



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM REDE NACIONAL PARA  
ENSINO DAS CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**O SISTEMA DE AQUAPONIA COMO FERRAMENTA DIDÁTICA CRÍTICA  
PARA PROJETOS EM ENSINO DAS CIÊNCIAS AMBIENTAIS:  
PROPOSIÇÃO METODOLÓGICA**

**Cidade Universitária, Professor José Aloísio de Campos  
São Cristóvão/SE  
Fevereiro de 2021**

**HELEN TAYNARA ARAUJO SANTOS**

**O SISTEMA DE AQUAPONIA COMO FERRAMENTA DIDÁTICA CRÍTICA  
PARA PROJETOS EM ENSINO DAS CIÊNCIAS AMBIENTAIS:  
PROPOSIÇÃO METODOLÓGICA**

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rosana de Oliveira Santos Batista  
Linha de pesquisa: Recursos Naturais e Tecnologia  
Co-Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Shiziele de Oliveira Shimada

Cidade Universitária, Professor José Aloísio de Campos  
São Cristóvão/SE  
Fevereiro de 2021

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

S237s Santos, Helen Taynara Araujo.  
O sistema de aquaponia como ferramenta didática crítica para projetos em ensino das ciências ambientais: proposição metodológica / Helen Taynara Araujo Santos; orientadora Rosana de Oliveira Santos Batista. – São Cristóvão, SE, 2021.  
141 f.

Dissertação (mestrado Profissional em Rede nacional para Ensino das Ciências Ambientais) – Universidade Federal de Sergipe, 2021.

1. Educação ambiental. 2. Ecologia agrícola. 3. Tecnologia - Aspectos sociais. 4. Desenvolvimento sustentável. I. Batista, Rosana de Oliveira Santos, orient. II. Título.

CDU 502.1:37

**HELEN TAYNARA ARAUJO SANTOS**

**O SISTEMA DE AQUAPONIA COMO FERRAMENTA DIDÁTICA CRÍTICA PARA  
PROJETOS EM ENSINO DAS CIÊNCIAS AMBIENTAIS: PROPOSIÇÃO  
METODOLÓGICA**

Dissertação apresentada no Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional em Rede Nacional para Ensino das Ciências Ambientais (PROFCIAMB), como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino das Ciências Ambientais.

Data de aprovação: 26/02/2021.

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Rosana de Oliveira Santos Batista  
Orientadora

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Shiziele de Oliveira Shimada  
Co-Orientadora

Prof. Dr. Jailton de Jesus Costa  
Examinador Externo ao Programa

Prof. Dr. Florisvaldo Silva Rocha  
Examinador Interno ao Programa

Prof. Dr. Saulo Henrique Souza Silva  
Examinador Suplente Interno ao Programa

Cidade Universitária, Professor José Aloísio de Campos  
São Cristóvão/SE  
Fevereiro de 2021

## AGRADECIMENTOS

Foi tudo muito difícil. Fazer novamente um mestrado, quando eu já estava desmotivada e desacreditada do mundo acadêmico. Foi difícil cursar um mestrado, onde eu me perguntava todos os dias se eu estava indo bem, se eu estava no lugar certo. E graças a Deus e a minha orientadora Rosana eu consegui concluir. Foi difícil demais me desconstruir profissionalmente, e me abrir pra algo novo.

Foi extremamente difícil qualificar com meu tio entubado no hospital, por conta de um AVC, e foi muito mais difícil ainda, defender minha dissertação com outro tio entubado no hospital, por conta da COVID. Foi difícil, trabalhar, estudar, fazer uma segunda graduação, perder tantas pessoas por conta desse vírus, inclusive, a avó dos meus sobrinhos Dona Lúcia, minha amiga, colega, mãe, que era uma pessoa tão importante e especial na minha vida, minha colega e companheira de todas as horas.

Portanto, quero agradecer a Deus por ter me dando saúde física e mental pra conseguir concluir esse mestrado. Quero agradecer as minhas orientadoras Rosana e Shiziele por estarem sempre disponíveis, solícitas e sempre prontas a me ajudar e me tranquilizar, principalmente a professora Rosana por ter sido tão compreensiva nessa reta final, sem a sua orientação e sua compreensão a senhora sabe que eu não teria conseguido devido a tantas dificuldades, empecilhos e perdas na minha família.

Quero agradecer também ao meu esposo Wysner, por ter sido tão compreensivo em minhas faltas e estresses diários, por ter sido o pai que minha Maria precisava na minha ausência. Quero agradecer imensamente a minha mãe por ter me auxiliado e dado jus ao ditado que, avó é mãe duas 2x, pra mim a senhora foi mãe 2,3,4,1000 vezes, minha e de Maria, que entre vírus, pandemia, ausência, perdas e conflitos, a senhora sempre esteve firme para cuidar de tudo, muito obrigada mesmo, sem a senhora eu não seria nada.

Agradeço também as minhas irmãs, aos meus tios, tias, primos, primas e amigos, pelo incentivo diário, pelas mensagens me cobrando um bom dia, um feliz aniversário, me desculpem pela ausência necessária, e muito obrigada pela compreensão.

Quero agradecer também a minha turma de mestrado, principalmente a Ana, Milena, Maique e Vivi por todas as conversas motivacionais e compartilhamentos de desespero. E por fim quero dedicar minha conclusão, a minha amiga Lúcia, que infelizmente perdi por conta da COVID-19, muito obrigada por ter sido a melhor amiga, colega e companheira de todas as horas, a senhora sabe o quanto sentimos sua falta, mas sei que está do céu olhando por nós.

## RESUMO

Os Projetos educacionais relacionados às tecnologias sociais, contribuem com o processo de sustentabilidade, por estarem inseridas aos meios de conservação da natureza no âmbito social, econômico e ambiental. O sistema de Aquaponia contempla os princípios agroecológicos, por meio da produção das proteínas animal e vegetal, sem o uso de agrotóxicos, utilizando os recursos hídricos de forma sustentável. O sistema de aquaponia é um modo de produção sustentável que visa contribuir socialmente em dois horizontes, a saber: com as expectativas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS-02), em sua agenda global, ligada aos projetos de soberania e segurança alimentar, nas comunidades dos povos tradicionais, definida pela Organização das Nações Unidas-ONU e, no horizonte da educação, enquanto ferramenta didático-pedagógica, para o ensino das ciências ambientais. Nessa dimensão, o objetivo dessa dissertação é desenvolver um sistema de agroecológico de aquaponia, a partir da metodologia ativa, ABProj, para ensino das ciências ambientais. A presente pesquisa está baseada em uma análise qualitativa, realizada por meio de uma pesquisa básica analítica, mediada por temas específicos como: aquaponia, o uso de projetos no ensino, educação ambiental, tecnologia social e ODS. Destarte, os resultados dessa pesquisa ratificam que o uso de projetos educacionais, mediados por tecnologias sociais com o sistema agroecológico de aquaponia, promovem a multiplicação de técnicas aliadas à triagem da sustentabilidade econômica, social e ambiental, além de agenciar projetos qualificados de acesso à soberania e segurança alimentar nas comunidades tradicionais, corroborando com os objetivos do desenvolvimento sustentável da agenda 2030. Conclui-se, ainda que, em pequenas comunidades, a aplicabilidade de projetos com o sistema de aquaponia retroalimenta o sistema natureza, pois enfatizam a relevância dos diferentes seres que contribuem para a sustentabilidade do ambiente. Contribuí, sobretudo, com a formação de discentes e docentes, na gestão e controle do sistema aquapônico, estimulados pelas diversas atividades formativas em espaços pedagógicos comunitários.

**Palavras-Chaves:** Aquaponia, Agroecologia, Tecnologia Social, ODS, Educação Ambiental, ABProj.

## ABSTRACT

The Social Technologies seek social inclusion and the improvement of people's living conditions, thus helping to strengthen the promotion of good living and collective care, with life on Earth. Several Social Technologies are geared towards the conservation of the environment, especially for water conservation, among them is the aquaponics system. This system addresses the agroecological principles thus promoting the socioecological resilience of the environment, producing animal and vegetable protein without the use of pesticides and using water in a sustainable way, without harming the environment. The aquaponic system is a mode of production that may also contribute to achieving the Sustainable Development Goals (SDGs), which make up a global agenda, defined by the United Nations (UN). The aquaponics system can be used both as an educational tool as a tool promoting food sovereignty and security of the community involved. Therefore, the objective of this study was to develop a project proposal of Social Technology with the Aquaponic Agroecological system, based on the Active Methodology, Project-Based Learning-ABProj for teaching environmental sciences. This study was based on a qualitative analysis, carried out through a basic research, focusing on the following themes: aquaponics, the use of projects on teaching, critical environmental education, social technology and SDGs. It can be concluded, therefore, that the social technology of the agroecological system of aquaponic is a teaching tool allied with the promotion of critical environmental education and the sovereignty and food security of the community involved, and may come to collaborate with the achievement of the SDGs proposed by the UN, because in small spaces it is possible to exemplify the natural process of nature, emphasizing the importance of different beings in a single system, helping to improve the competencies of systemic thinking, contributing to the scientific training of students, and giving competence and capacity for management and control of the system, stimulating work in groups and increasing self-esteem, allowing greater contact with nature.

**Key-words:** Aquaponic; Agroecology; Social Technology; SDG; Environmental Education; PBL

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Sistema de Aquaponia, demonstrando seus componentes.....	29
Figura 02: Fluxograma da integração dos tipos de cultivo que aportam o sistema de Aquaponia .....	32
Figura 03: Sistema Flutuante .....	35
Figura 04: Sistema em Canaletas .....	36
Figura 05: Sistema Compacto .....	37
Figura 06: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável .....	46

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Etapas da ABProj baseada no BIE .....	23
Quadro 02: Vantagens e Desvantagens de um sistema de Aquaponia .....	39
Quadro 03: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável Sistema Flutuante .....	43
Quadro 04: Passo a Passo da Oficina .....	68
Quadro 05: Planejamento da ABProj .....	70

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	11
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>16</b>
I. MÉTODO ATIVO, APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS (ABProj): proposta de formação para o ensino das ciências ambientais. ....	17
1.1. Aprendizagem Baseada em Projetos - (ABProj): proposta para pensar as questões de Soberania e Segurança Alimentar no Sistema de Aquaponia .....	20
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>25</b>
2. TECENDO O SISTEMA DE AQUAPONIA: Uso da Tecnologia Social como contribuição aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável-ODS.....	26
2.1. Tecendo o Âmbito das Tecnologias Sociais: As Potencialidades e Vulnerabilidades do Sistema de Aquaponia .....	28
2.2. A Disposição dos Componentes do Sistema Aquapônico .....	32
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>40</b>
3. O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 2: a tecnologia social do sistema de aquaponia em contribuição as ODS.....	41
3.1. Tecnologia Social (Sistema de Aquaponia) em Contribuição aos ODS .....	46
3.2. Soberania e Segurança Alimentar nas ODS: A Promoção da Agricultura Familiar a partir da Tecnologia Social do Sistema de Aquaponia .....	49
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>58</b>
4. O Sistema de Aquaponia como Ferramenta Didática: Contribuindo com o Ensino das Ciências Ambientais.....	59
4.1. Ferramenta didático-pedagógica em Aquaponia: produtos educacionais baseado na (ABProj) para o Ensino das Ciências Ambientais .....	63
4.1.1. PRODUTO EDUCACIONAL: proposta de projetos educacionais com aquaponia na escola .....	67
4.2. Manual Técnico Digital com Sistema de Aquaponia: Projeto Educacional com Tecnologia Social na Escola para Ensino das Ciências Ambientais. ....	72
4.2.1. PRODUTO EDUCACIONAL: manual digital para escolas sustentáveis em contribuição as ODS e ao ensino das ciências ambientais. ....	73
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>81</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>83</b>
<b>PRODUTOS DA DISSERTAÇÃO .....</b>	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
1. Projeto Educacional Baseado na Metodologia Ativa, Aprendizagem Baseada em Projetos .....	94
2. Manual prático de construção e operacionalização do sistema de aquaponia em pequena escala.....	98

## INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas mundiais discutidos, na atualidade, é a questão da sustentabilidade ambiental. Nessa dimensão, o processo educacional vem a ser o grande desafio lançado desde o século XXI, sobretudo, no artifício da reeducação do ser humano em relação à sua visão da natureza. Nesse sentido, as ciências ambientais têm discutido, desde o século XX, novas formas de interação nas relações dos seres bióticos e abióticos, em busca de alcançar à sustentabilidade num âmbito geral. Nessa mediação, as ciências ambientais têm se debruçado em busca de novos processos pedagógicos e formativos, visando direcionar a sociedade à promoção de ambientes de sensibilidade, nas suas mais diversas formas de convivência (homem-natureza), a fim de minimizar os processos de degradação dos recursos naturais, os quais tem se intensificado nas últimas décadas. Assim, busca-se uma reforma na educação, com o intuito de valorizar os conhecimentos interdisciplinares promovendo o desenvolvimento no ensino, pesquisa e extensão com uma mentalidade propriamente transdisciplinar (DUARTE *et al.*, 2015; JUPIASSU, 2006).

A Educação, como um instrumento eficaz para se atingir a sustentabilidade, tem sido alvo de transformações teórico-prática em busca de ir além do ensino do tradicional nos espaços escolares. No âmbito educacional, é que tem se refletido acerca da inserção e necessidade de seres humanos críticos e sensíveis às questões ambientais. Destarte, o saber ambiental tem sido discutido como possibilidade para materialização dos valores éticos, na política, no convívio social, no mercado, o que vai implicar em benefícios para minimizar os prejuízos da apropriação no uso da natureza. Buscam-se soluções que se possibilitem ativar a sustentabilidade nos espaços escolares, mediante projetos pedagógicos que visem relacionar as disciplinas do currículo escolar às práticas pedagógicas inovadoras e diversificadas (SILVA, 2018).

Nessa direção, os projetos escolares, visam estimular o educando na procura de soluções dos problemas cotidianos, levando os discentes ao processo de conhecimento seja pela pesquisa, ensino ou extensão. Essa prática, tem o poder de conectar o/a aluno/a ao ambiente oferecendo a experiência do aprender fazendo. Assim, em diversas áreas das pesquisas sobre educação, tem se utilizado de ferramentas que venham contribuir com a formação crítica do docente e discente. Os educadores por sua vez, tem demonstrado um interesse em como a aprendizagem nas escolas podem contextualizar temas sustentáveis, oferecendo aos alunos novos ambientes de aprendizagem prática (BASTOS, 2006; SOUZA, 2018).

Para tanto, a partir da utilização de projetos educacionais que estimulem as mudanças sociais, é que surgiram as possibilidades no uso das tecnologias sociais. As tecnologias sociais são

produtos, metodologias e técnicas, de baixo custo, de fácil aplicabilidade e replicabilidade, sendo adaptável de acordo com as necessidades de cada comunidade. A Tecnologia Social, sobretudo, implica na participação, apropriação cultural e autogestão dos envolvidos, defendendo o desenvolvimento e a utilização de tecnologias de forma a promover a inclusão social e a ambientação do aluno na sociedade (DAGNINO, 2014; JESUS; COSTA, 2013).

Nessa dimensão, a tecnologia social, baseada num sistema agroecológico de aquaponia, tem sido referência nos projetos educacionais em escolas no/do campo. Tal sistema tem por princípio a produção de alimentos saudáveis, sem o uso de agrotóxicos ou qualquer outro aditivo químico, com uma visão de respeito à sustentabilidade ambiental, proporcionando um espaço pedagógico de ensino e prática, além de ser uma forma de geração de renda e alimentação saudável para a comunidade, garantindo também a promoção da soberania e segurança alimentar, ajudando a garantir o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (CARNEIRO *et al.*, 2015a).

O crescente interesse pelo uso da aquaponia, na educação se dá pelo fato que esta permite uma interação entre a educação científica e a natureza intrínseca do sistema, incorporando o conhecimento de uma variedade de assuntos como, agricultura, biologia, engenharia, nutrição, química e tecnologia. Em virtude da tecnologia envolvida, esse sistema oferece aos educadores a reunião de diversos conteúdos interdisciplinares, podendo ser aplicada em práticas para diversas práticas escolares, promovendo assim uma educação ambiental. Por essas razões, um projeto baseado num sistema aquapônico deve ser estimulado por seu uso ser compatível com métodos de produção sustentável. Assim, o processo de reciclagem natural do sistema de produção alimentar, demonstra-se estratégico na promoção da soberania alimentar ou ainda na ampliação da oferta de trabalho e renda, enquanto instrumento didático na promoção do ensino das ciências ambientais em escolas sustentáveis.

Nesse contexto, é a partir da questão política da sustentabilidade, mediada pela educação, em contribuição ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS-02), que foi delineada a presente pesquisa. Esta dissertação foi construída, mediante reflexões acerca das contribuições às ciências ambientais, no tocante à correlação existente entre as possibilidades de se trabalhar com tecnologia social e educação, mediante a metodologia ativa, aprendizagem baseada em projetos, enquanto processo educacional.

Torna-se necessário delinear, aqui, a trajetória reflexiva que nos levou a construção de uma pesquisa, de natureza básica, no mestrado em Rede Nacional para Ensino das Ciências Ambientais. Inicialmente, surgiu a percepção acerca da necessidade, de uma pesquisa que estivesse voltada a produção de projetos educacionais relacionado ao sistema de aquaponia em escolas com primazia

na educação do/no campo sergipano. Essa necessidade pessoal surgiu em minha trajetória acadêmica e profissional, como engenheira de pesca, formada pela Universidade Federal de Sergipe. Nesse âmbito, foi pensada uma perspectiva de contrapartida sustentável, utilizando uma Tecnologia Social inovadora. Como o sistema de aquaponia, enquanto forma de mitigar e/ou minimizar os impactos ambientais causados pela aquicultura e agricultura convencionais. Para além, uma percepção de trazer um cultivo sustentável capaz de garantir a soberania e segurança alimentar dos envolvidos, coadunado com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS-02).

Torna-se relevante enfatizar que a pesquisa foi repensada, em sua estrutura inicial, por conta do processo de pandemia do COVID-19, na esfera mundial, desde 2020. A pesquisa, até o momento da qualificação, previa procedimentos empíricos, que seriam aplicados em escolas do Município de Rosário do Catete, no estado de Sergipe, mediante aplicabilidades práticas com projetos educacionais da tecnologia social aquaponia. No entanto, por conta da pandemia causada pelo vírus do novo Coronavírus (COVID-19), e as ameaças a vida dos seres humanos, precisamos refletir acerca de novos delineamentos que pudessem seguir, contribuindo com nossas intenções iniciais, mas em novo formato. As justificativas para tais modificações são reflexos das intensas modificações, principalmente, no cotidiano escolar, devido às medidas de prevenções sanitárias adotadas pelo estado, com o sistema de afastamento e isolamento social. Nessa dimensão, refletimos a possibilidade de modificação da estrutura dessa dissertação, que passou a ter um cunho bibliográfico, com propostas pedagógicas e projeto escolar baseado na metodologia ativa da aprendizagem baseada e projetos (ABProj).

Partindo desse pressuposto, o objetivo dessa pesquisa é desenvolver uma proposta de projeto de tecnologia social com o sistema agroecológico de aquaponia, a partir da metodologia ativa (aprendizagem baseada em projetos-ABProj), para o ensino das ciências ambientais. A presente pesquisa baseia-se numa análise qualitativa, realizada por meio de uma pesquisa básica, com foco nos conceitos de aquaponia, projetos de ensino, educação ambiental, soberania e segurança alimentar e ODS (02). Para tanto, de modo mais específico, buscou-se compreender os fundamentos da Metodologia Ativa, mediante os procedimentos da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABProj); Compreender os processos de vulnerabilidade e potencialidades num sistema de Aquaponia; Analisar a Tecnologia Social de Aquaponia, enquanto formação continuada (Aprendizagem Baseada em Projetos (ABProj) para o ensino das Ciências Ambientais.

Nesse sentido, quanto à natureza dessa dissertação, caracteriza-se por pesquisa básica ou bibliográfica. Também conhecida como pesquisa pura ou pesquisa fundamental, é uma pesquisa científica focada na melhoria das teorias científicas. A pesquisa básica é uma pesquisa teórica que

visa promover conhecimento. Quanto à abordagem é qualitativa, pois observa, interpreta e analisa os fenômenos, está ligada ao conhecimento científico sem qualquer objetivo comercial, objetivando a geração de conhecimento científico, ampliando o conhecimento, definindo leis, estruturas, sistemas e teorias (CASTILHO; BORGES; PEREIRA, 2014). A pesquisa básica, então, se define como um estudo sistemático, que objetiva gerar conhecimentos que sejam úteis para a ciência e tecnologia, sem que necessite de uma aplicação do objeto de estudo. Apresenta-se em caráter exploratório e descritivo, com técnicas de coleta como levantamento bibliográfico em livros, artigos de periódicos especializados com foco nos temas de Educação Ambiental, Escolas Sustentáveis, Aquaponia, Tecnologia Social, Agroecologia, Agricultura Familiar, Soberania e Segurança Alimentar, Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

Os caminhos da pesquisa foram trilhados, inicialmente, pelo levantamento do referencial teórico, através de uma pesquisa exploratória na base de dados Google Acadêmico com a finalidade de obter o referencial teórico dos temas abordados no estudo. Num segundo momento, foi realizado o processo de revisão bibliográfica sistemática através de uma pesquisa documental e exploratória em sites governamentais, periódicos, vídeos e legislações com a finalidade de identificar as políticas públicas e legislações acerca dos temas estudados e os vídeos relacionados aos conteúdos, e, por fim, foi feita sistematização, análise e reflexão do material, com a finalidade de atingir os objetivos propostos no estudo e produzir um manual digital, enquanto produto pedagógico da pesquisa.

De forma a responder aos objetivos em tela, estruturamos a dissertação em cinco capítulos. Iniciamos com a *introdução* da pesquisa, destacando toda problemática que acerca, os objetivos e procedimentos utilizados na pesquisa básica/bibliográfica.

*No primeiro capítulo*, tem-se a discussão sobre os principais conceitos dessa pesquisa no que se refere ao Método ativo e a aplicabilidade dos procedimentos da metodologia Aprendizagem Baseada em Projetos (ABProj), nas ciências ambientais. Buscou-se, ainda, um enfoque acerca das possibilidades de planejamento de projetos com aquaponia, mediando às discussões de soberania e segurança alimentar nas comunidades de povos tradicionais, enquanto contribuição a Agenda 2030.

*No segundo capítulo*, há uma discussão acerca do sistema de aquaponia, seu histórico, os componentes do sistema, suas potencialidades e desafios ao contribuir com a Agenda 2030. Discutiu-se, nesse momento, as vulnerabilidades e potencialidades do sistema para ser implantado nas comunidades de povos tradicionais, mediante processo formativo (docentes e discentes) em escolas locais.

*No terceiro capítulo*, analisamos os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, na especificidade do ODS-02. Destacamos a relevância de se programar projetos educacionais com o

sistema de aquaponia, dilemas e desafios de alcançar as diretrizes da Agenda 2030, no contexto da soberania alimentar, agroecologia, agricultura familiar. Refletimos, ainda, sobre as tecnologias sociais, como chave de entendimento, por serem técnicas e metodologias transformadoras, desenvolvidas na interação com a população, que representam soluções para a inclusão social, mediante o alcance da Soberania e Segurança Alimentar.

*No quarto capítulo*, será demonstrado como o sistema de aquaponia pode ser utilizado como ferramenta didática para o ensino das ciências ambientais (com a educação ambiental), auxiliando na promoção da soberania e segurança alimentar. Ainda com o enfoque na educação, discorreremos acerca do projeto em aquaponia como ferramenta didático-pedagógica. Trazemos a proposta de construção de uma ferramenta didática interdisciplinar para ensino das ciências ambientais, através de uma Tecnologia Social como o sistema Agroecológico de Aquaponia. E por fim, apresentamos os produtos educacionais gerados a partir das reflexões na construção dessa dissertação. Assim, o primeiro produto apresentado é voltado para docentes, interessados em projetos pedagógicos, com metodologias participativas como: oficinas pedagógicas em aquaponia, rodas de conversas, planejamento de atividades de projetos, construção e implementação de projetos com metodologia ativa, ABProj, apresentação e desenvolvimento de projetos escolares. O segundo produto, é um manual digital, voltado para qualquer pessoa com o intuito de alcançar a construção do conhecimento acerca dos temas interdisciplinares de educação e meio ambiente, a fim de ampliar novas possibilidades no âmbito do trabalho e renda no auxílio da promoção da educação, contendo todo o passo a passo para construção e manutenção de um sistema de aquaponia com seus usos e benefícios. Por fim, teremos as *considerações finais* de nossa pesquisa, momento em que iremos trazer as possibilidades e os desafios de contribuir no processo educacional das ciências ambientais com auxílio de tecnologias sociais a exemplo da aquaponia.

# CAPÍTULO I

## **I. MÉTODO ATIVO, APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS (ABProj): proposta de formação para o ensino das ciências ambientais.**

Nas últimas décadas, tanto o perfil do aluno quanto o da escola mudaram muito, antes num contexto socioeconômico a escola impunha expectativas de desempenho cada vez mais elevadas, desconhecendo por vezes, o contexto cultural de cada aluno. Atualmente a escola tenta descentralizar a atuação do professor na sala de aula, que antes causava a memorização de conteúdos desconexos da realidade de cada aluno, comprometendo assim o crescimento do aluno em sala de aula (BRESSANE *et al.* 2015; BARBOSA; MOURA, 2013).

A construção do conhecimento e o grande potencial de aprendizagem dos alunos que só ocorre quando é ativado, está sendo desperdiçado em nome de ideias educacionais ultrapassadas. Quando o aluno se interessa pelo que está fazendo e aprendendo, sua motivação é cultivada e relacionada com o ambiente em que vive. A aprendizagem então acaba sendo um resultado do que o aluno faz e vivência, não de um conhecimento pronto, passado de forma passiva, apenas reproduzindo o que lhe é transferido, que o professor imponha. O conhecimento então é produzido a partir do próprio sujeito e da inserção dele na sociedade (BLIKSTEIN, 2010).

As metodologias precisam acompanhar os objetivos pretendidos. Se queremos que os alunos sejam proativos, precisamos adotar metodologias em que os alunos se envolvam em atividades cada vez mais complexas, em que tenham que tomar decisões e avaliar os resultados, com apoio de materiais relevantes. Se queremos que sejam criativos, eles precisam experimentar inúmeras novas possibilidades de mostrar sua iniciativa. As metodologias ativas são caminhos para avançar mais no conhecimento profundo, nas competências socioemocionais e em novas práticas. (MORAN, 2017. p. 01).

Nessa dimensão, o professor intermedia o processo de conhecimento do aluno, mas o aluno se torna protagonista e construtor do seu conhecimento, tomando suas próprias decisões na resolução dos problemas que surgem ao logo dessa construção. O modelo de ensino onde os alunos participam ativamente, construindo seus próprios conhecimentos, se tornando os protagonistas da sua formação, e o professor, além de transmitir o conhecimento, atua como mediador, desafiando os alunos a aprender, é chamado de metodologia ativa.

Ao longo da história da educação, foram sendo construídas novas formas de se pensar a relação de ensino e aprendizagem, que traga o estudante para o centro do saber, a partir de suas perspectivas. As metodologias ativas, apesar de estarem em evidência, não se tratam de questões

novas ao ensino, ela já era utilizada e defendida por vários autores como Dewey (1959) e Paulo Freire (1997).

O Método ativo foi inicialmente sugerido pelo pedagogo e filósofo John Dewey, e chegou ao Brasil em 1930, por meio das obras de Fernando Azevedo e Anísio Teixeira, pedagogos brasileiros que se reuniram a favor do modelo Escola Nova de Dewey. As obras de Piaget (1970); Paulo Freire, (1996); Vigotsky, (1998), Habermas, (2001) e Morin, (2000) passaram a expressar então, a importância de um ensino vinculado ao contexto social dos alunos, não fragmentado, tendo ele como um sujeito ativo e crítico e o professor como um docente reflexivo e aberto. Esses autores compreendiam que o estudante deveria participar de forma ativa e autônoma no seu próprio processo de ensino aprendizagem, da sua própria construção do conhecimento (DIESEL; BALDEZ; MARTINS, 2017).

O papel do professor muda de acordo com o principal objetivo do método ativo. Na forma de ensino tradicional, os alunos são receptores passivos do conhecimento transmitido por um professor, na forma de ensino ativo, os alunos participam ativamente na construção do seu próprio conhecimento, sendo apoiado e motivado pelo professor. O professor então assume o papel de transmitir a informação e de atuar na mediação do conhecimento, passando de protagonista para orientador do aprendizado de seus alunos. Assim, a metodologia ativa foca no protagonismo dos alunos, não do professor, motivando e promovendo a autonomia deles. O professor tem a função de criar um ambiente favorável a aprendizagem, dando voz aos alunos, escutando e valorizando suas opiniões, encorajando-os a tomar suas próprias decisões (BERBEL, 2011; DIESEL; BALDEZ; MARTINS, 2017).

Utilizar o Método Ativo, no ensino, instiga o estudante a analisar e refletir antes de tomar uma decisão, tanto individual quanto coletiva, resultando assim em um posicionamento crítico e consciente. O professor participa do processo de repensar a construção do conhecimento, na qual a mediação e a interação são os pressupostos essenciais para que ocorra aprendizagem. Assim, os procedimentos do método ativo têm como um dos principais objetivos, aprimorar o sentido do aluno, criando a possibilidade de colocá-lo como o protagonista da construção do seu conhecimento (BORGES; ALENCAR, 2014).

A metodologia ativa necessita que o professor tenha uma postura de solidez e clareza do conteúdo a ser ensinado, de sua metodologia e dos fatores que promovem o desenvolvimento intelectual do aluno. É necessário que o professor domine não só os assuntos das disciplinas, como às necessidades dos alunos vivenciando o seu processo de formação, o professor precisa estar integrado com os problemas sociais da comunidade. Encaminhar os alunos em direção à construção

ativa de conhecimentos pressupõe que os próprios professores tenham praticado e estar integrado com esta metodologia (ROSSO; TAGLIEBER, 1992).

Os princípios dessa metodologia foram descritos, inicialmente, por Silberman (1996), a partir de um provérbio chinês, de Confúcio que foi modificado para facilitar o entendimento do método ativo de aprendizagem. “O que eu ouço, eu esqueço; O que eu ouço e vejo, eu me lembro; O que eu ouço, vejo e pergunto ou discuto, eu começo a compreender; O que eu ouço, vejo, discuto e faz, eu aprendo desenvolvendo conhecimento e habilidade; O que eu ensino para alguém, eu domino com maestria”. Para se envolver ativamente no processo de aprendizagem, a prática de ensino do professor deve favorecer ao aluno as atividades de ouvir, ver, perguntar, discutir, fazer e ensinar, ou estar ocupado em resolver problemas e desenvolver projetos. A aprendizagem ativa, então, ocorre quando o aluno interage e se apropria do assunto estudado, ouvindo e se questionando, falando e perguntando, fazendo e ensinando, sendo estimulado a construir o conhecimento ao invés de recebê-lo de forma passiva do professor (BARBOSA; MOURA, 2013; MEYERS; JONES, 1993).

Com o método ativo, o aluno é o personagem principal e o maior responsável pelo processo de aprendizagem dele mesmo. Incentivar os alunos a desenvolverem a capacidade de absorção de conteúdos de maneira autônoma e participativa, desenvolvendo o processo do aprender, através da formação crítica dos alunos (BORGES; ALENCAR, 2014).

Nessa dimensão, Berbel (2011), afirma que o método ativo são formas de desenvolver o processo do aprender, utilizando experiências reais ou simuladas, visando as condições de solucionar os desafios sociais de cada aluno. Freire (1996) defende o método ativo como forma de se impulsionar a aprendizagem, alegando que para que haja educação a superação de desafios, a resolução de problemas e a construção de novos conhecimentos a partir de experiências prévias, são essenciais. Já Bastos (2006), informa que o método ativo é o processo pelo qual o aluno é incentivado a interagir com o conhecimento, analisando antes de tomar as decisões que por sua vez são individuais e coletivas, com a intenção de solucionar um determinado problema.

De acordo com Fraga e Batista (2019), a metodologia ativa foi inicialmente pensada para os cursos relacionados a saúde, mas notou-se que esse tipo de metodologia possibilita o diálogo interdisciplinar, entre as diversas áreas existentes no curricular escolar. Nas Ciências Ambientais, essa metodologia, possibilita a promoção da interdisciplinaridade entre as disciplinas, permitindo assim um saber desfragmentado. Assim, as metodologias ativas, incentivam e estimulam a construção do conhecimento por meio de processos de ação-reflexão, envolvendo ativamente o aluno e colocando o professor na forma de um mediador e facilitador. Esta exige uma abordagem

moderna, capaz de evitar a memorização excessiva do conteúdo, pois desafia o aluno a aprender, instigando-o a se tornar o protagonista do seu aprendizado, possibilita uma maior interação entre os alunos e deles com os professores, contribuindo assim na formação de sujeitos autônomos na realização das atividades e resolução de problemas. E, dentre os procedimentos do método ativo, está a perspectiva de construção da reflexão crítica com a ABProj, enquanto possibilidades de desenvolvimento de aprendizado acerca das questões relacionadas com a segurança e soberania alimentar.

### **1.1. Aprendizagem Baseada em Projetos - (ABProj): proposta para pensar as questões de Soberania e Segurança Alimentar no Sistema de Aquaponia**

As metodologias ativas são vistas como um novo paradigma de aprendizagem, uma saída para retirar os alunos da zona de conforto, o que gera e incentiva práticas docentes inovadoras, centradas na atuação profissional e procurando superar as limitações dos modelos tradicionais de ensino, o aprendizado ocorre quando o professor traz para as salas de aula problemas reais, cotidianos ou fictícios para que os alunos se reúnam e discutam uma forma para solucionar esses problemas, incentivando o trabalho em equipe (NASCIMENTO; COUTINHO, 2016). No entanto, embora as metodologias ativas tenham em comum a ênfase na participação ativa dos alunos no processo de aprendizagem, existem aspectos que as diferenciam, como a forma de iniciativa e abordagem de cada uma delas.

