a 1,2. De preferência, use fibra de coco tamponada, caso contrário corre o risco de a planta não absorver o elemento Cálcio (LADEIRA, 2020).

3.2.9.3. Substrato de Vermiculita

Vermiculita pertence ao grupo de filos silicato de minerais. A vermiculita crua possui uma estrutura em camadas, durante o processo de produção a água evapora, resultando em esfoliação do material. A vermiculita é leve, porosa e absorve a água rapidamente. A vermiculita é frequentemente usada para cobrir sementes no estágio de germinação, para proteger as sementes da desidratação, mas também pode ser usada como meio de cultivo de mudas. A vermiculita é inorgânica e estéril e possui boas propriedades capilares, além de possuir alta capacidade de retenção de água (FACTOR, 2015).

3.2.9.4. Substrato de Espuma

Os substratos feitos de espuma são caracterizados por um alto volume de poros e, portanto, extremamente arejados. Diferentes tipos de tampões de espuma estão disponíveis no mercado, para obter melhores resultados, o material deve ter boas capacidades de absorção de água. A água deve ser absorvida rapidamente até um nível aceitável. Normalmente, os tampões de espuma têm uma taxa de CE / pH neutra, o que significa que a solução de nutrientes atua como fertilizante inicial. Os plugues de espuma

podem ser colocados diretamente na calha após a fase do berçário, se o plugue for estável e alto o suficiente para não ser necessário um pote ou copo líquido (FACTOR, 2015).

3.3. Descarte da Solução Nutritiva

É preciso fazer um descarte adequado a esta solução. Há muito debate em torno de como descartar nutrientes hidropônicos, mas é importante saber que a remoção inadequada de resíduos pode levá-lo a contaminar água ou salinizar o solo (SILVA, 2016).

Os nutrientes que a planta precisa para desenvolvimento e produção são fornecidos somente por água enriquecida (solução nutritiva) com os elementos necessários: nitrogênio, potássio, fósforo, magnésio etc., dissolvidos na forma de sais. Basicamente qualquer água potável para consumo humano serve para hidroponia. Embora esses nutrientes sejam eficazes no apoio ao crescimento das plantas, eles podem ser perigosos quando não descartados de forma adequada (TUDO HIDROPONIA, 2019).

Com grande quantidade de nutrientes disponível, diversas mudanças podem ocorrer na comunidade aquática, dentre elas o aumento de determinadas espécies e diminuição de outras. Dentre as espécies que mais se reproduzem em ambientes eutrofizados estão as algas, cianobactérias e bactérias aeróbias (PAULUS, 2016).

O excesso de nutrientes pode ser um fator extremamente importante para aumentar o número de algas e cianobactérias do fitoplâncton em um ambiente (floração). O aumento excessivo desses seres forma uma camada que faz com que a luz solar seja impedida de passar, o que, conseqüentemente, afeta o processo de fotossíntese realizado por algas e plantas aquáticas. Isso causa a morte dos organismos fotossintetizantes que não estão localizados nas camadas mais superficiais (PAULUS, 2016).

A melhor maneira de descartar os nutrientes hidropônicos é filtrar os minerais por meio de um processo de purificação e, em seguida, descartar a água residual restante da maneira que achar melhor. Porém este processo necessita de equipamentos específicos e é muito caro e nenhum produtor faz (PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA, 2021).

Uma maneira mais eficaz de reciclar e descartar sua água hidropônica é purificá-la. Existem muitos tipos de equipamentos hidropônicos que fornecem esse tipo de

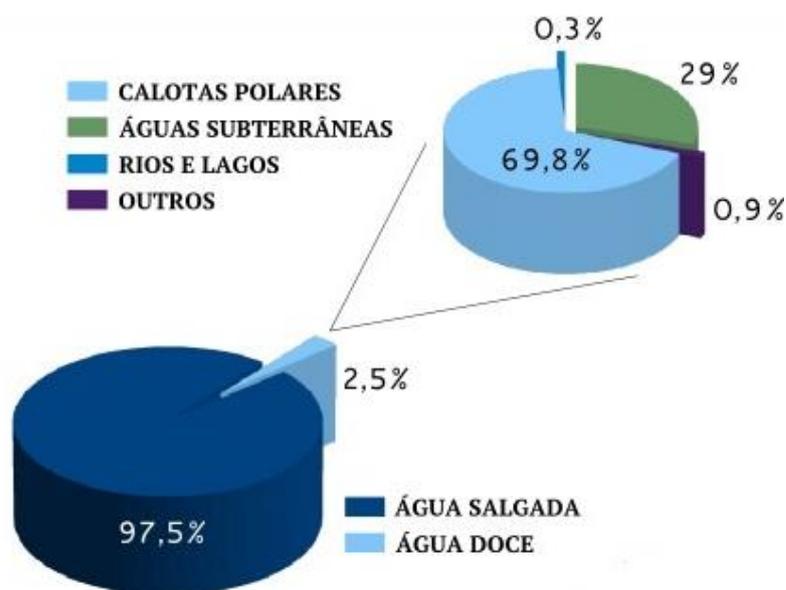
filtragem. Equipamentos de pasteurização e sistemas de desinfecção UV podem fazer isso, mas essas soluções tendem a ter um custo alto e são mais recomendadas para grandes cultivos comerciais (SILVA, 2016).

Uma das maneiras mais simples e econômicas de purificar a água hidropônica é com o uso de um filtro de água para retirada de partículas sólidas e posterior assepsia para retirada de fungos e bactérias nocivas às plantas, com uso de UV, peróxido ou ozônio. Para produtor que trabalha com sistema hidropônico em NFT e com produção de culturas em solo, esta solução de descarte é simplesmente armazenada e filtrada para ser usada na fertirrigação destas culturas, como couve, salsa, cebolinha, entre outros (PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA, 2021).

3.3.1. Poluição Hídrica

Segundo Thomas F. R. S. *et al.* (2015), o planeta Terra é composto em sua maioria por água, cerca de 70% de sua superfície é representada pelos oceanos. Do total existente, 97,5% é água salgada e 2,5% é água doce, sendo que 69,8% dessa água doce se encontram na forma de gelo nas calotas polares, 29% como água subterrânea e somente 0,3% compõem as águas de superfície representadas por rios e lagos, conforme mostra a Figura 16:

Figura 16: Gráfico da distribuição da água na superfície terrestre.



Fonte: GALATI G. M. F. *et al.*, 2015.

Entre os vários usos dessa pequena parcela superficial, o mais nobre é a produção de água tratada para o consumo humano, até por exigir o maior grau de qualidade, e o menor e mais prejudicial, para transporte e afastamento de rejeitos (ALMEIDA, 2019).

A história da humanidade mostra que a fixação do homem a uma região foi condicionada a disponibilidade de recursos necessários à sua sobrevivência, porém a mesma importância dada ao recurso não foi dispensada para os resíduos gerados, permitindo o contato íntimo com fontes cada vez mais impuras. Os cursos d'água são um meio conveniente para disposição de resíduos, a ação de rejeitar sobre as fontes o resíduo gerado foi denominada de poluição (THOMAS F. R. S. *et al.*, 2015).

Existem várias atividades humanas que afetam a qualidade dos corpos hídricos, entre elas: a agrícola, industrial, mineradora, obras hidráulicas e lançamento de efluentes domésticos não ou parcialmente tratados (THOMAS F. R. S. *et al.*, 2015).

No Brasil, o déficit de serviços de esgotamento sanitário ainda é grande, devido ao crescimento desordenado dos centros urbanos e ao investimento focado no abastecimento de água, ignorando dessa forma, a coleta e tratamento de esgotos. Não é incomum, principalmente em áreas rurais e nas periferias das grandes cidades, o despejo de esgoto bruto em corpos d'água ou diretamente no solo, comprometendo significativamente a qualidade desses corpos hídricos e, conseqüentemente, o seu uso para fins mais nobres (MAGALHÃES, 2021).

Traduzindo em números, somente 48,3% dos municípios brasileiros possuem coleta de esgoto, destes, 69,4% têm algum tipo de tratamento. Quando comparada à realidade dos centros urbanos com as áreas rurais, as estatísticas são ainda mais preocupantes. Na zona rural brasileira, 48% 16 do esgoto gerado tem algum tipo de tratamento, em contraste com os 87% das áreas urbanas (MAGALHÃES, 2021).

A principal fonte de poluição ou contaminação na captação de água para abastecimento nos municípios brasileiros é o esgoto sanitário, superando fontes como: despejos industriais, destinação inadequada de resíduos sólidos, atividade mineradora e contaminação por agrotóxicos. De acordo com os dados, mais de 0,3% dos municípios têm contaminação por esgoto sanitário em poços rasos, 0,6% em poços profundos e quase 9,0% em mananciais superficiais. Um importante constituinte do esgoto sanitário e causador de graves prejuízos ambientais nos corpos d'água são os nutrientes nitrogênio e

fósforo, tidos como limitantes do crescimento biológico e responsáveis pelo processo de eutrofização (ALMEIDA, 2019).

