

Automação de controle do nível da água para sistema aquapônico domiciliar

Automatic water level control for home aquaponic system

DOI:10.34117/bjdv7n5-676

Recebimento dos originais: 07/04/2021

Aceitação para publicação: 03/05/2021

Robson Araújo de Oliveira

Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas

E-mail: skywallnet@sempreucb.com

Kessler Rezende Oliveira

Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas

E-mail: kesslerlhp@sempreucb.com

RESUMO

A aquaponia é uma modalidade de produção de alimentos que une a piscicultura para cultivo de peixes e a hidroponia para fertilização de plantas sem o uso de solo com o suporte de bactérias aeróbicas e anaeróbicas em um sistema de circulação fechada em pequena escala. O termo aquaponia é derivado da combinação das palavras "aquicultura" para produção de organismos aquáticos e 'hidroponia' para produção de plantas sem solo. A aquaponia preconiza a reutilização da água em sistema de circulação fechado, reduzindo desperdícios e diminuindo a liberação de efluentes tóxicos no meio ambiente. O volume de água necessário para um sistema de aquaponia é muito baixo quando comparado aos sistemas tradicionais de agricultura e aquicultura separadamente. A água do sistema de aquaponia não precisa ser trocada periodicamente, porque os compostos orgânicos e inorgânicos contendo sais, ácidos e bases das fezes e urina dos peixes são tratados bioquimicamente por bactérias e convertidos em nutrientes absorvíveis pelos vegetais hidropônicos. A água perdida por evaporação pode desequilibrar o sistema e provocar a morte dos organismos na plataforma. O projeto de pesquisa desenvolveu uma solução automatizada para o controle do nível da água na plataforma aquapônica domiciliar utilizando um dispositivo embarcado de Internet das Coisas (Placa Microcontroladora Arduino Uno), Linguagem de Programação C++ e o Ambiente Integrado de Desenvolvimento Arduino™ IDE 1.8.5 x64.

Palavras-Chave: Aquaponia, Hidroponia, Piscicultura e Internet das Coisas.

ABSTRACT

Aquaponics is a food production model that combines fish farming and vegetable cultivation without soil using aerobic and anaerobic bacteria support. The term aquaponics is derived from the combination of the words aquaculture for aquatic organisms production and hydroponics for aquatic environment plant cultivation. Aquaponics approach recommends water reuse inside a closed circulation system, reducing water wasting and pollutants release into biome. The water volume required to sustain an aquaponics system is very low when compared to traditional fish and plant farming deployment separately. The aquaponic water level should be stable,

because organic and inorganic compounds containing salts, acids and bases from fish feces and urine must be biochemically converted from toxic effluents to absorbable nutrients used to supply hydroponic vegetables development intakes. The water lost by evaporation can unbalance the system and probably cause microorganisms large scale death throughout platform. The research project developed an automated solution for water level control using an Embedded Internet of Things Device (Arduino Uno Microcontroller Board), C ++ Programming Language and the Integrated Development Environment Arduino™ IDE 1.8.5 x64.

Keywords: Aquaponics, Hydroponics, Fish Farming and Internet of Things.

1 INTRODUÇÃO

A aquaponia é uma modalidade de produção de alimentos que une a Piscicultura (cultivo de peixes) e a Hidroponia (fertilização de plantas sem o uso de solo) com o suporte de bactérias em um sistema de circulação fechada em pequena escala¹².

O termo aquaponia é derivado da combinação das palavras "aquicultura" (produção de organismos aquáticos) e 'hidroponia' (produção de plantas sem solo). A aquaponia preconiza a reutilização total da água, evitando seu desperdício e diminuindo drasticamente, ou até eliminando, a liberação do efluente no meio ambiente. O volume de água necessário para um sistema de aquaponia é muito baixo quando comparado aos sistemas tradicionais de agricultura e aquicultura. A água do Sistema de Aquaponia não precisa ser trocada periodicamente, pois, sais provenientes dos efluentes tratados são transformados em nutrientes que serão gradativamente absorvidos pelos vegetais hidropônicos, bastando apenas realizar periodicamente a reposição periódica da água que evapora.

Em um sistema de aquaponia os dejetos das urinas e fezes dos peixes (amônia e amônio) devem ser retirados do tanque dos peixes através da constante circulação da água e através do processo de decantação e filtração destes elementos eles são devolvidos para o tanque dos peixes livre de contaminantes. A aquaponia é mais eficiente na reutilização água dos peixes contendo efluentes tratados bioquimicamente para o fornecimento de nutrientes para os vegetais hidropônicos³.