Os processos metodológicos da metodologia ABProj, permite que os estudantes confrontem questões e problemas do cotidiano deles, discutindo entre si e determinando a melhor maneira de resolvê-los. Auxilia ainda, levando os alunos a uma aprendizagem mais autônoma, permitindo assim a criação de um cidadão com uma visão mais crítica acerca do mundo. Assim, a metodologia ativa, ABProj, é uma abordagem metodológica recomendada por acomodar mudanças e atualizações tecnológicas, que estão em andamento, servindo de uma proposta para que os estudantes desenvolvam suas habilidades (BENDER, 2015).

Segundo ainda Bender (2015), para se desenvolver esse tipo de metodologia, precisa-se de pelo menos três requisitos, o primeiro é o desenvolvimento do espírito crítico do aluno, que pode ser obtido através de formulação das questões acerca do projeto. O segundo é a “âncora”, que representa a escolha do assunto que será debatido entre os alunos, a âncora, serve para fundamentar, estabelecer o assunto e guiar cada aluno na resolução dos problemas que surgem. E o terceiro, é

evidenciar a importância da internet na vida dos alunos, ressaltando as horas em que um estudante passa conectado na internet e utilizar isso na construção do conhecimento.

A ABProj, propõe que haja um aproveitamento dessas conexões da internet com mídias digitais e a escola, a fim de levar toda essa riqueza que possui a internet para a aula e para a vida dos alunos. Essa metodologia ativa, permite aos alunos questionar problemas cotidianos, tendo autonomia e discernimento para determinar a melhor maneira de abordá-los e estabelecer uma ação conjunta em busca de soluções.

De acordo com Markham, Larmer e Ravitz, (2008), a ABProj, é uma abordagem de ensino que está fundamentada e interligada nos aspectos da Teoria Construtivista, na qual o aluno é considerado o principal responsável pela construção do seu próprio conhecimento, os indivíduos constroem seu aprendizado através das suas relações sociais e com o meio ambiente, construindo assim cada um seu conhecimento.

A ABProj, do inglês *Project-Based Learning* (PBL), é uma metodologia educacional, que visa promover a realização de tarefas que envolvem situações cotidianas dos alunos. O principal objetivo, segundo Acosta (2016), é organizar o processo de resolução de problemas, fazendo deles um processo de aprendizagem, assim, no processo de aprendizagem, os alunos lidam com questões interdisciplinares, criam autonomia para tomar decisões e aprendem a agir sozinhos e em equipe, construindo assim um cidadão consciente e crítico das suas decisões.

A aprendizagem não é um processo de recebimento passivo de informação, não é acumulação de conhecimento, e sim uma construção de conhecimentos. A metodologia ativa, ABProj, é um modelo de ensino que objetiva ensinar o aluno de uma forma mais empolgante e inovadora. Permitindo aos alunos participarem ativamente, motivados por problemas reais vivenciados por eles e seus familiares, podendo contribuir assim com o desenvolvimento da sua comunidade. Pensando em soluções para problemas do cotidiano dos alunos, o método acaba envolvendo-os tendo uma ação mais efetiva no processo de ensino e aprendizagem. Assim, o método ativo ABProj, tem o objetivo de desenvolver no aluno a autonomia, criatividade, capacidade analítica de síntese e o poder de decisão (SILVA, 2011).

Segundo Masson *et al.* (2012), esses procedimentos têm como principais características colocar o aluno como centro do processo, desenvolvendo grupos de liderança que objetivam orientar o aluno para um aprendizado mais ativo, cooperativo e interdisciplinar (MARKHAM; LARMER; RAVITZ, 2008). Mas, nem todos os projetos feitos em salas de aula podem ser considerados exemplos de ABProj. Para ser esse tipo de metodologia ativa, segundo Larmer e Mergendoller (2010), os alunos devem se relacionar pessoalmente com o projeto que deve surgir a

partir das necessidades cotidianas deles, a fim de que, alcancem o envolvimento e a dedicação necessária para resolução das atividades do projeto e as resoluções dos problemas.

Na literatura, a Aprendizagem Baseada em Projetos, é também conhecida como metodologia de projetos, método de projetos e ensino por projetos. Porém, apesar das diferentes nomenclaturas, o principal pressuposto desta metodologia de ensino, é exigir uma postura ativa do aluno na construção do seu conhecimento, seja solucionando problemas, tomando decisões, investigando ou documentando informações (AZEVEDO; ARAÚJO; MEDEIROS, 2017).

Para a metodologia ser considerada uma ABProj, o projeto precisa ter uma “questão motriz”, formulada a partir das necessidades dos alunos, uma questão norteadora, onde os professores trabalham em cima dela com a colaboração dos alunos, que seja altamente motivadora com a qual os alunos se identifiquem e se integrem. Depois da questão motriz, o professor fornece uma “âncora” aos alunos, uma introdução, uma narrativa que contextualize a importância da questão motriz e sugere como e por que o problema foi abordado, informações básicas do projeto gerando o interesse dos alunos que necessita ser realizada por um “trabalho em equipe cooperativo” onde todos da equipe trabalham juntos tornando as experiências de aprendizagem mais autênticas.

Após a “questão motriz” e a “âncora” serem definidas, o projeto é determinado, os alunos então se envolvem e planejam suas atividades a fim de solucionar o problema. Durante todo o processo de desenvolvimento do projeto o aluno precisa ter voz ativa na resolução dos problemas, desenvolvendo ao final um produto ou “artefato” que permita aos estudantes expor os resultados do trabalho (BENDER, 2015).

As características essenciais para a metodologia ser considerada ABProj, que utilizamos como possibilidades de produção de projetos em tecnologia social foram delineados, mediante as análises de *Buck Institute for Education* (BIE, 2008) (Quadro 1). Nessa dimensão, optamos por elencar a composição do BIE, como procedimentos de nossa pesquisa, na compreensão das contribuições e relevância em se discutir sobre temas referentes as questões das ciências ambientais, na especificidade, dos temas ligados ao ODS 2.

Essa perspectiva procedimental do método ativo vem se desenhar por estarmos frente a uma pesquisa do tipo básica, que visa aumentar o conhecimento sobre algum assunto, sem que se tenha na pesquisa uma aplicação imediata (GIL, 2002). Nessa direção, o *Project Based Learning* (PBL), que significa aprendizagem baseada em projetos, os alunos e as alunas se envolvem em um processo de pesquisa, elaboração de hipóteses, busca por recursos e aplicação prática da informação até chegar a uma solução ou produto final (Quadro 1). A partir dessa primeira organização, buscase:

**Quadro 01:** Etapas da ABProj baseada no BIE

<b>ETAPAS</b>	<b>OBJETIVO</b>
Habilidades essenciais de Conhecimento, Compreensão e Sucesso - ÂNCORA	objetiva o aprendizado do aluno, estimulando um pensamento crítico, dando o poder de solucionar problemas, cooperação e autogestão;
Problema ou Pergunta Desafiadora - QUESTÃO MOTRIZ	o projeto gira em torno de um problema a ser resolvido ou uma pergunta a ser respondida;
Investigação Sustentável	os alunos buscam recursos para resolver os problemas, fazendo perguntas e aplicando informações;
Autenticidade - INOVAÇÃO	o projeto precisa ter um impacto real na vida do aluno, atendendo às preocupações, os interesses e as questões pessoais dos alunos;
Voz e escolha dos alunos - TRABALHO EM EQUIPE	os alunos tem total autonomia para tomada de decisões que regem o projeto;
Reflexão - OPORTUNIDADE	os alunos e os professores precisam refletir sobre os obstáculos, como superá-los, o conhecimento e a aprendizagem, a eficácia de suas atividades de investigação e a qualidade do trabalho que o projeto lhe proporciona;
Crítica e Revisão - FEEDBACK E REVISÃO:	os alunos dão, recebem e usam feedback para melhorar seus processos e produtos;
Produto final público - ARTEFATO:	E, por fim, os alunos precisam materializar o projeto em produto final público, com os resultados dos projetos, explicando, exibindo e/ou apresentando-os a pessoas de fora da sala de aula, este se estabelece como produto final.

**Fonte:** Santos e Batista (2021)

Nessa dimensão, a metodologia ativa ABProj, permite o desenvolvimento de um conhecimento apropriado, acerca dos temas estudados, propiciando a integração de conhecimentos, permitindo a interdisciplinaridade e o desenvolvimento de habilidades dos alunos. Sendo considerado um importante aliado no ensino das Ciências Ambientais, pois através desse método é possível abordar os assuntos com mais detalhamento metodológico, confrontar os problemas ambientais, buscando a resolução dos mesmos. Esta utiliza novas táticas de ensino estimulando o aluno a refletir sobre o meio ambiente em que vivem se inserindo na natureza como indivíduo pertencente a mesma. Ao utilizar a ABProj, como forma de ensino, permite-se unir o ensino escolar ao cotidiano social do aluno, afetando assim a identidade e o conceito de cidadania dos alunos e os familiares envolvidos no projeto.

Professores trabalhando com a ABProj, permitem ao aluno colaborar e ser protagonista do seu próprio conhecimento. O professor, passa de transmissor para orientador, motivando os alunos a participarem do planejamento do projeto, da pesquisa, da investigação e da aplicação do que aprendeu, descobrindo novos para as soluções para os problemas cotidianos.

A utilização de projetos, como forma de ensino e aprendizagem, é uma abordagem interdisciplinar, muito valorizada ultimamente no processo de aprendizagem. Neste sentido, compreende-se que o ensino por meio desta metodologia ativa, objetiva trazer o estudante à noção de protagonista nos processos sociais, estimulando-os a adquirir autonomia no processo de escolha e execução de seus projetos, dando ao professor o papel de ser o mediador desse processo, contrariando o modelo tradicional de ensino onde o professor é o centro do conhecimento. Portanto, o desenvolvimento de projetos em sala de aula promove a aprendizagem como uma construção resultante da pesquisa, já que pesquisar domina todo o processo de aprendizagem.

## **CAPÍTULO II**

## **2. TECENDO O SISTEMA DE AQUAPONIA: Uso da Tecnologia Social como contribuição aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável-ODS.**

Num mundo cada vez mais globalizado, em que há uma intensificação no aumento do crescimento populacional e econômico, em níveis mundiais, observa-se que as mudanças nos padrões de consumo têm causado uma sobrecarga na demanda dos recursos hídricos. A água é forte aliada do desenvolvimento econômico na produção de energia, de alimentos e para sobrevivência humana, já que é a fonte de vida, servindo como elo entre a sociedade e natureza (SILVA; CARVALHO; CARDOSO, 2019).

Os impactos das decisões relacionadas a água atravessam fronteiras e afetam a todos os seres vivos. Não obstante, observamos a existência dos processos antrópicos que causam degradação ambiental como a rápida urbanização, padrões de consumo insustentáveis e injustos e o crescimento populacional aumentou a demanda por água causando escassez e um estresse hídrico mundial. Essa escassez está relacionada com a ação antrópica na natureza que acaba por intervir no curso natural da água.

Em contrapartida, a questão dos processos de degradação, a partir do crescimento e desenvolvimento dos grandes e pequenas cidades. Ressalta-se que o Brasil possui cerca de 12% de toda a água do mundo, mas essa distribuição é muito irregular, com um crescente aumento da insustentabilidade, com relação aos recursos hídricos, devido não só as questões antrópicas, mas também por causa dos fenômenos climáticos. Tal insustentabilidade é consequência também da expansão econômica, que levam as práticas produtivas, que impulsionam o desenvolvimento do país, sem se preocupar com a natureza a exemplo do uso dos recursos hídricos na produção agrícola (JACOBI; EMPINOTTI; SCHMIDT, 2016).

Apesar de o nosso planeta possuir dois terços da superfície, cobertos por água, apenas 2,5% é constituído de água doce, sendo que apenas 0,3% se encontram em rios e lagos. Além disso, essa pequena porcentagem de água disponível tem uma distribuição desigual no planeta. O crescimento da população, o processo de urbanização, as políticas de segurança alimentar e energética, e os processos macroeconômicos, como, a globalização do comércio, as mudanças na dieta e o aumento do consumo, são segundo a ONU os fatores determinantes da escassez de água no mundo (ONU, 2016).

Segundo a ONU (2016), até 2050 a população mundial deverá aumentar de 7,7 bilhões para entre 9,4 e 10,2 bilhões, com dois terços das pessoas vivendo em cidades. Com isso, a utilização da água no mundo que já aumentou seis vezes ao longo dos últimos 100 anos, irá aumentar muito

mais. A demanda mundial de água para utilização na agricultura e produção de energia deve aumentar entre 60% e 80%, respectivamente, sendo estas atividades que envolvem uma grande utilização de água. Segundo a UNESCO (2019), sem o desenvolvimento de técnicas para melhorar o consumo de água, estima-se que o consumo mundial de água para agricultura aumentará em até 20% até 2050.

O aumento populacional causa também um aumento na demanda por água no mundo. Para atender o crescente aumento populacional, estudos recentes sugerem que o uso atual dos recursos naturais exigiria mais de um planeta e o dobro da produção de alimentos. O aumento da produção agrícola aumenta exponencialmente a demanda por água doce, mas esse aumento no consumo, além de ameaçar o abastecimento humano, a escassez de água pode chegar a reduzir a biodiversidade em ambos os ecossistemas aquáticos e terrestres. Por isso, é necessário que haja mudanças nos padrões de consumo agrícolas (SCHUSTER; DIAS; OLIVEIRA, 2016).

De acordo com a ONU (2016), a agricultura é a atividade econômica com maior demanda por água doce, sendo responsável por 70% do consumo da água disponível, principalmente para a irrigação. A sua utilização na irrigação e na produção de alimentos constitui-se no maior fator de pressão sobre as fontes renováveis de água doce.

Apesar do grande consumo de água, a irrigação representa a maneira mais eficiente de aumento da produção de alimentos. O elemento essencial ao desenvolvimento agrícola é a água, sem o controle do seu uso e a administração adequada e confiável, não será possível uma agricultura sustentável. Por isso, a busca por estratégias para amenizar e driblar esse déficit é tão importante, o investimento em tecnologias que permitam a produção de alimentos de forma sustentável, com baixo consumo de água tem crescido, e é nessa visão de uso sustentável da água que se propõe o sistema de aquaponia.

O uso sustentável e eficiente da água, inclui qualquer tecnologia ou medida que reduza seu consumo. A água é um recurso natural indispensável para uma produção agrícola de qualidade, e sua disponibilidade em quantidade e qualidade são fatores determinantes para uma agricultura produtiva e sustentável. A agricultura tradicional convencional, além de gastar muita água, utiliza agrotóxicos e fertilizantes químicos, gerando grandes impactos tanto no meio ambiente quanto na saúde humana. Por isso, muitos agricultores estão adotando técnicas agroecológicas de produção, com o intuito de preservar o meio ambiente, a saúde dos homens e dos animais (MEIRELLES; RUPP, 2005).

A busca por técnicas de produção agropecuária para atender a demanda crescente por alimento e diminuir a velocidade de esgotamento de nossos recursos hídricos, tem crescido

exponencialmente. A aquaponia é uma alternativa para a produção de alimentos saudáveis com uma visão de respeito ao meio ambiente que permite economizar quase 90% do consumo de água em relação aos sistemas tradicionais de produção de alimentos, diminuindo a dependência além da água, da terra (CARNEIRO *et al.* 2015a). Assim, esse sistema utiliza apenas 10% da água que seria utilizada no cultivo de uma mesma planta, podendo-se utilizar até a água da chuva para abastecimento do sistema.

## **2.1. Tecendo o Âmbito das Tecnologias Sociais: As Potencialidades e Vulnerabilidades do Sistema de Aquaponia**

A aquaponia é uma técnica para produção de alimentos que combina a recirculação de água na aquicultura e a hidroponia, onde as plantas absorvem nutrientes através de suas raízes, em uma relação simbiótica. Na recirculação, a água é limpa e reciclada em um sistema de circuito fechado, onde bactérias nitrogenadas, que naturalmente surgem no sistema, são os consumidores da amônia produzida pelos peixes, que entram no sistema através das fezes dos organismos aquáticos, e produzem nitrato como subproduto de nitrificação, que é um produto absorvível pelas plantas (HART, 2013).

A origem dessa atividade é antiga, apesar de não ser muito claro, o sistema de aquaponia se assemelha ao sistema criado pelos astecas no século XIX, na América Central e do Sul, onde a agricultura era feita em jangadas flutuantes sobre lagos onde as plantas retiravam seus nutrientes dessa água onde continham organismos aquáticos. Eram ilhas flutuantes, jangadas, feitas de plantas como cana e junco, cobertas por terra retirada do fundo do lago, chamadas de *chinampas*, que cultivavam principalmente arroz e hortaliças, devido ao pouco solo existente. As *chinampas* astecas eram verdadeiros agroecossistemas tradicionais de onde poderia se obter uma alta e variada quantidade de produtos, sendo um exemplo de agricultura sustentável (EMERENCIANO *et al.* 2015; BOUTWELLUC, 2007; JONES, 2002).

Na década de 1970, Lewis (1978), observou que o desperdício metabólico dos peixes poderia ser utilizado no cultivo hidropônico. Combinando o cultivo hidropônico, com a aquicultura permitiu-se que, os nutrientes químicos necessários para crescimento das plantas, sejam fornecidos pelos resíduos dos peixes, que seriam descarregados no meio ambiente causando potencial degradação ambiental. Desta forma, é possível cultivar os dois, peixes e plantas, em um sistema

equilibrado que fecha o fluxo de resíduos da aquicultura, fornecendo uma fonte de renda e alimentação saudável para quem pratica essa atividade (HART, 2013).

Aquaponia refere-se à interação entre dois cultivos, a criação de organismos aquáticos, aquicultura, e o cultivo de vegetais na água, a hidroponia, em um sistema de recirculação de água, onde os resíduos produzidos pelos organismos aquáticos são convertidos por ação bacteriana em nutrientes necessários para o crescimento das plantas (CARNEIRO *et al.* 2015a). Observa-se, na figura 1, o Sistema Básico de Aquaponia, que se constitui de um tanque para os peixes e a mesa de hidroponia (Figura 1).

**Figura 1:** Sistema de Aquaponia, demonstrando seus componentes.



**Fonte:** CARNEIRO *et al.* 2015a.

Um sistema de aquaponia é constituído de: um viveiro de peixes, quando necessário um filtro do tipo biológico, calhas, telhas ou tubos para construção das mesas de hidroponia e bombas elétricas para realizar a recirculação da água e oxigenação. A utilização de substratos também é importante, pois proporciona não apenas a fixação das plantas como também de bactérias nitrificantes que realizam a transformação da matéria orgânica em nutrientes para as plantas, limpando a água para os peixes (Figura 1).

Segundo Hundley e Navarro (2013), o sistema de aquaponia é uma modalidade de cultivo de alimentos saudáveis que envolvem os sistemas de cultivo hidropônico onde as plantas crescem, com ou sem meio de suporte, graças aos nutrientes que existem na água, e a aquícola, a criação de organismos aquáticos, em um sistema de recirculação de água e nutrientes onde, a água do tanque dos organismos aquáticos é bombeada para as mesas de hidropônia sendo filtrada pelas plantas e retornando ao tanque dos organismos aquáticos limpos e filtrados fechando o ciclo. Assim, a reutilização da água do sistema promove a ciclagem de nutrientes como o nitrogênio e o fósforo que são os compostos que mais poluem o meio ambiente. Aumentando assim a eficiência da produção de alimentos saudáveis e minimizando a poluição causada pelos cultivos isolados da aquicultura e da hidropônia (CARRILO, 2019; ROOSTA; AFSHARPOOR, 2012).

O sistema de Aquaponia oferece o benefício da economia de água, já que por se tratar de um sistema fechado de recirculação de água, uma vez abastecido e em funcionamento o sistema não necessita da troca de água, é necessário apenas à reposição por perdas pelo manejo e pela evaporação (CARNEIRO *et al.* 2015a). Nesse sistema, uma cultura aproveita os resíduos de outra cultura, se beneficiando e beneficiando o meio em que vive. As plantas do sistema funcionam como filtro biológico para melhoria da qualidade da água do cultivo dos organismos aquáticos, que, por sua vez se alimentam da ração e ao produzirem suas excretas, ricas em amônia, produzem também nitrogênio, que é facilmente absorvido pelas plantas. As bactérias nitrificantes que convertem a amônia em nitrogênio eliminam totalmente a amônia do sistema (DIVER, 2006; RAKOCY; MASSER; LOSORDO, 2006).

Não obstante, a técnica de aquaponia é um sistema totalmente controlado, com baixo risco de doenças, tanto no cultivo animal quanto no cultivo vegetal, relacionando a proteína animal e vegetal utilizando pouca mão de obra, e menos solo e pouca água, produzindo sem a necessidade do uso de aditivos químicos ou agrotóxicos. O crescente interesse nos pesquisadores pelo uso da técnica de aquaponia é pelo fato dela ser uma ferramenta potencialmente para vencer os desafios da agricultura tradicional, na atual à escassez hídrica que acomete todo o mundo, mudanças climáticas, a degradação do solo e a poluição das águas. Podendo ser utilizada em regiões onde o solo apresenta baixa fertilidade química e a água é escassa, como áreas urbanas, climas áridos e ilhas abaixo do nível do mar (FAO, 2014).

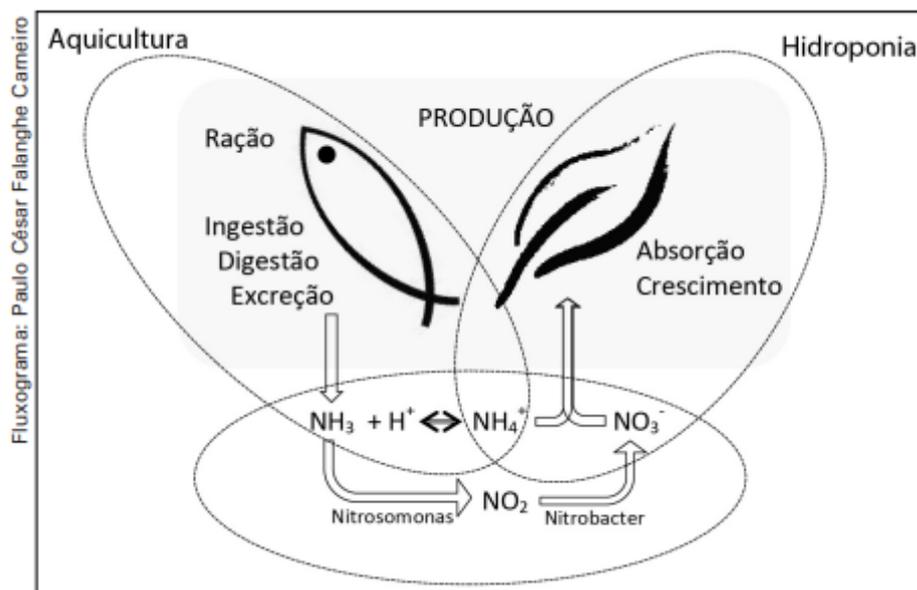
Num sistema aquapônico, há um fluxo contínuo de nutrientes que relaciona todos os organismos vivos do sistema entre si por meio de ciclos biológicos naturais. A aquaponia envolve três organismos distintos entre si, que são os organismos aquáticos, geralmente peixes mas também pode ser crustáceos, como camarão, as plantas do cultivo hidropônico e as bactérias nitrificantes em

um mesmo corpo d'água. Peixes e plantas são os produtos consumíveis, que são o objetivo do sistema, e as bactérias, o componente que possibilita o equilíbrio do cultivo (CARNEIRO *et al.* 2015a; CORRÊA, 2018).

As bactérias nitrificantes dos gêneros *nitrossomas* e *nitrobacter* convertem a amônia ( $\text{NH}_3$ ), contida na água do cultivo, que entra através das fezes e restos de ração dos peixes, em nitrito ( $\text{NO}_2$ ) e este em nitrato ( $\text{NO}_3$ ), gerando os nutrientes necessários para o crescimento das plantas e eliminando totalmente a amônia tóxica aos peixes. O nitrogênio constitui um nutriente essencial para o desenvolvimento das plantas e, na forma de nitrato, possui uma maior taxa de absorção. As bactérias oxidam a amônia inicialmente para nitrito, que pode ser tóxico, e depois, para nitrato que é a forma preferível das plantas. O processo de nitrificação das bactérias é natural, convertendo o excremento dos peixes em nitrito e nitrato, nutrientes facilmente absorvidos pelas plantas. Este processo é importante, pois gera nutrientes para o cultivo hidropônico e elimina a amônia tóxica ao sistema (CARNEIRO *et al.* 2015a; CORRÊA, 2018; FAO, 2014).

Observa-se que no Sistema Básico de Aquaponia, as fezes dos peixes assim como o resto dos alimentos fornecidos aos peixes se acumulam na água, aumentando o nível de amônia tóxica nela, as bactérias nitrificantes convertem então a amônia em nitrito e este em nitrato, dando as plantas os nutrientes necessários para seu perfeito desenvolvimento, como demonstrado, na Figura 2.

**Figura 2:** Fluxograma da integração dos tipos de cultivo que aportam o sistema de Aquaponia.



Fonte: CARNEIRO *et al.* 2015.

Como demonstrado acima (Figura 2), num sistema de aquaponia, as fezes dos peixes, assim como o resto dos alimentos fornecidos aos peixes se acumulam na água, aumentando a toxicidade dela, as bactérias nitrificantes convertem então a amônia em nitrito e este em nitrato dando as plantas os nutrientes necessários para seu perfeito desenvolvimento. Assim, para mantê-lo o ecossistema saudável e estável, deve-se monitorar constantemente parâmetros que mantêm a qualidade da água. Dessa forma, a qualidade da água vai variar de acordo com o equilíbrio dos fatores químicos, físicos e biológicos da água.

Distúrbios, como o aumento da amônia, causam o desequilíbrio desses fatores. A amônia e o nitrato podem causar a perda da qualidade da água do cultivo, sendo que a amônia, quando presente na água em altas concentrações, pode ser letal aos peixes. Por isso, é de vital importância manter saudáveis as colônias de bactérias, pois elas controlam a concentração de amônia, sendo essencial para o bom funcionamento do sistema (CORRÊA, 2018; FAO, 2014).

A amônia, que entra no sistema através da ração fornecida aos peixes, sofre influência tanto do pH quanto da temperatura da água, sendo mensurada através de kits de análise de água. O pH ou potencial hidrogeniônico, é determinado pela medição da concentração de íons  $H^+$ , e indica se uma solução é ácida ( $pH < 7,0$ ), básica ( $pH > 7,0$ ) ou neutra ( $pH = 7,0$ ). O pH afeta muitos outros parâmetros de qualidade da água, e a evolução de muitos processos biológicos e químicos, sendo obtido através de pHmetros ou kits de análise de água.

A temperatura influencia diretamente na concentração de oxigênio dissolvido na água que é imprescindível para vida do ecossistema. A medição pode ser realizada diariamente com um termômetro comum. O oxigênio dissolvido é disponibilizado por meio de processos biológicos e pela ação do vento, o oxigênio é o reagente para a reação de oxidação do processo de nitrificação realizada pelas bactérias, sendo medido por meio de oxímetro ou kit de análise de água (CORRÊA, 2018; FERREIRA, 2013). O monitoramento da qualidade da água deve ser realizado antes, durante e depois da instalação do sistema de aquaponia, e pode ser feito com kits de análises encontrados com facilidade em lojas de pesca e casas de peixes ornamentais. Portanto, segundo Braz Filho (2014), não basta somente realizar a análise periodicamente, necessita também a observação do comportamento dos peixes para detectar irregularidades no sistema e assim realizar os possíveis tratamentos, pois a correção dos parâmetros da água deve ser realizada gradativamente evitando assim um impacto brusco no sistema.

## **2.2. A Disposição dos Componentes do Sistema Aquapônico**

Em um sistema aquapônico, o cultivo de peixes e plantas é integrado em um ecossistema de recirculação, que utiliza ciclos bacterianos naturais para converter os resíduos de peixes em nutrição de vegetais, entretanto detalhes específicos para o sucesso do sistema devem ser observados e mantidos. Por envolver três organismos distintos em um único sistema, é muito importante que conheçamos as necessidades fisiológicas de cada um dos indivíduos envolvidos no sistema. Cada um dos componentes básicos do sistema exige cuidados específicos, o que necessita um conhecimento do sistema pelo produtor, desde o dimensionamento do tamanho do sistema, até a escolha das espécies aquáticas e vegetais (COSMO; GALERIANI; ZANETTI, 2019).

O indivíduo mais importante do sistema são as bactérias nitrificantes, que possuem um pH ideal entre 7,0 e 8,0, são organismos aeróbicos e precisam de oxigênio dissolvido entre 4 e 8 ml/l para se desenvolverem normalmente. A temperatura ideal precisa estar entre 17°C e 34°C para favorecer o crescimento ótimo da colônia, pois quando abaixo dos 10°C, prejudica o processo de nitrificação. Assim, o surgimento das bactérias nitrificantes, no sistema, ocorre de forma natural, podendo se estabelecer no filtro biológico, nas paredes do sistema, nas tubulações e até nas raízes das plantas do cultivo. E, por serem sensíveis a luz solar, o local de implantação do sistema necessita ser sombreado (CARNEIRO *et al.* 2015a; CORRÊA, 2018; FAO, 2014).

Sobre as espécies de plantas, a serem cultivadas em um sistema de aquaponia, observamos que devem ter como base, primeiramente, o mercado e suas necessidades de consumo. As mais apropriadas são escolhidas pela facilidade de adaptação ao cultivo hidropônico, pois toleram altos teores de água em suas raízes. Portanto, as plantas cultiváveis, possuem um pH ótimo entre 5,8 e 6,2, toleram altos teores de água e variações significativas nos teores de nutrientes dissolvidos na solução nutritiva, sem apresentar sintomas de deficiência nutricional (CARNEIRO *et al.* 2015a; RAKOCY, 2012).

A partir da produção do sistema aquapônico, é possível pensarmos nas possibilidades de produção de vegetais. Destarte, é plausível lançar esse projeto, mediante as mais diversas espécies vegetais em aquaponia como: alface, manjericão, agrião, repolho, rúcula, morango, pimenta, tomate, quiabo, pepino e muitas outras. A alface (*Lactuca sativa*) é a hortaliça mais cultivada e consumida no Brasil e no mundo, sendo importante na alimentação e para saúde humana, por ser fonte de vitaminas e sais minerais. A alface é a espécie folhosa mais desenvolvida no cultivo sem solo por apresentar um ciclo de vida curto, ter alta produtividade e rápido retorno de investimento, mas também pela facilidade na aquisição e por poder ser produzida o ano todo (LONDERO; AITA, 2000; SANTOS, 2000; SILVA *et al.* 2011).

A maioria dos sistemas aquapônicos, utilizam peixes em seus cultivos, pois esses organismos, são mais resistentes as mudanças ambientais. Necessitam de oxigênio dissolvido acima de 5ml/l. O pH ideal esta entre 6,5 e 9,0. Por serem animais pecilotérmicos, eles não possuem a capacidade de manter a temperatura corporal constante, por isso a temperatura da água influencia diretamente todos seus processos fisiológicos como respiração, alimentação, comportamento, crescimento e reprodução. Devido a esses fatores, eles necessitam de uma temperatura entre 25° C e 32° C (CORRÊA, 2018; FERREIRA, 2013).

A maioria dos sistemas aquapônicos utilizam peixes da espécie Tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*, por ser uma espécie altamente tolerante a bruscas mudanças ambientais, apresenta boa conversão alimentar, tolera altas densidades de estocagem, tem seu pacote tecnológico de cultivo, de melhoramento genético, de reprodução e de nutrição bem avançados, de fácil acesso e difundidos pelo mundo, além de ter um bom preço comercial tendo maior probabilidade de ser facilmente escoado. Por isso, recomenda-se equilibrar o pH entre 6,5 e 7 para satisfazer todos os organismos presentes no sistema e manter os fatores químicos e físicos da água estáveis (CARNEIRO *et al.* 2015a).

A estrutura principal para um sistema aquapônico pode variar muito, diversos modelos de projetos para construção de um sistema de aquaponia existem, variando de acordo com a escala de produção e sua finalidade. Mas, as realizações de três processos essenciais são fundamentais para a implantação do sistema, o cultivo dos peixes no viveiro, onde há a entrada de nutrientes na forma de ração, o processo de nitrificação da amônia, e a absorção de nutrientes pela parcela vegetal do sistema (RAKOCY, 2007).

Na aquaponia, existem algumas modalidades diferentes de se desenvolver os cultivos vegetais, cada um com suas particularidades e variações. *Deep Water Culture, Floating, Raft* ou Ambiente ou Cultivo Flutuante (DWC), é utilizado em sistemas de média a grande escala, geralmente na produção de folhosas, onde as plantas ficam apoiadas em placas de poliestireno, com orifícios espaçados entre si, de acordo com o que cada planta necessita para se desenvolver. Nesse tipo de cultivo, é utilizado grande volume de água, pois as raízes das plantas ficam submersas todo o tempo, necessitando assim de uma fonte de aeração constante, dando assim uma maior estabilidade aos parâmetros físico-químicos da água (Figura 3) (CANASTRA, 2017; CARNEIRO *et al.* 2015a).

**Figura 03: Sistema Flutuante**

Foto: Paulo César Falanghe Carneiro

Fonte: CARNEIRO *et al.* 2015a.

*Nutrient Film Technique* ou fluxo laminar de nutrientes ou ambientes de cultivo em canaletas (NFT), (Figura 4), é o método mais utilizado em todo o mundo. São vários canais, tubos de PVC, dispostos paralelamente e inclinados permitindo que a água molhe as raízes das plantas levando por gravidade todos os nutrientes necessários para o desenvolvimento delas (CANASTRA, 2017; CARNEIRO *et al.* 2015c). Segundo Carneiro *et al.* (2015c), a água que sai do tanque de criação dos peixes precisa ser filtrada, para que seja retirada as partículas de sólidos antes de grudarem nas raízes das plantas. O filtro biológico também é necessário para o bom funcionamento da colônia de bactérias, pois a área das canaletas não é suficiente para o estabelecimento delas (Figura 4).

**Figura 04: Sistema em Canaletas.**

Foto: Paulo César Falanghe Carneiro

Fonte: CARNEIRO *et al.* 2015c.