3.3.1.1. Eutrofização

Eutrofização, do grego “*eutrophos*”, que significa bem nutrido, é um processo observado em diferentes corpos d'água e que se caracteriza pelo aumento de nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio, o que provoca surgimento excessivo de organismos como algas e cianobactérias (MACEDO e TAVARES, 2018).

Um ambiente eutrofizado acaba adquirindo uma coloração turva (Figura 17), e a quantidade de oxigênio diminui, o que causa a morte de várias espécies (SANTOS, 2018).

Figura 17: Corpo hídrico eutrofizado.



Fonte: GALATI G. M. F. *et al.*, 2015.

A grande quantidade de nutrientes, aumentada também pela morte das algas, ajuda na reprodução e aumento exagerado de bactérias aeróbias. Por utilizarem oxigênio na sua respiração, essas bactérias acabam consumindo grande quantidade desse gás, o que acarreta a morte de várias outras espécies, como os peixes e outros seres aquáticos. Vale destacar que, com a falta de oxigênio, as bactérias aeróbias também acabam morrendo (MACEDO e TAVARES, 2018).

A eutrofização pode ocorrer como resultado da ação humana ou ainda possuir causa natural. O homem pode desencadear a eutrofização quando, por exemplo, lança no ambiente aquático resíduos, como o esgoto doméstico e industrial, ou faz a utilização inadequada de adubos orgânicos, que podem ser transportados para o ambiente aquático. Esse tipo de eutrofização é denominado de eutrofização cultural ou artificial (NOGUEIRA C. O. R. *et al.*, 2015).

Esse fenômeno pode também apresentar uma causa natural, sendo observado, por exemplo, no curso normal do envelhecimento dos corpos d'água, uma vez que, com o passar do tempo, os nutrientes vão se acumulando no ambiente e favorecendo o desenvolvimento de algas. Diferentemente da eutrofização cultural, a eutrofização denominada de natural ocorre de maneira gradual e lenta (NOGUEIRA C. O. R. *et al.*, 2015).

As fontes de nutrientes que provocam a eutrofização podem ser classificadas em dois grupos: difusas e pontuais. As fontes pontuais são aquelas em que o fornecimento de nutrientes ocorre em locais específicos, como o lançamento de esgoto em rios. As fontes difusas, por sua vez, apresentam-se em diferentes pontos de descarga, podendo abranger grandes áreas. Essas últimas fontes são mais difíceis de serem controladas e identificadas (SANTOS, 2018).

3.3.1.1.1. Nutrientes Relacionados ao Processo de Eutrofização

Os principais nutrientes relacionados ao processo de eutrofização são o nitrogênio (N) e o fósforo (P). A limitação por nitrogênio e fósforo pode variar espacialmente e temporariamente, dentro da mesma bacia hidrográfica, por fatores como: geologia, solos, clima, fluxo d'água, biologia e atividades antrópicas (NETO, 2018).

O nitrogênio é importante para o crescimento e o desenvolvimento das plantas, animais e seres humanos, sendo um elemento essencial para a segurança alimentar. A forma de N_2 (gás de nitrogênio) é naturalmente produzida pela fixação biológica de nitrogênio, pela queima de biomassa e pelos relâmpagos. Além disso, a ciclagem de nitrogênio nos ecossistemas ribeirinhos interage com a zona hiporexia, o aquífero e a planície de inundação. Já em ambientes costeiros, como os estuarinos, o ciclo dos macronutrientes, entre eles N e P, depende de processos interligados, como: hidrodinâmica, morfologia, influxo de água doce e tempo de residência da água, troca

com águas costeiras, entre outros processos. As formas encontradas do nitrogênio nesses locais são: nitrogênio orgânico dissolvido (NOD), nitrogênio orgânico particulado (NOP) e as formas inorgânicas de amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-), N_2 (gás de nitrogênio) e óxido nitroso (N_2O) (NETO, 2018).

O fósforo (P), nutriente essencial para a eutrofização, é o décimo primeiro elemento mais abundante na Terra. A maior parte dele está contida na litosfera, sendo disponibilizado pela meteorização das rochas continentais. O fósforo, no meio aquático, pode ser encontrado nas formas inorgânicas, pelo uso indiscriminado de fertilizantes químicos na agricultura, como o didrogenofosfato de cálcio $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, altamente solúvel em água; ou pelas emissões de efluentes urbanos, ricos em polifosfatos, dos produtos de limpeza, ortofosfato e fosfatos inorgânicos condensados dos esgotamentos sanitários não tratados (SILVA, 2019).

3.3.2. Parâmetros de Qualidade Hídrica

A água, devido às suas propriedades de solvente e à sua habilidade de transportar partículas, incorpora a si diversas impurezas, que definirão sua qualidade. Esta qualidade é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem. De maneira geral, pode-se dizer que a qualidade de uma água é função das condições naturais e da interferência dos seres humanos (FIÃES, 2021).

A qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros, que representam as suas principais características físicas, químicas e biológicas. As características físicas, químicas e biológicas das águas naturais decorrem de uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e na bacia hidrográfica, como consequência das capacidades de dissolução de uma ampla gama de substâncias e de transporte pelo escoamento superficial e subterrâneo (NOGUEIRA C. O. R. *et al.*, 2015).

3.3.2.1. pH

O pH representa a concentração de íons H^+ promovendo uma condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade na água. A faixa de pH é de 0 a 14. O constituinte responsável pelo pH ocorre na forma de sólidos dissolvidos e de gases dissolvidos. A sua origem natural deve-se à dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, à oxidação da

matéria orgânica e à fotossíntese. A sua origem antropogênica deve-se aos despejos domésticos (degradação de matéria orgânica) ou industriais (lavagem ácida de tanques, por exemplo) (SILVA, 2019).

Este parâmetro não apresenta riscos em termos de saúde pública, a menos que seu valor seja muito baixo ou muito alto, podendo provocar irritações nos olhos e na pele. Os valores afastados da neutralidade podem afetar a vida aquática. Os valores muito altos podem estar associados à proliferação de algas. A neutralidade ocorre com pH igual a 7,0. Valores abaixo disso causam condições ácidas e valores acima condições básicas (FIÃES, 2021).

3.3.2.2. Turbidez

A turbidez demonstra o grau de interferência com a passagem de luz através da água, atribuindo uma aparência turva à mesma. Seus constituintes responsáveis são os sólidos em suspensão. A turbidez apresenta origem natural, ou seja, partículas de rochas, de silte e argila, de algas e de outros microrganismos ou de origem antrópica como despejos domésticos, despejos industriais e erosão. A sua origem natural não demonstra inconvenientes sanitários, exceto esteticamente. A sua origem antrópica pode estar relacionada a presença de compostos tóxicos e organismos patogênicos. Por diminuir a penetração de luz, prejudica a fotossíntese em corpos d'água. É medida através de unidades de turbidez (BARÃO, 2017).

3.3.2.3. Sólidos

A presença dos sólidos pode estar associada tanto a características químicas como biológicas. Os sólidos em suspensão são as partículas capazes de serem retidas por processos de filtração. Os sólidos dissolvidos são compostos por partículas com diâmetro inferior a 3-10 μ m e que continuam em solução mesmo após a filtração. A existência de sólidos na água pode ocorrer de forma natural (processos erosivos, orgânicos e detritos orgânicos) ou antropogênica (lançamento de lixo e esgoto). Mesmo que os parâmetros de turbidez e os sólidos estejam associados, eles não são absolutamente equivalentes. O padrão de potabilidade refere-se apenas a sólidos totais dissolvidos, com um limite de 1000mg/l, tendo em vista que essa parcela demonstra a influência do lançamento de esgotos, além de afetar a qualidade organoléptica da água (FIÃES, 2021).

3.3.2.4. Demanda Bioquímica de Oxigênio

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar (oxidar) a matéria orgânica, através de processos bioquímicos de decomposição. Os processos são executados por bactérias aeróbias, para transformar a matéria orgânica em uma forma inorgânica estável. Trata-se de uma medida indireta da quantidade de matéria orgânica (carbono orgânico biodegradável) (BARÃO, 2017).

A DBO é reconhecida como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. Quando o período de incubação da DBO é de 5 dias, em uma temperatura de incubação de 20°C, a DBO é conhecida como DBO 5,20. A DBO se torna elevada num corpo d'água quando acontecem despejos de origem, predominantemente, orgânica. A existência de um alto teor de matéria orgânica pode resultar no completo esgotamento do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática (ALMEIDA, 2019).