Desta forma, as toxinas, consideradas dejetos indesejáveis produzidas pelo tanque dos peixes se transforma em insumo para o tanque dos hidropônicos que por

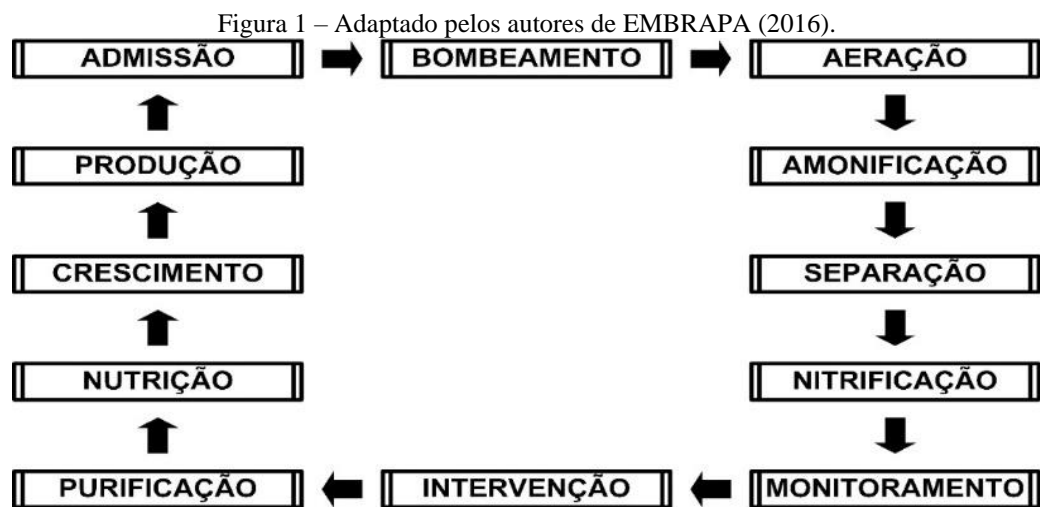
¹ EMBRAPA (2015a)

² PATTILLO e ALLEN (2017a)

³ EMBRAPA (2015b)

sua vez a água é filtrada e devolvida para o tanque peixes, sem a necessidade de se gastar com manutenção de filtros, recurso indispensável em sistemas tradicionais de piscicultura, bem como reduz a necessidade de gasto adicional com fertilizantes na produção de hidropônicos, elevando o potencial de produção de alimentos com redução de custos, pois, cria um sistema de colaboração mútua entre a produção de peixes e de vegetais hidropônicos. Apesar de haver um equilíbrio dinâmico na redução de toxinas no sistema de Aquaponia é necessário controlar também os níveis de PH, temperatura, nível de água dos tanques, potencial de oxidação e redução, nível de oxigênio dissolvido e irrigação dos hidropônicos com base na umidade relativa do ar utilizando ciclos manuais de medições (sensores) e intervenções diárias (despejo de soluções: oxidantes, redutoras, germicidas e nutrientes com de reposição de água perdida por evaporação ou vazamento na plataforma⁴.

Os processos manuais de operação dos sistemas de aquaponia convencionais são descritos conforme a representação do modelo cíclico abaixo:



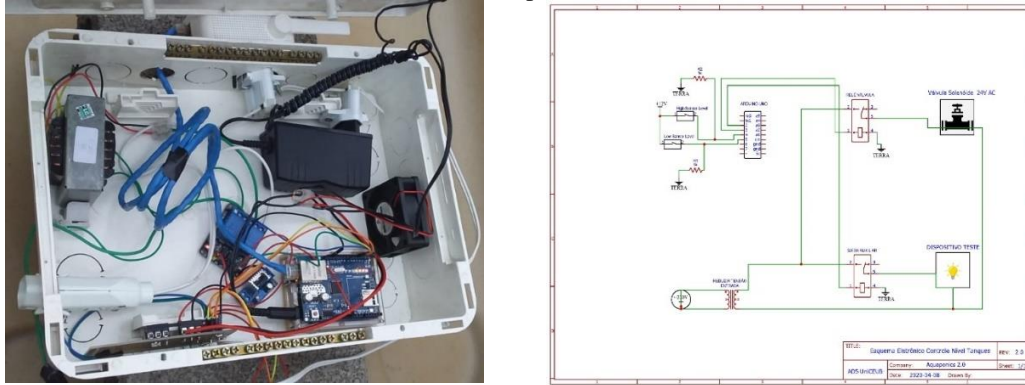
2 OBJETIVO GERAL

Construir um módulo para automação de controle do nível da água para sistema aquapônico domiciliar.