*Wicking bed*, *media-filled bed* ou cultivo em areia ou em cascalho (Figura 5), este é o ambiente de cultivo menos utilizado nos sistemas de aquaponia pelo mundo, pois utiliza areia, pó-de-coco, argila expandida, brita entre outros, como substrato para o crescimento das plantas. Este ambiente funciona também como filtro biológico, sendo colonizado pelas bactérias nitrificantes. Assim, a água do tanque dos peixes é bombeada para o ambiente das plantas retornando por gravidade através de um sifão (Figura 5) (CANASTRA, 2017; CARNEIRO *et al.*, 2015a).

**Figura 05:** Sistema Compacto



**Fonte:** CARNEIRO *et al.* 2015.

Existem também várias formas de se relacionar a área de cultivo das plantas com a área de cultivo dos peixes. A quantidade de plantas a serem produzidas está diretamente relacionada com a densidade de peixes no sistema, já que, são eles que fornecem os nutrientes disponíveis para as plantas se desenvolverem. Para a FAO (2014), para a produção de 25 alfaces, deve-se produzir cerca de 15 kg de peixes. Segundo Rakocy (2007), a quantidade de alimento fornecida diariamente aos peixes, é o insumo que dita a área de cultivo das plantas, a quantidade deve ser proporcional, utilizando 60 a 100 gramas de ração, por dia, para cada metro de canteiro das plantas. Já Wilson

(2005), propõe que se cultive 7kg de plantas para cada 1kg de peixe. (CANASTRA, 2017; CARNEIRO *et al.* 2015a).

Percebe-se que o cultivo hidropônico acaba ocupando uma área maior que a do cultivo dos peixes, sendo que o ciclo de produção das plantas é mais curto do que a dos peixes. A união da piscicultura com a hidroponia controla o acúmulo de nutrientes e de resíduos provenientes do cultivo dos peixes, gerando alimentos de ótima qualidade nutricional.

Este processo permite que peixes, plantas e bactérias convivam simbioticamente e harmonicamente, criando um ambiente saudável para o crescimento ótimo de todos, se tornando um cultivo mais produtivo do que sistemas agrícolas convencionais. A produção de alimento, consorciado no sistema de aquaponia, é trabalhoso, pois todo manejo tem que ser efetuado pensando no animal, no vegetal e também nos microrganismos, ou seja, levar em consideração todos os componentes, pois se não houver integração entre eles não há como chegar a uma eficiência do sistema e, conseqüentemente, não há como conseguir o desenvolvimento ideal do produto final.

O sistema tem potencial para economizar até 90% de água, em relação a agricultura convencional, tornando-se uma alternativa sustentável no cenário atual de escassez hídrica que assola nosso País. É um sistema extremamente eficiente, por conciliar o cultivo de dois organismos distintos, sem gerar efluentes, evitando assim a poluição do meio ambiente, a aquaponia permite uma integração que gera duplo aproveitamento e rendimento econômico (COSMO; GALERIANI; ZANETTI, 2019).

De acordo com Araújo *et al.* (2018), o cultivo de tomate, em um sistema aquapônico, apresentou um crescimento rápido, florescendo precocemente, sem qualquer tipo de doença nem infestação de pragas, resultando em um fruto totalmente orgânico, livre de fertilizantes químicos ou agrotóxicos.

Esse método de cultivo é praticável em áreas urbanas, segundo Hundley (2013), países como Austrália, México, Israel e EUA que possuem um problema sério de escassez de água, possuem o sistema de aquaponia, bem difundido em escala domiciliar, são as chamadas “*backyard aquaponics*”, termo em inglês para “aquaponia de quintal”, onde são utilizados materiais recicláveis para montagem do sistema.

Em outros países como Austrália, Canadá e EUA, existem várias empresas que fornecem equipamentos e consultoria para quem deseja produzir seus alimentos em sistemas de aquaponia compactos instalados em suas próprias residências (CARNEIRO *et al.* 2015a). Este método garante a promoção da agricultura familiar, gerando renda para famílias principalmente em áreas que

sofram com a escassez de água, com a descentralização de alimentos saudáveis e com poucos espaços livres para o plantio (FAO, 2014).

No Brasil, foi criado um projeto de lei do Senado, PLS 162 de 2015, no qual incentiva a implantação do sistema de aquaponia pelo uso integrativo e sustentável dos recursos hídricos, criando benefícios para os produtores como prioridade na concessão e renovação de outorgas de água, incentivos fiscais, fornecedores preferenciais do Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e crédito rural com juros diferenciados (PINTO, 2015). Já em Sergipe, a Embrapa Tabuleiros Costeiros, no Laboratório de pesquisa em Aquaponia (LAPAq), implantou um sistema compacto, para produção em nível familiar e sistemas modulares para produção em larga escala.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa, também ajudou a implantar o sistema de aquaponia em duas escolas de Sergipe, uma da rede pública e outra da rede privada, sendo utilizado como vitrine ecológica para os alunos servindo como rica ferramenta de aprendizado para toda a comunidade envolvida (CARNEIRO *et al.* 2015a). No ambiente escolar, segundo Souza *et al.* (2013), o sistema está sendo amplamente utilizado como forma de incentivar à nutrição, alimentação saudável, sustentabilidade e a interdisciplinaridade no ensino, proporcionando uma prática ativa e atrativa capaz de estimular a reflexão dos alunos a uma transformação social.

Segundo Belintano *et al.* (2020), a instalação de sistemas de aquaponia tem como principal limitante o alto custo inicial de implantação e alta demanda por energia elétrica para o funcionamento do sistema de bombas e aeração. Uma forma de diminuir essa dependência humana, tida como desvantagem, é por meio da automação, que vai ajudar o produtor a amplificar as vantagens e diminuir as desvantagens do sistema.

Um sistema automatizado pode diminuir o trabalho humano, auxiliar na manutenção eficiente dos fatores biológicos, químicos e físicos envolvidos, e tornar a aquaponia um sistema mais eficiente, com maior qualidade, reduzindo os custos e aumentando a produtividade. Com o uso de um sistema automatizado, ocorre um controle e um monitoramento maior, reduzindo o uso de insumos, capital e tempo, ampliando a capacidade de produção nos processos, reduzindo perdas na produção, melhorando a qualidade de vida de quem trabalha na área, bem como dos consumidores, que terão acesso a alimentos mais seguros e saudáveis (EMBRAPA, 2018; TACHIKAWA, 2008) (Quadro 2).

**Quadro 2:** Vantagens X Desvantagens de um sistema de Aquaponia.

<b>VANTAGENS</b>	<b>DESVANTAGENS</b>
Possuir vasto material sobre o tema na internet; Possibilidade de produção em ambientes urbanos;	Pouca tecnologia difundida no Brasil;
Utilização de pouca água; Reutilização total da água evitando desperdício; Aproveitamento dos insumos de água e ração, evitando a geração de efluentes para o meio ambiente; Versatilidade na sua construção, podendo ser utilizado com diversos tipos de matérias diminuindo o custo de implantação;	Custo inicial de implantação alto, a depender do tipo de sistema que será construído;
Possibilidade da utilização como um sistema super intensivo, de alta densidade de peixes e hortaliças. A produção pode ser contínua, diversificada, gerando renda constante ao produtor; Geração de produtos de forma intercalada, garantindo oferta frequente desses produtos; Baixo consumo de energia com possibilidade do uso de energias renováveis;	A dependência contínua de energia elétrica e a necessidade de conhecimento em muitas áreas da engenharia; hidráulica, olericultura, veterinária, zootecnia, dentre outras;
Fácil manutenção; Obtenção de produtos de alta qualidade, sem conter agrotóxicos ou aditivos químicos; Licenciamento facilitado para a produção;	Quantidade de parâmetros que necessitam ser mensurados, analisados, manipulados e se houver alguma alteração, corrigidos para manter o desenvolvimento ótimo do sistema

**Fonte:** FAO, 2014; HUNDLEY; NAVARRO, 2013; ANTONIOLLI, 2019.

Mas, algumas situações que surgem como desvantagens como o alto custo inicial de montagem pode ser diminuído, utilizando-se materiais recicláveis, conseguindo-se facilmente adequar materiais que sejam de baixo custo ao uso no sistema. Portanto, nota-se que o sistema de aquaponia melhora a eficiência de remoção de nutrientes, promovendo o uso de rejeitos da aquicultura para o desenvolvimento de vegetais, reduz o uso de água e o descarte de efluentes para o ambiente, melhorando a rentabilidade através da produção simultânea de duas culturas.

Contribui ainda por reduzir a eliminação de resíduos e contaminantes no ambiente, gerando produtos de qualidade, proporcionando elevada economia de água, além de poder ser empregada para fins comerciais, domésticos, ou proporcionar lazer. Mas, embora montar o sistema pareça algo simples, exige-se muito estudo e conhecimento para viabilização em pequena ou grande escala, além da possibilidade de alto custo e pouca disponibilidade de peças e equipamentos para o sistema e da combinação adequada de organismos aquáticos, vegetais e o meio ambiente.

## **CAPÍTULO III**

### **3. O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 2: a tecnologia social do sistema de aquaponia em contribuição as ODS**

Vivemos em um mundo extremamente desigual, onde a riqueza está concentrada nas mãos de poucos, enquanto milhões de pessoas vivem na pobreza, tendo seus Direitos Humanos violados. Os direitos humanos sempre foram objeto de grandes discussões, nas áreas políticas, filosóficas e jurídicas, no entanto, a maior controvérsia em relação aos direitos humanos sempre foi respeito à sua efetividade e proteção. O marco inicial da sua efetividade ocorre em 1948, com a Declaração Universal dos Direitos Humanos. Essa Declaração foi a primeira a obter num mesmo documento internacional, os direitos civis, políticos, econômicos, sociais e culturais, afirmando assim, a universalidade dos direitos humanos como decorrência da dignidade humana. Entretanto, atualmente a principal preocupação com os direitos humanos no mundo contemporâneo não é com o aspecto teórico, mas sim o prático. Por isso, almeja-se encontrar meios efetivos para a promoção e proteção desses direitos, que continuam a ser alvo de constantes violações (PIOVESAN, 2012; SILVEIRA; PEREIRA, 2018).

Paralelamente a isso, a degradação ambiental só tem aumentado nessas últimas décadas. O uso indiscriminado de agrotóxicos, o uso insustentável da água, a geração de toneladas de lixo, as mudanças climáticas decorrentes do aquecimento global, contribuíram e muito para o agravamento da crise ambiental. Devido a isso, medidas visando encontrar soluções para mudar o cenário atual de consumo inadequado, no aumento do crescimento demográfico, na persistência da pobreza, nas desigualdades sociais e na degradação ambiental, foram tomadas nos últimos anos.

Em 1992, vinte anos após o início da longa trajetória em busca do desenvolvimento sustentável ocorreu a Rio 92, onde se elaborou a Agenda 2021, que é um programa de ações sustentáveis a serem adotadas e colocadas em prática ao longo do século 21. Nesse tratado, estabeleceram-se ações para que os países mudassem seus hábitos, abrindo mão do modelo insustentável de desenvolvimento e passassem a preservar o meio ambiente, buscando um crescimento focado na sustentabilidade. O termo “desenvolvimento sustentável” surgiu no encontro RIO 92 e foi conceituado por Barbosa (2008, p.2) como sendo “aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades”. Ao longo dos anos, novas conferências sobre a temática do Desenvolvimento Sustentável foram realizadas. Em 2000, na cidade de Nova Iorque, ocorreu a Cúpula do Milênio, nela foi levantada a proposta de oito Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), que

deveriam ser alcançados pelos diversos países até 2015. Os ODM foram os primeiros objetivos, baseados em políticas para o desenvolvimento humano, e reconheceram a urgência de combater a pobreza, tornando o tema prioridade na agenda internacional de desenvolvimento. E, em 2015, quando ocorreu a cúpula de Desenvolvimento Sustentável, foi adotada a Agenda 2030 (SILVA, 2020; VIEIRA *et al.* 2020).

“Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”, resulta no consenso de 193 países membros das Nações Unidas, que adotaram uma nova política global na busca do desenvolvimento sustentável, elevando o desenvolvimento do mundo e melhorando a qualidade de vida de todas as pessoas (SILVA, 2020; SILVEIRA; PEREIRA, 2018).

A Agenda 2030 é um plano estratégico universal, baseada nas três dimensões: social, econômica e ambiental, constituída por um conjunto de 169 metas integradas, em 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que visam atingir o desenvolvimento sustentável até 2030. Assim, até 2030, prevê-se que todos os países desenvolvam políticas medidas e ações baseadas nos 17 ODS (RESENDE, 2018; VIEIRA *et al.* 2020).

A Agenda 2030 está pautada em cinco áreas de importância, na busca da equidade, atingindo os princípios diretores: Pessoas, Planeta, Prosperidade, Paz e Parcerias. Segundo o documento da Agenda 2030:

- Pessoas: acabar com a pobreza e a fome, em todas as suas formas e dimensões, garantindo que todos os seres humanos vivam em um ambiente saudável.
- Planeta: proteger o planeta da degradação, do consumo insustentável, combatendo as mudanças climáticas para que possa atender as necessidades das gerações presentes e futuras.
- Prosperidade: assegurar que todos os seres humanos possam desfrutar de uma vida próspera e de plena realização pessoal, e que o progresso econômico, social e tecnológico ocorra em harmonia com a natureza.
- Paz: promover sociedades pacíficas, justas e inclusivas, livres do medo e da violência.
- Parceria: Parceria Global para o Desenvolvimento Sustentável sólida, com base no espírito de solidariedade global fortalecida.

Essa Agenda prevê a colaboração entre distintos atores, para a implantação de seus objetivos e metas. São eles: os governos, a academia, o setor empresarial, os cidadãos e a sociedade civil (ONU, 2015). Sendo alicerçada nos princípios dos Direitos Humanos, sendo o fundamento acordado pelos países no alcance dos objetivos e metas (VIEIRA *et al.* 2020).

É nesse cenário que surgem os ODS, como umas ratificações dos ideais dos direitos humanos e como possível caminho para sustentabilidade. Os ODS são fruto de mais de dois anos de

negociação entre estados. Os ODS englobam as três dimensões fundamentais do desenvolvimento sustentável: ambiental, social e econômico, sendo que a sustentabilidade está pautada justamente no ponto de convergência entre estas três dimensões. Os ODS, trazem medidas, práticas e técnicas reais a serem adotadas pelos estados, organizações internacionais, empresas privadas e sociedade civil, com o propósito de dar seguimento as ações de promoção do desenvolvimento sustentável (SILVEIRA; PEREIRA, 2018).

São 169 metas, distribuídas pelos 17 objetivos, que visam o progresso tanto dos seres humanos, como do planeta, para serem postos em vigor pelos países até 2030. Todos os objetivos e metas indicam formas de proporcionar uma melhoria na qualidade de vida das pessoas e do planeta (NACHTIGALL *et al.* 2020) (Quadro 3).

**Quadro 03: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável-ODS**

<b>ODS</b>	<b>META</b>
ODS 1	Erradicação da pobreza - Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares.
ODS 2	Fome zero e agricultura sustentável - Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável.
ODS 3	Saúde e bem-estar - Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades.
ODS 4	Educação de qualidade - Assegurar a educação inclusiva, e equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos.
ODS 5	Igualdade de gênero - Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas.
ODS 6	Água limpa e saneamento - Garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos.
ODS 7	Energia limpa e acessível - Garantir acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável para todos.
ODS 8	Trabalho decente e crescimento econômico - Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo, e trabalho decente para todos.
ODS 9	Indústria, Inovação e infraestrutura - Construir infraestrutura resiliente, promover a industrialização inclusiva e sustentável, e fomentar a inovação.
ODS 10	Redução das desigualdades - Reduzir as desigualdades dentro dos países e entre eles.
ODS 11	Cidades e comunidades sustentáveis - Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.
ODS 12	Consumo e produção responsáveis - Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis;
ODS 13	Ação contra a mudança global do clima - Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos.
ODS 14	Vida na água - Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares, e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável.
ODS 15	Vida terrestre - Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da Terra e deter a perda da biodiversidade.
ODS 16	Paz, justiça e instituições eficazes - Promover sociedades pacíficas e inclusivas par ao desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir

	instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis.
ODS 17	Parcerias e meios de implementação - Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.

Fonte: AGENDA, 2030 (Figura 6).

Figura 06: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável-ODS



Fonte: AGENDA, 2030.

Os ODS são um conjunto integrado e indivisível de prioridades mundial e aplicação universal. Através dos ODS, podemos transformar o mundo por intermédio do desenvolvimento sustentável, eliminar a pobreza e recuperar o meio ambiente. Mas para que se consiga alcançar esses ODS, precisa-se adaptá-los para a realidade local de estados e municípios, encontrando soluções para os problemas locais. A Agenda 2030 e os ODS tratam do direito de acesso à terra, do direito ao saneamento básico, do uso dos recursos naturais, mas principalmente da erradicação da pobreza e da fome. A pobreza é uma violação tanto do desenvolvimento sustentável quanto dos direitos humanos. E, infelizmente, ainda é uma realidade da humanidade, sendo facilmente encontrada pelas cidades do mundo. E sua erradicação foi considerada como o maior desafio global, sendo prioridade na obtenção do desenvolvimento sustentável (VIEIRA *et al.* 2020).

O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 2 (ODS 2), visa acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável. Esse objetivo possui metas a serem atingidas até o ano de 2030, sendo elas (AGENDA, 2030):

- 2.1 até 2030, acabar com a fome e garantir o acesso de todas as pessoas a alimentos seguros, nutritivos e suficientes durante todo o ano;
- 2.2 até 2030, acabar com todas as formas de desnutrição e atender às necessidades nutricionais de meninas adolescentes, mulheres grávidas e lactantes e pessoas idosas;
- 2.3 até 2030, dobrar a produtividade agrícola e a renda dos pequenos produtores de alimentos, particularmente de mulheres, povos indígenas, agricultores familiares, pastores e pescadores, inclusive por meio de acesso seguro e igual a terra, e a outros recursos produtivos e insumos, conhecimento, serviços financeiros, mercados e oportunidades de agregação de valor e de emprego não-agrícola.
- 2.4 até 2030, garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas resilientes, que aumentem a produtividade e a produção, que ajudem a manter os ecossistemas, que fortaleçam a capacidade de adaptação às mudanças climáticas, desastres ambientais e que melhorem progressivamente a qualidade da terra e do solo.
- 2.5 até 2020, manter a diversidade genética de sementes, plantas cultivadas, animais de criação e domesticados e suas respectivas espécies selvagens, e garantir o acesso e a repartição justa e equitativa dos benefícios decorrentes da utilização dos recursos genéticos e conhecimentos tradicionais associados, conforme acordado internacionalmente;
- 2.a aumentar o investimento, inclusive por meio do reforço da cooperação internacional, em infraestrutura rural, pesquisa e extensão de serviços agrícolas, desenvolvimento de tecnologia, e os bancos de genes de plantas e animais, de maneira a aumentar a capacidade de produção agrícola nos países em desenvolvimento, em particular nos países de menor desenvolvimento relativo;
- 2.b corrigir e prevenir as restrições ao comércio e distorções nos mercados agrícolas mundiais, inclusive por meio da eliminação paralela de todas as formas de subsídios à exportação e todas as medidas de exportação com efeito equivalente, de acordo com o mandato da Rodada de Desenvolvimento de Doha;
- 2.c adotar medidas para garantir o funcionamento adequado dos mercados de commodities de alimentos e seus derivados, e facilitar o acesso oportuno à informação de mercado, inclusive sobre as reservas de alimentos, a fim de ajudar a limitar a volatilidade extrema dos preços dos alimentos.

As Nações Unidas estão pressionando pela adoção mundial de tecnologias de reutilização, como uma ferramenta essencial para atingir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Das formas e alternativas que estão sendo utilizadas para promover o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar e assim acabar com a fome e promover a soberania e a segurança alimentar, a principal são as Tecnologias Sociais. As Tecnologias Sociais possuem capacidade de assistir àqueles que estão à margem da sociedade. De modo geral, a TS contribui gerando “soluções para problemas voltados a demandas de alimentação, educação, energia, habitação, renda, recursos hídricos, saúde, meio ambiente, dentre outras”. Frente ao processo de realização dos ODS, as Tecnologias Sociais apresentam possíveis e viáveis alternativas para a obtenção do desenvolvimento socioeconômico, especialmente para as classes marginalizadas e vulneráveis, as

tecnologias sociais então, são aliadas no alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (NACHTIGALL *et al.* 2020).

O sistema agroecológico de aquaponia portanto, pode promover o ODS 2, pois o sistema visa a sustentabilidade, o empreendedorismo social, promove a economia solidária, fortalecendo assim, a agricultura familiar. Fornece também, uma ferramenta didática capaz de ser um modelo educacional diferenciado, promovendo a saúde, e uma alimentação saudável.

### **3.1. Tecnologia Social (Sistema de Aquaponia) em Contribuição aos ODS**

O conceito de Tecnologia Social (TS), define-se enquanto produto, técnica ou metodologia replicável desenvolvida em conjunto com a comunidade a fim de resolver algum problema social ou socioambiental, que incomodem a comunidade envolvida (ARCHANJO Jr; GEHLEN, 2020). O principal objetivo da Tecnologia Social é contribuir com a equidade social, a qualidade de vida e a sustentabilidade do meio ambiente. Segundo Roso (2017), a Tecnologia Social precisa ser planejada e implementada em interação com a comunidade, onde se pretende desenvolvê-la, envolvendo também o contexto educacional e cultural. Assim, essa tecnologia apresenta aspectos importantes no sentido de minimizar ou superar as contradições sociais que afetam a sociedade, como o trabalho colaborativo, o protagonismo e a interação social (DAGNINO, 2011).

O conceito de Tecnologia Social, tem suas origens a partir de dois modelos de tecnologias, a Tecnologia Convencional (TC) e Tecnologia Apropriada (TA). A Tecnologia Apropriada, é um conjunto de técnicas de produção que utiliza os recursos da sociedade para melhorar a vida da comunidade. Surgiu na Índia, a partir da vontade do país em buscar alternativas que diminuíssem a dependência econômica dos britânicos. A intenção era reabilitar o desenvolvimento das tecnologias tradicionais, como forma de se libertar do domínio britânico. Gandhi apoiou o programa de fiação manual em roca de fiar, que ficou conhecida como o primeiro equipamento tecnologicamente apropriado (DAGNINO; BRANDÃO; NOVAES, 2004).

Já a Tecnologia Convencional, se distânciava dos preceitos da Tecnologia Apropriada, por ser uma tecnologia que a empresa privada desenvolve e utiliza, sendo voltada para o capitalismo. A Tecnologia Convencional, tem como uma de suas metas principais maximizar a produtividade visando o maior desempenho e maior lucro, investindo cada vez mais em inovações tecnológicas, que produzam mais gastando menos (DAGNINO, 2014).

O conceito de Tecnologia Social surge então como uma crítica à Tecnologia Convencional, pois vai de encontro aos objetivos, valores e propósitos dessa tecnologia, mas se assemelha a

ideologia da Tecnologia Apropriada. A Tecnologia Social tem como objetivo gerar processos de inclusão, emancipação de indivíduos, grupos e populações menos favorecidos nos âmbitos econômico e social, político, educacional e jurídico. A aplicação das tecnologias convencionais, aplicadas pelas empresas, não se adéquam à inclusão social, visam a maximização dos lucros, investindo em tecnologias que promovam isso, limitando sua eficácia para a inclusão social (DAGNINO, 2011; DAGNINO, 2014).

A Tecnologia Social surgiu no Brasil pela preocupação de autores sociais com a crescente exclusão social. Com a percepção de que seria necessário, uma tecnologia que fosse capaz de dar respostas aos grandes problemas sociais que o Brasil enfrentava. Em 2003, foi criada então a Rede de Tecnologia Social (RTS), com o intuito de levar tecnologia para todos.

Segundo a Rede de Tecnologia Social (RTS) (2008, p. 1): “Tecnologias sociais são técnicas e metodologias transformadoras, desenvolvidas na interação com a população, que representam soluções para a inclusão social”. Mas, segundo Dagnino (2004, p. 67) “Muitas tecnologias se orientam pela simplicidade, baixo custo, fácil aplicabilidade e impacto social, mas não estão necessariamente associadas a organizações coletivas”.

As pessoas que irão utilizar a tecnologia social, não precisam necessariamente se organizar coletivamente para utilizar essas tecnologias, as tecnologias estão em todos os lugares, as vezes vistas apenas como boas práticas, mas que estão presentes na agricultura, na economia, na economia solidaria, onde possam promover a soberania alimentar e a melhoria da qualidade de vida. A tecnologia social então, vai se caracterizar pela simplicidade, pelo baixo custo, fácil aplicabilidade e impacto social. (LASSARCE Jr.; PEDREIRA, 2004).

Os principais conceitos de TS são da Rede de Tecnologias Sociais (RTS, 2008, p. 1) que diz que “Tecnologias sociais são produtos, técnicas ou metodologias reaplicáveis e inovadoras, desenvolvidas na interação com a comunidade e que representam efetivas soluções de transformação social”. Do Instituto de Tecnologia Social (ITS Brasil, 2004, p. 26), que diz que Tecnologia Social “É um conjunto de técnicas, metodologias transformadoras, desenvolvidas e/ou aplicadas na interação com a população e apropriadas por ela, que representam soluções para inclusão social e melhoria da qualidade de vida”. E da Fundação Banco do Brasil (FBB, 2018, p. 08), que diz que “Tecnologias sociais compreende produtos, técnicas ou metodologias reaplicáveis, desenvolvidas na interação com a comunidade e que representem efetivas soluções de transformação social”

Percebe-se que o conceito de Tecnologia Social foi se estruturando ao longo dos anos, pois TS compreende o desenvolvimento da sociedade. Segundo Dagnino, Bagattolli e Kate (2009),

tecnologias sociais são técnicas, metodologias ou produtos replicáveis, desenvolvidas a partir da relação com a comunidade e que solucione problemas, desencadeando uma transformação social. E em 2014, ele complementa esse conceito ampliando essa definição.

Tecnologia Social é o resultado da ação de um coletivo de produtores sobre um processo de trabalho que, em função de um contexto socioeconômico que engendra a propriedade coletiva dos meios de produção, e de um acordo social que legitima o associativismo, o qual enseja no ambiente produtivo um controle autogestionário e uma cooperação de tipo voluntário e participativo, é capaz de alterar este processo no sentido de reduzir o tempo necessário à fabricação de um dado produto e de fazer com que a produção resultante seja dividida de forma estabelecida pelo coletivo (DAGNINO, 2014, p. 96).

Tecnologias Sociais, então, são técnicas replicáveis, onde se objetiva a construção empoderada da sociedade, levando em consideração o convívio social, cultural e educacional da comunidade envolvida. A Tecnologia Social, visa à inclusão social, em contraposição à Tecnologia Convencional que visa o sistema capitalista com o intuito de alavancar a produção de mercadorias.

São produtos, metodologias e técnicas de baixo custo, fácil aplicabilidade e replicável de acordo com as necessidades de cada comunidade. Possuem características como o compromisso com a transformação social; criação de um espaço de descoberta e escuta de demandas e necessidades sociais; relevância e eficácia social; sustentabilidade socioambiental e econômica; inovação; organização e sistematização dos conhecimentos; acessibilidade e apropriação das tecnologias; um processo pedagógico para todos (DAGNINO, 2014).

A Tecnologia Social implica participação, empoderamento e autogestão dos envolvidos, defendendo o desenvolvimento e a utilização de tecnologias de forma a promover a inclusão social. Está baseado na disseminação de soluções para problemas voltados a demandas de alimentação, educação, energia, habitação, renda, recursos hídricos, saúde, meio ambiente, dentre outras (JESUS; COSTA, 2013). A replicabilidade dá a ideia que, as novas experiências, inspirem novas técnicas, criando novas formas de organização social, oferecendo novos instrumentos para assim redesenhar a sociedade (BAVA, 2004).

A Tecnologia Social não é somente uma técnica que é feita em um determinado lugar e utilizado em outro, mas sim uma tecnologia onde as pessoas envolvidas no processo de replicação da técnica desenvolvem novas formas no lugar onde vão utiliza-la. As pessoas precisam ser ativas no processo de construção da tecnologia garantindo o atendimento de suas necessidades e expectativas. A tecnologia social, portanto, é uma construção social a partir das necessidades da comunidade envolvida com o propósito de promover o desenvolvimento local sustentável (DAGNINO; BRANDÃO; NOVAES, 2004).

Segundo Rodrigues e Barbieri (2008), a tecnologia social precisa causar uma transformação social, gerando emprego e renda, combatendo à pobreza, valorizando e estimulando as práticas comunitárias, autonomia e emancipação das pessoas. Lacey (2008), propõe que a tecnologia social não pode ser apenas transmitida e replicada, ela precisa ser integrada com a comunidade, produzindo e encorajando a participação de todos, por essa razão o autor utiliza o termo "tecnologia apropriada", que quer dizer qualquer tecnologia que serve aos interesses do desenvolvimento da comunidade.

A tecnologia social dá ao replicador, o direito a apropriação dos conhecimentos, ao seu uso e reaplicação em qualquer local, fazendo com que lidem com o processo de tomada de decisões e elimina a possibilidade de apropriação privada dos conhecimentos (RODRIGUES; BARBIERI, 2008; SOUZA, 2014).

O principal segmento para empregar as técnicas de tecnologia social é a agricultura familiar, com o intuito de minimizar os impactos e entraves gerados pela modernização da agricultura. Surge então, a concepção teórica da Agroecologia, que possui o objetivo de sistematizar todos os esforços em produzir um modelo tecnológico abrangente, que seja socialmente justo, economicamente viável e ecologicamente sustentável. Por sua vez, uma Tecnologia Social, agroecológica que está sendo muito utilizada é a Aquaponia. Por ser um sistema de baixo consumo de água e de reaproveitamento de nutrientes, promove os princípios agroecológicos e por utilizar técnicas replicáveis viáveis, tanto ambientalmente quanto economicamente, procurando assim a preservação do meio ambiente, também é considerada uma Tecnologia Social.

### **3.2. Soberania e Segurança Alimentar nas ODS: A Promoção da Agricultura Familiar a partir da Tecnologia Social do Sistema de Aquaponia**

A agricultura familiar é responsável pela produção da maioria dos alimentos consumidos por brasileiros, que por sua vez estão cada vez mais preocupados com a qualidade do cultivo e da sua alimentação. A agricultura familiar é aquela exercida para o sustento familiar, vendendo o excedente para gerar poder aquisitivo ao produtor. É aquela que realiza a produção de subsistência e para o mercado interno, enfrentando principalmente os desafios impostos pelo processo de modernização da agricultura convencional, que utiliza tecnologias avançadas e pesticidas os quais aperfeiçoam sua produção desvalorizando a agricultura familiar.

Desse modo, o agricultor familiar se diferencia dos outros tipos de agricultores do universo agrícola, não somente pela disponibilidade de recursos e a capacidade de geração de renda e riqueza. Mas, também, pela forma que seu produto é cultivado, contemplando uma grande diversidade cultural, social e econômica. Variando do campesinato a pequena produção modernizada ou não, dependendo predominantemente da mão-de-obra familiar (IICA, 2006).

Os agricultores familiares se diferenciam em relação à disponibilidade de recursos e à capacidade de geração de renda e riqueza. E, também se diferenciam em relação às potencialidades e restrições associadas tanto à disponibilidade de recursos e de capacitação e aprendizado adquirido, como à inserção ambiental e socioeconômica que podem variar radicalmente entre grupos de produtores em função de um conjunto de variáveis, desde a localização até as características particulares do meio-ambiente no qual estão inseridos (CORRÊA, 2018).

No Brasil, agricultura familiar é extremamente diversificada, incluindo tanto famílias que vivem e exploram pequenas propriedades em condições de extrema pobreza quanto produtores sofisticados no moderno do agronegócio, que investem em altas tecnologias e geram renda superior.

O processo de desenvolvimento na agricultura está relacionado com a substituição da agricultura familiar, pelo sistema agroindustrial, cujo o objetivo principal era a produtividade agrícola e a agropecuária, a geração de lucro mesmo que causando a degradação do meio ambiente. Somente após a criação de programas voltados ao fortalecimento da agricultura familiar que o foco passou para o desenvolvimento sustentável, baseado nas três dimensões: ambiental, social e econômica, buscando o equilíbrio dentre estas. Este processo de desenvolvimento está relacionado ainda à escolha do processo de inovação e alternativas baseado na redução tempo, do trabalho físico e no aumento da produtividade. Por isso, a adoção de tecnologias e inovação no campo é importante no processo do desenvolvimento sustentável (CARVALHO, 2019).

Mesmo com as políticas públicas, criadas no intuito de fortalecer a agricultura familiar, ainda se faz necessário a introdução de novas alternativas a fim de que o produtor não fique refém do Estado. É nesse sentido que a agricultura familiar também verifica a necessidade de, cada vez mais, aderir ao modelo de produção baseado na introdução de inovações e tecnologias em seu processo produtivo. Esse novo modelo de produção agroalimentar requer outros fatores e tecnologias inovadoras para que a agricultura familiar possa se tornar competitiva, sustentável e alcance novos mercados consumidores (FARIA, 2012; GAZOLLA; SCHNEIDER, 2017).

As tecnologias sociais elevam o potencial de aprimoramento das técnicas rurais, possibilitando a implementação de técnicas testadas e validadas, com um baixo potencial de degradar o meio ambiente agregado à atividade produtiva, unida a um conjunto metodológico de

soluções (RODRIGUES; BARBIERI, 2008; SOUZA, 2014). Desse modo, o investimento em técnicas adequadas a promoção da agricultura familiar é importante; pois ela garante boa parte da segurança alimentar do país, garantindo a soberania alimentar de cada comunidade.

Visando priorizar práticas tradicionais de cultivo e de baixo impacto ambiental, a agricultura familiar tem sido grande aliada da sustentabilidade e da responsabilidade socioambiental. Por isso, é o segmento mais estudado para o emprego das técnicas de Tecnologia Social.

O agricultor familiar, segundo o cadastro da Fundação Banco do Brasil (FFB), é um dos principais beneficiados com projetos de Tecnologia Social. Os projetos utilizam um processo ou um método voltado para melhoria da eficiência técnica, o desenvolvimento familiar aumentando a capacidade de produção, a melhoria da qualidade do produto, diversificando a geração de renda da agricultura familiar (CARVALHO, 2019).