3.3.2.5. Demanda Química de Oxigênio

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica em um corpo hídrico através de um agente químico. A elevação da concentração de DQO num corpo d'água é ocasionado, na maioria das vezes, por despejos de origem doméstica e industrial. A DQO é um parâmetro indispensável nos estudos de descrição de esgotos sanitários e de efluentes industriais. É interessante a utilização da DQO conjuntamente com a DBO para observar a parcela biodegradável dos despejos (WALTER, 2018).

3.3.2.6. Temperatura

A temperatura pode ser definida como uma medida da intensidade de calor, apresenta origem natural, ou seja, transferência de calor por radiação, condução e convecção. A origem antrópica deve-se, especialmente, aos despejos industriais, as altas temperaturas aumentam a taxa das reações físicas, químicas e biológicas e diminuem a solubilidade dos gases. Os organismos aquáticos são prejudicados por temperaturas fora

de seus limites de tolerância térmica, o que provoca impactos sobre seu crescimento e reprodução. Todos os corpos d'água apresentam variações de temperatura ao longo do dia e das estações do ano. Entretanto, o lançamento de efluentes com altas temperaturas pode causar impacto significativo nos corpos d'água (BARÃO, 2017).

3.3.2.7. Nitrogênio

Dentro do ciclo do nitrogênio na biosfera, este se transforma entre várias formas e estados de oxidação. No meio aquático o nitrogênio pode ser detectado sob a forma molecular (N_2), como amônia (livre NH_3 e ionizada NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). A forma do constituinte responsável pela ocorrência do nitrogênio na água são os sólidos em suspensão e os sólidos dissolvidos. A sua origem natural é em virtude do mesmo ser constituinte de proteínas e vários outros compostos biológicos, além de ser constituinte da composição celular de microrganismos. A sua origem antropogênica deve-se aos despejos domésticos, despejos industriais, uso de fertilizantes e excrementos de animais (ALMEIDA, 2019).

O nitrogênio é um elemento fundamental para o crescimento de algas, podendo conduzir a processos de eutrofização do corpo hídrico em algumas ocasiões. Nos processos bioquímicos de conversão da amônia a nitrito e deste a nitrato, tem-se o consumo de oxigênio dissolvido no meio, podendo prejudicar a biota local. A forma encontrada do nitrogênio no corpo d'água pode fornecer indicações sobre o estágio da poluição ocasionada por despejo doméstico no mesmo. Em caso de poluição recente, o nitrogênio encontra-se, principalmente, sob a forma de nitrogênio orgânico ou amônia e em caso de poluição antiga, basicamente, sob a forma de nitrato. Nos esgotos domésticos brutos prevalecem as formas orgânicas e amônia (ALMEIDA, 2019).

3.3.2.8. Oxigênio Dissolvido

O Oxigênio Dissolvido (OD) é de fundamental importância para os organismos aeróbios, como, por exemplo, os peixes que precisam do oxigênio dissolvido na água para a sua sobrevivência. As baixas concentrações de oxigênio dissolvido são indícios de processos de oxidação de substâncias lançadas nos rios. Quando se considera apenas a concentração de oxigênio dissolvido, as águas poluídas tendem a serem aquelas que apresentam baixa concentração de OD, devido ao seu consumo na decomposição de

compostos orgânicos. Enquanto, as águas limpas tendem a apresentar concentrações de OD elevadas, atingindo níveis pouco abaixo da concentração de saturação (WALTER, 2018).

3.3.2.9. Fósforo

O fósforo na água apresenta-se basicamente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fosfato orgânico. Os ortofosfatos são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico, sem a necessidade de conversão a formas mais simples. Os ortofosfatos mais detectados na água são o PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- e H_3PO_4^- . A sua presença na água ocorre em função da presença de sólidos em suspensão e dos sólidos dissolvidos. A sua origem natural é devido à dissolução de compostos do solo e a decomposição da matéria orgânica. A sua origem antropogênica ocorre devido aos despejos domésticos, despejos industriais, detergentes, excrementos de animais e uso de fertilizantes. Assim como acontece com o nitrogênio, o fósforo é um elemento essencial ao crescimento de algas e, em grande quantidade pode causar processo de eutrofização dos corpos d'água. Além disso, é um elemento indispensável também para o crescimento dos microrganismos que estabilizam a matéria orgânica (WALTER, 2018).

3.3.3. Legislação

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos teve sua implantação ordenada pela Constituição de 1988. Em atendimento a este princípio constitucional, foi promulgada a Lei nº 9.433, em 9/1/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL, 2019).

São objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos assegurar a necessária disponibilidade de água, a utilização racional e integrada dos recursos e a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos (MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL, 2019).

A resolução CONAMA nº 357 de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e os padrões de lançamento de efluentes. Além disso, estabeleceu a classificação das águas (doces, salinas e salobras) e, para cada uma delas, foram

estabelecidos limites e/ou condições em função de sua destinação final ou segundo seus usos preponderantes (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2020).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2020), a conceituação adotada pela Resolução CONAMA nº 357 de 2005 (CAPÍTULO I, Artigo 2º) é:

- **Águas Doces:** são águas com salinidade igual ou inferior a 0,5‰;
- **Águas Salobras:** são águas com salinidade superior a 0,5‰ e inferior a 30‰;
- **Águas Salinas:** são águas com salinidade igual ou superior a 30‰.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2020), o Enquadramento consiste no estabelecimento de uma meta ou objetivo de qualidade da água a ser alcançado ou mantido em um curso d'água, considerando os usos ao longo do tempo. Da classificação dos corpos de água (CAPÍTULO 2, Artigo 6º). Seção II, Águas salobras. As águas salobras são assim classificadas:

I - Classe especial: águas destinadas:

- a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; e,
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - Classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à aquicultura e à atividade de pesca;
- d) ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado;
- e
- e) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

III - Classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) à pesca amadora; e
- b) à recreação de contato secundário.

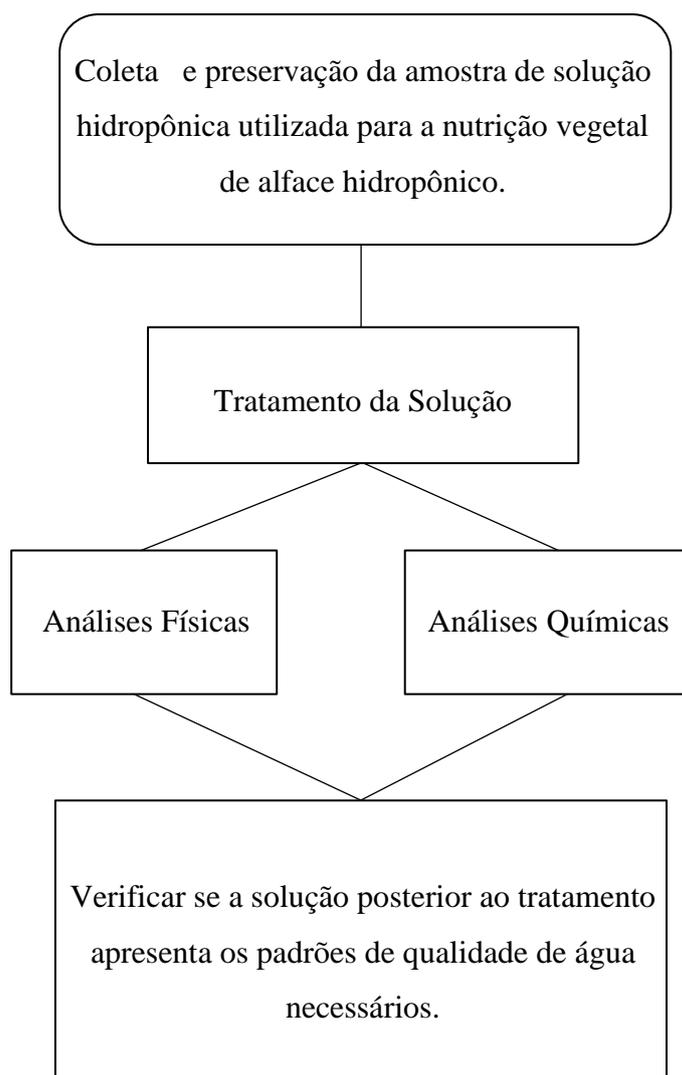
IV - Classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística

4. MATERIAIS E MÉTODOS

As atividades experimentais foram realizadas no laboratório de química da ETEC Trajano Camargo, sob supervisão da orientadora Prof^a. Dr^a. Gislaine Aparecida Barana Delbianco e do coorientador Prof. Dr. Sérgio Delbianco Filho, conforme mostra a Figura 18:

Figura 18: Fluxograma das atividades prática realizadas.



Fonte: Acervo Pessoal, 2021.