A Central de Comando e Controle utilizará sensores e microcontroladores para realizar o monitoramento dos níveis de água na plataforma conforme o protótipo funcional em escala natural e o modelo esquemático representados abaixo:

⁴ EMBRAPA (2017)

Figura 2 - Quadro de comando para controle do nível de água



2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar os requisitos de negócio para criação de uma plataforma de automação dos sistemas de aquaponia para produção de peixes e plantas em pequena escala; e

Projetar as plataformas de hardware, software e rede para o funcionamento local do módulo para o controle do nível da água no sistema aquapônico domiciliar.

3 ANÁLISE DOS REQUISITOS

Figura 3 - Árvore de problemas da plataforma de aquaponia

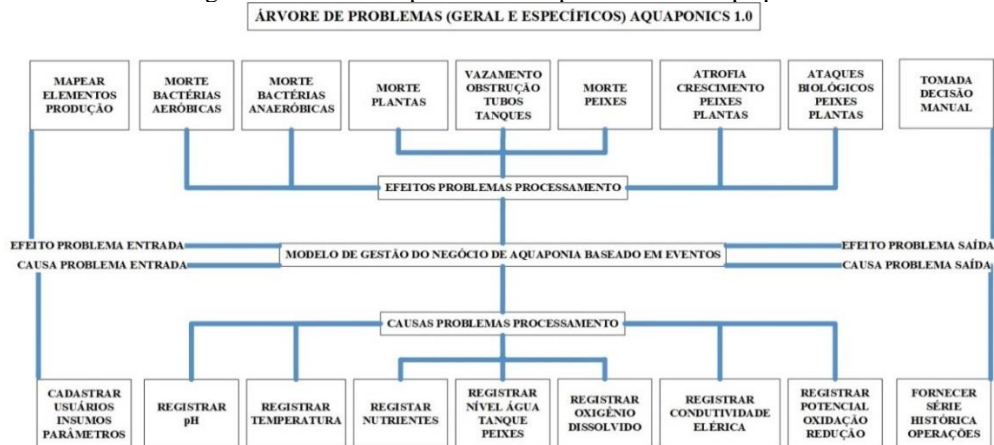
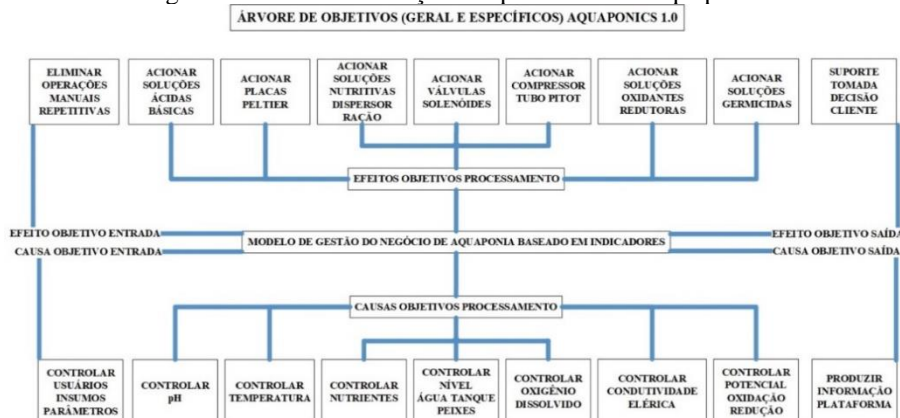


Figura 4 - Árvore de soluções da plataforma de aquaponia.



4 IDENTIFICAÇÃO DAS FUNCIONALIDADES

Figura 5 - Funcionalidades da solução da plataforma de aquaponia.



5 JUSTIFICATIVA

A criação de peixes associada ao cultivo de hortaliças, chamada de aquaponia, pode economizar até 90% de água em relação à agricultura convencional e ainda eliminar completamente a liberação de efluentes no meio ambiente, pois trata-se de um sistema fechado, diferentemente das criações convencionais. Os pesquisadores da Unidade Embrapa em Tabuleiros Costeiros no Estado de Sergipe construíram sistemas aquapônicos de diferentes tamanhos para produção doméstica e exportação comercial em larga escala, no entanto, todas as soluções são baseadas em processos manuais de monitoramento, cálculo e intervenção no ambiente de produção de aquaponia ao menos 3 vezes por dia em ciclos de 8 em 8 horas, demandando atenção e conhecimento técnico para o correto funcionamento da plataforma aquapônica instalada ⁵. Considerando as premissas éticas e bio-sanitárias **NÃO FORAM UTILIZADOS PEIXES NOS EXPERIMENTOS**, porque o processo de nitrificação alvo da pesquisa foi emulado pela adição manual de uréia sintética na plataforma para reproduzir as reações químicas de contaminação da água por decomposição de matéria orgânica e transformação da amônia (NH₄) e do amônio (NH₃) dissolvidos na água em substratos nitrogenados nutritivos dos tipos nitratos (NO₂) e nitritos (NO₃) para serem utilizados pelas plantas.