Em diversas áreas, são empregadas as Tecnologias Sociais, como na área de comercialização e construção de reservatórios para armazenamento de água da chuva, que servem tanto para o consumo humano como para produção de alimentos de origem animal e vegetal. Assim, a criação de ferramentas de intercâmbios, no sentido de trocas de conhecimento na área de saneamento, energia e segurança de tecnologias para proteção e conservação do meio ambiente, sistema de criação de semente, para segurança e soberania alimentar e nutricional, para a construção de moradia popular, entre outras diversas áreas (LIMA, 2010).

Os exemplos de tecnologias sociais são variados e em diferentes áreas, como: comercialização e economia solidária; reservatórios para armazenamento de água de chuva para a produção de alimentos e consumo humano; intercâmbios para troca de conhecimento; agroecologia; saneamento; energia; meio ambiente; sementes crioulas; segurança alimentar e nutricional; moradia popular; educação; saúde; plantas medicinais; inclusão digital; arte; cultura; lazer; geração de trabalho e renda; microcrédito; promoção de igualdade em relação à raça, gênero, comunidades tradicionais e pessoas com deficiência; comunicação popular e comunitária; entre outras (LIMA, 2010, p. 94).

As Tecnologias Sociais, podem ser utilizadas em diversas áreas, priorizando a equidade social, a qualidade de vida e a sustentabilidade do ambiente. As técnicas replicáveis de cada sistema utilizado devem levar em consideração o ambiente em que será implantada. Não obstante, as tecnologias sociais voltadas para a agricultura possuem seus objetivos voltados para o processo de produção e o cultivo de alimentos, buscando manejar os recursos naturais de forma sustentável (CORDEIRO *et al.* 2010). As principais Tecnologias Sociais voltadas a agricultura familiar são relacionadas a conservação do meio ambiente, principalmente as voltadas na economia de água. As cinco principais tecnologias sociais, voltadas à agricultura familiar, com enfoque na disponibilidade

de água potável, segundo Souza *et al.* (2016), são as cisternas, destiladores solares, fossas sépticas, barragens subterrâneas e bioágua.

Essas tecnologias transformam e melhoram a qualidade e o modo de vida do agricultor, assim eles podem produzir seus alimentos para sustentar suas famílias de forma saudável sem agredir o meio ambiente e sem prejudicar a saúde deles. Em sua pesquisa Abrantes (2015), analisou a Tecnologia Social, de quintais produtivos, que é um instrumento que promove a sustentabilidade familiar. Ele analisou a partir da experiência de agricultores familiares que a utilizaram como um mecanismo que introduz e resgata valores culturais e identitários da agricultura familiar.

Outra Tecnologia Social, voltada para agricultura familiar é a estudada por Carvalho (2019), que analisou a Produção Agroecológica Integrada e Sustentável (PAIS). Essa tecnologia tem o objetivo de produzir alimentos de forma agroecológica, por meio da agricultura sustentável e sem o uso de agrotóxico, integrando técnicas simples que utiliza os próprios recursos da propriedade. A autora também cita o sistema de Mandala, que é um sistema que diversifica as atividades agrícolas com baixo custo. É um plantio circular com um galinheiro no centro onde o equilíbrio ambiental é o principal objetivo do sistema.

O sistema de Aquaponia por sua vez é uma Tecnologia Social capaz de promover a agricultura familiar, pois aborda os princípios agroecológicos promovendo assim a resiliência socioecológica do meio ambiente, produzindo a proteína animal e vegetal e o uso da água de uma forma sustentável. Utiliza materiais de fácil acesso e baixo custo, utilizando pouca água. Reaproveitando os nutrientes sem poluir o meio ambiente (CORRÊA *et al.* 2018). O sistema de aquaponia é social, economicamente e ambientalmente viável, que utiliza o conceito agroecológico em todas as fases e manejo do sistema.

O sistema agroecológico de aquaponia, consiste na produção de dois organismos distintos em sistema de recirculação de água, utilizando o resíduo dos peixes como fertilizante para o crescimento ótimo das plantas. Ocorrendo assim, o benefício para ambos os cultivos, semelhante ao que ocorre na natureza e onde teremos a recuperação e reciclagem de todos os elementos que participam do sistema. Os produtos gerados em um sistema de aquaponia, levam vantagem por serem ambientalmente sustentáveis e até mesmo favorecerem o consumo de alimento local, minimizando custos com logística e conservação dos alimentos. O sistema aquapônico, produz peixes e vegetais, podendo ser instalada em pequenas propriedades, possibilitando produção de alimentos e renda para os produtores. O planeta passa por alterações sociais, econômicas e ambientais onde a ação direta do homem é o principal fator de mudanças impactantes como o

aumento da população global e a rápida urbanização, a escassez de recursos naturais e a pressão sobre os ecossistemas.

Nessa direção, o sistema promove a agricultura familiar, a produção de alimento com o mínimo impacto ambiental, preservando os recursos hídricos e não contaminando o solo, como também promove a soberania e a segurança alimentar. Através do sistema de aquaponia é possível produzir culturas saudáveis, livres de agrotóxicos e rentáveis. São inúmeras as vantagens desse sistema considerando-o um método de produção alimentar sustentável, se encaixando perfeitamente em um modelo de sistema agroecológico.

As Tecnologias Sociais buscam a inclusão social e a melhoria das condições de vida das populações, fortalecendo a promoção do bem viver e o cuidado coletivo, com a vida na Terra e em nosso país (LIMA, 2010). O bem viver dos cidadãos está relacionado à sua constituição enquanto sujeitos de direitos e a garantia de condições igualitárias para que nos realizemos enquanto seres humanos, sendo necessária para edificação do conceito de sustentabilidade a justiça social. A harmonia com a natureza. É essencial para garantir uma vida digna para todos e a própria sobrevivência da espécie humana e do planeta (ACOSTA, 2015).

Uma forma de garantir o direito de cada nação de manter e desenvolver sua própria capacidade para produzir os alimentos básicos dos povos, respeitando a sua diversidade produtiva e cultural, é através da promoção da Soberania Alimentar. Soberania Alimentar, é a garantia e acesso a um alimento saudável e de boa qualidade, se sobrepondo a qualquer fator econômico, político ou cultural que impeça sua efetivação. É a garantia do direito dos povos de definir sua política agrária e alimentar, garantindo o abastecimento, a preservação do meio ambiente (MEIRELLES, 2004; VIA CAMPESINA, 1996).

Segundo Siliprandi (2001), para se obter soberania alimentar, são necessários sistemas produtivos sustentáveis, em que se valorize a soberania e as culturas locais e, em especial, os hábitos alimentares do povo. Os princípios estabelecidos para se atingir a Soberania Alimentar, segundo a Via Campesina (1996), são alimentação como direito humano; reforma agrária; proteção dos recursos naturais; reorganização do comércio de alimentos; eliminação da globalização da fome; paz social; e controle democrático.

Em 2007, no Fórum Mundial sobre Soberania Alimentar, o conceito de Soberania Alimentar foi reformulado, passando, portanto, a ser o direito dos povos a alimentos nutritivos e culturalmente adequados, acessíveis, produzidos de forma sustentável e ecológica e o direito de decidir o seu próprio sistema alimentar e produtivo. E nele foram definidos seis princípios: comida para as pessoas; valor para os que proveem os alimentos; sistemas alimentares locais;

tomada de decisão local; construção do conhecimento e habilidades; e trabalho com a natureza (NYELENI, 2007).

Mas, apesar desses princípios, a população tem apresentado problemas de saúde, provocados por alimentos cultivados com excesso de agrotóxicos. O consumismo não sustentável, baseado no agronegócio exportador e no uso desregulado de práticas nocivas à saúde e ao meio ambiente, tem causado consequências severas a segurança alimentar, nutricional, bem como impactos na saúde humana, degradação ambiental e para a soberania alimentar (SOUSA, 2017).

A agricultura agroecológica resgata o conhecimento agrícola tradicional, desprezado pela agricultura moderna. Foi conceituada como um novo paradigma produtivo, como um conjunto de ciências, técnicas e práticas para uma produção ecologicamente sustentável, e ambientalmente mais saudável no campo. Ela busca novas práticas alternativas que resgatem e combinem o conhecimento do agricultor, com a base científica, sempre procurando uma maneira mais sustentável e inclusiva de produzir alimentos. Como uma forma de agregar todos esses elementos propostos pelo conceito de soberania alimentar e promover uma transformação no campo, com justiça social cujo conceito vem sendo construído com a contribuição de diversas áreas do conhecimento, a agroecologia se propõe a ser então uma resposta socioambiental a este consumismo insustentável (MEIRELLES, 2004).

A Agroecologia sugere alternativas sustentáveis no lugar das práticas prejudiciais da agricultura capitalista, incorporando o funcionamento ecológico necessário para uma agricultura sustentável. Assim, os saberes ecológicos surgem, nesse contexto, enquanto um conjunto de conhecimentos, técnicas e práticas dispersas que respondem as condições ecológicas, econômicas, técnicas e culturais de cada geografia e de cada população (LEFF, 2002).

Não obstante, a Agroecologia se define por um conjunto de princípios e técnicas que objetiva reduzir a dependência de fatores externos e o impacto ambiental da atividade agrícola, produzindo alimentos mais saudáveis e valorizando o homem do campo, sua família, seu trabalho e sua cultura, fornecendo uma fonte de alimentação e renda sustentável a sua família (SOUSA, 2017).

A Agroecologia foi inserida nas políticas públicas, através do Decreto nº 7.794 de 20 de agosto de 2012. A Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica/PNANPO, tem o objetivo de integrar, articular e adequar políticas, programas e ações indutoras da transição agroecológica e da produção orgânica e de base agroecológica, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e a qualidade de vida da população, por meio do uso sustentável dos recursos naturais e da oferta e consumo de alimentos saudáveis (BRASIL, 2012).

Nessa dimensão, as diretrizes da Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica/PNANPO coadunam com a promoção da soberania e segurança alimentar, bem com os Direitos Humanos sobre a Alimentação Adequada e Saudável, por meio da oferta de produtos orgânicos e de base agroecológica, isentos de contaminantes que ponham em risco a saúde. Ademais, a promoção do uso sustentável dos recursos naturais, que são observadas as disposições que regulam as relações de trabalho e favorecem o bem-estar de proprietários e trabalhadores, dentre outros. Assim, a promoção de sistemas justos e sustentáveis de produção, distribuição e consumo de alimentos, que aperfeiçoam as funções econômica, social e ambiental da agricultura e do extrativismo florestal (BRASIL, 2012).

A Agroecologia possibilita a agricultura familiar, que ganhou força, nos últimos anos, por ser uma saída sustentável para a geração de emprego e renda, soberania e segurança alimentar e desenvolvimento local. A necessidade de se relacionar a produção agrícola com cuidados com o meio ambiente, torna-se de vital importância, uma vez que atualmente o setor que mais traz malefícios ao ambiente é o setor agrícola. Sauer e Balestro (2009) indicam que a transição para formas sustentáveis de agricultura, implica um movimento complexo e não linear de incorporação de princípios ecológicos ao manejo dos agroecossistemas, mobilizando múltiplas dimensões da vida social, colocando em confronto visões de mundo, forjando identidades e ativando processos de conflito e negociação entre distintos atores.

Uma alternativa para promoção da soberania e segurança alimentar, através da Agroecologia é a aquaponia, que é um sistema que tem por princípio a produção de alimentos saudáveis, sem o uso de agrotóxicos ou qualquer outro aditivo químico, com uma visão de respeito ao meio ambiente e atende as atuais demandas do mercado consumidor que está mais consciente e exigente. A Agroecologia utiliza de novas tecnologias que visam à melhoria ambiental aliada a produção agrícola, permitindo assim que a aquaponia se insira nesta ciência. O sistema de aquaponia apresenta-se como novidade tecnológica no contexto mundial de produção de alimentos, que atende as demandas do mercado ambientalmente mais consciente, o baixo índice de pragas não necessitando assim do uso de agrotóxicos, e a versatilidade de implantação que o sistema oferece por conta do seu tamanho e funcionamento (CARNEIRO *et al.* 2015a).

A aquaponia então, promove a interação entre dois cultivos, a aquicultura e a hidroponia, reutilizando a água do sistema promovendo a ciclagem de nutrientes como o nitrogênio e o fósforo, principais compostos que causam impactos da atividade aquícola ao meio ambiente. A aquaponia, em si, aborda os princípios agroecológicos permitindo a resiliência socioecológica através da

produção da proteína animal, de vegetais e de água promovendo assim a soberania alimentar (CARRILHO, 2019; CORRÊA, 2018).

O sistema agroecológico de aquaponia vem sendo considerado inovador, pois consiste na produção de alimentos com baixo consumo de água e alto aproveitamento do resíduo orgânico gerado, sendo a alternativa de produção de peixes e vegetais menos impactante ao meio ambiente. É totalmente voltado a natureza, associando o cultivo de peixes com o de vegetais em sistema hidropônico sustentável, capaz de gerar produtos de origem animal e vegetal de alta qualidade sem o uso de agrotóxicos (SATIRO; NETO; DELPRETE, 2018).

O sistema de aquaponia está alinhado, portanto, com os objetivos da FAO e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), pois contribui para a preservação do meio ambiente, utilizando poucos recursos naturais, e é passível de aplicação em pequenas áreas urbanas. Na busca do desenvolvimento de atividades que estejam de acordo com os ODS, e sejam economicamente viáveis, ecologicamente corretas e socialmente justas, é primordial considerar a prática do reuso de águas como uma das boas opções para amenizar a problemática da oferta hídrica. O sistema de aquaponia, é um modo de produção que pode vir a colaborar com o alcance destes objetivos, essa técnica se destaca por estar contribuindo para o alcance de pelo menos 8 desses objetivos, visto que, discute sobre vários pontos elencados por eles.

Segundo Araújo (2019), do ponto de vista das contribuições socioeconômicos e ambientais, o sistema de aquaponia é uma importante estratégia para alcançar os ODS, sendo os principais, Segurança hídrica para sustentar a agricultura sustentável (ODS 2, especialmente a meta 2.4) e Vidas saudáveis (ODS 3), devido a sua natureza abrangente e multidisciplinar. Siqueira *et al.* (2018) relaciona o sistema com pelo menos três desses objetivos. O ODS 2, Fome Zero e Agricultura Sustentável, e ODS 12, Consumo e Produção Sustentável. Sabe-se que o crescimento populacional desordenado nos centros urbanos demanda a necessidade de elevada quantidade em regiões pontuais tem aumentado exponencialmente. Sendo assim, a aquaponia é uma alternativa, que possibilita a produção de proteína animal de boa qualidade, oriunda da aquicultura, baseada num sistema de reaproveitamento, com baixo consumo de água e produção de resíduos, combinada com a produção de hortaliças em sistema de hidroponia, resultando em uma sinergia perfeita entre a utilização de peixes, processos biológicos e plantas.

Segundo Oliveira (2019), o sistema de Aquapônico contribui para a promoção de pelo menos quatro dos ODS. O objetivo 2 tem a finalidade de acabar com a fome, alcançar segurança alimentar e melhorar a nutrição e promover agricultura sustentável. O sistema produz a proteína de peixe e nutrientes dos vegetais, de forma onde não se utilizam fertilizantes químicos, promovendo

agricultura sustentável. Se encaixa no ODS 3, que tem por finalidade assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar de todos, por produzir alimentos saudáveis que promovem segurança alimentar, logo, garantia de vida saudável. Se relacionando também com o ODS 6, que tem a finalidade de assegurar disponibilidade e gestão sustentável de água para todos, tendo em vista que essa prática utiliza cerca de 90% menos águas do que a utilizada em produções convencionais de peixes e vegetais, garantindo um menor uso, bem como, uma maior disponibilidade. Contribui para o ODS 12 que tem a finalidade de consumo e produção sustentável, e o ODS 15 que se relaciona à vida terrestre.

A aquaponia pode contribuir na promoção destes Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), sobretudo com ODS 2, que objetiva a divulgação de ações que promovam a segurança alimentar, se encaixando no sistema de diversas formas. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), pode ser promovido através do sistema de aquaponia, já que, o sistema possibilita a criação de proteína animal e vegetal de qualidade, servindo como fonte de consumo e renda para as famílias envolvidas. O sistema pode ser construído com materiais de fácil acesso e baixo custo, proporcionando ao produtor cultivar seu próprio alimento e vender o excedente da produção. Auxilia no alcance dos Objetivos, porque o sistema produz alimentos de forma saudável e sustentável, já que é uma atividade manual proporciona o bem-estar dos produtores e da família envolvida no manuseio do sistema.

O sistema de Aquaponia, portanto, contribui positivamente na busca por sistemas produtivos de alimentos mais sustentáveis, principalmente em função do baixo consumo de água, da redução de impactos ambientais e da produção de duas fontes de alimento e renda em um único sistema. O sistema torna-se uma alternativa real para a produção de alimentos de maneira menos impactante ao meio ambiente através de características que remetem a sustentabilidade, como implantação de pequenos sistemas familiares e da reciclagem dos recursos hídricos utilizados.

## **CAPÍTULO IV**

#### **4. O Sistema de Aquaponia como Ferramenta Didática: Contribuindo com o Ensino das Ciências Ambientais**

A educação é um processo educativo, que conduz aos valores éticos e regras políticas de convívio social, analisando os benefícios e os prejuízos da apropriação e do uso da natureza. Nessa dimensão, a educação ambiental é um campo de conhecimento e de práticas diversificadas, composta por atores e instituições sociais, que se diferenciam quanto às concepções acerca das questões ambientais e propostas políticas, pedagógicas e epistemológicas relacionados aos problemas ambientais (LAYRARGUES; LIMA, 2014; SILVA, 2018).

No campo educacional, atualmente a educação ambiental está dividida em três macrotendências, como modelos políticos pedagógicos para a educação ambiental. A macrotendência Conservacionista, a Pragmática e a Crítica, que se expressam por meio da alfabetização ecológica, visando a sensibilização ambiental através de atividades ao ar livre, utilizando princípios da ecologia, com práticas que refletem a visão naturalista dos indivíduos envolvidos, tentando criar assim uma relação afetiva com a natureza, mudando o comportamento do indivíduo com o meio ambiente (LAYRARGUES; LIMA, 2014).

Dentre as macrotendências da Educação Ambiental, escolhemos como possibilidade em nossa pesquisa a Educação Ambiental Crítica, pois esta é comprometida com a mudança do ambiente escolar para uso sustentável, superando assim nesses ambientes de mobilização as armadilhas paradigmáticas, propiciando um processo educativo em que educando e educador, contribuam pelo exercício de uma cidadania ativa na transformação da sociedade (GUIMARÃES, 2004).

De acordo com Freire (1996), quem ensina aprende ao ensinar e quem aprende ensina ao aprender. Saber ensinar não é apenas transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou construção. É a ação pela qual um sujeito dá forma, alma a um corpo indeciso e acomodado. Só existe ensino quando o aprendiz consegue recriar o que foi ensinado.

A educação ambiental é um processo no qual o educando é protagonista do processo de ensino-aprendizagem dele próprio, tendo a oportunidade de participar ativamente no diagnóstico dos problemas ambientais e na busca de soluções. Sendo o aluno preparado para ser o agente transformador por meio do desenvolvimento de habilidades e formação de atitudes, através de uma conduta ética, condizentes ao exercício da cidadania.

A criação de espaços educadores sustentáveis nas escolas é importante no enfrentamento das mudanças socioambientais, visando construir pedagogicamente referências concretas de sustentabilidade. São nesses espaços escolares que os educadores poderão propiciar aos educandos a manter uma relação equilibrada com o meio ambiente, aprendendo a compensar seus impactos com o desenvolvimento de tecnologias apropriadas, permitindo assim, um ambiente propício para as gerações presentes e futuras. Esses espaços propõem que os cuidados com a natureza estejam aliados a rotina da escola, onde alunos e professores possam refletir e debater sobre as melhores decisões pelo uso dos recursos naturais (TRAJBER; SATO, 2010).

Oferecendo aos alunos novos ambientes de aprendizagem prática, o conhecimento é melhor contextualizado. Segundo Souza (2018), prática ambiental tem o poder de conectar o aluno ao meio ambiente, ensinando e assim sensibilizando o aluno de que os recursos naturais precisam ser preservados. A utilização de atividades extracurriculares é comprovadamente efetiva no ensino, contribuindo para que o desenvolvimento dos conceitos teóricos possa ser mais efetivo dentro e fora da sala de aula.

É nesse contexto que se insere o uso de projetos interdisciplinares, em sala de aula, com uso de metodologias ativas, na especificidade, da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP). Essa metodologia é centrada no estudante estimulando a necessidade do saber, promovendo um conhecimento interdisciplinar. O maior princípio dessa metodologia é promover a tomada de decisões e permitindo que os estudantes investiguem e busquem estratégias para construir o produto final de cada projeto (BACICH; HOLANDA, 2020).

A Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) utiliza projetos autênticos e realistas, formulados a partir das necessidades sociais e socioambientais da comunidade. Os projetos podem ser baseados em uma questão, tarefa ou problema altamente motivador e envolvente, para ensinar conteúdos acadêmicos ou cotidianos, instigando os alunos ao trabalho cooperativo na resolução dos problemas (BENDER, 2015).

Os Projetos interdisciplinares criam etapas que o estudante se conecta, e cria habilidades para desenvolver as tarefas de cada área do projeto. As etapas são desenhadas pelo professor, para auxiliar os alunos a criar soluções para os problemas cotidianos, levando em consideração a questão norteadora. O projeto interdisciplinar, com um tema centralizador, não precisa necessariamente conectar os conhecimentos, mas pode abordar todos os conhecimentos desenvolvidos pelas áreas isoladamente (BACICH; HOLANDA, 2020).

O projeto não precisa unir todos os conteúdos em um único tema, o educador pode utilizar o projeto como um tema central para abordar outros temas relacionados. Os projetos interdisciplinares

são aqueles realizados por discentes no contexto escolar, sob a orientação do docente, funcionando como uma maneira inovadora de solucionar as dificuldades enfrentadas com o ensino tradicional, expositivo, de memorização, sem a assimilação do conteúdo com a vida real. Trabalhar com conteúdos dos currículos escolares, por meio de projetos interdisciplinares, é uma forma de integrar as diversas disciplinas a favor da construção do conhecimento. A interdisciplinaridade permite o confronto de ideias e concepções, contribuindo para a formação integral dos estudantes, facilitando a aprendizagem e a internalização do conteúdo. Assim, a utilização desta metodologia permite aos alunos uma melhor compreensão dos conteúdos, favorecendo a obtenção de saberes.

Em diversas áreas da pesquisa sobre educação, a utilização de ferramentas interdisciplinares que contribuam para a formação humana do aluno tem sido cada vez mais buscada. Os educadores por sua vez, tem demonstrado um interesse em como a aprendizagem nas escolas podem ser melhor contextualizadas oferecendo aos alunos novos ambientes de aprendizagem prática (SOUZA, 2018).

O uso da aquaponia na educação, pelo fato de que o sistema permite uma sinergia entre a educação científica e a natureza intrínseca do sistema. O sistema de aquaponia incorpora o conhecimento de uma variedade de assuntos incluindo agricultura, biologia, engenharia, nutrição, química e tecnologia (GENELLO *et al.* 2015). A ferramenta didática interdisciplinar Aquaponia vai proporcionar ao professor utilizar o sistema para as aulas práticas, sempre atrelando o conteúdo ministrado com a conscientização ambiental e a nutricional. A educação ambiental praticada através da aquaponia é um processo educativo que conduz a um saber ambiental materializado nos valores éticos e nas regras políticas de convívio social e de mercado, que implica a questão distributiva entre benefícios e prejuízos da apropriação e do uso da natureza (SILVA, 2018).

Segundo Martins (2017), existem mais de 1.000 escolas nos Estados Unidos que utilizam a aquaponia como instrumento pedagógico para o ensino das ciências ambientais. Em Portugal a Escola Profissional de Agricultura e Desenvolvimento Rural de Marco de Canaveses (EPAMAC), utiliza a aquaponia como recurso didático e oferece cursos e palestras para os alunos e suas famílias. Junge *et al.* (2017), observou em sua pesquisa que a aquaponia ajuda a melhorar as competências de pensamento sistêmico, contribui para formação científica dos alunos, da competência e capacidade para gestão e controle do sistema, estimula o trabalho em grupos e o aumento da autoestima, além de proporcionar aos alunos um contato mais direto com a natureza. Crews (2016) diz que o sistema pode se tornar aliado na educação, pois em pequenos espaços é possível exemplificar o processo natural da natureza, enfatizando a importância de diferentes seres em um único sistema.

Segundo Frederick (2005), a aquicultura pode oferecer aos alunos novos ambientes de aprendizagem prática, tanto para escolas de formação a fim de produzir uma força de trabalho qualificada para a indústria aquícola, como para outros níveis escolares que podem incorporar a aquicultura em sua programação como um veículo para ensinar ciências, matemática, e outros temas. A aquicultura tem a habilidade de conectar o aluno ao ambiente, enquanto ao mesmo tempo oferece a experiência do “aprender fazendo” com o processo de ciência, conceitos científicos e técnicas de resolução de problemas. E, através da integração da educação de ciências com a educação ambiental, para todos os alunos, independentemente do seu núcleo de interesse é possível criar novos ambientes de aprendizado. O sistema de aquaponia então proporciona a interdisciplinaridade entre as diferentes disciplinas existentes no currículo escolar (FREDERICK, 2005).

O uso de projetos na educação também ajuda a promover a segurança e a soberania alimentar da comunidade envolvida, já que o uso de projetos promove uma construção coletiva de conhecimento ajudando a compreender melhor a realidade. Através da educação ambiental crítica pode promover o Direito Humano a Alimentação Adequada (DHAA) e assim minimizar os problemas causados pela crise ambiental.

O sistema de Aquaponia pode ser utilizado não somente para saciar a fome, mas também para disponibilizar alimentos saudáveis de maneira permanente. Segundo a FAO (2014), hortas urbanas em grandes cidades, seria uma solução para diminuir a desnutrição. A agricultura familiar tende a diminuir a desigualdade social por meio de geração de renda e melhoria dos hábitos de consumo. A aquaponia, por sua vez, foi estudada por Carrilho (2019), na promoção do Direito Humano a Alimentação Adequada (DHAA). Segundo a autora, o sistema pode ser aplicado na descentralização de alimentos, pois a fome pode ser resultado da má distribuição de alimentos. Indivíduos que não possuem poder aquisitivo, para comprar alimentos saudáveis, optam por itens industrializados com alto teor de açúcar. A implantação de sistemas de aquaponia em terrenos públicos aumentaria a oferta de alimentos saudáveis, promovendo assim o Direito Humano a Alimentação Adequada, por conta do contato direto com o alimento e a mudança de hábitos alimentares.

Nesse sentido, a ABProj na perspectiva da Educação Ambiental Crítica, apresenta-se como uma ferramenta didática que auxilia na construção de conhecimentos significativos ligados as questões socioambientais e coloca o aluno como eixo central na elaboração dos projetos. Em ambientes escolares sustentáveis é possível promover a Soberania e a Segurança Alimentar através de um projeto de Aquapônico, pois o sistema é versátil em sua construção podendo ser utilizados

diferentes materiais. É eficiente no uso da água, sem a necessidade da utilização de agrotóxico, possibilita o controle da produção evitando perdas de alimentos, dando a oportunidade de a comunidade envolvida produzir seus alimentos de forma saudável.

#### **4.1. Ferramenta didático-pedagógica em Aquaponia: produtos educacionais baseado na (ABProj) para o Ensino das Ciências Ambientais**

O uso de novas metodologias é imprescindível para a formação de cidadãos mais conscientes ambientalmente. O uso de metodologias que utilizem a concepção crítico-reflexiva aprimora o sentido do aluno, criando a possibilidade de colocar ele como protagonista do seu conhecimento. Através da Metodologia Ativa, Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), os docentes têm uma ferramenta de ensino nas aulas e no fornecimento de informações para o planejamento de conteúdos científicos, sendo uma proposta viável para ser aplicada na busca por soluções. O uso de projetos, baseados no conhecimento agroecológico, potencializam o uso e o aproveitamento dos recursos, de forma sustentável, no contexto agroecológico a aquaponia se enquadra, pela facilidade de instalação, e por demandar materiais de baixo custo, prontamente disponíveis no mercado.

O sistema Aquapônico tem sido utilizado por vários pesquisadores, como uma excelente ferramenta para o ensino, além de facilitar a integração da comunidade com as atividades das instituições de ensino. Tal sistema, pode ser utilizado em qualquer nível educacional, como forma de estimular a alimentação saudável, a promover a valorização do esforço e do trabalho e até mesmo, a interdisciplinaridade entre as diferentes disciplinas e a tecnologia. Segundo Souza (2018), pode ser utilizado como uma ferramenta capaz de incentivar a nutrição, a sustentabilidade, a interdisciplinaridade, e proporcionar uma prática atrativa capaz de estimular a reflexão dos alunos a uma transformação social. Por isso, o objetivo geral desta pesquisa, é fornecer aos docentes caminhos alternativos a conscientização ambiental, a promoção da soberania e segurança alimentar e uma ferramenta interdisciplinar de ensino.

O planejamento e a execução do projeto, a partir do método Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), envolvem os elementos da ação educativa característicos do método, que são: Âncora, Questão Motriz, Investigação e Inovação, Trabalho em Equipe, Artefatos, Feedback e Revisão.

Segundo Bressiani *et al.* (2020), a Âncora: é a base da pergunta a ser levantada, uma questão ou um problema que dará o cenário que sustentará os processos de aprendizagem. A Questão Motriz

é uma meta estabelecida, que esteja totalmente relacionada a introdução do projeto, ou seja, a âncora, com o intuito de despertar no aluno o interesse na busca por soluções. Os processos de investigação e inovação são as atividades de pesquisa e a busca pelas soluções dos problemas que surgem ao logo do desdobramento do projeto.

Este processo de investigação possibilita a apropriação dos alunos, forçando-os, a Trabalhar em Equipe, cooperando uns com os outros, incentivando o compartilhamento de ideias, conhecimentos e habilidades para a elaboração de artefatos na busca da melhor solução. O professor sempre participa de cada uma das fases, intervindo e incentivando o protagonismo do aluno, até a elaboração do produto final do projeto. Assim, nota-se que a Metodologia Ativa, Aprendizagem Baseada em Projetos (ABProj), possui uma sequência metodológica, que possibilita a flexibilização e inserção de temáticas interdisciplinares nas aulas. Por isso, o objetivo desse produto é disponibilizar ao professor um projeto didático capaz de internalizar a temática proposta, em busca de escolas mais sustentáveis.

Buscando promover a sustentabilidade socioambiental nas escolas e a melhoria da qualidade de ensino, o governo criou a Resolução CD/FNDE nº 18, de 21 de maio de 2013, onde institui o Manual Escolas Sustentáveis com o intuito de ampliar a abordagem e o alcance das ações de educação ambiental no país. De acordo com esse manual, publicado pela Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão (SECADI/MEC) as Escolas Sustentáveis são conceituadas como:

Aquelas que mantêm relação equilibrada com o meio ambiente e compensam seus impactos com o desenvolvimento de tecnologias apropriadas, de modo a garantir a qualidade de vida as presentes e futuras gerações. Esses espaços têm a intencionalidade de educar pelo exemplo e irradiar sua influência para as comunidades nas quais se situam (BRASIL, 2013, p.02).

Escolas Sustentáveis são as instituições de ensino que promovem o relacionamento harmonioso com o meio ambiente, e compensam seus impactos com ações sustentáveis. O conceito de Escolas Sustentáveis, proposto pelo Manual coaduna com o conceito de Desenvolvimento Sustentável e visa atender às ações elencadas como necessárias ao enfrentamento das mudanças climáticas, objetivando incentivar a institucionalização da educação ambiental e o seu enraizamento em todos os níveis e modalidades de ensino, através de processos educativos que sensibilizem os alunos e a comunidade escolar, a fim de construir uma sociedade ambientalmente sustentável e justa.

O processo pedagógico atual requer, urgentemente, a inserção da questão ambiental para que a distância entre o ser humano e a natureza possa ser diminuída. As políticas públicas em Educação

Ambiental foram se estabelecendo ao longo dos anos com o intuito de aproximar o ser humano da natureza, criando um sujeito ambiental mais consciente. Assim, o Programa Nacional Escolas Sustentáveis (PNES) foi criado com o objetivo de “apoiar a transição das escolas, para que se constituam como espaços educadores sustentáveis, contribuindo para a melhoria da qualidade na Educação Básica” (BRASIL, 2014, p. 7). Através desse programa, segundo Trajber e Sato (2010), o Projeto Escolas Sustentáveis, se estabelece como uma provocação para que as escolas de ensino médio reinventem a palavra sustentabilidade, orientando-se para novas trajetórias, face à emergência das mudanças socioambientais globais, sendo baseado nas orientações da Avaliação Ecosistêmica do Milênio e do Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global.

Segundo Moreira (2011), espaços educadores sustentáveis são aqueles que desenvolvem processos educativos permanentes e continuados, sensibilizando a comunidade escolar para a construção de uma sociedade justa e sustentável. Borges (2011, p.6) conceitua as escolas sustentáveis como “aquelas que transformam seus hábitos e sua lógica de funcionamento, reduzindo seu impacto ambiental e se tornando referência de vida sustentável para sua comunidade, ampliando seu escopo de ação para além das salas de aulas”.

Trajber e Sato (2010) propõem que as escolas de educação básica brasileiras se transformem em “espaços educadores sustentáveis”, buscando soluções para os problemas da comunidade, envolvendo todos através de diálogos, transformando a escola em uma “incubadora de mudanças”. Em uma Escola Sustentável, a escola é o território onde se constrói a identidade cultural do aluno e da comunidade escolar. É nesse espaço que através de um currículo ambientalmente apropriado, permite-se que os problemas socioambientais sejam absorvidos pela consciência individual, gerando um sujeito ambientalmente mais consciente (TRAJBER; SATO, 2010).