4.1. Coleta e Preservação da Amostra de Solução Nutritiva Utilizada para a Nutrição Vegetal de Alface Hidropônico

Realizou-se a devida amostragem dessa solução hidropônica na Instituição Global Hortaliças, fornecedora de produtos alimentícios de Limeira/SP, utilizando-se todas as técnicas necessárias. A amostra foi mantida em um recipiente de vidro hermético, para evitar perdas por vaporização, por se tratar de uma solução líquida.

Segundo informações cedidas pelo produtor Sr. Rinaldo que prepara a solução, para cada 1000 L de solução, temos:

- 600g de nitrato de cálcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$);
- 40g de quelato de ferro 6%, um fertilizante à base de ferro;
- 450g de nitrato de potássio (KNO_3);
- 400g de sulfato de magnésio (MgSO_4);
- 80g de MAP, um fertilizante a base de di-hidrogenofosfato de amônio;
- 35g de MICRO, um fertilizante com uma grande quantidade de micronutrientes necessários para o crescimento das plantas, como zinco, magnésio, boro, enxofre, molibdênio e afins.

4.2. Tratamento da Solução

Para realização deste tratamento, os processos foram baseadas nos trabalhos de Arthur I. Vogel, autor do livro “Química Analítica Qualitativa” (editora Mestre JOU, 1981) e Pedro M. Braile / José Eduardo W. A. Cavalcanti, autores do livro “Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais” (editora CETESB, 1979), mais especificamente, os conceitos de Remoção de Fósforo por Precipitação Química e Remoção de Nitrito por Elevação de pH com Hidróxido de Sódio e Ureia presentes na obra dos autores citados foram utilizados.

Como principais nutrientes utilizados na nutrição vegetal são os elementos NPK (Nitrogênio, Fósforo e Potássio), mais especificamente o Nitrogênio e o Fósforo, contidos nas suas mais diversas formas moleculares, principalmente na configuração de Nitratos, Nitritos e Fosfatos, os tratamentos foram realizados apenas com o intuito de quantificar esses compostos. Além disso, em razão de problemas advindos da pandemia da COVID-19, foi decidido dar prioridade apenas a esses tratamentos e testes.

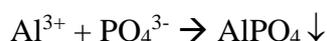
Após o preparo e rotulagem da amostra, separou-se duas alíquotas de 100mL de solução, denominadas de Amostra 1 e Amostra 2, sendo ambas transferidas para um erlenmeyer de 250mL.

A Amostra 1 foi submetida a um tratamento com hidróxido de sódio (NaOH), também conhecido como soda cáustica, e a Amostra 2 sofreu um tratamento com diaminometanal ((NH₂)₂CO), mais comumente conhecido como ureia. O pH da Amostra 1 foi elevado até valores próximos de 12 e o pH da Amostra 2 até valores próximos de 8. Levando em conta os métodos citados anteriormente, a ideia era que, com o aumento do pH, uma grande parte dos compostos nitrogenados, eventuais metais e outros contaminantes menores precipitassem. Para um volume de solução de 100mL, foram utilizados a massa de 10g de hidróxido de sódio na Amostra 1 e 100g de ureia na Amostra 2, a massa desses reagentes foi então diluída nos 100mL da solução inicial.

Posteriormente, ambas as amostras passaram por um tratamento térmico para volatilizar possíveis compostos amoníacos, permanecendo em ebulição por cerca de 5 minutos em um bico de Bunsen à temperatura controlada, como mostra a seguinte reação química:



Após a realização de uma filtração simples, feita apenas com o auxílio de um funil e papel de filtro, em razão do precipitado formado no anterior processo de elevação de potencial hidrogeniônico, as amostras transcorreram para um tratamento com sulfato de alumínio (Al₂(SO₄)₃), com o intuito de precipitar possíveis compostos a base de fósforo e derivados. Foram utilizados nesse processo 10g de sulfato de alumínio para cada 100mL de solução. Diluiu-se essa massa na solução, com base na reação de precipitação química do fósforo com sulfato de alumínio abaixo:



Em seguida, as amostras passaram por outra filtração simples, para retirar o precipitado formado e, posteriormente, um ajuste de pH para algo entre 6,5 e 7, com

auxílio de um pHmetro e ácido sulfúrico (H_2SO_4). Em consequência do processo de neutralização, foi necessário realizar outra filtração para retirar os sais formados durante a reação.

4.3. Análises Físico-Químicas

Como dito anteriormente, as análises priorizadas foram de quantificação do nitrito e do fosfato, pois, elementos à base de fósforo e nitrogênio são essencialmente encarregados pela eutrofização.

Como principais nutrientes utilizados na nutrição vegetal são os elementos NPK (Nitrogênio, Fósforo e Potássio), mais especificamente o Nitrogênio e o Fósforo, contidos nas suas mais diversas formas moleculares, principalmente na configuração de Nitratos, Nitritos e Fosfatos, os tratamentos foram realizados apenas com o intuito de quantificar esses compostos. Além disso, em razão de problemas advindos da pandemia da COVID-19, foi decidido dar prioridade apenas a esses tratamentos e testes.

4.3.1. Ensaio de Quantificação do Nitrito

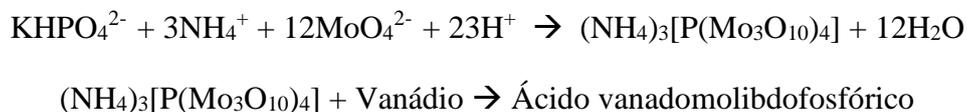
Realizou-se uma análise quantitativa de nitrito utilizando um teste de aquário. Para isso, foram separados 15mL de ambas as soluções tratadas, além da amostra inicial que não passou por tratamento, transferiu-se esse volume para tubos de ensaio e, seguindo as orientações anexas ao teste de aquário, transferiu-se algumas gotas de uma solução indicadoras, que alterariam a tonalidade da solução de acordo com a quantidade de nitrito presente.

4.3.2. Ensaio de Quantificação do Fosfato

A espectrofotometria (espectrometria de absorção molecular UV/Visível) é largamente utilizada para a determinação quantitativa de um grande número de espécies inorgânicas, orgânicas e biológicas. Essa técnica baseia-se na medida da transmitância ou absorbância de uma solução, numa faixa muito estreita de comprimento de onda.

O método utilizado foi de espectrofotometria de absorção no visível, disponibilizado pela Prof^a. Dra. Tânia M. B. Bresolin, Professora de Biomedicina na

UNIVALI, no canal do Youtube “Análise Ambiental Univali” (Aula prática – Análise de fosfato em água), tendo como referência o seguinte processo química:



O Ácido vanadomolibdofosfórico altera a cor da solução com base na concentração de fosfato na amostra, mais especificamente, apresenta uma cor amarelo-alaranjado com intensidade diretamente proporcional à concentração de fosfato na amostra.

Primeiramente, para confeccionar a curva analítica foi utilizado o composto de referência di-hidrogeno fosfato de potássio (KH_2PO_4). Para o preparo da solução estoque, pesou-se 110mg do sal citado anteriormente e diluiu-se para 250mL, em um balão volumétrico do mesmo volume, obtendo-se, assim, uma solução com concentração de fosfato em 100mg/L. A solução indicadora utilizada deveria ser o vanadato molibdato SR, mas por conta de alguns problemas técnicos, ele teve que ser substituído pelo molibdato de amônio, utilizando-se um volume de 10mL na solução estoque.

Para o preparo das diluições, utilizou-se 5 balões volumétricos de 50mL. Com o devido volume de solução estoque necessário calculado, preparou-se 5 soluções com as respectivas concentrações de fosfato de 2mg/L, 6mg/L, 10mg/L, 14mg/L e 20mg/L.

Infelizmente, em razão de alguns problemas técnicos, não foi possível realizar o posterior teste de absorvância e a curva de calibração.

5. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

5.1. Coleta e Preservação da Amostra de Solução de Nutritiva Utilizada para a Nutrição Vegetal de Alface Hidropônico

Em visita realizada na Empresa Global Hortaliças (Figura 19), fornecedora de produtos alimentícios de Limeira/SP, utilizando-se todas as técnicas necessárias. A amostra foi mantida em um recipiente de vidro hermético, para evitar perdas por vaporização, por se tratar de uma solução líquida, como mostra a Figura 20:

Figura 19: Imagem do ciclo de produção hidropônica da Global Hortaliças.



Fonte: Acervo Pessoal, 2021.

Figura 20: Amostra inicial após a coleta.



Fonte: Acervo Pessoal, 2021.

A técnica de amostragem utilizada foi de cunho probabilístico, mais especificamente uma amostragem aleatória simples. Já que a solução estava contida em grandes tanques com homogeneização, não houve necessidade de utilizar nenhum outro método. A solução foi mantida em refrigeração e longe de fontes de luz a maior parte do tempo, com o intuito de evitar alterações de características físicas e químicas.