⁵ EMBRAPA (2016)

6 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo EMBRAPA (2015b), o fornecimento de ração aos peixes é a entrada de insumo mais importante num sistema aquapônico. Os peixes se alimentam da ração e produzem excretas que são convertidas nos nutrientes que, posteriormente, serão absorvidos pelas plantas. Na aquaponia, há um fluxo contínuo de nutrientes entre diferentes organismos vivos que estão relacionados por meio de ciclos biológicos naturais, notadamente a nitrificação promovida por bactérias. As bactérias nitrificantes dos gêneros nitrosomonas e nitrobacter são responsáveis pela conversão da amônia (NH_3) em nitrito (NO_2) e este em nitrato (NO_3), transformando substâncias tóxicas produzidas pelos peixes em nutrientes assimiláveis pelas plantas. Ao consumir esses nutrientes as plantas, juntamente com as bactérias, desempenham papel importante na filtragem biológica da água, garantindo sua condição adequada para o desenvolvimento normal dos peixes.

Para EMBRAPA (2015b), o nitrogênio é o nutriente requerido pelas plantas em maior quantidade e o nitrato é a forma preferida de absorção, a compreensão e o manejo adequado das colônias de bactérias é de fundamental importância na aquaponia. O surgimento dessas bactérias num sistema de aquaponia se dá de forma natural num ambiente chamado de filtro biológico, porém pode ser estimulado pela introdução de água trazida de outro local onde é conhecida sua presença. Já o pH é um dos pontos mais críticos e que requer muita atenção dentro de um sistema de aquaponia. A aquaponia envolve a convivência harmônica entre peixes, plantas e bactérias, desta forma, é de fundamental importância manter os limites máximos de pH da água para cada garantir a sobrevivência e o desenvolvimento sustentável de todos eles na plataforma. As bactérias nitrificantes são predominantemente aeróbicas e têm o pH ótimo no intervalo entre 7,0 e 8,0. Por outro lado, a maioria das plantas cultivadas em hidroponia cresce melhor em pH entre 5,5 e 6,5. Já para a maioria das espécies peixes de água doce de interesse econômico e que podem ser utilizados num sistema de piscicultura apresentam um pH ideal entre 7,0 e 9,0. Com isso, recomenda-se que o pH da água seja mantido entre 6,5 e 7,0 para atender satisfatoriamente a todos os componentes biológicos presentes num sistema aquapônico.

7 COMPONENTES DO SISTEMA DE AQUAPONIA

Diversos centros de pesquisa e desenvolvimento nas áreas de agropecuária e pesca vem aprofundando estudos sobre a produção orgânica de proteína animal e

vegetal em pequena escala para garantir a segurança alimentar da população em casos de guerra ou de desastres naturais em larga escala (PATTILLO, 2017).

Tanque dos peixes: ambiente de criação dos peixes dentro de um sistema aquapônico é geralmente representado por um ou vários tanques nos mais diversos formatos e volumes, podendo variar de poucos litros a vários metros cúbicos e ser feito de vários tipos de materiais, desde que sejam resistentes e duráveis (EMBRAPA, 2015b). Em sistemas aquapônicos de pequeno porte, nos quais são utilizadas densidades de estocagem de peixes inferiores a 10 kg/m³ são utilizados tanques ou caixas entre 100 L e 1.000 L.

O fluxo de água que passa pelo tanque de criação de peixes deve levar em conta fatores como a velocidade da água e a taxa de renovação. A velocidade da água dentro do tanque não pode ser tão rápida a ponto de exigir esforço natatório demasiado dos peixes e, por outro lado, a velocidade da água precisar ser tal que possa auxiliar na retirada dos dejetos produzidos pelos peixes e evitar seu acúmulo dentro do tanque.