Para que a escola se torne sustentável, é necessário a coerência entre o currículo, a gestão e o espaço físico da instituição. Para alcançar a sustentabilidade nas escolas três fatores precisam ser mudados. O espaço físico, que deve ser construído a partir da cultura local, permitindo acessibilidade, conforto, gestão eficiente da água e energia, estimulando assim a segurança alimentar e nutricional. Gestão, compartilhar as decisões aprofundando o contato entre a comunidade e a escola, respeitando e valorizando os direitos humanos e a diversidade cultural. E o currículo, no Projeto Político-Pedagógico das instituições de ensino deve incluir conhecimentos, saberes e práticas sustentáveis, contextualizando a realidade local com o ensino (TRAJBER; SATO, 2010). “As escolas sustentáveis estabelecem elos entre o currículo (o que se ensina e se aprende na escola), a sua gestão (isto é, a forma como a escola se organiza internamente para funcionar), e o

seu espaço físico (considerando o tipo e a qualidade das edificações e o seu entorno imediato)” (BRASIL, 2012, p.11).

A escola é pensada como um espaço educador sustentável, baseada em três dimensões interligadas: o espaço, o currículo e a gestão. Para ser uma escola sustentável, o espaço escolar precisa ser repensado de acordo com o currículo envolvendo os princípios da sustentabilidade, mudando os hábitos e gerando uma nova cultura na comunidade escolar. Formando diálogos entre estudantes, membros da comunidade, professores, funcionários e gestores, envolvendo-os na melhoria da qualidade de vida. A escola pensada como uma incubadora de mudanças é o princípio fundamental da política para formação de Escolas Sustentáveis. Nesses espaços, a comunidade escolar poderá encontrar possíveis soluções para os problemas cotidianos, sendo incentivados a investigar, pesquisar, descobrir e ser autônomo, criando um pensamento crítico e inovador (TRAJBER; SATO, 2010).

Na escola sustentável, o espaço físico cuida e educa, pois incorpora tecnologias e materiais mais adaptados às características ambientais e sociais de cada região. [...] Na escola sustentável, a gestão cuida e educa, pois encoraja relações de respeito à diversidade, mais democráticas e participativas. [...] Na escola sustentável, o currículo cuida e educa, pois é iluminado por um Projeto Político-Pedagógico que estimula a visão complexa da educação integral e sustentável (BRASIL, 2010, p. 11).

As escolas sustentáveis, portanto, são locais onde se desenvolvem processos educativos cotidianos, sensibilizando a comunidade escolar a construir uma sociedade ambientalmente justa e inclusiva, respeitando os direitos humanos e a qualidade de vida. Mas para ser sustentável a escola também necessita:

Promover a saúde das pessoas e do ambiente; Cultivar a diversidade biológica, social, cultural, etnorracial, de gênero; Respeitar os direitos humanos, em especial de crianças e adolescentes; Ser segura e permitir acessibilidade e mobilidade para todos; Favorecer o exercício de participação e o compartilhamento de responsabilidades; Promover uma educação integral (BRASIL, 2012, p. 10).

Tornar a escola tradicional em uma escola sustentável, significa romper com a tradicional dinâmica social atual, pois a sustentabilidade almejada com a criação desses espaços educadores não está ligada unicamente à questão ambiental, está ligada também as questões sociais, econômica, cultural e espiritual da comunidade. Para se construir uma escola sustentável é necessário, reinventá-la, precisa-se propor uma nova experiência que possa conscientizar o sujeito da importância das questões ambientais e sociais, transformando realmente a comunidade.

A implantação de uma Escola Sustentável tem o intuito de transformar o eu individual pelo eu coletivo, transformando assim não só o indivíduo mais também toda a comunidade. De acordo com Trajber e Sato (2010), as escolas sustentáveis tem o intuito de envolver escola e comunidade em pequenos projetos ambientais que beneficiem tanto o sujeito, aluno, quanto a comunidade, promovendo diálogos entre os conhecimentos científicos, culturais e saberes locais.

Vários fatores são essenciais para consolidação de uma escola sustentável. Envolvendo recursos financeiros, principalmente para adaptação do espaço físico da escola, aprofundamento e conhecimento do gestor para uma modificação no currículo escolar, seguindo as diretrizes obrigatórias do projeto-político pedagógico proposto, o que, muitas vezes, pode inviabilizar sua conclusão. Além do que, há necessidade de participação e engajamento da comunidade com o ambiente escolar, o que muitas vezes pode não ocorrer e impossibilitar a implantação do projeto (BASTOS; RABINOVICI, 2016).

É possível que a escola não seja a solução para a crise ambiental, mas ela reproduz os discursos da sociedade e é através dela que se pode sensibilizar o indivíduo, fomentado por um currículo apropriado, permite que as preocupações socioambientais no âmbito global sejam absorvidas pela consciência individual, sendo assim um local gerador de uma cultura pró-sustentabilidade.

#### **4.1.1. PRODUTO EDUCACIONAL: proposta de projetos educacionais com aquaponia na escola**

O sistema Aquapônico tem sido utilizado por vários pesquisadores, como uma excelente ferramenta para o ensino, além de facilitar a integração da comunidade com as atividades das instituições de ensino, segundo Souza (2018), o sistema pode ser utilizado como uma ferramenta capaz de incentivar a nutrição, a sustentabilidade, a interdisciplinaridade, e proporcionar uma prática atrativa capaz de estimular a reflexão dos alunos a uma transformação social. O planejamento e a execução do projeto, a partir do método ABProj, envolvem os elementos da ação educativa característicos do método, que são: Âncora, Questão Motriz, Investigação e Inovação, Trabalho em Equipe, Artefatos, Feedback e Revisão.

A ideia principal é chamada de Âncora, que é a base da pergunta a ser levantada, uma questão ou um problema que dará o cenário que sustentará os processos de aprendizagem. A Questão Motriz é uma meta estabelecida que esteja totalmente relacionada a introdução do projeto, ou seja, a âncora, com o intuito de despertar no aluno o interesse na busca por soluções. Os

processos de investigação e inovação são as atividades de pesquisa e a busca pelas soluções dos problemas que surgem ao longo do desdobramento do projeto. Este processo de investigação possibilita a apropriação dos alunos, forçando-os, a Trabalhar em Equipe, cooperando uns com os outros, incentivando o compartilhamento de ideias, conhecimentos e habilidades para a elaboração de artefatos na busca da melhor solução.

O professor sempre participa de cada uma das fases, intervindo e incentivando o protagonismo do aluno, até a elaboração do produto final do projeto. Assim, nota-se que a Metodologia Ativa, ABProj, possui uma sequência metodológica que possibilita a flexibilização e inserção de temáticas interdisciplinares nas aulas. Dessa forma, o objetivo desse produto é disponibilizar ao professor um projeto didático capaz de internalizar a temática proposta.

Essa seção tem o objetivo de detalhar para o docente o passo a passo da construção de um projeto educacional, utilizando o sistema de aquaponia como uma ferramenta didática capaz de promover o alcance dos ODS. Para isso, nove passos são designados para o alcance do projeto.

### **Passo 1: Oficinas de Aquaponia: Produzindo Tecnologia Social na Escola**

O primeiro momento se dá através de uma Oficina de apresentação para docentes, discentes e comunidade escolar, com o tema “Aquaponia: Produzindo Tecnologia Social na Escola”. Nessa oficina, é apresentado o sistema, seus usos e benefícios, sendo abordados temas como: O que é Aquaponia? Para que serve o sistema? O que é Agroecologia ou Agricultura sustentável? Porque o sistema de Aquaponia é Agroecológico? O que é Tecnologia Social? O sistema Agroecológico de aquaponia pode ser considerada uma Tecnologia Social? A Metodologia Ativa, Aprendizagem Baseada em Projetos; Como o sistema pode ser utilizado com uma ferramenta didática, e por fim, Como o sistema de Aquaponia pode ajudar no alcance dos ODS (Quadro 4).

**Quadro 04:** Passo a Passo da Oficina

<b>OFICINA:</b> “Aquaponia: Produzindo Tecnologia Social na Escola”
<b>OBJETIVO:</b> Aproximar o público do tema.
<b>CONTEÚDO:</b> Através de apresentação por slides, vídeos e até mesmo confecção de uma maquete do sistema.
<b>TEMAS:</b> O que é Aquaponia? Para que serve o sistema? O que é Agroecologia ou Agricultura sustentável? Porque o sistema de Aquaponia é Agroecológico? O que é Tecnologia Social? O sistema Agroecológico de aquaponia pode ser considerada uma Tecnologia Social? A Metodologia Ativa, Aprendizagem Baseada em Projetos; como o sistema pode ser utilizado com uma ferramenta didática? Como o sistema de Aquaponia pode ajudar no alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável-ODS?

Fonte: SANTOS; BATISTA, 2021.

**Passo 2: Encontro Docente.**

O segundo passo é realizar uma reunião com os docentes, a fim de nivelar os conhecimentos dos professores acerca do sistema, alinhar os objetivos que deverão ser alcançados, os resultados esperados e a discussão de ideias para o melhor uso do sistema. Os docentes trocam ideias sobre os possíveis projetos que podem desenvolver a partir do tema proposto, sendo definidos os projetos de acordo com o tempo, complexidade e nível de conhecimento exigido para desenvolvimento de cada aluno. A base do projeto é o uso do sistema como ferramenta didática, para isso é orientado ao professor criar um plano de aula de modo a integrar as disciplinas com o sistema em suas atividades. É importante que aconteça outros encontros, para sempre ir discutindo os ajustes necessários para o andamento do projeto, e para avaliar o desempenho dos alunos.

**Passo 3: Roda de Conversa.**

Nesse terceiro passo, os docentes apresentam o tema norteador aos alunos, apresentando e tirando as dúvidas do uso do sistema, é importante que os alunos construam, juntamente com os docentes, o processo de concepção do projeto, permitindo que eles próprios desenvolvam suas ideias. O docente, por sua vez, terá o papel de aconselhar, quanto aos recursos, dificuldades, tempo para a elaboração dos projetos, para que os alunos não escolham desenvolver projetos fora do seu alcance no sentido de tempo e dinheiro. Pode-se utilizar vídeos e slides para facilitar a assimilação do aluno ao conteúdo, sempre mostrando o papel do professor e do aluno, e o que é necessário realizar para o bom funcionamento do sistema, relacionando todos os temas que podem ser abordados pela ferramenta.

Para avaliar a assimilação do conteúdo, os professores podem elaborar um jogo de perguntas e respostas sobre o tema, sempre debatendo o assunto. Pode permitir que os próprios alunos elaborem as questões, dando sempre a oportunidade de protagonismo do aluno, incentivando e estimulando a participação ativa deles.

**Passo 4: Planejamento das Atividades do Projeto.**

Nessa etapa, é planejado o passo a passo para implementação do projeto. Docente e discentes estabelecem prazos e etapas para cumprimento dos objetivos propostos, no plano de aula. É definidas equipes de acordo com o grau de conhecimento de cada aluno, as equipes realizarão

pesquisas, trocando ideias entre si, buscando informações com os professores envolvidos no projeto e discutindo sobre as dificuldades para o desenvolvimento, os recursos e o tempo necessário para execução do projeto.

É necessário que cada equipe responsável por uma determinada tarefa tenha um cronograma de atividades que contenha o nome da equipe, o tema norteador, o tema do seu projeto, o objetivo que eles pretendem alcançar, um resumo do que eles pretendem desenvolver, as disciplinas que precisam envolver, dias e horários de encontro, tarefas a serem desenvolvidas por dias da semana. Assim, os alunos desenvolverão seus projetos com responsabilidade, organização e desempenho. E os professores, têm o papel de orientar os alunos a tomarem as melhores decisões para resolução dos problemas, que surgirem ao longo da execução do projeto.

### **Passo 5: Concepção do projeto.**

A partir do tema “Aquaponia: Produzindo Tecnologia Social na Escola” é confeccionado um projeto baseado na Metodologia ativa, Aprendizagem Baseada em Projetos (Quadro 5).

**Quadro 05:**Planejamento da ABProj

<b>PLANEJAMENTO DA ABPROJ.</b>	
<b>ETAPAS</b>	<b>ATIVIDADES</b>
<b>Âncora</b>	O sistema de Agroecológico de Aquaponia, como uma Tecnologia Social é capaz de promover a soberania e a segurança alimentar, garantindo assim o alcance dos ODS.
<b>Questão Motriz</b>	Como o sistema de Aquaponia é capaz de garantir o alcance dos ODS?
<b>Investigação</b>	Pesquisa científica na busca de soluções para os problemas que surgem e manutenção do sistema.
<b>Inovação</b>	Através do sistema é possível notar mudança nos hábitos cotidianos, tanto dos alunos, quanto dos professores. O sistema possibilita a sensibilização ambiental.
<b>Trabalho em equipe</b>	O trabalho é realizado entre as equipes, que são divididas de acordo com o planejamento do professor, dividindo as tarefas entre os componentes de cada equipe.
<b>Reflexão</b>	Através do sistema é possível conectar o indivíduo com a natureza e assim sensibilizar.
<b>Feedback e Revisão</b>	O docente precisa revisar todas as etapas com os alunos, supervisionando e tirando todas as dúvidas ao longo do processo.
<b>Produto Final-Artefatos</b>	Ao final do projeto, um relatório pode ser elaborado por cada aluno relatando as experiências, os resultados alcançados, o que não foi alcançado e o impacto social do sistema na vida deles.

**Fonte:** SANTOS; BATISTA, 2021.

**Passo 6: Construção e Implementação do Projeto.**

Nessa etapa, ocorre a construção e a implementação do sistema de aquaponia. O sistema de aquaponia proposto é constituído de: um tanque para acondicionamento dos peixes, com capacidade para até mil litros de água, caixa para construção das mesas de hidropônia e bombas elétricas para realizar a recirculação da água e oxigenação, o cultivo hidropônico será utilizado como filtro biológico, para a melhoria da qualidade da água do cultivo dos peixes.

Os alunos precisam participar da construção do sistema, para eles adquirirem propriedade do projeto. É nesta etapa onde ocorrem os primeiros problemas e o docente precisa acompanhar todos eles, mas deixar os alunos caminharem de maneira mais autônoma, desenvolvendo assim sua autonomia, responsabilidade com os prazos e trabalho colaborativo.

É de extrema importância que o docente tenha propriedade do projeto, pois eles vão agir como orientadores, conduzindo as equipes no processo de aprendizado, ensinando e retirando dúvidas, não somente dos conteúdos de sua própria disciplina, mas também dos conteúdos das todas as disciplinas envolvidas no projeto.

**Passo 7: Desenvolvimento do Projeto.**

Nesta etapa, são realizados ajustes e correções no projeto. É realizada uma avaliação do que já foram desenvolvidos pelas equipes, os problemas que surgiram ao longo das etapas cumpridas e como alcançar os objetivos propostos. Os docentes, nessa etapa, têm a oportunidade de avaliar o desempenho de cada aluno no cumprimento das etapas do projeto, é importante que o professor avalie o empoderamento de cada aluno com o projeto e não a nota do desempenho em si.

**Passo 8: Apresentação do Produto Final.**

Ao final do projeto, é importante que os alunos sejam avaliados e apresentem o que aprenderam com a execução do projeto. Além de avaliações, que podem ser realizadas durante o projeto, com o intuito de que todos alcansassem os objetivos propostos, é necessária uma avaliação final, para que os professores analisem o que foi desenvolvido e o que foi alcançado. O mais importante é identificar as habilidades desenvolvidas pelos alunos, os objetivos que foram alcançados, e se a utilização do sistema impactou na sua vida social. Assim, para o professor, esse Projeto Educacional, serve como um guia de uma sequência didática baseado na Metodologia

Ativa, ABProj, através da construção e manutenção de um sistema de aquaponia, esse projeto o ajudará a cumprir o objetivo da construção do conhecimento sobre o tema ambiental.

#### **4.2. Manual Técnico Digital com Sistema de Aquaponia: Projeto Educacional com Tecnologia Social na Escola para Ensino das Ciências Ambientais.**

A proposta nessa pesquisa infere-se pela contribuição na construção da ferramenta didática interdisciplinar, para ensino das ciências ambientais, através de uma Tecnologia Social como o sistema Agroecológico de Aquaponia. Uma Tecnologia Social passada através de um Manual Digital, com o objetivo de fornecer a comunidade escolar, abrangendo alunos, professores e agricultores familiares, uma Tecnologia Social de fácil adaptação e construção.

Nesse manual, constará todo o passo a passo de construção e implementação de um sistema compacto de aquaponia, com seus usos e benefícios, tanto para o campo como para a escola, gerando além de uma ferramenta didática, uma ferramenta promotora da soberania e segurança alimentar da comunidade envolvida. Assim, este produto didático será de cunho técnico\tecnológico estimulando a geração de produtos de qualidade.

O principal impacto decorrente do desenvolvimento deste estudo, consiste em colaborar para a disseminação da ideia de sustentabilidade no ambiente escolar, promovendo nos educandos uma consciência voltada à preservação ambiental como mecanismo que favorece a utilização economicamente eficiente e socialmente adequada dos recursos hídricos.

O produto abrangerá alunos, professores e agricultores e servirá para auxiliar na construção de um sistema de aquaponia, que pode ser utilizada tanto como uma tecnologia social promotora da soberania alimentar, gerando renda e alimentação saudável a população, como uma ferramenta didática de ensino para professores, já que nos últimos anos os educadores procuram novas formas de ensinar e sensibilizar, facilitando o processo de ensino-aprendizagem que a cada dia procura ser inovado pelos educadores, e o uso de projetos de cunho social estão sendo muito utilizado.

O uso de metodologias que utilizem a concepção crítico-reflexiva, aprimora o sentido do aluno, criando a possibilidade de colocar ele como protagonista do seu conhecimento, além de ser imprescindível para a formação de cidadãos mais conscientes ambientalmente. Através da Metodologia Ativa, ABProj, os docentes têm uma ferramenta de ensino nas aulas e no fornecimento de informações para o planejamento de conteúdos científicos, sendo uma proposta viável para ser aplicada na busca do protagonismo do aluno. Assim, esse uso, potencializa a sensibilização do uso e reaproveitamento dos recursos, de forma sustentável. No contexto agroecológico, a aquaponia se

enquadra, pela facilidade de instalação, e por demandar materiais de baixo custo, prontamente disponíveis no mercado. O sistema pode ser utilizado em qualquer nível educacional, como forma de estimular a alimentação saudável, promover a valorização do esforço e do trabalho e até mesmo, a interdisciplinaridade entre as diferentes disciplinas e a tecnologia.

#### **4.2.1. PRODUTO EDUCACIONAL: manual digital para escolas sustentáveis em contribuição as ODS e ao ensino das ciências ambientais.**

O sistema de produção agrícola convencional busca a produtividade, em larga escala, utilizando agrotóxicos para minimizar as perdas na produção, prejudicando assim a conservação do meio ambiente, a qualidade nutricional dos alimentos, causando a desperdício de água, degradação do solo, poluição do ambiente e desigualdade social no meio rural. As práticas da agricultura convencional não são sustentáveis, comprometendo as gerações futuras, pois geram impactos ambientais (BLUM, 2018).

A agricultura é a atividade humana mais antiga que relaciona a natureza com sociedade, mas o modo de produção e consumo convencional traz serias ameaças ao planeta. O aumento populacional e a necessidade em produzir alimentos para atender a demanda crescente de consumo vêm acarretando em uma grande crise ambiental, sendo necessária a busca por sistemas sustentáveis de produção de alimentos, ou seja, que não comprometam ainda mais o meio ambiente.

Uma alternativa para diminuir os impactos causados pela agricultura convencional é a produção agroecológica. A Agroecologia propõe novas formas de ver e estudar a realidade, buscando integrar saberes tradicionais e cotidianos dos agricultores com o conhecimento de diferentes ciências, incorporando ideias mais ecologicamente sustentáveis no cultivo, focando não somente na produção, mas também com a preservação do meio ambiente (CAPORAL, 2013; ALTIERE, 2012).

A aquaponia é um sistema agroecológico que consiste na produção comercial, de modo sustentável por meio da tecnologia social, que permite reduzir o consumo da água e até promover o reuso e a reciclagem. O sistema de aquaponia produz organismos aquáticos consorciados à produção de vegetais, onde os dejetos dos organismos aquáticos servem de fonte de nutrientes para a produção vegetal em um sistema fechado, sem a saída e com pouca entrada de água, que só é perdida através da evaporação, onde ocorre a recirculação desta nos dois sistemas de produção consorciados (SOUZA, 2019).

O sistema de aquaponia pode ser construído com materiais reciclados e ser instalado em pequenos espaços, possibilitando a produção de alimentos saudáveis e uma fonte de renda para os produtores, podendo ser desenvolvido em uma coletivamente e ser uma solução efetiva de transformação social. As técnicas replicáveis do sistema, o torna uma tecnologia social capaz de promover a soberania e a segurança alimentar da comunidade, contribuindo assim com o alcance do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável-ODS 2, que versa sobre a necessidade de implementar ações que promovam a agricultura familiar e a segurança alimentar.

Entretanto, segundo Sauer e Balestro (2013), a implantação de técnicas sustentáveis de agricultura implica em um movimento bem complexo e difícil, pois consiste na incorporação de princípios ecológicos ao manejo, mudando completamente a vida social, colocando em confronto visões de mundo. Por isso, é necessário sensibilizar a sociedade da importância da preservação ambiental, e para isso a sensibilização precisa começar pelo ambiente escolar, através do emprego de ações no âmbito da educação ambiental. A educação ambiental envolve ações que buscam a manutenção da vida e o enfrentamento da degradação socioambiental, sendo definida como, um processo no qual o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente (BRASIL, 1999).

Para então incorporar a Educação Ambiental ao ensino, o MEC propôs transformar as escolas em espaços educadores sustentáveis, promovendo assim ações e práticas socioeducativas no cotidiano escolar, inserindo a educação ambiental de modo permanente na educação básica com práticas pedagógicas consistentes e críticas da realidade local. Afim de formar cidadãos mais críticos, responsáveis e capacitados para a vida, é necessário construir novas práticas pedagógicas integradas à produção de alimentos saudáveis, garantindo assim saúde e a preservação do meio ambiente através de propostas interdisciplinares (CRIBB, 2010).

E é essa uma das proposições da Metodologia Ativa, Aprendizagem Baseada em Projetos (ABProj), que visa realizar ações por meio de projetos, cujo enfoque é a construção coletiva do conhecimento interdisciplinar na qual os alunos tornam-se protagonistas do seu conhecimento, aprendem fazendo em cooperação com os colegas. As características de um projeto com metodologia ABProj, possuiu uma introdução, informações básicas para preparar o terreno e gerar o interesse dos alunos, uma âncora, processos de investigação e inovação, que são realizadas a partir da questão motriz, precisa ser cooperativo, ou seja, trabalhado em equipe, precisa de feedback e revisão tanto do professor quanto dos colegas, oportunidades para reflexão e produção de artefatos (BENDER, 2015; OLIVEIRA; MATTAR, 2018).

Artefatos são os produtos criados ao longo da execução de um projeto e que representam possíveis soluções, ou aspectos da solução, para o problema. O produto final desse projeto é um Manual Digital, onde constará todo o processo de aquisição, montagem, implantação e manutenção de um sistema de aquaponia. O projeto surge das necessidades diárias da população brasileira, que sofre com a escassez de água para o cultivo e irrigação, e com pragas agrícolas. O objetivo do produto então é fornecer uma tecnologia social para driblar a escassez de água presente em todos os municípios brasileiros, capaz de gerar renda, alimentação saudável e uma prática de ensino da educação ambiental. Para além, visa contribuir com as perspectivas da agenda 2030, já que o sistema de aquaponia, é um modo de produção que pode vir a colaborar com o alcance de pelo menos 8 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável- ODS, visto que, discute sobre vários pontos elencados por eles, mas o principal é o ODS 2, fome zero e agricultura sustentável.

Para elaboração do Manual Digital, utilizou-se da pesquisa bibliográfica, sendo utilizados diversos artigos científicos e vídeos para confecção do manual. A escolha da elaboração desse Manual Digital foi pensada visando sua portabilidade, com um conteúdo de acesso imediato, de fácil leitura, com conhecimento prático e aplicável, que pode ser baixado para ler no smartphone, no tablet ou nos leitores de livros eletrônicos disponíveis.

O Manual Digital apresenta textos e imagens, intercalados com propostas de vídeos, que demonstram o funcionamento do sistema, devido à construção pautada em resolver os problemas reais cotidianos, dá ao Manual, um caráter construtivista que pode permitir ao aluno, mesmo em um estudo sem o auxílio do professor, a construção do conhecimento sobre esse tema e a erradicação de concepções espontâneas também a respeito dele.

O manual iniciará com uma explicação do que é o sistema de aquaponia, como ele surgiu, quem pode exercer essa atividade, custo de implantação e geração de renda. Como funciona, sua importância, seus usos e benefícios também constarão nesse manual, afim de sanar todas as dúvidas dos leitores sobre o sistema. Seu uso na escola será bem evidenciado nesse manual, a fim de mostrar aos alunos e professores como esse sistema pode auxiliá-los no ensino-aprendizagem, já que já foi muito discutido e confirmado que aulas práticas conseguem prender a atenção do aluno permitindo-lhe a assimilação mais fácil dos conteúdos ministrados. No manual também constará todo o processo de construção facilitando a qualquer leitor a construção, implantação e sua manutenção, listando todos os materiais necessários para sua montagem e operação.

O Manual de Tecnologia Social terá itens como, O QUE É AQUAPONIA? É a produção de organismos aquáticos associado com ao cultivo de plantas sem solo, é a junção do sistema de aquicultura com a hidroponia (MARTINS, 2017). A aquaponia tem por princípio produzir uma

alimentação saudável, respeitando o meio ambiente e atendendo a atual demanda do mercado consumidor que está ambientalmente mais consciente e exigente (CARNEIRO *et al.* 2015a). O sistema propõe uma alternativa para a produção de alimentos de forma menos impactante ao meio ambiente, com perdas mínimas de água e nutrientes. Se encaixando nos conceitos de sustentabilidade propostos inicialmente no relatório Brundtland, em 1987 e na Conferência Rio 92. Já que o sistema reúne o desenvolvimento da tecnologia com a produção sustentável de alimentos (CORRÊA *et al.* 2018; DIVER, 2006; HUNDLEY *et al.* 2013).

O sistema aquapônico funciona como um sistema fechado, onde existe uma relação entre os resíduos provenientes dos peixes com os vegetais (CANASTRA, 2017). O sistema funciona através da simbiose entre peixes, plantas e bactérias, onde os nutrientes necessários para o desenvolvimento dos vegetais são fornecidos através das excretas e outros resíduos metabólicos dos peixes, que são transformados em produtos absorvíveis às plantas pelas bactérias nitrificantes presentes no sistema. O substrato das plantas cultivadas funciona como filtro biológico, transformando matéria orgânica em nutrientes para elas. Ao término deste ciclo, a água que volta ao tanque de criação é uma água limpa e de baixa concentração de impurezas. Assim, o ambiente mostra-se equilibrado, com condições similares às que a natureza proporciona (PINTO, 2015).

A aquaponia é um sistema de cultivo com uma finalidade bem ampla, que vai do nível econômico ao nível educacional. O sistema aquapônico, pode ser desenvolvido em pequena a grande escala, podendo ser construída a partir de materiais reciclados ou serem adquiridos de empresas especializadas. Sua manutenção é relativamente simples e de fácil manuseio (MARTINS, 2017).

COMO FUNCIONA O SISTEMA? No sistema aquapônico há um fluxo contínuo de nutrientes entre os organismos vivos que habitam o sistema e se relacionam através de ciclos biológicos. Os peixes se alimentam da ração que é o insumo mais importante do sistema, e produzem excretas que são convertidos por bactérias em nutrientes que serão absorvidos pelas plantas. As excretas dos peixes são ricas em amônia, esta substância é tóxica para os peixes, por isso sofre ação de bactérias nitrificantes que transformam a amônia ( $\text{NH}_3$ ), em nitrito ( $\text{NO}_2$ ) e este em nitrato ( $\text{NO}_3$ ), transformando assim uma substância tóxica produzida pelos peixes em nutrientes absorvíveis pelas plantas. As plantas utilizam como nutrientes, o nitrato convertido que funciona como fertilizantes para elas. Além disso, as raízes das plantas filtram a água que retorna ao tanque dos peixes limpa e oxigenada (CARNEIRO *et al.* 2015a).

IMPORTÂNCIA DA AQUAPONIA, no ano de 2015 a FAO estimou que existam mais de 800 milhões de pessoas em estado de desnutrição crônica em todo o planeta, essa população

concentra-se áreas costeiras urbanas, proporcionando segundo Pinto (2015), um desafio na conscientização de uma produção sustentável que preserve o meio ambiente. A aquaponia tem potencial para estimular a agricultura familiar no perímetro urbano, uma vez que o sistema necessita de pouco espaço para ser implantado, proporcionando assim a inclusão de famílias hipossuficientes, que além de produzirem e consumirem alimentos saudáveis promovendo assim a soberania alimentar humana, tendo uma fonte de nutrientes e proteína de alta qualidade, poderá ofertar o excedente da sua produção, aumentando e gerando uma renda extra para a família (PINTO, 2015).

**USOS E BENEFÍCIOS DO SISTEMA**, a aquaponia é um sistema agroecológico, um processo que aplica os conceitos e princípios ecológicos com a finalidade de reduzir os impactos antrópicos no ambiente e na sociedade. O sistema se destaca como uma alternativa viável, pois possibilita a produção de proteína animal e vegetal, baseada em um sistema sustentável de reaproveitamento, de baixo investimento, baixo consumo de água e baixa ou nenhuma produção de resíduos (BLUM, 2018). Além de ser uma forma de cultivo que ajuda a reduzir a velocidade de esgotamento dos recursos hídricos, já que a agricultura é o insumo que mais utiliza água e consome cerca de 70% da disponibilidade total de água. O sistema então permite reduzir o consumo de água, eliminando desperdícios já que a água é totalmente reutilizada promovendo também o reuso e a reciclagem (CORRÊA *et al.* 2018).

Além de o sistema ser uma saída sustentável para geração de emprego e renda, segurança alimentar, promoção da soberania alimentar e desenvolvimento local, ele pode ser utilizado como ferramenta didática interdisciplinar para o ensino da educação ambiental. Segundo Souza (2018), a prática ambiental tem o poder de conectar o aluno ao ambiente, e ao mesmo tempo oferecer a experiência do aprender fazendo. Oferecendo aos alunos novos ambientes de aprendizagem prática o conhecimento é melhor contextualizado. A utilização de atividades extracurriculares tem contribuído para que o desenvolvimento dos conceitos teóricos possa ser mais efetivo dentro e fora da sala de aula. O uso da aquaponia na educação, é pelo fato de que o sistema permite uma sinergia entre a educação científica e a natureza intrínseca do sistema, sendo que a aquaponia incorpora o conhecimento de uma variedade de assuntos incluindo agricultura, biologia, engenharia, nutrição, química e tecnologia (GENELLO *et al.* 2015).

**AQUAPONIA NAS ESCOLAS**, o uso da aquaponia como ferramenta didática interdisciplinar de ensino proporciona ao professor utilizar o sistema para as aulas práticas, sempre atrelando o conteúdo ministrado com a conscientização ambiental. A educação ambiental praticada através da aquaponia, é um processo educativo que conduz a um saber ambiental materializado nos

valores éticos e nas regras políticas de convívio social e de mercado, que implica a questão distributiva entre benefícios e prejuízos da apropriação e do uso da natureza (SILVA, 2018).

Segundo Martins (2017), existem mais de 1.000 escolas nos Estados Unidos que utilizam a aquaponia como instrumento pedagógico para o ensino das ciências naturais. Em Portugal a Escola Profissional de Agricultura e Desenvolvimento Rural de Marco de Canaveses (EPAMAC), utiliza a aquaponia como recurso didático e oferece cursos e palestras para os alunos e suas famílias. Junge *et al.* (2017), apresentou os benefícios da aquaponia para alunos da sétima série de uma escola na Suíça, e observou que, a aquaponia ajuda a melhorar as competências de pensamento sistêmico, contribui para formação científica dos alunos, deu competência e capacidade para gestão e controle do sistema, estimulou o trabalho em grupos e aumento da autoestima, e deu o contato com peixes e plantas. Crews (2016), analisou que o sistema pode se tornar aliado na educação pois em pequenos espaços é possível exemplificar o processo natural da natureza, enfatizando a importância de diferentes seres em um único sistema.

COMPONENTES DO SISTEMA, as bactérias nitrificantes dos gêneros *nitrossomas* e *nitrobarcters* oxidam a amônia em nitrito e este em nitrato. Estas bactérias são predominantemente aeróbicas e tem como faixa ótima de pH entre 7,0 e 8,0. A faixa de temperatura de água ideal para o crescimento e proliferação das bactérias nitrificantes está entre 17° a 34°C, temperaturas abaixo dos 10°C provoca uma queda de até metade da produção dessas bactérias, prejudicando assim o processo de nitrificação. O oxigênio dissolvido é uma substância essencial para o funcionamento do sistema.

O processo de nitrificação é uma reação de oxidação necessitando assim do oxigênio como reagente. Se no sistema não tiver oxigênio dissolvido disponível, outros tipos de colônias de bactérias indesejáveis ao sistema poderão se estabelecer, desestabilizando o sistema. Os níveis ideais de oxigênio dissolvido no sistema se encontram entre 4 a 8 miligramas por litro. As bactérias nitrificantes são sensíveis a luz solar, necessitando assim de sombra. O surgimento delas no sistema acontece de forma natural, podendo se estabelecer em vários tipos de materiais como nas paredes do tanque, nas raízes das plantas ou nas tubulações do sistema. (CORRÊA, 2018; FAO, 2014).

A planta para ser utilizada no sistema, tem que se levar em consideração as preferências do mercado alvo e o tipo e sistema que será construído. Sendo possível desenhar o sistema de aquaponia, para produzir praticamente qualquer vegetal incluindo árvores de tamanho médio (CANASTRA, 2017). Segundo Carneiro *et al.* (2015a), as espécies de plantas mais apropriadas para o cultivo no sistema aquapônico são as espécies adaptadas a hidroponia, pois elas toleram altos teores de água em suas raízes, suportam oscilações nos teores de nutrientes dissolvidos na água. A

maioria das plantas cultivadas em hidroponia cresce melhor em pH entre 5,5 e 6,5 sendo as ideais para serem cultivadas. O quantitativo de plantas a ser utilizado está diretamente ligado à densidade de peixes estocada no sistema, o que por sua vez limita a quantidade de nutrientes disponíveis para as plantas.