Esse foi o processo mais simples realizado, o produtor, por motivos de segurança, não permitiu a aproximação de pessoas nesses grandes tanques, então foi descrito como que o mesmo deveria realizar a amostragem, de preferência coletando a amostra em uma parte relativamente profunda e central, além de destacar que o recipiente hermético deveria ser completamente preenchido, para evitar que ar e gases ficassem contidos junto com a amostra. Em entrevista realizada com Sr. Rinaldo, foi dito que o tempo de vida útil da solução é aproximadamente 18 dias, além de não haver tratamento para o descarte da solução. O volume de solução utilizado é da ordem dos milhares de litros.

5.2. Tratamento da Solução

5.2.1 Comparação entre Amostra 1 e 2

A Amostra 1, tratada com hidróxido de sódio, apresentou um resultado superior a Amostra 2, tratada com ureia. Ficou bem claro que, para elevar o pH das soluções até o valor de 12, foi necessária uma quantidade muito menor de soda cáustica em relação ao diaminometanal, mais especificamente, uma quantidade 10 vezes menor. Isso ocorre devido ao fato do hidróxido de sódio possuir um potencial hidrogeniônico bem maior que a ureia. Além disso, as reações de precipitação apresentaram maior qualidade na Amostra 1, pelo mesmo motivo citado anteriormente.

O processo de neutralização foi realizado com o auxílio de ácido sulfúrico e hidróxido de sódio. Qualquer composto inorgânico com baixa taxa de pH poderia ser utilizado, já que o intuito é unicamente a alteração do pH.

No processo de elevação do pH com objetivo de decantar os nutrientes prejudiciais, foi possível observar a variação de comportamento entre uma base forte e uma base fraca. Na Tabela 4 é possível observar esses resultados:

Tabela 4: Diferenças entre as características da Amostra 1 e Amostra 2.

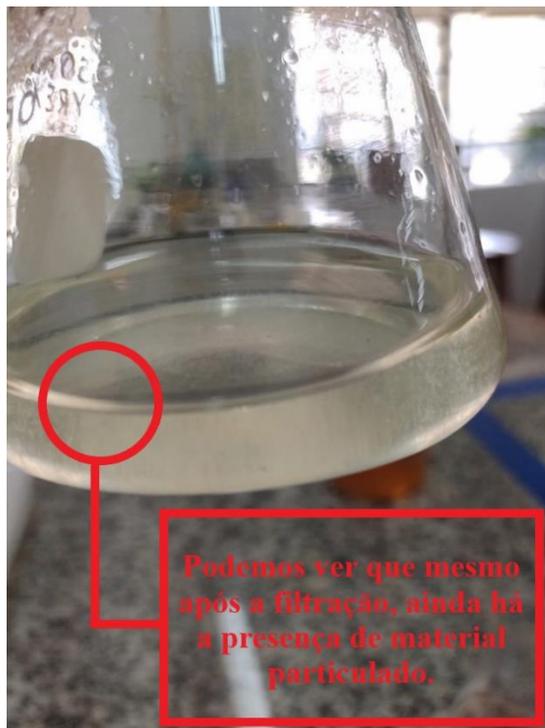
Solução	Massa da base utilizada para 100mL de solução (g)	pH inicial	Volume inicial (mL)	pH final	Volume final (mL)
Amostra 1	10	12	109	6,93	85
Amostra 2	100	8	196	6,92	176

Fonte: Acervo Pessoal, 2021.

No processo de precipitação e filtragem dos componentes nitrogenados por aumento de pH, a Amostra 1 apresentou maior eficiência, houve uma maior quantidade de precipitado e ficou consideravelmente mais visível que a Amostra 2. Ainda na Amostra 1, ela também apresentou uma remoção total de cor da solução. A cor avermelhada da solução se dá em razão da presença de metais como o ferro, a remoção total dessa cor

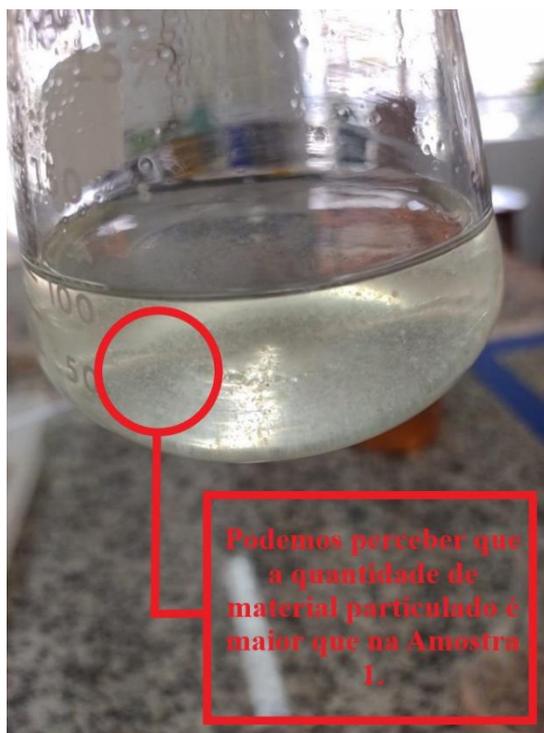
significa que metais como o ferro foram precipitados. A Amostra 2, mesmo após o tratamento com ureia, ainda apresentou uma tonalidade levemente rosa. Além disso, durante o processo de ebulição, a Amostra 1 aparentou ter perdido uma quantidade maior de volume que a Amostra 2, como mostra as Figuras 21 e 22:

Figura 21: Amostra 1 após a filtração da retirada dos compostos nitrogenados e metais.



Fonte: Acervo Pessoal, 2021.

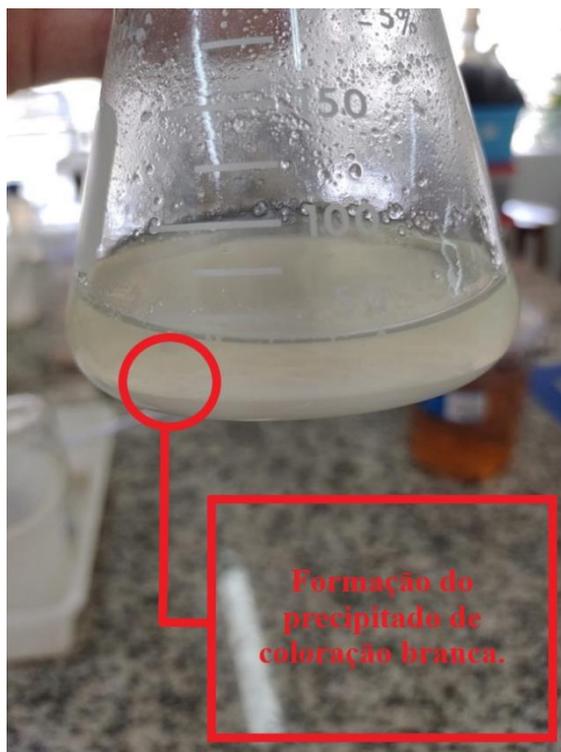
Figura 22: Amostra 2 após a filtração da retirada dos compostos nitrogenados e metais.



Fonte: Acervo Pessoal, 2021.

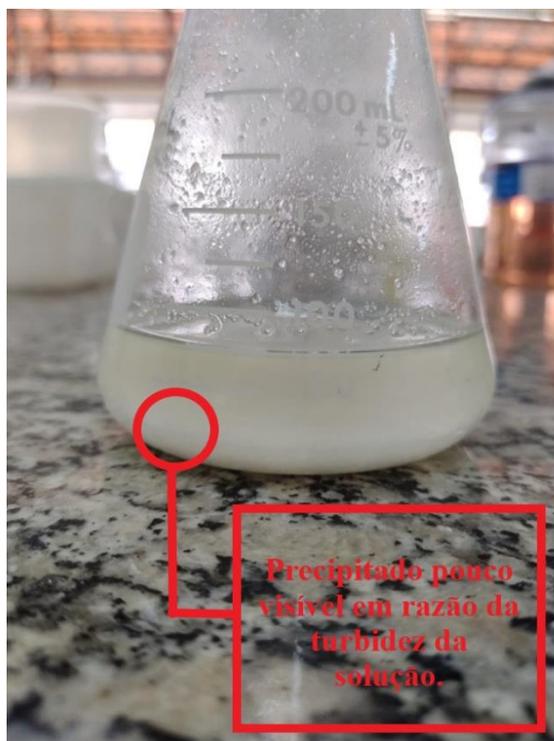
A precipitação química com o Sulfato de Alumínio também apresentou maior eficiência na Amostra 1. Esse tipo de tratamento exige um alto nível de pH e, já que o hidróxido de sódio apresenta maior potencial hidrogeniônico, a precipitação se saiu melhor com esse composto, como mostra as Figuras 23 e 24:

Figura 23: Amostra 1 após o tratamento com sulfato de alumínio.