Decantadores: sistemas aquapônicos com baixa biomassa de peixes, abaixo de 5 kg/m³, produzem poucos resíduos sólidos. Estes, por sua vez, são normalmente capturados e degradados dentro do próprio filtro biológico. Entretanto, o emprego de densidades mais elevadas, principalmente acima de 10 kg/m³, exige o uso de decantadores mecânicos que permitam a retirada constante dos resíduos sólidos.

Sistema de aeração: processo de trocas gasosas feitas por peixes, raízes das plantas e bactérias. Em climas tropicais a quantidade de oxigênio dissolvido na água deve ser sempre superior a 3 mg/L e pode ser mantida por compressores ou sopradores de ar. A aeração deve ser fornecida diretamente na água do tanque de criação dos peixes e também no ambiente de cultivo de vegetais quando se tratar do ambiente flutuante, conforme será apresentado posteriormente.

Ambientes de cultivo de vegetais: são substratos de sustentação para o cultivo de plantares em aquaponia, cada um com suas particularidades e variações, vantagens e desvantagens. Entre os mais comuns, temos o ambiente de cultivo em cascalho, ambiente flutuante e ambiente de cultivo em canaletas.

As melhores práticas internacionais em aquaponia apresentam muitas vantagens em relação aos modelos de aquicultura e hidroponia convencionais funcionando separadamente, dentre as quais podemos destacar:

Redução nas áreas de plantio e manejo;

Redução no consumo de água e energia elétrica;

Redução no consumo de fertilizantes e defensivos;
Produção anual em condições climáticas extremas; e
Ausência de solos normalmente infestados de vetores, parasitas e ervas daninhas.

8 INTERNET DAS COISAS

A Internet das Coisas é uma extensão das redes para comunicação de dados englobando dispositivos inteligentes com capacidade de processamento reduzido capazes de acionar remotamente ou localmente sensores e atuadores (MANYIKA, 2015). No contexto operacional da Internet das Coisas uma unidade básica de hardware deverá apresentar as funcionalidades abaixo:

- Unidade de processamento;
- Unidade de memória;
- Unidade de comunicação;
- Unidade de sensor; e
- Unidade de atuador.

9 MÉTODO

Esse trabalho construiu uma plataforma de aquaponia domiciliar de baixo custo com o suporte da tecnologia de Internet das Coisas num ambiente controlado sem o uso de animais.

- (a) Tipificação: pesquisa qualitativa.
- (b) Abordagem: Integração Requisitos Orientados ao Negócio (CASTRO, 2014).
- (c) Procedimento: Análise de Requisitos.
- (d) Caracterização do local de pesquisa: residência dos alunos.
- (e) Custeio: recursos financeiros pessoais dos alunos.
- (f) Objeto de estudo: aquaponia.
- (g) Delimitação do escopo da pesquisa: automação do controle de nível de água do sistema de aquaponia domiciliar.
- (e) Instrumento para geração de dados: plataforma de Internet das Coisas.
- (f) Gerenciamento do projeto: estrutura analítica de software.

10 ETAPAS DA PESQUISA

- Revisão bibliográfica;
- Teste em protótipo em escala reduzida;
- Identificar critérios de seleção da solução;
- Construção de testes automatizados da solução;
- Avaliação dos impactos da solução de automação; e
- Construção da solução de automação com base nos critérios Identificados.

Tendo em vista a compatibilidade e aderência da solução no contexto do problema, a solução deve atender alguns critérios básicos para sua efetiva aceitação e aderência devendo atender os seguintes critérios mínimos de homologação da solução:

- Baixo custo de implementação;
- Plataforma que utiliza linguagem de programação empregada em automação;
- Ambiente de simulação para construção de testes unitários no protótipo; e
- Versatilidade para permitir controle automático local sem conexão com a Internet.

11 HIPÓTESE DE PESQUISA

A solução de automação para aquaponia domiciliar deverá ter um custo total inferior a R\$ 5.000, garantindo também fácil operação por parte de um usuário sem formação técnica com um baixo custo de manutenção anual.

Hipótese Nula:

A solução não é economicamente viável ou não é capaz de promover a eliminação de contaminantes sintéticos adicionados manualmente na plataforma.