As espécies de peixes ideais para o cultivo aquapônico estão diretamente relacionadas com o cultivo das plantas, devido à cada espécie de peixe ter uma característica de qualidade de água desejada para expressar seu melhor desempenho produtivo e que possua uma maior resistência a maiores concentrações de nitrogênio no sistema assim como as plantas. A melhor escolha seria a combinação da espécie do peixe combinada com a espécie da planta, tentando encaixar parâmetros como faixa ideal de pH e temperatura parecidos, para beneficiar os dois cultivos obtendo melhores resultados. A espécie de peixe ideal para ser cultivada no sistema aquapônico deve ser tolerante a altas densidades de estocagem e manejo frequente (CALÓ, 2011).

O produto didático será de cunho técnico\tecnológico estimulando a geração de produtos de qualidade. A Aderência do produto é resultado das atividades do projeto de pesquisa, “Aquaponia: Produzindo Tecnologia Social na Escola”, da linha de pesquisa Recursos natural e tecnologia, da Pós-Graduação em Mestrado Profissional em Ciências Ambientais.

A Aplicabilidade do manual será para qualquer interessado no sistema, nele constará todo o processo de aquisição, montagem e manutenção de um sistema compacto de aquaponia. Os materiais para montagem do sistema são de fácil acesso, sendo utilizado até materiais recicláveis. O sistema aquapônico proposto no manual é aplicável e adaptável sendo utilizado em pequenos espaços como residências, apartamentos, ou em grandes espaços, como escolas, sendo passível também a alterações no tipo de hortaliças e peixes propostos, permitindo adaptarem-se as preferências alimentares das famílias. Esse sistema proposto permite também aumentar a área de produção tanto das hortaliças como dos peixes. De uma forma geral, o sistema tem como componentes básicos o tanque de criação de peixes e o ambiente para produção de hortaliças.

A Inovação do produto fica por conta do seu uso como tecnologia social promotora da soberania e segurança alimentar, promovendo assim os Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis, e no seu uso como ferramenta didática de ensino interdisciplinar. O sistema de aquaponia surge como uma técnica inovadora capaz de produzir alimentos com baixo consumo de água e sem gerar efluentes que contaminem nossos rios. A aquaponia é o cultivo de alimentos que envolvem a integração de duas culturas, a aquicultura, que é a produção de organismos aquáticos, e a hidroponia, que é o cultivo de plantas sem a utilização de solo, em sistemas de recirculação de água e nutrientes. Neste sistema há uma relação simbiótica entre os organismos aquáticos, bactérias e

plantas, onde as fezes dos peixes, onde contém amônia, são convertidas em formas nitrogenadas assimiláveis às plantas (nitrato) por bactérias nitrificantes. Assim essa técnica permite à economia de quase 90% de água em comparação a agricultura tradicional, economizando água e produzindo alimentos mais saudáveis.

A utilização dos manuais digitais permite criar ambientes inovadores e tecnologicamente enriquecidos, promotores de uma aprendizagem ativa e de metodologias e cenários de diferenciação pedagógica. A Metodologia Ativa, Aprendizagem Baseada em Projetos, é uma metodologia que estimula a cooperação, motivação e o conhecimento interdisciplinar, não tem as notas como objetivo, mas sim o desenvolvimento dos alunos.

Possui uma sequência metodológica que possibilita ao docente o processo de flexibilização e inserção de temáticas interdisciplinares entre as disciplinas. Portanto, utilizando o sistema de aquaponia como uma ferramenta didática é possível colocar o aluno como protagonista de seu conhecimento, aumentando a motivação e o interesse dos alunos, impactando positivamente no seu desempenho e rendimento acadêmico. Além disso, o uso de projetos educacionais desenvolve habilidades diversas no aluno, além da pesquisa, especialmente para o mercado de trabalho, pois os projetos educacionais possuem um caráter prático do ensino, o conhecimento de vários gêneros discursivos e o uso de mídias digitais.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir de toda construção dessa dissertação, observamos que o sistema aquapônico é uma ferramenta potencial na contribuição acerca dos debates em torno da soberania e segurança alimentar, no âmbito da sociedade pela via educacional. A aquaponia como processo de interação entre o cultivo hidropônico e aquícola é um sistema de recirculação de água, que visa aumentar a eficiência da produção de alimentos, tornando as duas produções menos impactante ao meio ambiente. Nesse sentido, compreendemos que esse sistema tem potencial para economizar até 90% de água em relação à agricultura convencional, tornando-se uma alternativa sustentável no cenário atual de escassez hídrica que assola nosso País.

Através das pesquisas bibliográficas realizadas, consideramos que o sistema de aquaponia é uma ferramenta que enriquece o ambiente educacional, possibilitando ao discente construir o conhecimento, através de uma ação crítica por parte deles mesmos e dos professores, possibilitando uma imersão de vários conteúdos, valorizando e favorecendo o aluno e toda a sociedade. Percebeu-se que quanto ao uso do sistema, como uma ferramenta didática, mediante práticas diferenciadas com técnicas assessoras de exposição na formação em escolas, o sistema é eficiente, sendo possível ministrar diversas disciplinas e conteúdos através da construção e manutenção do sistema.

A aquaponia facilita a compreensão de vários assuntos, principalmente aqueles ligados a sustentabilidade ambiental. E além de ser um sistema sustentável, é um sistema interdisciplinar, por conta da sua natureza técnica abordando variadas temáticas. Com isso a aquaponia pode trazer aos estudantes uma noção de sustentabilidade através dos assuntos discutidos em várias disciplinas. Resultando no desenvolvimento da capacidade do aluno de resolver problemas usando várias áreas do conhecimento ao mesmo tempo.

Entende-se que num contexto escolar, com tendências pedagógicas construtivistas, principalmente, nos momentos de troca de conhecimento, a tendência das aplicações dos projetos mediados pela metodologia ativa, baseada em projetos com auxílio da discussão acerca da sustentabilidade nas escolas, é possível a promoção de articulação e formação sobre as contribuições na segurança e soberania alimentar da população brasileira, por contribuir como fonte de renda e consumo para os povos tradicionais, que residem nas comunidades.

Destarte, é na utilização do sistema como projeto, que se observa como o aluno é capaz de promover o seu próprio conhecimento, como ele é capaz de articular o conhecimento teórico com o desenvolvimento de atividades práticas, em que ele próprio pesquisa, analisa e se propõe a aplicar o conteúdo aprendido no seu cotidiano, mais ainda por ser amplamente utilizada como uma

ferramenta de ensino interdisciplinar vai contribuir com as diversas disciplinas existentes no currículo escolar.

Quanto ao uso do sistema como ferramenta promotora da soberania e segurança alimentar, é notória, pois o sistema permite ao produtor, cultivar proteína animal e vegetal em um único sistema. Garantindo um produto final, saudável e contínuo. O sistema de Aquaponia mostra-se uma potência para produção de alimentos de maneira menos impactante ao ambiente, utilizando-se do reuso de água, evitando a poluição do ambiente, além de poder ser implantado a partir de tecnologias sociais, utilizando materiais de fácil acesso e com mão de obra local. O sistema enquanto Tecnologia Social é viável pois garante simplicidade, baixo custo, replicabilidade e impacto social comprovado.

Por isso, seu uso como uma tecnologia social agroecológica é comprovado baseado em que o sistema pode ser considerado uma tecnologia alternativa para a produção de vegetais e peixes em um mesmo espaço, sem a utilização de produtos químicos e utilizando pouco espaço, incrementando a renda dos produtores familiares e conseqüentemente ajudando a promover os ODS. Assim comprovadamente, o sistema se mostra eficaz no objetivo proposto pela pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ABRANTES, K. K. J. **Caminhos estratégicos para o desenvolvimento rural sustentável: uma análise da dinâmica sociotécnica dos quintais produtivos**. Dissertação (Mestrado em Economia Agrícola)-Universidade Federal de Ceará. UFC. Fortaleza, Ceará, Brasil. 2015.
- ACOSTA, A. **O bem viver**: Uma oportunidade para imaginar outros mundos. São Paulo: Elefante, 2015.
- ACOSTA, O. C. **Recomendação de conteúdo em um ambiente colaborativo de aprendizagem baseada em projetos**. Rio Grande do Sul. 2016. Tese. (Doutor em Informática na Educação), Centro de Estudos Interdisciplinares em Novas Tecnologias na Educação, Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.
- AGENDA 2030. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 09 de fev. de 2021.
- ALTIERI, M. **Agroecologia**: Bases científicas para uma agricultura sustentável. São Paulo: Expressão Popular, 2012.
- ANTONIOLLI, A. **Sistema de Monitoramento Automatizado para Controle de Qualidade de Água em Sistema Aquapônico**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia da Computação) - Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES, Lajeado, 2019.
- ARAÚJO, C. S. P. de. **A aquaponia: desafios e oportunidades para a produção de peixes e hortaliças no estado do Pará** – Estudo de caso: projetos de aquaponia no município de Bragança-Pará. Orientador: Norbert Fenzl. 2019. 137 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia) - Núcleo de Meio Ambiente, Universidade Federal do Pará, Belém, 2019. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/12210>. Acesso em: 09 de fev. 2021.
- ARAÚJO, E. S. *et al.* Construção de um sistema de aquaponia para a produção consorciada de tomate Itália (*Solanun lycopersicum*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*). Cadernos de Agroecologia. **Anais do VI CLAA, X CBA e V SEMDF**, vol. 13, n 1, jul. 2018.
- ARCHANJO Jr. M. G. de; GEHLEN, S. T. A Tecnologia Social e sua Contribuição para a Educação em Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. n 20 (u), p. 345–374, 2020.
- AZEVEDO, Y. G. P.; ARAUJO, A. O.; MEDEIROS, V. C. Conhecimentos, Habilidades e Atitudes Desenvolvidas pelos Discentes de Contabilidade Através da Aprendizagem Baseada em Projetos. **Revista Contabilidade, Gestão e Governança**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 153-174, jan/abr.
- BACICH, L.; HOLANDA, L. **STEAM em Sala de Aula: A Aprendizagem Baseada em Projetos Integrando Conhecimentos na Educação Básica**. Editora: Penso, 1 ed. 2020.

BARBOSA, E. F.; MOURA, D. G. Metodologias ativas de aprendizagem na Educação Profissional e Tecnológica. **B. Tec. Senac**, Rio de Janeiro, v. 39, n.2, p.48-67, maio/ago. 2013.

BARBOSA, G. S. O desafio do desenvolvimento sustentável. **Revista Visões**. 4. ed. v. 1, n. 4. 2008.

BAVA, S. C. Tecnologia social e desenvolvimento local. In: **Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, 2004.

BASTOS, C. C. **Metodologias Ativas**, 2006.

BASTOS, D. B. D.; RABINOVICI, A. A importância do processo de formação de educadores ambientais na efetividade do programa nacional de escolas sustentáveis – PNES. **Revbea**, São Paulo, v. 11, n. 4: 42-59, 2016.

BELINTANO, A. L. de O. Sistema de aquaponia em escada: um estudo de caso. **PUBVET**. v.14, n.1, a500, p.1-9, jan. 2020.

BENDER, W. N. **Aprendizagem baseada em projetos: educação diferenciada para o século XXI**. Porto Alegre: Penso, 2015.

BERBEL, N.A.N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**. Londrina, v. 32, n. 1, p. 25- 40, 2011.

BLIKSTEIN, P. **O mito do mau aluno e porque o Brasil pode ser o líder mundial de uma revolução educacional. 2010**. Disponível em: [http://www.blikstein.com/paulo/documents/books/Blikstein-Brasil\\_pode\\_ser\\_lider\\_mundial\\_em\\_educacao.pdf](http://www.blikstein.com/paulo/documents/books/Blikstein-Brasil_pode_ser_lider_mundial_em_educacao.pdf). Acesso em: 09/02/2021.

BLUM, M. N. **EFEITO DE DIFERENTES NÍVEIS DE ARRAÇOAMENTO E COMPLEMENTAÇÃO MINERAL EM SISTEMAS DE CULTIVO AQUAPÔNICO DE TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*) E ALFACE (*Lactuca sativa*)**. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

BORGES, T.S; ALENCAR, G. Metodologias ativas na promoção da formação crítica do estudante: o uso das metodologias ativas como recurso didático na formação crítica do estudante do ensino superior. **Cairu em Revista**. n. 4, p.19-143, jul/ago, 2014.

BOUTWELLUC, J. **Aztecs' aquaponics revamped**. Napa Valley Register. 2007.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.795, de 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília, 1999.

BRASIL, 2012. Decreto no 7.794, de 20 de agosto de 2012. **Institui a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica**. Diário Oficial, Brasília, p. 4, 21 ago. 2012.

BRASIL, 2010. Ministério da Educação. **Caderno Processo Formativo Escolas Sustentáveis e COM-VIDA**. Brasília: MEC, SECADI, 2010. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/319901645/Processo-Formativo-Escolas-Sustentaveis-e-Com-Vida>. Acesso em: 09 de fev. de 2021.

BRASIL, 2012. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. **Vamos cuidar do Brasil com escolas sustentáveis: educando-nos para pensar e agir em tempos de mudanças socioambientais globais**. Tereza Moreira (elaboradora). Brasília: MEC, SECADI, 2012.

BRASIL, 2013. Ministério da Educação. **Manual Escolas Sustentáveis**: Resolução CD/FNDE nº 18, de 21 de maio de 2013. Disponível em: [http://pdeinterativo.mec.gov.br/escolasustentavel/manuais/Manual\\_Escolas\\_Sustentaveis\\_v%2005.07.2013.pdf](http://pdeinterativo.mec.gov.br/escolasustentavel/manuais/Manual_Escolas_Sustentaveis_v%2005.07.2013.pdf). Acesso em: 09 de fev. de 2021.

BRASIL, 2014. Ministério da Educação. **Programa Nacional Escolas Sustentáveis**. 2014. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/0B0W7JKEkeDaSYzFHS3JNZzhFZEU/edit>. Acesso em: 09 de fev. de 2021.

BRAZ FILHO, M.S. P. Aquaponia: Alternativa para sustentabilidade na aquicultura. *In*: **XXIV Congresso Brasileiro de Zootecnia**. UFES. Vitória, ES, 2014.

BRESSANE, A. *et al.* Abordagem construtivista integrando o ensino, a pesquisa e a aplicação à realidade: o caso da pós-graduação em Ciências Ambientais da Unesp Sorocaba. **RBPG**, Brasília, v. 12, n. 27, p. 251 - 276, abril de 2015.

BRESSIANI, T. S. C.; Aprendizagem Baseada em Projetos na Disciplina Tratamento de Resíduos e Meio Ambiente: Um Estudo de Caso. **Rev. Virtual Quim.** v. 12, n. 2, mar-abr, 2020.

BORGES, C. O que são espaços educadores sustentáveis. *In*: **BRASIL. Espaços Educadores Sustentáveis**. Ano XXI, Boletim 07. Salto para o Futuro: TV Escola. Brasília, 2011. Disponível em: [http://www.nuredam.com.br/files/documentos\\_mec/194055espacoseducadoressustentaveis.pdf](http://www.nuredam.com.br/files/documentos_mec/194055espacoseducadoressustentaveis.pdf). Acesso em: 09 de fev. de 2021.

CALÓ, P. Introducción a la Acuaponia. **Centro Nacional de Desarrollo acuícola (CENADAC)**. Ministerio de Agricultura, Ganaderia y Pesca. Argentina, P. 15, 2011

CANASTRA, I. I. O. Aquaponia: **Construção de um sistema de aquaponia a uma escala modelo e elaboração de um manual didático**. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. p. 143, 2017.

CAPORAL, F. R. Em defesa de um plano nacional de transição agroecológica: compromisso com as atuais e nosso legado para as futuras gerações. *In*: Agroecologia e os desafios da transição agroecológica. Expressão popular, 2013. p. 261-304.

CARNEIRO, P. C. F.; *et al.* Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia. **Documento 189/2015**. Embrapa Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, p. 30, 2015a.

CARNEIRO, P. C. F. *et al.* Montagem e Operação de um Sistema Familiar de Aquaponia para Produção de Peixes e Hortaliças. **Circular Técnica 72**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. 2015b.

CARNEIRO, P. C. F. *et al.* Sistema familiar de aquaponia em canaletas. **Circular Técnica 81**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, p. 16, 2015c.

CARRILHO, B. B. **Aquaponia como ferramenta na promoção do direito humano a alimentação adequada no município de São Paulo-SP.** São Paulo, 2019. Dissertação (Mestrado em Cidades Inteligentes e Sustentáveis) Universidade nove de julho-UNINOVE, 2019.

CARVALHO, E. da S. **Tecnologia social no contexto da agricultura familiar: análise da reaplicação no território Cantuquiriguaçu - Paraná.** Dissertação (Mestrado Profissional)- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2019.

CASTILHO, A. P.; BORGES, N. R. M. B.; PEREIRA, V. T. **Manual de metodologia científica do ILES Itumbiara/GO.** Auriluce Pereira Castilho, Nara Rúbia Martins Borges e Vânia Tanús Pereira. (orgs.). 2. ed. Itumbiara: ILES/ULBRA, 2014.

CORDEIRO, K. W. *et al.* A Tecnologia social e o modo de produção de hortaliças da comunidade Quilombola Chácara Buriti, em Campo Grande – MS. **Anais do 48º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural.** 48º SOBER. Campo Grande, MS, Brasil. 2010.

CORRÊA, B. R. S. **Aquaponia rural.** Brasília, 2018. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural) do Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural, da Faculdade UnB Planaltina, da Universidade de Brasília (UnB), 2018.

CORRÊA, B. R. S. *et al.* Aquaponia: um sistema agroecológico resiliente. *In: Cadernos de Agroecologia*, Brasília- DF, v. 13, n 1, jul. 2018.

COSMO, B. M. N.; GALERIANI, T. N. ZANETTI, W. A. L. AQUAPONIA: DUPLO SUCESSO PRODUTIVO. *In: 8º JORNACITEC.* Botucatu, São Paulo. 2019

CREWS, A. **ASSISTING IN THE DEVELOPED OF NA AQUAPONIC GREENHOUSE ENTERPRISE.** WORCESTER. (DOCTORAL DISSERTATION), WORCESTER POLYTECHNIC INSTITUTE, 2016.

CRIBB, S. Contribuições da educação ambiental e horta escolar na promoção de melhorias ao ensino, à saúde e ao ambiente. *Ensino, Saúde e Ambiente Backup*, v. 3, n. 1, 2010.

DAGNINO, R. A tecnologia social e seus desafios. *In: Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento.* Fundação Banco do Brasil: Rio de Janeiro, 2004.

DAGNINO, R. **Tecnologia Social.** Contribuições conceituais e metodológicas. Campina Grande: EDUEPB e Florianópolis: Ed.Insular, 318 p. 2014.

DAGNINO, R. Tecnologia Social: base conceitual. *Revista do Observatório do Movimento pela Tecnologia Social da América Latina.* 2011.

DAGNINO, R.; BAGATTOLLI, C.; KATE D. R. **Tecnologia Social:** ferramenta para construir outra sociedade. 1. Ed. Campinas: Unicamp. 2009.

DAGNINO, R.; BRANDÃO, F. C.; NOVAES, H. T. Sobre o marco analítico-conceitual da tecnologia social. *In: LASSANCE JÚNIOR, A. E. et al. (Ed.). Tecnologia social: Uma estratégia para o desenvolvimento.* Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, p.15-64, 2004.

DIVER, S. Aquaponics - Integration of Hydroponics with Aquaculture. **National Sustainable Agriculture Information Service**, Washington, EUA, p. 1-27, 2006.

DUARTE, R. G; BASTOS, A. T; DE OLIVEIRA, F. C; SENA, A. P. Educação ambiental na convivência com o semiárido: ações desenvolvidas pela Secretaria de Educação do Estado do Ceará. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 4, n. 1, p. 17-29, 2015.

EMBRAPA. **Automação e agricultura de precisão**. 2018. Disponível em: [https://www.embrapa.br/tema-mecanizacao-e-agricultura-de-precisao/perguntas-e-respostas#collapse\\_eolj\\_6](https://www.embrapa.br/tema-mecanizacao-e-agricultura-de-precisao/perguntas-e-respostas#collapse_eolj_6). Acesso em: 09 de fev.de 2021.

EMERENCIANO, M. G. C. *et al.* Aquaponia: Uma alternativa de diversificação na aquicultura. **Panorama da aquicultura**, n.147, p.24-35, 2015.

FARIA, S. S. **Adoção de inovações pela agricultura familiar: o caso do cultivo de uvas no estado de Goiás**. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil, 2012.

FAO. **Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming**. 288 p. Rome, Italy. 2014.

FBB-FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL. **Tecnologia Social**. 2018. Disponível em: <https://www.fbb.org.br/pt-br/ra/ conteudo/tecnologia-social>. Acesso em 09 DE fev. de 2021.

FERREIRA, R. J. **Agricultura urbana e periurbana e políticas públicas**: contribuição à discussão do tema a partir de uma análise espacial em Recife e Vitória de Santo Antão/PE. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco. 2013

FREDERICK, J. A. **Science in action**: Tools for teaching urban aquaculture concepts. *In*: COSTA-PIERCE *et al.* Urban Aquaculture. Cambridge: CABI Pub, p. 233–246, 2005.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática docente. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GAZOLLA, M.; SCHNEIDER, S. **Cadeias curtas e redes agroalimentares alternativas: negócios e mercados da agricultura familiar**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2017.

GENELLO, L. *et al.* Fish in the classroom: A survey of the use of aquaponics in education. **European Journal of Health & Biology Education**, v. 4, n. 2, p. 9–20, 2015.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas.

HART, E. R. **Implementation of Aquaponics in Education: An Assessment of Challenges, Solutions and Success**. 2013. University of Massachusetts Amherst (Masters Theses), 2013.

HUNDLEY, G. C. Aquaponia, uma experiência com tilápia (*Oreochromis niloticus*), manjeriço (*Ocimum basilicum*) e manjerona (*Origanum majorana*) em sistemas de recirculação de água e nutrientes. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade de Brasília – UnB, Brasília, p. 57, 2013.

HUNDLEY, G. C.; NAVARRO, R. D. Aquaponia: A integração entre piscicultura e hidroponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.3, n.2, p.52-61, 2013.

HUNDLEY, G. M. C. *et al.* Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do Nilo para o crescimento de manjeriço (*Origanum basilicum*) e manjerona (*Origanum majorana*) em sistemas de aquaponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.3, n.1, p.51-55, 2013.

IICA-Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura. **Agricultura familiar, agroecológica e desenvolvimento sustentável: questões para debate**. Antônio Márcio Buainain; colaboração de Hildo Meirelles de Souza Filho. Brasília. Desenvolvimento Rural Sustentável, v. 5. 2006.

ITS- Instituto de Tecnologia Social - BRASIL. **Caderno de Debate – Tecnologia Social no Brasil**. São Paulo: ITS. 2004.

GUIMARÃES, M. Educação Ambiental Crítica. *In:* LAYRARGUES P. P. **Identidades da Educação Ambiental Brasileira**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.

JACOBI, P. R.; EMPINOTTI, V. L.; SCHMIDT, L. Escassez Hídrica e Direitos Humanos. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 19, n. 1 de mar. 2016. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1414-753X2016000100001&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2016000100001&lng=en&nrm=iso). Acesso em 09 de fevereiro de 2021.

JAPIASSU, Hilton. **O espírito interdisciplinar**. Rio de Janeiro: Cadernos Ebape, vol. IV, número 3, out. 2006.

JESUS, V. M. B. de; COSTA, A. B. Tecnologia social: breve referencial teórico e experiências ilustrativas. *In:* COSTA, Adriano Borges, (Org.) **Tecnologia Social e Políticas Públicas**. São Paulo: Instituto Pólis; Brasília: Fundação Banco do Brasil, p. 284, 2013.

JONES, B. S. **Evolution of Aquaponics**, VI (1), 2002.

JUNGE, R. *et al.* Strategic Points in Aquaponics. **Water**, v. 9, p.182, 2017.

LACEY, H. **Valores e atividade científica**. 1. São Paulo: Editora, 34, 2008.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos da metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LARMER, J., MERGENDOLLER, J. R. Seven essentials for project-based learning. **Educational leadership**, v. 68, n. 1, p. 34-37, 2010.

LASSANCE Jr., A. E.; Pedreira, J. S. **Tecnologias Sociais e Políticas Públicas**. 1. ed. Sorocaba: Impresso Brasil. 2004.

LAYRARGUES, P. P.; LIMA, G. F. da C. As macro-tendências político-pedagógicas da educação ambiental brasileira. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. XVII, n. 1, p. 23-40, jan.-mar. 2014

- LEFF, E. Agroecologia e saber ambiental. **Agroecol.e Desenv.Rur.Sustent.**, Porto Alegre, v.3, n.1, jan./mar, p. 36-51, 2002.
- LIMA, V. **Tecnologia Social e agricultura familiar**: uma questão de igualdade. Tecnologia social e desenvolvimento sustentável: contribuições da RTS para a formulação de uma política de Estado de Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília/DF: Rede de Tecnologia Social (RTS), 71-77, 2010.
- LONDERO, F. A. A.; AITA, A. Comercialização de alface hidropônica. *In*: SANTOS, O. **Hidroponia da Alface**. Santa Maria: UFSM, p.145-152. 2000.
- MARKHAM, T., LARMER, J., RAVITZ, J. **Aprendizagem baseada em projetos: guia para professores de ensino fundamental e médio**. Porto Alegre: Artmed, 2008.
- MARTINS P. AQUAPONIA, uma novidade na educação ambiental. **Ambientalmente Sustentavel**. v. 1. n. 23-24. p. 101-106. 2017.
- MASSON, J. T. *et al.* METODOLOGIA DE ENSINO: APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS (PBL). *In*: **COBENGE**, Belém, Pará, 2012.
- MEIRELLES L. Soberania Alimentar, agroecologia e mercados locais. **Agriculturas**, v. 1(0). 2004.
- MEIRELES, L. R.; RUPP, L. C. D. **Agricultura ecológica: princípios básicos**. Ipê: Centro Ecológico Ipê, p. 72, 2005.
- MEYERS, C.; JONES, T. B. **Promoting active learning**. San Francisco: Jossey Bass, 1993.
- MORAN, J. Metodologias ativas e modelos híbridos na educação. *In*: YAEGASHI, S. et al. **Novas Tecnologias Digitais**: Reflexões sobre mediação, aprendizagem e desenvolvimento. Curitiba: CRV, p.23-35. 2017.
- MOREIRA, T. Escolas Sustentáveis: currículo, gestão e edificações. *In*: **BRASIL. Espaços Educadores Sustentáveis**. Ano XXI. Boletim 07. Salto para o Futuro: TV Escola. Brasília, 2011. Disponível em:  
[http://www.nuredam.com.br/files/documentos\\_mec/194055espacoseducadoressustentaveis.pdf](http://www.nuredam.com.br/files/documentos_mec/194055espacoseducadoressustentaveis.pdf). Acesso em: 09 de fev. de 2021.
- NACHTIGALL, Y. D. L. *et al.* Estratégias em promoção aos objetivos de desenvolvimento sustentável: Experiências com a reprodução de tecnologias sociais no Brasil. **Economia e Desenvolvimento**, v. 32, e. 8, 2020.
- NASCIMENTO, T. E.; CADIDJA, C. Metodologias ativas de aprendizagem e o ensino de Ciências. **Multiciência Online**. 2016. Disponível em:  
<http://urisantiago.br/multicienciaonline/adm/upload/v2/n3/7a8f7a1e21d0610001959f0863ce52d2.pdf>. Acesso em: 09/02/2021.
- NYELENI. Fórum para a Soberania Alimentar, 23 a 27 de fevereiro de 2007, Selingué, Mali. *In*: SANTOS, A. A. M. T. dos *et al.*, 2007. **SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL E A SUSTENTABILIDADE**. SEAD/UFRGS. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2007.

- OLIVEIRA, I. M. S. de. **Aquaponia como fonte de produção e renda na comunidade Bomfim, Angicos/RN**. Trabalho de Conclusão de Curso. (Bacharel em Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia)-Universidade Federal Rural do Semiárido, Angicos, 2019.
- OLIVEIRA, N. A. A. de; MATTAR, J. Folhetim Lorenianas: Aprendizagem Baseada Em Projetos, Pesquisa e Inovação Responsáveis Na Educação. **Revista e-Curriculum**, São Paulo, v.16, n.2, p. 341 – 363 abr.-jun.2018.
- ONU, 2015. Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável. **Centro de Informação Regional Das Nações Unidas Para a Europa Ocidental**. Disponível em: [http://www.unric.org/pt/images/stories/2016/ods\\_2edicao\\_web\\_pages.pdf](http://www.unric.org/pt/images/stories/2016/ods_2edicao_web_pages.pdf). Acesso em: 09 de fev. de 2021.
- ONU- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2016. **Água**. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/agua/>. Acesso em: 09 fev. 2021.
- PINTO, H. S. **Boletim Legislativo nº 32**. Senado Federal. Brasília, 6p. 2015.
- PIOVESAN, F. **Direitos humanos e o direito constitucional internacional**. 13. ed. São Paulo: Saraiva, 2012.
- RAKOCY, J. E.; MASSER, M.; LOSORDO, T. Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics-integrating fish and plant culture. **SRAC Publication**, Beltsville, v. 454, p. 1-16, 2006.
- RAKOCY, J. E. Aquaponics: integrating fish and plant culture. **Aquaculture production systems**, 1º. ed. USA, p. 44, 2012.
- RESENDE, R. M. de C. **A Agenda 2030 e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável nas Grandes Opções do Plano 2017 – uma avaliação no contexto de políticas públicas**. 2018. Dissertação (Mestre em Engenharia do Ambiente) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2018.
- RODRIGUES, I.; BARBIERI, J. C. A emergência da tecnologia social: revisitando o movimento da tecnologia apropriada como estratégia de desenvolvimento sustentável. **Revista de Administração Pública – RAP**, Rio de Janeiro 42 (6):1069-94, nov-dez. 2008.
- ROOSTA, H. R.; AFSHARIPOOR, S. Effects of different cultivation media on vegetative growth, ecophysio local trait sand nutrients concentration in strawberry under hydroponic and aquaponic cultivation systems. **Advances in Environmental Biology, Amman**, v.6, n.2, p.543-555, 2012.
- ROSO, C. C. **Transformações na Educação CTS: uma proposta a partir do conceito de Tecnologia Social**. Tese. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC. 2017.
- RTS - REDE DE TECNOLOGIA SOCIAL. **Histórico e elementos conceituais**. 2008. Disponível em: [www.rts.org.br/rts/a-rts/historico](http://www.rts.org.br/rts/a-rts/historico). Acesso em: 09 de fev. 2021.
- ROSSO, A. J.; TAGLIERBE, J. E. MÉTODOS ATIVOS E ATIVIDADES DE ENSINO. **Perspectiva**, v. 17, p.37-46, 1992.
- SANTOS, G. R. **Avaliação do sistema de aquaponia com camarão da Amazônia (Macrobrachium amazonicum Heller, 1862) no cultivo de mudas de alface (Lactuca sativa L.)**

- em diferentes concentrações nutritivas.** 2020. Dissertação (Mestrado em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais)-Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2020.
- SANTOS, O. S. Conceito, histórico e vantagens da hidroponia. In: SANTOS, O. **Hidroponia da alface.** Santa Maria: UFSM, p.5-9. 2000.
- SAUER, S.; BALESTRO, M. V. **Agroecologia e os desafios da transição agroecológica.** São Paulo, Expressão Popular, 328p. 2009.
- SÁTIRO, T. M.; NETO, K. X. C. R.; DELPRETE, S. E. Aquaponia: sistema que integra produção de peixes com produção de vegetais de forma sustentável. **Rev. Bras. Eng. Pesca** 11(1): P. 38-54, 2018.
- SCHUSTER, M. da S.; DIAS, V. da V.; OLIVEIRA, L. R. Produção global de alimentos e recursos hídricos: uma análise das dimensões da sustentabilidade, **Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales**, jul.-set. 2016. Disponível em: <http://www.eumed.net/rev/cccss/2016/03/agua.html>. Acesso em: 09 de fev. 2021.
- SILBERMAN, M. **Active learning: 101 strategies do teach any subject.** Massachusetts: Ed. Allyn and Bacon, 1996.
- SILIPRANDI, Emma. É possível garantir a soberania alimentar a todos os povos no mundo de hoje? **Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 2, p. 18, 2001.
- SIQUEIRA, P. K. de M. S. *et al.* Sistemas de aquaponia acionados por energias limpas: uma combinação sustentável. **Revista Educação ambiente em ação**, n. 64. Maringá, 2018.
- SILVA, E. C. G. da, **Agenda 2030 na gestão pública: práticas e desafios em instituição de ensino superior.** Alegre, ES:CAUFES, 1 ed. 2020.
- SILVA, E. M. *et al.* Qualidade de alface cressa cultivada em sistema orgânico, convencional e hidropônico. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 2, 2011.
- SILVA, F. P.; CARVALHO, C. V. A.; CARDOSO, A. M. A Importância de Políticas Públicas para a Implementação do Reuso de Água no Brasil. **Rev. Episteme Transversalis**, Volta Redonda-RJ, v.10, n.2, p.309-322, 2019.
- SILVA, J. D. N. Sustentabilidade ambiental na educação profissional: desafios para o desenvolvimento sustentável na baixada maranhense. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**. V.13, n.3, p. 275-283, 2018.
- SILVA, W. R. Construção da Interdisciplinaridade no Espaço Complexo de Ensino e Pesquisa. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, v. 41, n. 143, p.582-605, maio, 2011.
- SILVEIRA, V. O. da; PEREIRA, T. M. L. Uma nova compreensão dos direitos humanos na contemporaneidade a partir dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). **Revista Jurídica Cesumar -Mestrado**, v. 18, n. 3, p. 909-931, set-dez, 2018.

SOUSA, R. da P. Agroecologia e Educação do campo: desafios da institucionalização no Brasil. **Educ. Soc.** Campinas, v. 38, n. 140, p. 631-648, jul. 2017. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-73302017000300631&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-73302017000300631&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 09 de fev. 2021.

SOUZA, E. M. O. **Tecnologia social: uma análise do PAIS como instrumento de incremento para o desenvolvimento rural sustentável no estado da Bahia**. Salvador, 2014. Dissertação (Mestrado em administração). Escola de Administração – UFBA, 2014.