Fonte: Acervo Pessoal, 2021.

Figura 24: Amostra 2 após o tratamento com sulfato de alumínio.



Fonte: Acervo Pessoal, 2021.

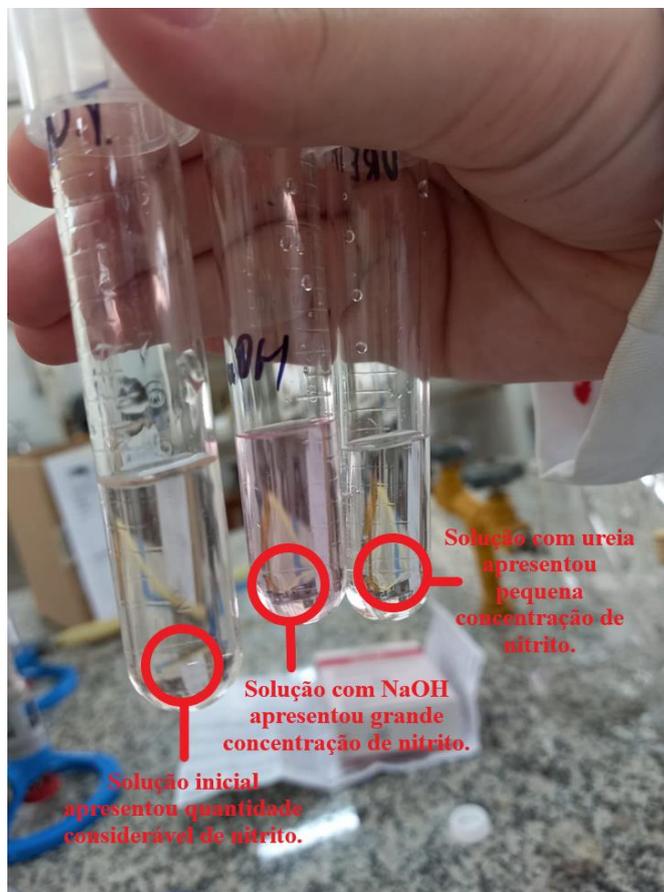
O processo de neutralização ocorreu com o auxílio de um pHmetro, e a filtração dos sais foi realizada com um funil e papel de filtro.

5.3. Análises Físico-Químicas

5.3.1. Ensaio de Quantificação do Nitrito

Devido à falta de reagentes, foi preciso comprar um teste de nitrito para aquário, mais especificamente da marca “Labcon Test”, como mostra a Figura 25:

Figura 25: Teste de concentração de nitrito nas amostras 1 e 2, além da amostra inicial.



Fonte: Acervo Pessoal, 2021.

Com base na análise química quantitativa do nitrito citado anteriormente, apenas a Amostra 2 se encaixa no padrão de qualidade de água (Tabela 5) que, mais especificamente, uma concentração de nitrito inferior a 0,25mg/L.

Tabela 5: Padrão de concentração do teste de nitrito (ppm).

Ideal	Baixa Concetração	Aceitável	Crítico	Baixa Periculosidade	Alta Periculosidade
0ppm	0,25ppm	0,5ppm	1ppm	1,5ppm	2,8ppm

Fonte: Acervo Pessoal, 2021.

Para uma solução ser considerada segura para descarte, ela precisa apresentar níveis de nitrito até a concentração máxima de 1 mg/L. Além disso, também precisa ser incolor, inodora e não apresentar sólidos em suspensão.

5.3.2. Ensaio de Quantificação do Fosfato

Em razão de problemas técnicos, mais especificamente problemas no espectrofotômetro e falta do devido reagente que deveria ser utilizado como indicador, não foi possível dar continuidade à determinação do fosfato. Além disso, também não foi possível registrar imagens desse processo.

5.4. Verificar se a Solução Posterior ao Tratamento Apresenta os Padrões de Qualidade da Água Necessários

Claramente, devido à falta de análises, não é possível afirmar com certeza que a solução tratada apresenta todos os critérios necessários para um descarte seguro.

Mas, com base nas análises sensoriais, foi possível perceber que, após o tratamento, a solução não apresentou coloração, cheiro ou a presença de qualquer tipo de sólidos suspensos visíveis. Não adveio de realizar-se testes de determinação de insipidez, pois, obviamente, não houve ingestão da solução por motivos de segurança.

Com base na análise de nitrito, foi possível perceber que, no geral, apenas a Amostra 2 se encaixa no padrão de concentração máxima de nitrito permitido (Tabela 6)

que, segundo o CONAMA 357 de 2005, se trata de 1 mg/L. Além disso, as soluções tratadas também respeitam ao padrão de pH e aparentam ser incolores e inodoras, ademais, não apresentam uma quantidade visível de sólidos em suspensão.

Tabela 6: Parâmetros de qualidade de água necessários para um descarte seguro.

Parâmetros	Valor Máximo
Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
Nitrito	1 mg/L
Fósforo total	0,1 mg/L
Nitrogênio total	3,7 mg/L
Nitrato total	10 mg/L
Ferro dissolvido	0,3 mg/L
Sulfato total	250 mg/L

Fonte: CONAMA 357, 2005.

6. CONCLUSÃO

A hidroponia é a ciência de crescer plantas numa solução de água e nutrientes, em que as raízes são suportadas por um meio que não seja o solo mas, o que parece ser a solução para uma planta bem nutrida, saudável e com ótimo desenvolvimento também pode se tornar um problema pois, a solução nutritiva e o crescimento da planta requerem acompanhamento profissional e embora esses nutrientes sejam eficazes no apoio ao crescimento das plantas, eles podem ser perigosos quando não descartados de forma adequada.

Eutrofização, do grego “*eutrophos*”, que significa bem nutrido, é um processo observado em diferentes corpos d'água e que se caracteriza pelo aumento de nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio, o que provoca surgimento excessivo de organismos como algas e cianobactérias. Um ambiente eutrofizado acaba adquirindo uma coloração turva, e a quantidade de oxigênio diminui, o que causa a morte de várias espécies.

Foi estudado as propriedades físicas e químicas da solução nutritiva, muito utilizada por produtores de alface hidropônico, comprovando a sua participação no processo de eutrofização dos corpos hídricos quando o descarte é realizado de forma indevida, além de discutir métodos de prevenção e tratamento.

Com base na análise de nitrito, foi possível perceber que, no geral, apenas o tratamento de ureia foi eficiente e respeita os padrões da qualidade de água segundo o CONAMA 357 de 2005, se trata de 1mg/L, com exceção da amostra inicial, que apresentou uma concentração próxima a 1,5mg/L. Além disso, as soluções tratadas também respeitam ao padrão de pH e aparentam ser incolores e inodoras, ademais, não apresentam uma quantidade visível de sólidos em suspensão, ou seja, por mais que não haja confirmação, provavelmente as soluções pós-tratamento apresentam qualidade suficiente para descarte, ao menos a Amostra 2.

Ademais, para possíveis estudos futuros, o grupo sugere que, caso se deseje realizar novamente esses dois métodos de tratamento, sejam aplicados outros testes, tais quais a determinação do fosfato, teste de turbidez, determinação de oxigênio dissolvido e pH. Além disso, recomendamos a utilização de outros reagentes para o tratamento dos resíduos da solução hidropônica.

REFERÊNCIAS:

A história da agricultura, Blog Culte. Disponível em:<<https://medium.com/culte/a-hist%C3%B3ria-da-agricultura-7079cb6b1fd3>>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2021.

ABREU, N.; **O Perigo do Crescente Uso de Agrotóxicos: Saúde, Economia e Meio Ambiente em Xeque**, Blog Auto Sustentável. Disponível em:<<https://autossustentavel.com/2019/04/o-perigo-do-crescente-uso-de-agrotoxicos>>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2021.

Agricultura: confira tudo sobre a prática que é a mais importante para a economia brasileira, Blog Tecnologia no Campo. Disponível em:<<https://tecnologianocampo.com.br/agricultura/>>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2021.

Agricultura: o que é e principais tipos, Blog Ecycle. Disponível em:<<https://www.ecycle.com.br/agricultura/>>. Acesso em: 03 de setembro de 2021.

Agropecuária é o único setor da economia com crescimento na pandemia, Portal do Governo Federal (IBGE). Disponível em:<<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/agropecuaria-e-unico-setor-com-crescimento/>>. Acesso em: 07 de setembro de 2021.

AIRES, Raffaella. **Agricultura no Brasil: história, desenvolvimento e as tendências para o futuro**, Blog myFarm. Disponível em:<<https://www.myfarm.com.br/agricultura/>>. Acesso em: 02 de setembro de 2021.