12 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da hipótese da pesquisa foram alcançados e os custos do projeto de automação do módulo para o controle do nível da água foram detalhados conforme o memorial de cálculos abaixo:

- 4 (quatro) Lixas de Ferro nº 100 (R\$ 10,00)
- 10 (dez) metros mangueira silicone (R\$ 20,00)
- 1 (uma) Bomba Submersível ½ HP (R\$ 195,00)
- 1 (um) "T" Soldável em PVC de 25 mm (R\$ 5,00)
- 2 (dois) Baldes de Plástico de 20 Litros (R\$ 20,00)

- 1 (uma) Válvula Solenóide Eletrônica (R\$ 200,00)
- 1 (um) Compressor Eletromagnético ar (R\$ 312,00)
- 2 (dois) Containers IBC de 1000 Litros (R\$ 500,00)
- 3 (três) Abraçadeiras em Metal de 32 mm (R\$ 5,00)
- 3 (três) 'Ts' Soldáveis em PVC de 32 mm (R\$ 10,00)
- 3 (três) 'Ts' Soldáveis em PVC de 20 mm (R\$ 15,00)
- 2 (dois) Tambores Plásticos de 150 Litros (R\$ 100,00)
- 2 (dois) Litros de Solvente Tipo Removedor (R\$ 40,00)
- 2 (duas) Bóias Eletrônicas Internet das Coisas (R\$ 50,00)
- 1 (um) Disjuntor Temporizado Digital Trilho (R\$ 179,00)
- 1 (um) Metro de Tubo para Esgoto de 75 mm (R\$ 10,00)
- 1 (um) Compressor Eletromagnético de 16W R\$ (100,00)
- 1 (um) Metro de Tubo para Esgoto de 100 mm (R\$ 20,00)
- 1 (uma) fonte regulável rebaixamento tensão ((R\$ 100,00)
- 1 (uma) Placa Microcontroladora Arduino Uno (R\$ 200,00)
- 6 (seis) Metros de Tudo Soldável PVC de 25 mm (R\$ 20,00)
- 6 (seis) Metros de Tudo Soldável PVC de 20 mm (R\$ 10,00)
- 6 (seis) Metros de Tudo Soldável PVC de 32 mm (R\$ 50,00)
- 1 (um) Cap de PVC para Esgoto Soldável de 75 mm (R\$ 10,00)
- 6 (seis) Joelhos de 90° Soldáveis em PVC de 32 mm (R\$ 20,00)
- 7 (sete) Joelhos de 90° Soldáveis em PVC de 20 mm (R\$ 10,00)
- 7 (sete) Joelhos de 90° Soldáveis em PVC de 25 mm (R\$ 10,00)
- 1 (um) Registro de Esfera em PVC Soldável de 20 mm (R\$ 10,00)
- 1 (uma) Bomba Submersível com Vazão de 2500 L/h (R\$ 250,00)
- 7 (sete) Flanges em PVC Soldável com Anel de 20 mm (R\$ 70,00)
- 2 (dois) Flanges em PVC Soldável com Anel de 25 mm (R\$ 20,00)
- 30 (trinta) Parafusos 7/16" X 2" com Porcas e Arruelas (R\$ 10,00)
- 6 (seis) Flanges em PVC Soldável com Anel de 32 mm (R\$ 150,00)
- 1 (um) Quilo de Tinta Esmalte Sintética na Cor Alumínio (R\$ 30,00)
- 2 (dois) Registros de Esfera em PVC Soldáveis de 32 mm (R\$ 30,00)
- 1 (um) Quilo de Tinta Esmalte Sintética na Cor Preta Fosca (R\$ 30,00)
- 5 (cinco) Metros de Ripas em Massaranduba 5 cm X 3,0 cm (R\$ 20,00)
- 1 (um) Pacote de Presilhas Plásticas para Fixação com 15 cm (R\$ 15,00)
- 4 (quatro) Buchas para Redução Soldáveis Curtas de 32x25 mm (R\$ 10,00)