SOUZA, R. T. Y. B. **Aquaponia: uma ferramenta didática para formação inicial e continuada de professores de ciências**. Itacoatiara-AM, 2018. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos). Universidade Federal do Amazonas-UFA, 2018.

SOUZA, R. T. Y. B. *et al.* Formação continuada de professores de ciências utilizando a Aquaponia como ferramenta didática. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru, v. 25, n. 2, p. 395-410, 2019. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-73132019000200395&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132019000200395&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 09 de fev. de 2021.

SOUZA, N. G. de M. Tecnologias Sociais voltadas para o desenvolvimento do semiárido brasileiro. **BIOFARM**, v. 12, n. 03, 2016.

TACHIKAWA, Éderson Massahiro. **Automação de técnica de cultivos hidropônicos**. Itatiba, São Paulo, 2008. 53p.

TRAJBER, R.; SATO, M. Escolas Sustentáveis: Incubadoras de Transformações nas Comunidades. **Rev. eletrônica Mestr. Educ. Ambient.** v. especial, nov, 2010.

UNESCO - UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. The United Nation World Water Development Report. Paris, France, 2019. E-book.

VÍA CAMPESINA. The right to produce and access to land: Food sovereignty- a future without hunger. **Declaração em ocasião da Cúpula Mundial da Alimentação**. Roma. 1996.

VIEIRA, I. L. As condições de trabalho no contexto dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável: os desafios da Agenda 2030. **O Social em Questão**, ano XXIII, n. 48, set-dez, 2020.

WARDLOW, G.; JOHNSON, D.M.; MUELLER, C.L.; HILGENBERG, C.E. Enhancing student interest in the agricultural sciences through aquaponics. **Journal of Natural Resources and Life Science Education**, v. 31, p. 55-58, 2002.

## **PRODUTOS DA DISSERTAÇÃO**

## **1.PROJETO EDUCACIONAL BASEADO NA METODOLOGIA ATIVA, APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS**

### **Projeto: “Aquaponia: Produzindo Tecnologia Social na Escola”**

#### **Justificativa**

A água é um recurso natural renovável, mas devido a poluição e seu uso indiscriminado, a capacidade deste recurso de se renovar não está acompanhando seu consumo. A agricultura é uma das atividades de produção de alimentos que mais consome e desperdiça água e conscientizar a sociedade da preservação desse recurso natural é muito importante.

Na tentativa então de conscientizar a sociedade, o MEC propôs transformar escolas básicas brasileiras em escolas sustentáveis. A criação de espaços educadores sustentáveis é a oportunidade de efetivar e institucionalizar a Educação Ambiental no ambiente escolar, promovendo assim ações e práticas socioeducativas no cotidiano escolar. Realizando uma transição para uma educação que busca a sustentabilidade socioambiental. O objetivo é inserir a Educação Ambiental de modo permanente, com práticas pedagógicas consistentes e críticas a partir da realidade local.

Pra isso novas formas de ensino vêm sendo utilizadas, a aprendizagem baseada em projetos é uma forma de metodologia ativa que protagoniza o aluno e não o professor. o aluno se torna o construtor do seu conhecimento, enquanto o professor tem o papel de orientar os alunos nessa construção. A aprendizagem baseada em projetos, possui uma sequência metodológica que permite a inserção de temáticas interdisciplinares, permitindo aos alunos construir seu próprio conhecimento das coisas através da interação com o projeto, pelo contato com as pessoas e por meio da reflexão. O aprendizado ocorre de modo ativo, conduzido por experimentos e a resolução de problemas.

Ensinar a Educação Ambiental através da Metodologia Ativa, Aprendizagem Baseada em Projetos, é uma forma de resposta a crise ambiental, pois a utilização de projetos interdisciplinares, auxilia na formação de um sujeito mais consciente ambientalmente, mudando as relações da sociedade com a natureza.

O sistema agroecológico de aquaponia, por ser uma tecnologia social integradora de conteúdo de diferentes áreas do conhecimento, pode ser utilizado como uma ferramenta didática, envolvendo temas como sustentabilidade, reaproveitamento de resíduos, reutilização da água, produção de alimentos saudáveis, soberania e segurança alimentar, além de promover o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável-ODS, propostos pela OMS.

## **Tema Norteador: “Aquaponia: Produzindo Tecnologia Social na Escola”**

**Objetivo Geral:** Propor um “Projeto de Aquaponia”, baseado na Metodologia Ativa (ABProj), na produção de Tecnologia Social para o ensino das Ciências Ambientais.

### **Metodologia**

<b>Planejamento da ABProj.</b>	
<b>Etapas</b>	<b>Atividades</b>
<b>Âncora</b>	O sistema de Agroecológico de Aquaponia, como uma Tecnologia Social é capaz de promover a soberania e a segurança alimentar, garantindo assim o alcance dos ODS.
<b>Questão Motriz</b>	Como o sistema de Aquaponia é capaz de garantir o alcance dos ODS?
<b>Investigação</b>	Pesquisa científica na busca de soluções para os problemas que surgem e manutenção do sistema.
<b>Inovação</b>	Através do sistema é possível notar mudança nos hábitos cotidianos, tanto dos alunos, quanto dos professores. O sistema possibilita a sensibilização ambiental.
<b>Trabalho em equipe</b>	O trabalho é realizado entre as equipes, que são divididas de acordo com o planejamento do professor, dividindo as tarefas entre os componentes de cada equipe.
<b>Reflexão</b>	Através do sistema é possível conectar o indivíduo com a natureza e assim conscientizar.
<b>Feedback e Revisão</b>	O docente precisa revisar todas as etapas com os alunos, supervisionando e tirando todas as dúvidas ao longo do processo.
<b>Produto Final-Artefatos</b>	Ao final do projeto, um relatório pode ser elaborado por cada aluno relatando as experiências, os resultados alcançados, o que não foi alcançado e o impacto social do sistema na vida deles.

### **Resultados Esperados**

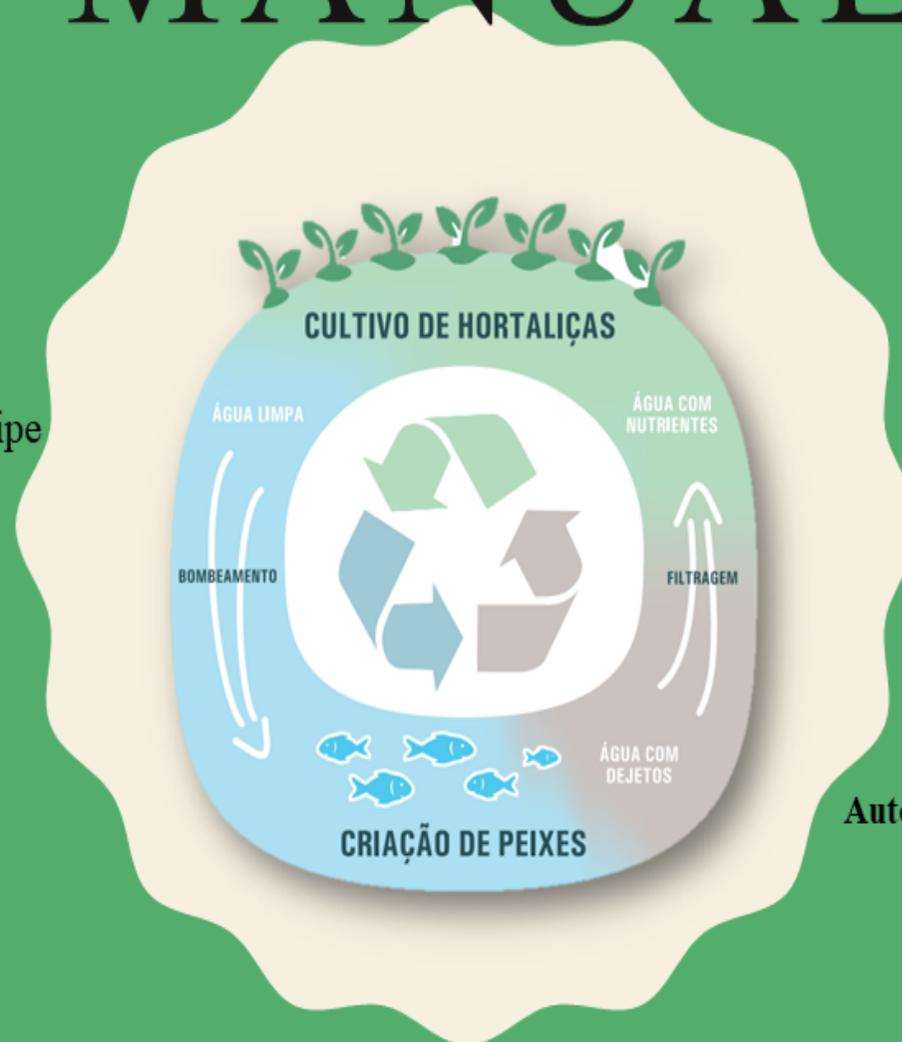
O uso de projeto escolares como forma de organização do trabalho pedagógico pode ser uma rica ferramenta para valorizar e promover a autonomia do aluno, bem como para favorecer a colaboração e a integração entre pessoas, conhecimentos, disciplinas e metodologias. O professor por sua vez vai conseguir passar o conteúdo com mais facilidade e precisão, facilitando assim a assimilação dos conteúdos.

O uso da aquaponia como um projeto interdisciplinar, gera a melhoria na relação do professor e do aluno, permite que o aluno aprenda os conteúdos por meio de situações reais, facilitando a relação entre teoria e prática, tornam-se sujeitos autônomos, identificam o seu papel social e ainda desenvolvem habilidades importantes como: senso-crítico e trabalho em equipe, habilidades estas necessárias para a inserção no mundo do trabalho.

# MANUAL



Universidade Federal de Sergipe  
UFS



Programa de Pós-Graduação  
em Mestrado Profissional em  
Ciências Ambientais

**Autores:** Helen Taynara Araujo Santos  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rosana de Oliveira S. Batista  
Prof.<sup>o</sup> Dr. Shiziele de Oliveira Shimada

MANUAL PRÁTICO PARA CONSTRUÇÃO E OPERACIONALIZAÇÃO  
DE UM SISTEMA DE AQUAPONIA EM PEQUENA ESCALA

# APRESENTAÇÃO

A água é um recurso natural renovável, mas devido a poluição e seu uso indiscriminado, a capacidade deste recurso de se renovar não está acompanhando seu consumo. A agricultura é uma das atividades de produção de alimentos que mais consome e desperdiça água e conscientizar a sociedade da preservação desse recurso natural é muito importante. O sistema de aquaponia produz alimentos de origem animal e vegetal de forma sustentável em um mesmo sistema de recirculação de água, tem potencial para economizar até 90% de água em relação a agricultura convencional, se tornando uma alternativa sustentável no cenário atual de escassez hídrica que assola nosso País. O sistema agroecológico de aquaponia, por ser uma tecnologia social integradora de conteúdo de diferentes áreas do conhecimento, pode ser utilizado como uma ferramenta didática, envolvendo temas como sustentabilidade, reaproveitamento de resíduos, reutilização da água, produção de alimentos saudáveis, soberania e segurança alimentar, além de promover o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável-ODS, propostos pela ONU.

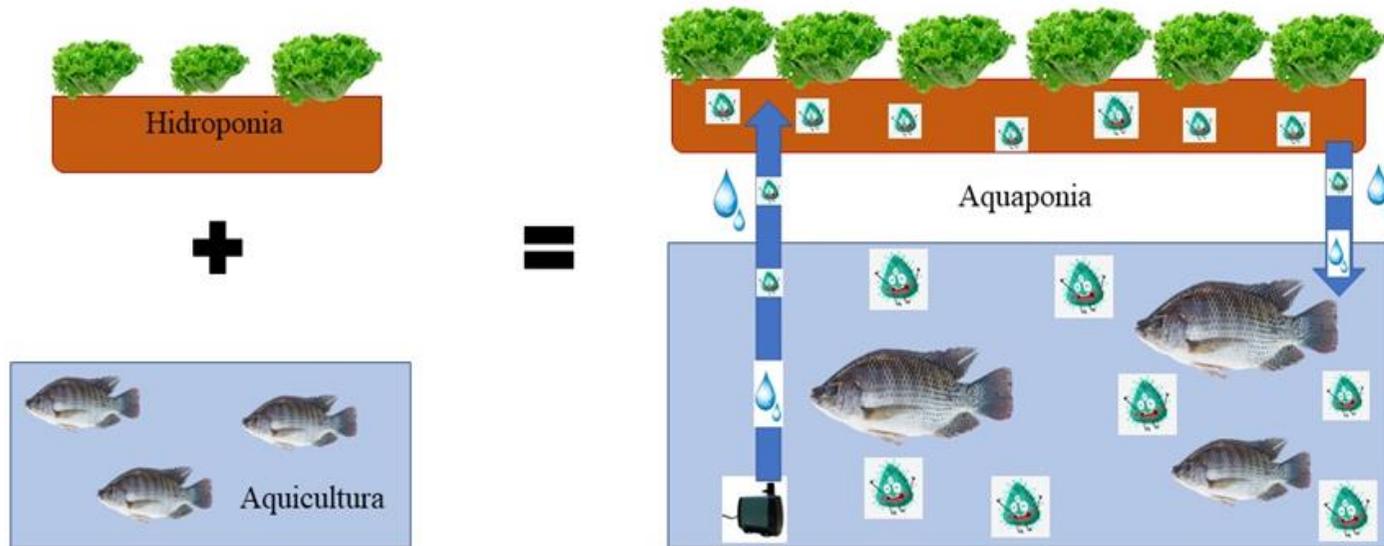
# SUMÁRIO

1. O que é Aquaponia .....	04
2. Origem do Sistema .....	07
3. Funcionamento do Sistema .....	09
4. Componentes do Sistema .....	11
4.1. Bactérias .....	13
4.2. Tanque de Cultivo dos Organismos Aquáticos .....	14
4.2.1. Organismos Aquáticos mais utilizados .....	15
4.3. Tipos de Bancadas Hidropônicas .....	16
5. Qualidade da água .....	17
5.1. pH .....	18
5.2. Temperatura .....	19
5.3. Oxigênio Dissolvido .....	20
6. Vantagens e Desvantagens do Sistema .....	21
7. Usos e Benefícios do Sistema .....	22
7.1. Agricultura Familiar .....	23
7.2. Tecnologia Social .....	24
7.3. Soberania e Segurança Alimentar .....	25
7.4. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável-ODS .....	26
7.5. Aquaponia nas Escolas .....	27
8. Modelo de Sistema Compacto baseado no proposto por Carneiro <i>et al.</i> 2015b .....	28
9. Considerações Finais .....	44
10. Referências .....	45

# 1. O que é Aquaponia?

Aquaponia é um sistema simbiótico que combina a aquicultura, que é a criação de organismos aquáticos, e a hidroponia, que é o cultivo de plantas sem o uso de solo, e se apresentam como uma alternativa sustentável para produção de alimentos. As raízes das plantas possuem o papel de filtro biológico, pois filtram a água do tanque dos peixes, removendo os resíduos deixados por eles, absorvendo os elementos necessários para seu crescimento, melhorando assim a qualidade da água do sistema. É um sistema fechado que reutiliza sua água, contribuindo com a diminuição do volume de efluente lançados no meio ambiente, permitindo assim, a otimização de recursos principalmente a água, o que acaba permitindo a implantação do sistema em locais com problemas de escassez de água (JORDAN *et al.* 2020) (Figura 1).

Figura 1- Concepção do Termo Aquaponia



Fonte: Autoria Própria  
Adaptação: SANTOS e BATISTA, 2021

A aquaponia é uma tecnologia social de produção de alimentos inovadora, tecnológica e sustentável, agregando valores agroecológicos aos alimentos, permitindo a produção de alimentos saudáveis através da associação de práticas de aquicultura e hidroponia em um único sistema de recirculação de água, permitindo que as plantas utilizem os excrementos dos organismos aquáticos e fabriquem produtos de melhor qualidade, de maior rentabilidade e de menor custo de produção no mercado consumidor (SANTOS, 2020).

A aquaponia surge como uma modalidade de cultivo de alimentos com alto aproveitamento dos resíduos orgânicos produzidos na aquicultura. Essa atividade é uma alternativa promissora na produção de alimentos, integrando a atividade agrícola com a aquícola sem causar danos ao meio ambiente, cultivando espécies aquáticas associadas a espécies vegetais. Essa simbiose ou interação possibilita as plantas se nutrir a partir de procedentes da água onde se criam organismos aquáticos, em um sistema totalmente fechado e seguro.

## 2. Origem do Sistema

A origem dessa atividade é antiga, apesar de não ser muito clara. O sistema de aquaponia se assemelha ao sistema criado pelos astecas no século XIX, na América Central e do Sul, onde a agricultura era feita em jangadas flutuantes sobre lagos onde as plantas retiravam seus nutrientes dessa água onde continham organismos aquáticos. Eram ilhas flutuantes, jangadas, feitas de plantas como cana e junco, cobertas por terra retirada do fundo do lago, chamadas de *Chinampas*, que cultivavam principalmente arroz e hortaliças, devido ao pouco solo. As *Chinampas* Astecas, eram verdadeiros agroecossistemas tradicionais da onde poderia se obter uma alta e variada quantidade de produtos, sendo um exemplo de agricultura sustentável existente (EMERENCIANO *et al.* 2015; BOUTWELLUC, 2007; JONES, 2002) (Figura 2).

Figura 2- Método de cultivo dos Astecas



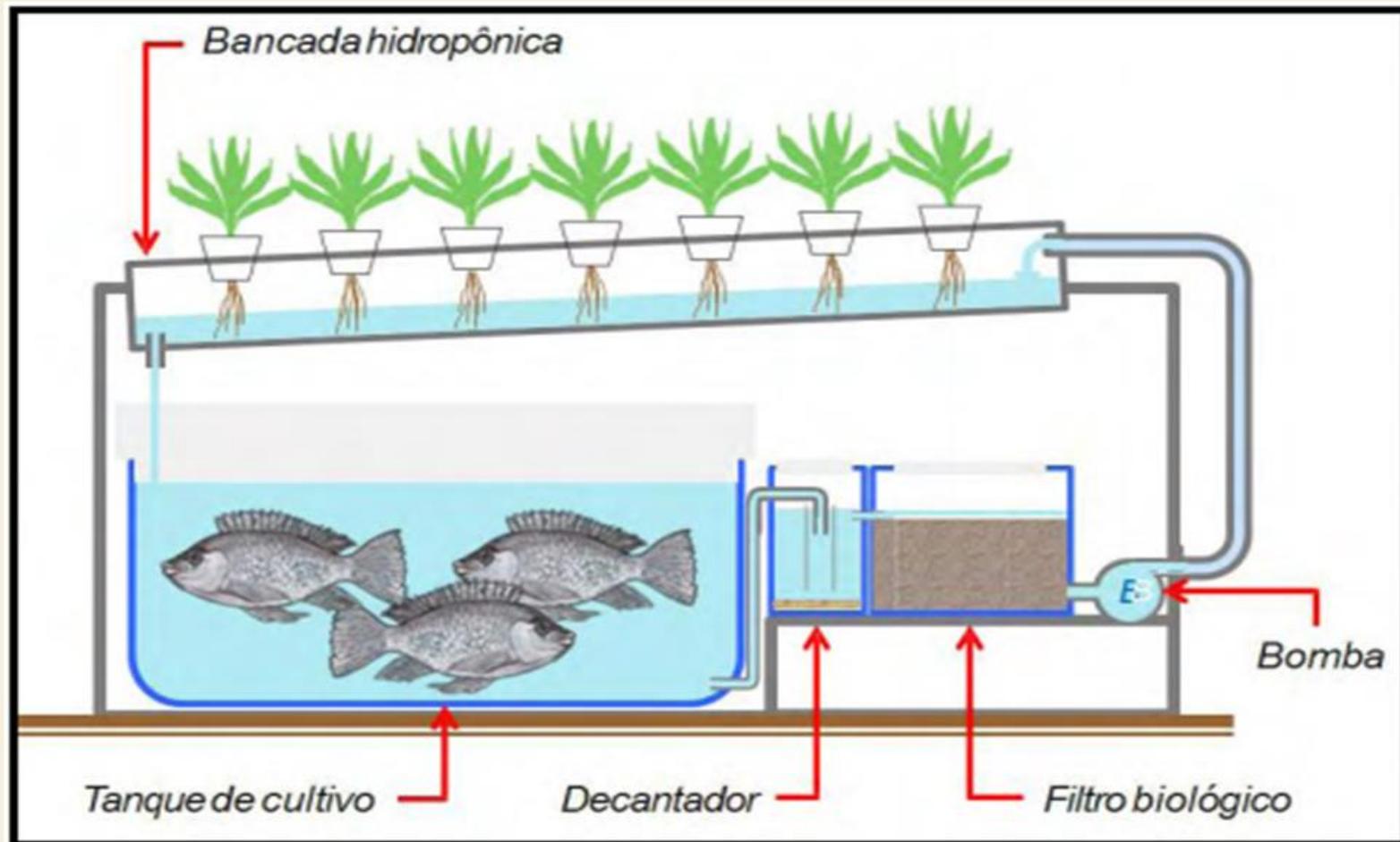
Fonte: EMERENCIANO *et al.* 2015  
Adaptação: SANTOS e BATISTA, 2021

### 3. Funcionamento do Sistema

Em um sistema aquapônico, o cultivo de peixes e plantas é integrado em um ecossistema de recirculação de água, que utiliza ciclos bacterianos naturais para converter os resíduos de peixes em nutrição para os vegetais. Existem três componentes biológicos principais, os organismos aquáticos, as plantas e as bactérias. Nesse sistema, ocorre um fluxo contínuo de nutrientes entre diferentes organismos vivos que se relacionam por meio de ciclos biológicos naturais. Essa técnica é um sistema totalmente controlado, com baixo risco de doenças, onde uma cultura aproveita os resíduos de uma outra cultura, se beneficiando e beneficiando o meio em que vive. Um dos nutrientes mais importantes do sistema é o nitrogênio, que entra no sistema através da ração que é o princípio ativo do sistema.

A ração, é fornecida aos organismos aquáticos, que ingerem a proteína da ração e excretam seus resíduos em forma de amônia por meio de suas vias branquiais e das fezes. Embora o acúmulo de amônia seja tóxico para os animais, é através da ação das bactérias, que fazem a conversão dos restos de ração que os organismos não consomem e das excretas em nutrientes assimiláveis pelas plantas. É através das plantas do sistema, que há filtragem e remoção das concentrações dos resíduos nitrogenados, como amônia, nitrato, nitrito e o fósforo dissolvidos no ambiente aquático para que a água limpa retorne ao tanque dos peixes (SANTOS, 2020) (Figura 3).

Figura 3- Demonstração do funcionamento do sistema aquapônico



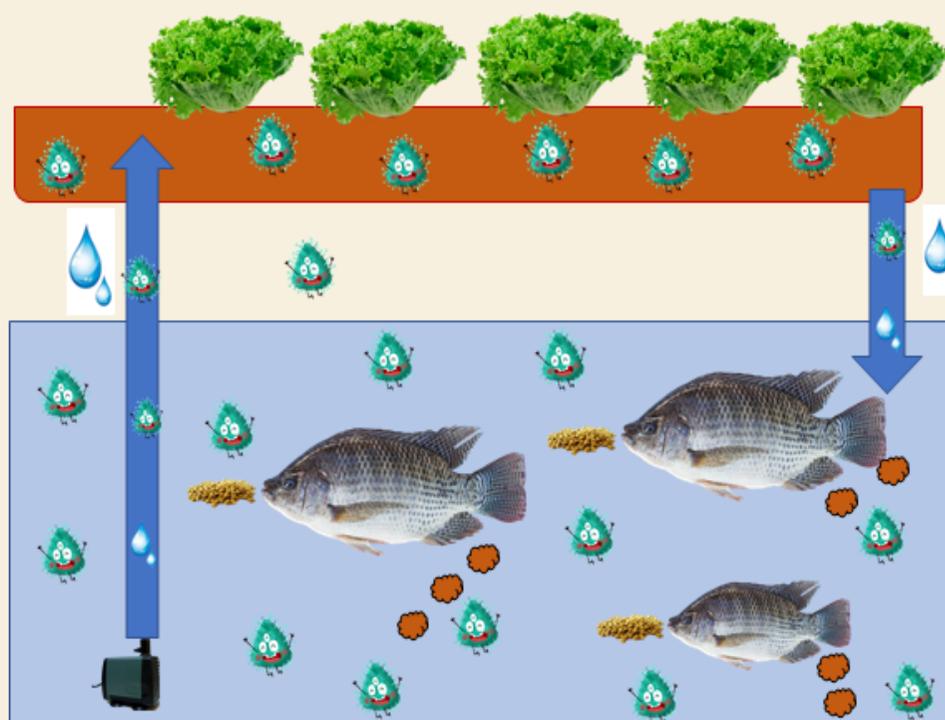
Fonte: BLUM, 2018.

Adaptação: SANTOS e BATISTA, 2021

## 4. Componentes Básicos do Sistema

Os componentes básicos do sistema são o tanque para cultivo dos organismos aquáticos, a estrutura com as bancadas hidropônicas e uma bomba para proporcionar a recirculação da água. Porém, para melhor funcionamento do sistema pode ser utilizados componentes secundários como, filtros mecânicos para remoção de sólidos e aeradores. Por envolver três organismos distintos em um único sistema, é muito importante que conheçamos as necessidades fisiológicas de cada um dos indivíduos envolvidos no sistema. Cada um dos componentes básicos do sistema exige cuidados específicos, o que necessita um conhecimento do sistema pelo produtor, desde o dimensionamento do tamanho do sistema, até a escolha das espécies aquáticas e vegetais (EMERENCIANO *et al.* 2015; COSMO; GALERIANI; ZANETTI, 2019) (Figura 4).

Figura 4- Componentes Básicos do Sistema



Fonte: Autoria Própria  
Adaptação: SANTOS e BATISTA, 2021



Os organismos aquáticos, ingerem e digerem a ração, que é a principal fonte de nitrogênio que entra no sistema, e excretam as fezes ricas em amônia.



As plantas, funcionam como filtro biológico, filtrando a água e absorvendo a amônia convertida pelas bactérias.



Uma vez abastecido, o sistema não precisa de troca de água. A água do sistema é totalmente reaproveitada, graças as plantas que filtram ela retirando as impurezas.



As bactérias nitrificantes dos gêneros *nitrossomas* e *nitrobacter* convertem a amônia ( $\text{NH}_3$ ), em nitrito ( $\text{NO}_2$ ) e este em nitrato ( $\text{NO}_3$ ), gerando os nutrientes necessários para o crescimento das plantas e eliminando totalmente a amônia tóxica aos peixes.



A bomba é responsável pela circulação da água, jogando a água do tanque dos organismos aquáticos para o cultivo das plantas ajudando também na aeração do sistema.

#### 4.1. Bactérias Nitrificantes

As bactérias nitrificantes são os organismos mais importantes do sistema, pois, são responsáveis pela conversão da amônia ( $\text{NH}_3$ ) em nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) e deste em nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), desta forma a amônia que é produzida pelos peixes são transformadas em nutrientes que as plantas necessitam para se desenvolver. Estas bactérias surgem no filtro biológico de forma natural, podendo também ser estimuladas no sistema adicionando água de outro local onde se conheça a sua presença. Estas bactérias não tem a capacidade de produzir o próprio alimento, desta forma obtém o seu alimento pela decomposição de matéria orgânica e consequentemente liberando energia para as plantas. Em média, o crescimento e formação das colônias suficientemente capazes de estabilizar o ciclo de nitrificação é conseguido de 20 a 40 dias após a introdução dos peixes. As bactérias responsáveis pela nitrificação da amônia são predominantemente aeróbicas e têm como pH ótimo o intervalo entre 7,0 e 8,0 (CANASTRA, 2017; CARNEIRO *et al.* 2015a).

## 4.2. Tanque de Cultivo dos Organismos Aquáticos

O ambiente de criação dos organismos aquáticos pode ser constituído por um ou vários tanques de diversos formatos e volumes, podendo variar de poucos litros a vários metros cúbicos e serem confeccionados por vários tipos de materiais resistentes (CARNEIRO *et al.* 2015a). É importante que o tanque tenha forma arredondada e fundo plano, para que os resíduos sejam transportados para o centro através da força centrípeta. É imprescindível que, o tanque seja feito com materiais devidamente resistente a raios UV visto que este componente está sujeito à incidência direta de luz solar e esteja construído em um local coberto para evitar o crescimento de algas, entrada de detritos e predadores, além de evitar que peixes saltem para fora (SOMERVILLE *et al.* 2014).

#### 4.2.1. Organismos Aquáticos mais utilizados

Em um sistema de Aquaponia há a possibilidade de se cultivar diversas espécies de peixes e crustáceos. Dentre os crustáceos há estudos com como o camarão de água doce (*Macrobrachium spp.*) e o lagostim australiano (*Cherax spp.*). Dentre as espécies de peixes, destacam-se as: tilápias, carpas, trutas e catfishes. Além disso, o uso de peixes ornamentais é outra excelente opção para criação em um sistema de aquaponia. A carpa colorida, *Cyprinus carpio*, também conhecida como Koi ou Nishikigoi, é uma espécie muito resistente a oscilações nos parâmetros de qualidade da água e tolerante a elevadas densidades de estocagem, podendo ser destinada também ao consumo humano (CARNEIRO *et al.* 2015a; EMERENCIANO *et al.* 2015; SOMERVILLE *et al.* 2014).



*Oreochromis niloticus*



*Cyprinus carpio*



*Colossoma macropomum*



*Macrobrachium spp.*

### 4.3. Tipos de Bancadas Hidropônicas

Na aquaponia existem vários tipos de ambiente de cultivo vegetal, cada um com suas particularidades e variações, vantagens e desvantagens. O tipo de ambiente de cultivo utilizado vai depender da escala do sistema e do tipo de planta que se pretende cultivar.



**Ambiente ou Cultivo Flutuante, *Deep Water Culture, Floating, Raft (DWC)*.**

Fonte: [aquaponiabrasil.wordpress.com](http://aquaponiabrasil.wordpress.com)  
Adaptação: SANTOS e BATISTA, 2021



**Ambiente de cultivo em canaletas, *Nutrient Film Technique* ou fluxo laminar de nutrientes (NFT).**

Fonte: Carneiro *et al.* 2015c  
Adaptação: SANTOS e BATISTA, 2021



**Cultivo em areia ou em cascalho *Wicking bed, media-filled bed*.**

Fonte: Carneiro *et al.* 2015a  
Adaptação: SANTOS e BATISTA, 2021

## 5. Qualidade da Água

O sistema de Aquaponia oferece o benefício da economia de água, já que por se tratar de um sistema fechado de recirculação de água, uma vez abastecido e em funcionamento o sistema não necessita da troca de água, é necessário apenas a reposição por perdas pelo manejo e pela evaporação (CARNEIRO *et al.* 2015a). Dependendo de qual seja a fonte da água que será utilizada no sistema, alguns procedimentos devem ser tomados. Se a água for de origem da chuva ou de poço artesiano, deve se deixar a água em descanso antes de ser introduzida no tanque para que haja a liberação dos minerais presentes na água. Se a água utilizada for água tratada, também deve-se deixar em descanso, mas pode-se colocar a água no sistema e ligar a bomba para circulação da água eliminar o cloro mais facilmente (CANASTRA, 2017).

O monitoramento da qualidade da água deve ser realizado antes, durante e depois da instalação do sistema de aquaponia, e pode ser feito com kits de análises encontrados com facilidade em lojas de pesca e casas de peixes ornamentais. Entretanto, não basta somente realizar a análise periodicamente, necessita também a observação do comportamento dos organismos para detectar irregularidades no sistema e assim realizar os possíveis tratamentos, pois a correção dos parâmetros da água deve ser realizada gradativamente evitando assim um impacto brusco no sistema. Existem vários parâmetros de monitoramento para alcançar a qualidade da água desejável para um sistema de aquaponia, mas os mais importantes são: Ph, Temperatura e Oxigênio Dissolvido (BRAZ FILHO, 2014).

## 5.1. Ph

O pH (potencial hidrogeniônico) é uma escala logarítmica que mede o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade presente numa determinada solução, medindo a concentração dos íons hidrogênio ( $H^+$ ) presentes em solução. O pH é um dos pontos mais importante dentro do sistema e por isso precisa ser diariamente monitorado. Pelo fato da aquaponia envolver três organismos muito distintos num mesmo corpo d'água (organismos aquáticos, plantas e bactérias) é extremamente importante favorecer as necessidades de cada um deles para que o pH da água seja mantido numa faixa que atenda a todos satisfatoriamente, por isso, em sistemas de água doce o pH deverá estar entre 6,5 e 7,5. As variações de pH podem ser controladas através da utilização de compostos químicos, a base de potássio (K) e cálcio (Ca), pois são as mais indicadas uma vez que se trata de nutrientes normalmente presentes em sistemas de aquaponia em quantidades inferiores às exigidas por muitos vegetais (CANASTRA, 2017; CARNEIRO *et al.* 2015a). O pH afeta muitos outros parâmetros de qualidade da água, e a evolução de muitos processos biológicos e químicos, sendo obtido através de pHmetros ou kits de análise de água.

## 5.2. Temperatura

A temperatura influencia diretamente na concentração de oxigênio dissolvido na água que é imprescindível para vida do ecossistema. Altas temperaturas podem dificultar a absorção de nutrientes pelas plantas, diminuir os níveis de oxigênio dissolvido, assim como aumentar os níveis de amônia tóxica. Baixas temperaturas também são capazes de causar grandes danos ao sistema, e por este motivo, devem ser evitadas. Por isso é interessante utilizar organismos aquáticos e plantas nativas da região de implantação do sistema, garantindo assim, uma maior adequabilidade destes indivíduos ao clima local (DUARTE, 2018; SOMERVILLE *et al.* 2014). A medição pode ser realizada diariamente com um termômetro comum.