ALMEIDA, Jaqueline Colvara. **Avaliação do Índice de Qualidade da Água na Lagoa dos Patos**. 2019. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2019.

AQUINO, Joacir Rufino F. C. *et al.* **IMPORTÂNCIA, HETEROGENEIDADE E POBREZA AGRICULTURA FAMILIAR NO ESTADO DO RIOGRANDE DO NORTE**. GEO Revistas, Paudos Ferros, Rio Grande do Norte, Brasil, v.7, n.2, p.66-92, jul./dez.2017.

ARAUJO, Jair Andrade. **Análise dos impactos do Pronaf na agricultura do Brasil no período de 2007 a 2016**, Blog EconStor. Disponível em:<<https://www.econstor.eu/handle/10419/211361>>. Acesso em: 02 de setembro de 2021.

ARAÚJO, Lucas Almeida. **Produção de Alimentos**, Blog Cola da web. Disponível em:<<https://www.coladaweb.com/biologia/alimentos/producao-de-alimentos>>. Acesso em: 13 de fevereiro de 2021.

BARÃO, Luigi Zanatta. **AVALIAÇÃO INICIAL DE LAGOAS DE LEMNAS COM CHICANAS NA REMOÇÃO DE DQO E FÓSFORO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS E NA FIXAÇÃO DE CO₂**. 2017. 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2017.

CAMARGO, Regina Aparecida Leite B. S. **Mercados institucionais para a agricultura familiar e soberania alimentar**. 2016. 22 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, SP, Jaboticabal, 2016.

CAMPOS, Thiago. **Afinal, o que é Substrato?**, Blog ImGrower. Disponível em: <<https://thiagoorganico.com/o-que-e-substrato/>>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2021.

COLLE, Célio Alberto. **HARMONIZAÇÃO E COMPLEMENTARIDADE ENTRE AS POLÍTICAS PARA A AGRICULTURA DO BRASIL E DA UNIÃO EUROPEIA**. 2017. 230 f. Tese de Doutorado (Pós-Graduação em Economia) – Universidade Católica do Rio Grande do Sul, RS, Porto Alegre, 2017.

Como descartar de forma correta os nutrientes hidropônicos, Blog Plataforma Hidroponia. Disponível em: <<https://plataformahidroponia.com/noticias/descarte-nutrientes-hidroponicos/>>. Acesso em: 13 de março de 2021.

CONAMA, Portal Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://conama.mma.gov.br/>>. Acesso em: 06 de setembro de 2021.

CONTINI, Elísio. **Trajatória da Agricultura Brasileira**, Blog Portal Embrapa. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/visao/trajetoria-da-agricultura-brasileira>>. Acesso em: 03 de setembro de 2021.

CUBA, Renata da Silva C. S. B. *et al.* **Potencial de efluente de esgoto doméstico tratado como fonte de água e nutrientes no cultivo hidropônico de alface**. 2015. 11 f. Trabalho de Conclusão De Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias, SP, Araras, 2015.

Cuidados com a solução nutritiva para Hidroponia, Blog Tudo Hidroponia. Disponível em: <<http://tudohidroponia.net/cuidados-com-a-solucao-nutritiva-para-hidroponia/>>. Acesso em: 14 de março de 2021.

CURADO, Adriano. **Revolução Agrícola: Contexto histórico, causas e características**, Blog Conhecimento Científico. Disponível em: <<https://conhecimentocientifico.r7.com/revolucao-agricola/>>. Acesso em: 07 de setembro de 2021.

DAL’SOTTO, Tiago Cardoso. **ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CULTIVO HIDROPÔNICO EM UMA PROPRIEDADE RURAL NO OESTE DO PARANÁ**. 2018. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, PR, 2018.

DIAS, Diogo Lopes. **Evolução da agricultura e suas técnicas**, Blog Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/evolucao-agricultura-suas-tecnicas.htm>>. Acesso em 14 de fevereiro de 2021.

FACTOR, Thiago Leandro. **Curso de Capacitação de Gestores e responsáveis técnicos do Projeto Estadual Hortaliçmento – Instruções para a produção de hortaliças em hidroponia**, Blog APTA Regional. Disponível em:

<<https://www.codeagro.agricultura.sp.gov.br/arquivos/hortalimento/Manejodasolucaonutritiva2015/>>. Acesso em: 14 de março de 2021.

FARIA, Caroline. **Agricultura brasileira**, Blog Info Escola. Disponível em:<<https://www.infoescola.com/agricultura/agricultura-brasileira/>>. Acesso em: 03 de setembro de 2021.

FERREIRA, Carla Samara dos Santos P. C. *et al.* **Mercado de orgânicos no Brasil: vantagens e desvantagens para diferentes tipos de agricultores**. Revista de Agroecologia – ISSN 2236-7934 – V.10, N.3 de 2015.

FIÃES, Gabriela Maria Fernandes. **SISTEMA DE AQUAPONIA RESIDENCIAL: CONSTRUÇÃO E MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA E DO CRESCIMENTO VEGETAL**. 2021. 74 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, 2021.

FIBRA DE COCO – UM SUBSTRATO ESPECIAL PARA AS PLANTAS, Revista TERRAL. Disponível em:<<http://terral.agr.br/plus/modulos/noticias/ler.php?cdnoticia=53>>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2021.

FILHO, Pascoal Saraiva. **Cultivo hidropônico: entenda o que é essa técnica**, Blog BelAgro. Disponível em:<<https://blog.belagro.com.br/cultivo-hidroponico/>>. Acesso em: 04 de setembro de 2021.

FURLANI, Pedro Roberto F. B. F. *et al.* **Cultivo hidropônico de plantas**, Revista Info Bibos. Disponível em:<<https://www.infobibos.com.br/artigos/2019>>. Acesso em: 07 de setembro de 2021.

Galati, Vanessa Cury G. M. F. *et al.* **Aplicação de silício, em hidroponia, na conservação pós-colheita de alface americana 'Lucy Brown' minimamente processada**. 2015. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, RS, 2015.

GAZOLLA, Márcio S. L. *et al.* **A AGRICULTURA ORGÂNICA NO BRASIL: UM PERFIL A PARTIR DO CENSO AGROPECUÁRIO 2006**. Extensão Rural, DEAER – CCR – UFSM, Santa Maria, v.24, n.1, jan./mar. 2017.

GUALBERTO, Ronan A. S. **DESEMPENHO DE CULTIVARES DE ALFACE CRESPA PRODUZIDAS EM HIDROPONIA A PARTIR DE MUDAS PRODUZIDAS EM FLOATING E ESPUMA FENÓLICA**. 2018. 6 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Universidade de Marília, SP, Marília, 2018.

GUEDES, Ítalo. **Produção de hortaliças sem solo**, Blog Saber Hortifruti. Disponível em:<<https://saberhortifruti.com.br/hidroponia/>>. Acesso em: 07 de setembro de 2021.

Hidroponia, Blog Eco Center. Disponível em:<<https://www.ecocenter.pt/hidroponia.html>>. Acesso em: 13 de março de 2021.

Hidroponia, Blog Safra Viva. Disponível em:<<https://safraviva.com.br/hidroponia/>>. Acesso em: 02 de setembro de 2021.

Hidroponia: O risco do nitrato em níveis elevados, Blog Laborsolo. Disponível em:<<https://laborsolo.com.br/analise-de-tecido-foliar/hidroponia-o-risco-do-nitrato-em-niveis-elevados>>. Acesso em: 13 de março de 2021.

Hidroponia: Sistema de Mecha ou Pavio, Blog In-Outdoor Hydroponics. Disponível em:<<https://in-outdoor.com.br/blog/hidroponia-sistema-de-mecha-ou-pavio/>>. Acesso em: 07 de setembro de 2021.

LADEIRA, Natália Maria Borges. **PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE HIDROGÉIS À BASE DE QUITOSANA COM POTENCIAIS APLICAÇÕES NA AGRICULTURA**. 2020. 85 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Química do Instituto de Ciências Exatas, MG, Belo Horizonte, 2020.

LAY-ANG, Georgia. **Hidroponia**, Blog Brasil Escola. Disponível em:<<https://brasilecola.uol.com.br/biologia/hidroponia.htm>>. Acesso em 19 de fevereiro de 2021.

LEITE, Décio M. M. J. *et al.* **Viabilidade econômica da implantação do sistema hidropônico para alface com recursos do PRONAF em Matão-SP**. 2016. 9 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação em Ciências Agrárias) – Universidade de São Paulo, Departamento de Ciências Agrárias, SP, Piracicaba, 2016.

LOPES, Emerson Delano M. A. G. *et al.* **INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO DE PLANTIO NA PRODUÇÃO ENERGÉTICA DE CLONES DE *Corymbia* e *Eucalyptus***. 2017. 10 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Agrárias) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, MG, Diamantina, 2017.