- 1/2 (meio) Metro Cúbico Areia Lavada Berçários de Germinação (R\$ 50,00)
- 1 (um) Filtro Canister Biológico Externo com Luz Ultra Violeta (R\$ 559,93)
- 42 (quarenta e dois) Tijolos de Cimento 19 cm X 19 cm X 49 cm (R\$ 140,00)
- 1 (uma) Extensão de Energia Elétrica de 5 Metros com 4 Tomadas (R\$ 40,00)
- 6 (seis) Foto Soquetes Microcontrolados Sensor Luz Temporizado (R\$ 120,00)
- 10 (dez) Placas de Isopor 100 cm X 120 cm com Espessura 3,0 cm (R\$ 100,00)
- 5 (cinco) Metros Quadrados Tela Tipo Sombrite Transparência de 70% (R\$ 20,00)
- 2 (dois) Adaptadores Soldáveis Curtos Bolsa Rosca Registro de 25 mm (R\$ 10,00)
- 1/2 (meio) Metro Cúbico Brita Construção Número 2 Meios Cultura (R\$ 50,00)
- 1 (um) Balde de Plástico de 40 Litros Funcionamento Mineralizador (R\$ 40,00)
- 5 (cinco) Adaptadores Soldáveis Curtos Bolsa Rosca Registro 32 mm (R\$ 30,00)
- 1 (um) Pincel de Cerdas Brancas 2½” utilizar verniz resinas sintéticas (R\$ 20,00)
- 2 (dois) Tubos Adesivos Plásticos Conexões de PVC Rígido com 75 g (R\$ 30,00)
- 5 (cinco) Metros de Mangueira Trançada Transparente PVC de 25 mm (R\$ 30,00)
- 10 (metros) Metros Mangueira Silicone para Compressor de Aquário (R\$ 20,00)
- 2 (duas) Caixas Plásticas Preparo Massa para as Bandejas de Cultivo (R\$ 30,00)
- 6 (seis) Lâmpadas LED Grow 10w Tipo 5 Uso Hidropônico Indoor (R\$ 420,00)
- 1 (um) Pincel Cerdas Grids 2½” Tinta Látex PVA Acrílica Base Água (R\$ 20,00)
- 1 (um) Pincel Cerdas Pretas 2½” Esmalte Sintético Óleo Verniz Zarcão (R\$ 20,00)
- Investimento em hardware e software (R\$ 500,00)
- Investimento em bombas e filtros (R\$ 1.255,93)
- Investimento em tubos e conexões (R\$ 2.840,00)
- Investimento total plataforma de aquaponia domiciliar (R\$ 4,595.93)

Figura 6 – Esquema Vertical Plataforma Aquaponics 1.0

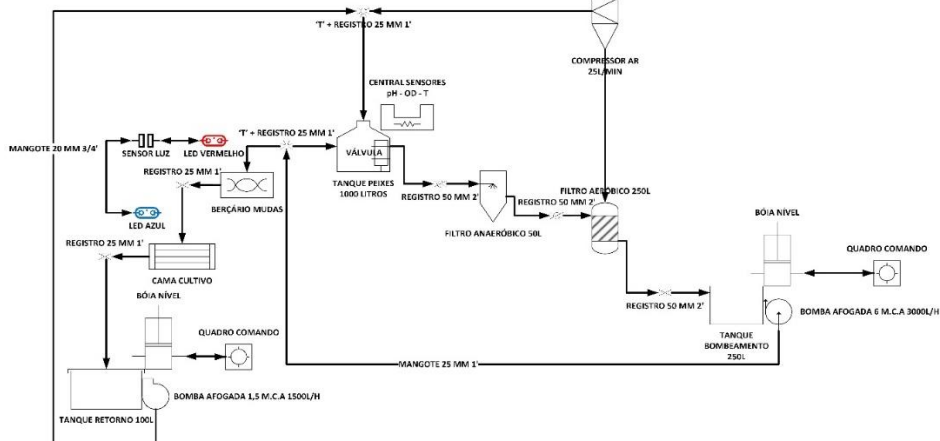


Figura 7 – Projeto 3D Google ScketchUp 2019 Plataforma Aquaponics 1.0.



13 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto de pesquisa apresentou uma plataforma operacional de aquaponia com controle automatizado do nível da água em regime domiciliar com um custo inferior a R\$ 5.000,00.

Foi demonstrada a viabilidade econômica do projeto para utilização pela classe média brasileira interessada em um estilo de vida alimentar mais natural sem o uso de esteróides e anabolizantes em animais aquáticos ou inseticidas e agrotóxicos em vegetais hidropônicos.

A utilização da placa microcontroladora no Arduino Uno deixou o sistema extremamente estável dependendo apenas de uma alimentação de energia elétrica contínua. A instalação de um Nobreak com 1 KVA aumentou a autonomia do sistema

em caso de interrupção acidental do abastecimento público de água por parte da concessionária local.

Os próximos passos da pesquisa estão relacionados a automação dos outros módulos da plataforma incluindo: alimentador temporizado dos peixes, potencial de hidrogênio, condutividade elétrica, potencial de oxidação-redução, nível de oxigênio dissolvido, temperatura, luminosidade e umidade relativa do ar.

Finalmente o código fonte em C++ da automação do controle do nível de água da plataforma está documentado no APÊNDICE A.

REFERÊNCIAS

CASTRO, E. J. R. et al. Engenharia de Requisitos: Um Enfoque Prático na Construção de Software Orientado ao Negócio. Florianópolis, SC: Bookess, 2014.