### 5.3.Oxigênio Dissolvido

O nível de oxigênio dissolvido, consiste na quantidade de oxigênio molecular dentro da água, é expresso em miligramas de oxigênio por litro de solução e os níveis de oxigênio ótimo em um sistema de aquaponia está entre 4 e 8 mg/l. O oxigênio é o reagente para a reação de oxidação do processo de nitrificação realizada pelas bactérias, por isso é extremamente importante manter o nível ótimo de oxigênio dissolvido na água afim de manter altos níveis de produtividade. Concentrações de OD abaixo de 2 mg/l, reduz o processo de nitrificação, aumentando o nível de amônia, prejudicando assim o desenvolvimento do sistema. Além disso, baixas concentrações de OD podem induzir o desenvolvimento de outros tipos de bactérias, estas, capazes de converter os nitratos em nitrogênio molecular, através de uma rota metabólica anaeróbica conhecida como desnitrificação. O oxigênio dissolvido é disponibilizado por meio de processos biológicos e pela ação do vento, podendo ser utilizados também aeradores mecânicos, sendo medido por meio de oxímetro ou kit de análise de água (CARNEIRO *et al.* 2015a; SOMERVILLE *et al.* 2014).

## 6. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO SISTEMA

Vantagens	Desvantagens
Utilização de pouca água	A pouca tecnologia difundida no Brasil;
Reutilização total da água evitando desperdício	Custo inicial de implantação alto, a depender do tipo de sistema que será construído;
Possibilidade de produção em ambientes urbanos	a dependência contínua de energia elétrica e a necessidade de conhecimento em muitas áreas da engenharia;
Aproveitamento dos insumos de água e ração evitando a geração de efluentes para o meio ambiente	hidráulica, olericultura, veterinária, zootecnia, dentre outras
Possibilidade da utilização como um sistema super intensivo, de alta densidade de peixes e hortaliças	
A produção pode ser contínua, diversificada, gerando renda constante ao produtor	
Geração de produtos de forma intercalada, garantindo oferta frequente desses produtos	
Obtenção de produtos de alta qualidade, sem conter agrotóxicos ou aditivos químicos	
Licenciamento facilitado para a produção; Baixo consumo de energia com possibilidades de uso de energias renováveis	
Versatilidade na sua construção, podendo ser utilizado diversos tipos de matérias diminuindo o custo de implantação; Fácil manutenção	
Possuir vasto material sobre o tema na internet	

Referências: FAO, 2014; HUNDLEY; NAVARRO, 2013.

## 7. USOS E BENEFÍCIOS DO SISTEMA

A aquaponia, garante a promoção da agricultura familiar, gerando renda para famílias principalmente em áreas que sofram com a escassez de água, com a descentralização de alimentos saudáveis e com poucos espaços livres para o plantio garantindo a soberania e a segurança alimentar do povo, ajudando assim a promover pelo menos 8 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável-ODS, propostos pela ONU. O sistema é capaz também de servir como uma ferramenta didática para promoção da interdisciplinaridade no ensino devido aos assuntos que o sistema aborda principalmente a sustentabilidade ambiental. Esse método de cultivo, é praticável em áreas urbanas.

Países como Austrália, México, Israel e EUA que possuem um problema sério de escassez de água, possuem o sistema de aquaponia bem difundido em escala domiciliar, são as chamadas “*backyard aquaponics*”, termo em inglês para “aquaponia de quintal”, onde são utilizados materiais recicláveis para montagem do sistema. Em outros países como Austrália, Canadá e EUA, existem várias empresas que fornecem equipamentos e consultoria para quem deseja produzir seus alimentos em sistemas de aquaponia compactos instalados em suas próprias residências (CARNEIRO *et al.* 2015a; HUNDLEY; NAVARRO 2013).

## 7.2. Tecnologia Social

Tecnologias sociais, são técnicas e metodologias transformadoras, desenvolvidas na interação com a população, que representam soluções para a inclusão social. A tecnologia social então vai se caracterizar pela simplicidade, pelo baixo custo, fácil aplicabilidade e impacto social. A Tecnologia Social implica participação, empoderamento e autogestão dos envolvidos, defendendo o desenvolvimento e a utilização de tecnologias de forma a promover a inclusão social. Está baseado na disseminação de soluções para problemas voltados a demandas de alimentação, educação, energia, habitação, renda, recursos hídricos, saúde, meio ambiente, dentre outras (JESUS; COSTA, 2013). O principal segmento para empregar as técnicas de tecnologia social, é a agricultura familiar com o intuito de desatar os entraves gerados pela modernização da agricultura. Surge então, a concepção teórica da agroecologia, que possui o objetivo de sistematizar todos os esforços em produzir um modelo tecnológico abrangente, que seja socialmente justo, economicamente viável e ecologicamente sustentável. A aquaponia, como um sistema de baixo consumo de água e de reaproveitamento de nutrientes, promove os princípios agroecológicos e a utilização de tecnologias sociais apropriadas (CORRÊA, 2018). Desta forma, a aquaponia assume esse papel da tecnologia social, já que utiliza das experiências adquiridas por quem exerce a atividade criando sinergias em seu desenvolvimento. A aquaponia dispõe de técnicas replicáveis viáveis, tanto ambientalmente quanto economicamente, procurando assim a preservação do meio ambiente (CORRÊA, CRUZ JUNIOR; CORRÊA, 2016). A agricultura familiar é o segmento mais estudado para o emprego das técnicas de TS, com o intuito de minimizar os impactos ambientais causados pela modernização da agricultura. As tecnologias sociais elevam o potencial de aprimoramento das técnicas rurais, possibilitando a implementação de técnicas testadas e validadas, com um baixo potencial de degradar o meio ambiente agregado à atividade produtiva, unida a um conjunto metodológico de soluções (RODRIGUES; BARBIERI, 2008; SOUZA, 2014). Por isso, o investimento em técnicas adequadas a promoção da agricultura familiar é tão importante pois ela garante boa parte da segurança alimentar do país, garantindo a soberania alimentar de cada comunidade.

### **7.1. Agricultura Familiar**

O processo de desenvolvimento na agricultura está relacionado com a substituição da agricultura familiar, a agricultura de subsistência, pelo sistema agroindustrial, cujo o objetivo principal era a produtividade agrícola e a agropecuária, a geração de lucro mesmo que causando a degradação do meio ambiente. Somente após a criação de programas voltados ao fortalecimento da agricultura familiar que o foco passou para o desenvolvimento sustentável, baseado nas três dimensões: ambiental, social e econômica, buscando o equilíbrio entre ela (CARVALHO, 2019). A agricultura familiar é a atividade exercida onde se mora, sendo o produtor proprietário dos meios de produção, exercida para o sustento da família, vendendo o excedente para gerar poder aquisitivo ao produtor. A agricultura familiar, realiza a produção de subsistência e para o mercado interno enfrentando principalmente o obstáculo do processo de modernização da agricultura convencional que utiliza tecnologias avançadas e pesticidas que otimizam sua produção desvalorizando a agricultura familiar.

Como forma de valorização da agricultura familiar, as tecnologias sociais elevam o potencial de aprimoramento das técnicas rurais, possibilitando a implementação de técnicas testadas e validadas, com um baixo potencial de degradar o meio ambiente agregado valor ambiental à atividade produtividade (RODRIGUES; BARBIERI, 2008; SOUZA, 2014). Por isso, o investimento em técnicas adequadas a promoção da agricultura familiar é tão importante pois ela garante boa parte da segurança alimentar do país, garantindo a soberania alimentar de cada comunidade. A aquaponia por ser uma técnica simples e de fácil acesso pode ser utilizada como forma agroecológica de valorização e promoção da agricultura familiar.

### 7.3. Soberania e Segurança Alimentar

As Tecnologias Sociais assim como o sistema de aquaponia, buscam a inclusão social e a melhoria das condições de vida das populações, fortalecendo a promoção do bem viver e o cuidado coletivo, com a vida na Terra e em nosso país. Compreende-se por Soberania Alimentar, o direito de cada nação de manter e desenvolver sua própria capacidade para produzir os alimentos básicos dos povos, respeitando a sua diversidade produtiva e cultural. É a garantia e o acesso a um alimento saudável e de boa qualidade se sobrepondo a qualquer fator econômico, político ou cultural que impeça sua distribuição. É a garantia do direito dos povos de definir sua política agrária e alimentar, garantindo o abastecimento, a preservação do meio ambiente (MEIRELLES, 2004; VIA CAMPESINA, 1996). Para se obter soberania alimentar, são necessários sistemas produtivos sustentáveis, em que se valorize a soberania e as culturas locais e, em especial, os hábitos alimentares do povo. Os princípios estabelecidos para se atingir a Soberania Alimentar segundo a Via Campesina (1996) são, alimentação como direito humano; reforma agrária; proteção dos recursos naturais; reorganização do comércio de alimentos; eliminação da globalização da fome; paz social; e controle democrático (SILIPRADI, 2001).

Mas apesar desses princípios, a população tem apresentado problemas de saúde provocados por alimentos cultivados com excesso de agrotóxicos. O consumismo não sustentável baseado no agronegócio exportador e no uso desregulado de práticas nocivas à saúde e ao meio ambiente tem causado consequências severas a segurança alimentar, nutricional, bem como impactos na saúde humana, degradação ambiental e para a soberania alimentar. Dessa forma, o sistema de aquaponia se torna uma ferramenta chave de promoção da soberania e segurança alimentar, já que, produz alimentos livres de aditivos químicos.

## 7.4. Objetivo de Desenvolvimento Sustentável

	ODS
ODS 1	Pode ser promovido através do sistema de aquaponia, já que, o sistema possibilita a criação de proteína animal e vegetal de qualidade, servindo como fonte de consumo e renda para as famílias envolvidas. O sistema pode ser construído com materiais de fácil acesso e baixo custo, proporcionando ao produtor cultivar seu próprio alimento e vender o excedente da produção. Dando ao produtor uma fonte de renda e alimentação, ajudando-o assim a sair da pobreza.
ODS 2	Se encaixa no sistema de aquaponia de diversas formas através das suas metas de desenvolvimento sustentável que versam a necessidade de promover ações que promovam a agricultura familiar e beneficiem a soberania e a segurança alimentar. O sistema de aquaponia possibilita a produção de proteína animal de boa qualidade, com baixo consumo de água e sem o uso de agrotóxicos, garantindo a segurança alimentar.
ODS 3	Auxilia no alcance desse objetivo porque o sistema produz alimentos de forma saudável e sustentável. Por ser uma atividade manual proporciona o bem-estar dos produtores e da família envolvida no manuseio do sistema. Através da utilização do sistema no ensino, pode-se promover uma educação ambiental crítica.
ODS 4	Estudos comprovam a eficácia do uso do sistema de aquaponia como uma ferramenta didática. Vários autores trabalham o uso da aquaponia na educação pelo fato de que a aquaponia permite uma sinergia entre a educação científica e a natureza intrínseca do sistema, sendo que a aquaponia incorpora o conhecimento de uma variedade de assuntos incluindo agricultura, biologia, engenharia, nutrição, química e tecnologia
ODS 6	O sistema promove uma economia de até 90% de água, em relação a outros cultivos. Uma vez abastecido e em funcionamento o sistema não precisa de reposições de água. O cultivo hidropônico reduz o consumo de água, em função do uso do efluente da aquicultura como fertilizantes no cultivo dos vegetais, assim, esta associação diminui os impactos gerados ao meio ambiente. A aquaponia promove a interação sinérgica entre a aquicultura e a hidroponia reutilizando água e acelerando a ciclagem de nutrientes como o nitrogênio e o fósforo, principais impactos constantes no efluente da atividade aquícola
ODS 8	o sistema de aquaponia permite a geração de renda e emprego para o produtor e sua família.
ODS 12	o sistema proporciona um cultivo totalmente sustentável e saudável. estudaram a aquaponia como alternativa real para a produção de alimentos de maneira menos impactante ao meio ambiente através de características que remetem a sustentabilidade, como implantação de pequenos sistemas familiares e da reciclagem dos recursos hídricos utilizados.
ODS 15	o sistema utiliza pouco espaço sem agredir o meio ambiente. Permitindo assim a preservação do meio ambiente sem causar impacto ao meio.

### 7.5. Aquaponia nas Escolas

A criação de espaços educadores sustentáveis nas escolas é importante no enfrentamento das mudanças socioambientais, visando construir pedagogicamente referências concretas de sustentabilidade. São nesses espaços escolares que os educadores poderão propiciar aos educandos a manter uma relação equilibrada com o meio ambiente, aprendendo a compensar seus impactos com o desenvolvimento de tecnologias apropriadas, permitindo assim, um ambiente propício para as gerações presentes e futuras. Esses espaços propõem que os cuidados com a natureza estejam aliados a rotina da escola, onde alunos e professores possam refletir e debater sobre as melhores decisões pelo uso dos recursos naturais (TRAJBER; SATO, 2010). Oferecendo aos alunos novos ambientes de aprendizagem prática o conhecimento é melhor contextualizado. A prática ambiental tem o poder de conectar o aluno ao meio ambiente, ensinando e assim sensibilizando o aluno de que os recursos naturais precisam ser preservados. A utilização de atividades extracurriculares é comprovadamente efetiva no ensino, contribuindo para que o desenvolvimento dos conceitos teóricos possa ser mais efetivo dentro e fora da sala de aula (SOUZA, 2018). Vários autores trabalham o uso da aquaponia na educação, pelo fato de que o sistema, permite uma sinergia entre a educação científica e a natureza intrínseca do sistema. O sistema de aquaponia, incorpora o conhecimento de uma variedade de assuntos incluindo agricultura, biologia, engenharia, nutrição, química e tecnologia (GENELLO *et al.* 2015). O uso da aquaponia como ferramenta didática proporciona ao professor utilizar o sistema para as aulas práticas, sempre atrelando o conteúdo ministrado com a conscientização ambiental. A educação ambiental praticada através da aquaponia, é um processo educativo que conduz a um saber ambiental materializado nos valores éticos e nas regras políticas de convívio social e de mercado, que implica a questão distributiva entre benefícios e prejuízos da apropriação e do uso da natureza (SILVA, 2018).

## 8. Modelo de sistema compacto Baseado no Proposto por Carneiro *et al.* em 2015b

O modelo do sistema de aquaponia proposto é adaptado do sistema em escala familiar proposto por Carneiro *et al.* (2015b), que tinha inicialmente como componentes básicos, um tanque de criação de peixes, um filtro de sólidos decantáveis, um filtro de sólidos em suspensão, um ambiente para produção de plantas que frutificam, um ambiente de cultivo de hortaliças folhosas, um ambiente de cultivo de raízes tuberosas e um ambiente para a produção de mudas. Como o intuito do manual é demonstrar como o sistema de aquaponia pode ser utilizado como uma ferramenta didática e como uma tecnologia social agroecológica capaz de promover a soberania e a segurança alimentar do produtor optou-se por adaptar o sistema para um sistema compacto diminuindo os componentes básicos para apenas o tanque de criação dos peixes e o ambiente de cultivo de hortaliças folhosas.

### 8.1. Organismos Aquáticos utilizados no Sistema

A maioria dos sistemas aquapônicos, utilizam peixes em seus cultivos, pois eles são mais resistentes as mudanças ambientais. Necessitam de oxigênio dissolvido acima de 5ml/l. O pH ideal esta entre 6,5 e 9,0. Por serem animais pecilotérmicos, eles não possuem a capacidade de manter a temperatura corporal constante, por isso a temperatura da água influencia diretamente todos seus processos fisiológicos como respiração, alimentação, comportamento, crescimento e reprodução. Devido a esses fatores, eles necessitam de uma temperatura entre 25° C e 32° C (CORRÊA, 2018; FERREIRA, 2013).

A maioria dos sistemas aquapônicos utilizam peixes da espécie Tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*, por ser uma espécie altamente tolerante a bruscas mudanças ambientais, apresenta boa conversão alimentar, tolera altas densidades de estocagem, tem seu pacote tecnológico de cultivo, de melhoramento genético, de reprodução e de nutrição bem avançados, de fácil acesso e difundidos pelo mundo, além de ter um bom preço comercial tendo maior probabilidade de ser facilmente escoado (CARNEIRO *et al.* 2015b).

## 8.2. Plantas utilizadas no Sistema

As espécies de plantas a serem cultivadas em um sistema de aquaponia, devem ter como base primeiramente, o mercado e suas necessidades de consumo. As mais apropriadas são as adaptadas ao cultivo hidropônico, pois toleram altos teores de água em suas raízes. As plantas cultiváveis, possuem um pH ótimo entre 5,8 e 6,2, toleram altos teores de água e variações significativas nos teores de nutrientes dissolvidos na solução nutritiva, sem apresentar sintomas de deficiência nutricional (CARNEIRO *et al.* 2015b; RAKOCY; MASSER; LOSORDO, 2006). É possível produzir uma grande variedade de espécies vegetais em aquaponia como alface, manjeriço, agrião, repolho, rúcula, morango, pimenta, tomate, quiabo, pepino e muitas outras.

A alface (*Lactuca sativa*) é a hortaliça mais cultivada e consumida no Brasil e no mundo, sendo importante na alimentação e para saúde humana, por ser fonte de vitaminas e sais minerais. A alface é a espécie folhosa mais desenvolvida no cultivo sem solo por apresentar um ciclo de vida curto, ter alta produtividade e rápido retorno de investimento, mas também pela facilidade na aquisição e por poder ser produzida o ano todo (LONDERO; AITA, 2000; SANTOS, 2000; SILVA *et al.* 2011).

### 8.3. Construção e Montagem do Sistema Compacto

O do tanque de criação dos peixes e do ambiente de cultivo das hortaliças, são construídos a partir de containers do tipo IBC - *Intermediate Bulk container* (Figura 7), que é um container facilmente encontrado em lojas que vendem recipientes reutilizáveis, sendo importante que o mesmo não tenha sido utilizado por substâncias tóxicas, já que o container será utilizado para produzir alimentos.

Figura 7- Container tipo IBC



Fonte: CARNEIRO *et al.* 2015b  
Adaptação: SANTOS; BATISTA, 2021

Corta-se a parte superior do container e da estrutura de metal com 20 cm de altura para fazer o ambiente de cultivo das hortaliças, e o tanque de criação de peixes, parte inferior com 80 cm, tendo uma capacidade total de aproximadamente 800 l (Figura 8).

Figura 8- Detalhe do corte do recipiente plástico e da estrutura de metal, a parte superior com 20cm e 80cm a parte superior



Fonte: CARNEIRO *et al.* 2015b  
Adaptação: SANTOS; BATISTA, 2021

Após cortadas as partes devem ser pintadas de preto na parte externa, para evitar a entrada da luz e a proliferação de algas. E depois pintadas de branco para evitar o aquecimento da água (Figura 9).

Figura 9- IBC após a pintura com a tinta preta



Fonte: CARNEIRO *et al.* 2015b  
Adaptação: SANTOS; BATISTA, 2021

O local de implantação precisa ser nivelado para que não haja desnível e prejudique o bom funcionamento do sistema. Para isso pode-se enterrar o tanque dos peixes parcialmente, ficando 30cm abaixo do nível do solo, ou pode-se colocar uma folha de isopor no solo ou papelão estabilizando o tanque e evitar o contato do tanque com o chão. O ambiente de cultivo das hortaliças ficara na parte superior do tanque dos peixes como demonstra a Figura 10, e para que o sistema sustente a cama de cultivo das hortaliças é necessário instalar barras de madeira para fortalecer as laterais da estrutura.

Figura 10- Tanque dos peixes e ambiente de cultivo das hortaliças após pintura de coloração clara e instalação das barras de madeira para sustentação do sistema



Fonte: CARNEIRO *et al.* 2015b  
Adaptação: SANTOS; BATISTA, 2021

Dentro da caixa de criação dos peixes, é instalada uma bomba submersa com vazão entre 600 a 800 L/h. na saída de água da bomba é instalado um cano de PVC, ou uma mangueira que suba e leve a água até a parte superior onde esta o ambiente de cultivo das hortaliças que filtrará a água que retornará ao tanque dos peixes limpa e livres de impurezas (Figura 11).

Figura 11- Demonstração da bomba instalada no tanque dos peixes



Fonte: Aatoria Própria  
Adaptação: SANTOS; BATISTA, 2021

No ambiente de cultivo das hortaliças é instalada um dreno feito de cano PVC, em forma de L, como demonstra a figura 2, no meio da caixa para água filtrada pelas hortaliças retornar ao sistema (Figura 12).

Figura 12- Detalhe do dreno em forma de L a ser instalado na cama de cultivo das hortaliças



Fonte: Autoria Própria  
Adaptação: SANTOS; BATISTA, 2021

Este ambiente terá em seu interior água até altura de aproximadamente 15 cm, com uma placa de isopor com orifícios circulares de 5 cm de diâmetro, onde serão inseridas a mudas de alface de aproximadamente 2 semanas que serão cultivadas no sistema (Figura 13).

Figura 13- Ambiente de cultivo flutuante



Fonte: CARNEIRO *et al.* 2015b

Adaptação: SANTOS; BATISTA, 2021

## 8.4. Custo de Implantação

Item	Descrição	Qntd.	Valor Unitário	Valor Total
Container	Container tipo IBC de 1000 litros	01 unid.	R\$ 430,00	R\$ 430,00
Bomba submersa	Bomba submersa com vazão de 1000l/h	01 unid.	R\$ 73,99	R\$ 73,99
Medidor de pH	Medidor de pH digital	01 unid.	R\$ 59,99	R\$ 59,99
Termômetro	Termômetro tipo espeto digital	01 unid.	R\$ 15,00	R\$ 15,00
Kit de análise de água	Kit teste para análise de água	01 unid.	R\$ 64,90	R\$ 64,90
Tubo de PVC	Tubo de PVC de 20mm- 6m	01 unid.	R\$ 12,00	R\$ 12,00
Joelho de PVC	Joelho de PVC 90° 20mm	03 unid.	R\$ 0,30	R\$ 0,90
Tinta preta	Tinta esmalte fosco a base de água preto	01 unid.	R\$ 33,90	R\$ 33,90
Tinta Branca	Tinta esmalte fosco a base de água branca	01 unid.	R\$ 33,90	R\$ 33,90
Alevinos	Alevinos de tilápia com 50g	60 unid.	R\$ 0,20	R\$ 12,00
Alface	Mudas de Alface	175 unid.	R\$ 0,10	R\$ 17,50
Ração	Ração para tilápias com 35% de proteína bruta	25 kg	R\$ 198,95	R\$ 198,95
			Total	953,03

\*Valor de mercado em Aracaju em fevereiro de 2021

\*Os materiais podem ser substituídos por materiais reciclados ou mais baratos

Recomenda-se inserir juvenis de tilápia com 50 g de peso, para facilitar o uso da ração extrusada (flutuante), que permite visualizar os peixes durante a alimentação, diminuindo o desperdício de ração e o aumento da amônia prejudicando a qualidade da água. Pode-se introduzir de 10 a 15 animais a cada 60 dias, ao final de 120 dias haverá um total de 30 a 45 peixes, podendo haver mortalidade de alguns. Quando completar 180 dias, após a introdução dos primeiros juvenis, será possível despescar eles, que já terão entre 500 g a 700 g, sendo necessário a introdução de novos juvenis para o funcionamento do sistema.

Deve-se usar ração com duas granulometrias (4 a 6 mm e 6 a 8 mm) ou pode-se quebrar a ração de 6-8 mm, para possibilitar sua ingestão por todos os animais de diferentes tamanhos que estão no sistema. A ração precisa ser de boa qualidade, com 30 a 35 % de proteína bruta, por se tratar de um alimento de valor nutricional mais elevado. Sendo fornecido de 2 a 3 vezes ao dia, a quantidade de 1,5% de seu peso vivo ao dia, sempre com atenção ao comportamento alimentar dos peixes. Recomenda-se fornecer a quantidade de ração que os animais comam em 15 minutos, se os peixes não comerem tudo e houver sobra, deve-se diminuir a quantidade na alimentação seguinte. Para introdução das mudas de alface é recomendado esperar 20 dias, para que haja a circulação da água e o surgimento das bactérias nitrificantes. Pode-se cultivar no sistema de 20 a 25 pés de alface por metro quadrado, introduzindo mudas de alface de 2 a 3 semanas de idade.

### 8.5. Operacionalização do Sistema

Após a montagem do sistema, inicia-se seu enchimento. Pode-se utilizar tanto água tratada, como água de poço portanto que seja realizada a operação necessária citada no item 5. Por se tratar de um sistema de recirculação de água não é necessário a troca da água do sistema, apenas reposição da água perdida por evaporação. Pode-se fazer uma marca no tanque de criação dos peixes, cerca de 20 cm abaixo de sua altura máxima, para orientação no momento em que for feita a reposição da água perdida por evaporação, procedimento que deve ser feito semanalmente. O saco plástico, contendo os peixes para povoamento do sistema, deve ficar flutuando na água do sistema por cerca 30 minutos antes de ser aberto para que haja ajuste da temperatura, permitindo assim a aclimação dos organismos a água do tanque e evitando a mortalidade deles. Após aberto o saco com os peixes, o povoamento do sistema, deve ser feito de forma cautelosa e gradual introduzindo a água do sistema no saco com os peixes para equilibrar os parâmetros químicos da água.

## 8.7. Plano de Manejo Produtivo

### 8.7.1. Manejo Diário

Manejo	Variáveis	Monitoramento Diário						
Qualidade da água	pH							
	Temperatura							
	O.D.							
	Amônia							

\*Fazer a análise antes do fornecimento da ração;

\*Verificar a situação dos peixes se tem alguma anormalidade;

\*Alimentá-los em horários específicos;

\*Verificar o nível de água nos tanques, devido a evapotranspiração;

\*Se necessário usar água do reservatório para retomar o nível de água verificar os parâmetros de qualidade de água, temperatura, oxigênio dissolvido, pH, amônia, nitrito e nitrato;

\*Verificar se não há nenhum entupimento em qualquer parte do sistema;

\*Analisar a situação das plantas. Se estão prontas para colheita, proceder com a colheita;

\*Replantar a mesma quantidade de mudas que foi colhido.

### 8.6.2. Manejo Semanal

Kg de peixe/ m <sup>3</sup>	Quantidade de ração a ser fornecida		
750 g*	0,42 g*	0,42 g*	0,42 g*

\*Utilizando 15 juvenis com 50g cada;

\*Verificar situação do tanque dos peixes, se não há acúmulo de sedimentos;

\*Manejo das folhas velhas, é necessário retirar as folhas que vão amarelando.

\*Verificar se não existem insetos ou pragas nas plantas.

\*Verificar condição das placas onde ficam as plantas.

### 8.6.3. Manejo Quinzenal

Índices Zootécnicos	Medida					
	Peixe 1	Peixe 2	Peixe 3	Peixe 4	Peixe 5	Média
Peso						
Comprimento						
Altura						

\*Despesca dos peixes que atingirem o tamanho desejado para consumo;

\*Repovoamento da mesma quantidade de peixes retirada;

\*Controle da produção.

## 9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aquaponia é um sistema de produção que apresenta várias vantagens, principalmente o fato de não gerar desperdícios, sem poluir e prejudicar o meio ambiente, além de produzir alimentos saudáveis. Seguindo as recomendações de montagem e operação propostos nesse manual, o agricultor familiar é capaz de produzir alimentos saudáveis por prazo indeterminado, garantindo alimentos frescos e frequentes suprindo parte significativa das necessidades nutricionais da família, proporcionado também a interação do produtor com plantas e animais. Mas embora, os sistemas aquapônicos pareçam, simples, é necessário conhecer os processos de implantação e operação do sistema e as necessidades dos três componentes básicos do sistema os peixes, bactérias e vegetais. As informações contidas nesse Manual, tem como objetivo divulgar o sistema de aquaponia dando a possibilidade a cada pessoa de construir o seu próprio sistema ajudando assim a promover os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável propostos pela ONU.

## 10. REFERÊNCIAS

- BLUM, M. N. EFEITO DE DIFERENTES NÍVEIS DE ARRAÇOAMENTO E COMPLEMENTAÇÃO MINERAL EM SISTEMAS DE CULTIVO AQUAPÔNICO DE TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*) E ALFACE (*Lactuca sativa*). 2018. Dissertação (Mestrado em Aquicultura)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.
- BOUTWELLUC, J. *Aztec's aquaponics revamped*. Napa Valley Register. 2007.
- BRAZ FILHO, M.S. P. Aquaponia: Alternativa para sustentabilidade na aquicultura. In: XXIV Congresso Brasileiro de Zootecnia. UFES. Vitória, ES, 2014.
- CANASTRA, I. I. O. Aquaponia: Construção de um sistema de aquaponia a uma escala modelo e elaboração de um manual didático. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. 2017. 143 p.
- CARNEIRO, P. C. F.; et al. Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia. Documento 189/2015. Embrapa Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, p. 30, 2015a.
- CARNEIRO, P. C. F. et al. Montagem e Operação de um Sistema Familiar de Aquaponia para Produção de Peixes e Hortaliças. Circular Técnica 72. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. 2015b.
- CARNEIRO, P. C. F. et al. Sistema familiar de aquaponia em canaletas. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, p. 16, 2015c.
- CORRÊA, B. R. S.; CRUZ JÚNIOR, C. A. da; CORRÊA V. R. S. 2179A AQUAPONIA COMO TECNOLOGIA SOCIAL PARA AGRICULTURA FAMILIAR. In: VII Simpósio Nacional de Ciência e Meio Ambiente, UniEVANGÉLICA, 2016.
- CORRÊA, B. R. S. Aquaponia rural. Brasília, 2018. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural) do Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural, da Faculdade UnB Planaltina, da Universidade de Brasília (UnB), 2018.
- CARVALHO, E. S. TECNOLOGIA SOCIAL NO CONTEXTO DA AGRICULTURA FAMILIAR: ANÁLISE DA REAPLICAÇÃO NO TERRITÓRIO CANTUQUIRIGUAÇU - PARANÁ. 2019. Dissertação (Mestrado em Administração)- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2019.
- COSMO, B. M. N.; GALERIANI, T. N. ZANETTI, W. A. L. AQUAPONIA: DUPLO SUCESSO PRODUTIVO. In: 8º JORNACITEC. Botucatu, São Paulo. 2019.
- DUARTE, P. M. R. Projeto de um Sistema de Aquaponia para regiões urbanas do Sul do Brasil. Trabalho de conclusão do curso de graduação em Engenharia Agroindustrial e Agroquímica. Orientador: Prof. Dr. Cassiano Ranzan/ Co-Orientador: Prof. Dr. Marcelo Silveira Badejo. Faculdade de Eng. Agroindustrial e Agroquímica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Santo A. da Patrulha, 2018.
- EMERENCIANO, M. G. C et al. Aquaponia: Uma alternativa de diversificação na aquicultura. Panorama da aquicultura, n.147, p.24-35, 2015.
- FAO. Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming. 288 p. Rome, Italy. 2014
- FERREIRA, R. J. Agricultura urbana e periurbana e políticas públicas: contribuição à discussão do tema a partir de uma análise espacial em Recife e Vitória de Santo Antão/PE. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco. 2013
- HUNDLEY, G. C.; NAVARRO, R. D. Aquaponia: A integração entre piscicultura e hidroponia. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, v.3, n.2, p.52-61, 2013.
- JESUS, V. M. B. de; COSTA, A. B. Tecnologia social: breve referencial teórico e experiências ilustrativas. In: COSTA, Adriano Borges, (Org.) Tecnologia Social e Políticas Públicas. São Paulo: Instituto Pólis; Brasília: Fundação Banco do Brasil, p. 284, 2013.
- JONES, B. S. Evolution of Aquaponics, VI(1), 2002.
- JORDAN, R. A. Produtividade de híbridos de tomate cultivados em aquaponia associada em sistema tipo floating. Research, Society and Development, v. 9, n. 9, 2020.

- GENELLO, L. *et al.* Fish in the classroom: A survey of the use of aquaponics in education. **European Journal of Health & Biology Education**, v. 4, n. 2, p. 9–20, 2015.
- LONDERO, F. A. A.; AITA, A. Comercialização de alface hidropônica. In: SANTOS, O. **Hidroponia da Alface**. Santa Maria: UFSM, p.145-152. 2000.
- MEIRELLES L. Soberania Alimentar, agroecologia e mercados locais. **Agriculturas**, v. 1(0). 2004.
- RAKOCY, J.; MASSER, M.; LOSORDO, T. Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics-integrating fish and plant culture. **SRAC Publication**, Beltsville, v. 454, p. 1-16, 2006.
- RODRIGUES, I.; BARBIERI, J. C. A emergência da tecnologia social: revisitando o movimento da tecnologia apropriada como estratégia de desenvolvimento sustentável. **Rev. Adm. Pública**. vol.42, n.6, pp.1069-1094, 2008.
- SILVA, E. M. *et al.* Qualidade de alface crespa cultivada em sistema orgânico, convencional e hidropônico. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 2, 2011.
- SILVA, J. D. N. SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL: DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA BAIXADA MARANHENSE. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**. V.13, n.3, p. 275-283, 2018.
- SOUZA, E. M. O. Tecnologia social: uma análise do PAIS como instrumento de incremento para o desenvolvimento rural sustentável no estado da Bahia. Salvador, 2014. Dissertação (Mestrado em administração)- Escola de Administração – UFBA, 2014.
- SOUZA, R. T. Y. B. **Aquaponia: uma ferramenta didática para formação inicial e continuada de professores de ciências**. Itacoatiara-AM, 2018. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos)-Universidade Federal do Amazonas-UFA, 2018.
- TRAJBER, R.; SATO, M. Escolas Sustentáveis: Incubadoras de Transformações nas Comunidades. **Rev. eletrônica Mestr. Educ. Ambient.** v. especial, nov, 2010.
- SANTOS, O. S. Conceito, histórico e vantagens da hidroponia. In: SANTOS, O. **Hidroponia da alface**. Santa Maria: UFSM, p.5-9. 2000.
- SANTOS, G. R. **AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE AQUAPONIA COM CAMARÃO DA AMAZÔNIA (*Macrobrachium amazonicum* Heller, 1862) NO CULTIVO DE MUDAS DE ALFACE (*Lactuca sativa*) EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES NUTRITIVAS**. Dissertação (Mestrado em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais)- Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2008.
- SILIPRANDI, E. É possível garantir a soberania alimentar a todos os povos no mundo de hoje? **Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 2, p. 18, 2001.
- SOMERVILLE, C. *et al.* A. Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming. **FAO Fisheries and Aquaculture**. Technical Paper N° 589. Rome, 2014.
- VÍA CAMPESINA. The right to produce and access to land: Food sovereignty- a future without hunger. **Declaração em ocasião da Cúpula Mundial da Alimentação**. Roma. 1996.