LOSCHIAVO, Rafael. **O que é hidroponia?**, Blog Ecoeficientes. Disponível em:<<http://www.ecoeficientes.com.br/o-que-e-hidroponia/>>. Acesso em: 04 de setembro de 2021.

MACAN, Natália Prado Fortuna. **SOLUÇÃO NUTRITIVA PARA PRODUÇÃO DE MUDAS PRÉBROTADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR EM MESAS DE SUBIRRIGAÇÃO**. 2018. 110 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, SP, Campinas, 2018.

MACEDO, Carla Fernandes T. **EUTROFIZAÇÃO E QUALIDADE DA ÁGUA NA PISCICULTURA: CONSEQUÊNCIAS E RECOMENDAÇÕES**. 2018. 15 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, BA, Cruz das Almas, 2018.

MAGALHÃES, Lana. **Poluição da água**, Blog Toda Matéria. Disponível em:<<https://www.todamateria.com.br/poluicao-da-agua/>>. Acesso em: 05 de setembro de 2021.

MARQUES, Luís. **Agrotóxicos: Atlas do envenenamento alimentar no Brasil**, Blog Instituto Humanitas Unisinos (IHU). Disponível em:<<http://www.ihu.unisinos.br/78-noticias/574597-agrotoxicos-atlas-do-envenenamento-alimentar-no-brasil>>. Acesso em: 07 de setembro de 2021.

MENEGAES, Janine Farias F. R. *Set al.* **Produção sustentável de alimentos em cultivo hidropônico**. 2015. 7 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Agrônômica) – Universidade Federal de Santa Maria, RS, Santa Maria, 2015.

MORAES, Murilo Didonet O. **Produção orgânica e agricultura familiar: obstáculos e oportunidades**. 2017. 19 f. Monografia (Doutorado em Engenharia Agrônômica) – Universidade Federal de Santa Maria, RS, Santa Maria, 2017.

NETO, João Vieira de Moraes. **ÁREAS DE SOLO EXPOSTO INTENSIFICAM O PROCESSO DE EUTROFIZAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**. 2018. 30 f. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2018.

NOGUEIRA, Pollyanna Faria C. O. R. *et al.* **EUTROFIZAÇÃO NO RESERVATÓRIO DA UHE FOZ DO RIO CLARO (GO)**. 2015. 15 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Goiás, Departamento de Ciências Agrárias, GO, Goiânia, 2015.

O que é hidroponia?, Portal Tratamento de Água. Disponível em:<<https://tratamentodeagua.com.br/artigo/o-que-e-hidroponica>>. Acesso em: 14 de março de 2021.

OLIVEIRA, Andréa. **Principais tipos de agriculturas no Brasil**, Blog Cursos CPT. Disponível em:<<https://www.cpt.com.br/cursos-agricultura-organica/artigos/principais-tipos-de-agricultura-no-brasil>>. Acesso em: 03 de setembro de 2021.

OLIVEIRA, Francisco de Assis C. N. A. C. *et al.* **Qualidade de mudas de cultivares de tomateiro em função de soluções nutritivas de concentrações crescentes**. 2017. 8 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Universidade Federal Rural do Semi – Árido, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, RN, Mossoró, 2017.

PAULUS, Dalva P. N. *Met al.* **Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidroponia com águas salinas**. 2016. 8 f. Dissertação de Doutorado (Doutorado em Engenharia Agrônômica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, PR, Curitiba, 2016.

PEDROZO, José Zeferino. **O mundo precisa da agricultura brasileira**, Blog CNABrasil. Disponível em:<<https://www.cnabrazil.org.br/artigos/o-mundo-precisa-da-agricultura-brasileira>>. Acesso em: 03 de setembro de 2021.

PENA, Rodolfo Alves. **Agricultura no Brasil atual**, Blog Mundo Educação. Disponível em:<<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/agricultura-no-brasil-atual.htm>>. Acesso em: 02 de setembro de 2021.

PENA, Rodolfo Alves. **Agricultura**, Blog Mundo Educação. Disponível em:<<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/agricultura.htm>>. Acesso em: 13 de fevereiro de 2021.

PENA, Rodolfo Alves. **Evolução da agricultura e suas técnicas**, Blog Brasil Escola. Disponível em:<<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/evolucao-agricultura-suas-tecnicas.htm>>. Acesso em 01 de setembro de 2021.

PINHEIRO, Marta Helena Duarte. **MEIO AMBIENTE E AGRICULTURA: RUMO A UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL**. 2015. 92 f. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Agronegócio) – Universidade Federal do Paraná, Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, PR, Curitiba, 2015.

REGINA, Bruno. **Desigualdade, agronegócio e agricultura familiar no Brasil: Estudos Sociedade e Agricultura**, vol. 24, núm. 1, abril - setembro, 2016, pp. 142-160 Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, Portal do Ministério Público Federal. Disponível em:<<http://www.mpf.mp.br/>>. Acesso em: 06 de setembro de 2021.

SANTOS, Helivânia Sardinha. **Eutrofização**, Blog Biologia Net. Disponível em:<<https://www.biologianet.com/ecologia/eutrofizacao.htm>>. Acesso em: 13 de março de 2021.

SANTOS, Vanessa Sardinha. **Eutrofização**, Blog Brasil Escola. Disponível em:<<https://brasilecola.uol.com.br/biologia/eutrofizacao.htm>>. Acesso em 14 de março de 2021.

SANTOS, Vitor da Silva Pinheiro F. B. A. *et al.* **Como avança o processo de modernização da agricultura**, Revista Grupo Cultivar. Disponível em:<<https://www.grupocultivar.com.br/noticias/como-avanca-o-processo-de-modernizacao-da-agricultura>>. Acesso em: 07 de setembro de 2021.

Selecionando um tipo de substrato para seu cultivo hidropônico, Blog Rijk Zwaan. Disponível em:<<https://loja.rijkszwaan.com.br/folhosas/selecionando-um-tipo-de-substrato-para-seu-cultivo-hidroponico/>>. Acesso em: 04 de setembro de 2021.

SILVA, Aichely Rodrigues. **AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE EUTROFIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS, DO CENÁRIO NACIONAL AO LOCAL: ESTUDO DE CASO NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS COSTEIRAS DOS RIOS RATONES, ITACORUBI E TAVARES (ILHA DE SANTA CATARINA, BRASIL)**. 2019. 311 f. Tese de Doutorado (Pós-Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2019.

SILVA, Fabiana. **BIORREMOÇÃO DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E METAIS PESADOS (Fe, Mn, Cu, Zn) DO EFLUENTE HIDROPÔNICO, ATRAVÉS DO USO DE *Chlorella vulgaris***. 2016. 87 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Agro ecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, SC, Florianópolis, 2016.

SILVA, Matheus. **Agricultura: História e futuro da humanidade**, Blog Agrosmart. Disponível em:<<https://agrosmart.com.br/blog/historia-da-agricultura/>>. Acesso em: 03 de setembro de 2021.

SOUZA, Gesiane Pinha. **SÍNTESE DE HIDROGEL DE ACETATO DE CELULOSE A PARTIR DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR**. 2016. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) – Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Ciências Agrárias, ES, São Mateus, 2016.

SOUZA, Rainer. **O sistema de produção feudal**, Blog Mundo Educação. Disponível em:<<https://mundoeducacao.uol.com.br/historiageral/o-sistema-producao-feudal.htm>>. Acesso em: 01 de setembro de 2021.

TEIXEIRA, Paulo Sérgio. **Primeiros Engenhos do Brasil Colonial e o Engenho São Jorge dos Erasmos: Preliminares de uma doce energia**, Blog Caiçara. Disponível em:<<http://www.blogcaicara.com/2012/11/artigo-primeiros-engenhos-do-brasil.html>>. Acesso em: 07 de setembro de 2021.

Testes de laboratório em hidroponia, Revista GroHo. Disponível em:<<https://www.hidroponiabrasil.com/post/testes-laboratorio>>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2021.

THOMAS, Alban F. R. S. *et al.* **DEMANDA POR ÁGUA E CUSTO DE CONTROLE DA POLUIÇÃO HÍDRICA NAS INDÚSTRIAS DA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL**. 2015. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2015.

WALTER, Michele Karina Cotta. **ANÁLISE DO ESTOQUE DE CARBONO EM SISTEMAS AGRÍCOLAS E FLORESTAIS EM PASSO FUNDO E FREDERICO WESTPHALEN, RS**. 2018. 188 f. Tese de Doutorado (Pós-Graduação em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2018).

ZEN, Davi Humberto. **HIDROPONIA NO BRASIL: INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA PRODUÇÃO E MERCADO DE HORTALIÇAS**. 2019. 108 f. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Extensões Rurais) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, RS, Santa Maria, 2019.