EMBRAPA, Brasil. Calagem e Controle da Acidez dos Viveiros de Aquicultura. Circular Técnica 14. ISSN 1516-4683. Jaguariúna, SP: Dezembro, 2006.

_____. Recomendações Práticas para Melhorar a Qualidade da Água e dos Efluentes dos Viveiros de Aquicultura. Circular Técnica 12. ISSN 1516-683. Jaguariúna, SP: Dezembro, 2006.

_____. Boas Práticas de Manejo (BPMs) para Reduzir o Acúmulo de Amônia em Viveiros de Aquicultura. Comunicado Técnico 44. ISSN 1516-8638. Jaguariúna, SP: Dezembro, 2007.

_____. Montagem e Operação de um Sistema Familiar de Aquaponia para Produção de Peixes e Hortaliças. Circular Técnica 72. ISSN 1678-1945. Aracaju, SE: Dezembro, 2015.

_____. Produção Integrada de Peixes e Vegetais em Aquaponia. ISSN 1678-1953189. Aracaju, SE: Outubro, 2015.

_____. Sistema Familiar de Aquaponia em Canaletas. Circular Técnica 81. ISSN 1678-1945. Aracaju, SE: Dezembro, 2016.

PATTILLO, ALLEN. An Overview of Aquaponic Systems: Hydroponic Components. Technical Bulletin #123. NCRAC, Iowa. March 2017.

_____. An Overview of Aquaponic Systems: Aquaculture Components. Technical Bulletin #124. NCRAC, Iowa. October 2017.

MANYIKA, James. et al. The Internet of Things: Mapping the Value Beyond the Hype. McKinsey Global Institute, 2015.

APÊNDICE A – CÓDIGO FONTE DA APLICAÇÃO EM C++

```
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>
// Enter a MAC address and IP address for your controller below.
// The IP address will be dependent on your local network:
byte mac[] = {
  0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };
IPAddress ip(192,168,0,100);
// Initialize the Ethernet server library
// with the IP address and port you want to use
// (port 80 is default for HTTP):
EthernetServer server(80);
String getValue = "";
int getIndex = 0;
int levelMin = 0;
int levelMax = 0;
int releIndex = -1;
int releIndexAux = -1;
boolean rele2 = false;
boolean valveOn = false;
void setup() {
  //Set output and input
  pinMode(4, INPUT);
  pinMode(5, INPUT);
  digitalWrite(2, HIGH);
  digitalWrite(3, HIGH);
  digitalWrite(6, HIGH);
  pinMode(2, OUTPUT);
  pinMode(3, OUTPUT);
  pinMode(6, OUTPUT);
  // Open serial communications and wait for port to open:
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial) {
    ; // wait for serial port to connect }
  // start the Ethernet connection and the server:
  //Ethernet.begin(mac, ip);
  Ethernet.begin(mac);
  server.begin();
  //Serial.print("server is at ");
  Serial.println(Ethernet.localIP());
  //Serial.println(Ethernet.linkStatus());
  //Serial.println(Ethernet.hardwareStatus()); }
  void loop() {
    //read level sensors
    levelMin = digitalRead(4);
    levelMax = digitalRead(5);
    // listen for incoming clients
    EthernetClient client = server.available();
    if (client) {
      Serial.println("new client");
```

```
// an http request ends with a blank line
boolean currentLineIsBlank = true;
while (client.connected()) {
  if (client.available()) {
    char c = client.read();
    if(getValue.indexOf("HTTP")<0) getValue += c;
    Serial.write(c);
    //client.println(c);
    // if you've gotten to the end of the line (received a newline
    // character) and the line is blank, the http request has ended,
    // so you can send a reply
    if (c == '\n' && currentLineIsBlank) {
      // send a standard http response header
      client.println("HTTP/1.1 200 OK");
      client.println("Content-Type: text/html");
      client.println("Access-Control-Allow-Origin: *");
      client.println("Connection: close"); // the connection will be closed after completion
      of the response
      //client.println("Refresh: 3"); // refresh the page automatically every 5 sec
      client.println();
      client.println("<!DOCTYPE HTML>");
      client.println("<html>");
      //show sensors states
      client.print("i;");//client.print("levelMin:");
      client.print(levelMin);
      client.print(";");//levelMax:");
      client.print(levelMax);
      //control rele state from http GET command
      getIndex = getValue.indexOf("rele");
      releIndexAux = getValue.substring(getIndex+5,getIndex+6).toInt();
      if(releIndexAux != 0) releIndex = releIndexAux;
      client.print(";");//releIndex:");
      client.print(releIndex);
      //show valve state
      client.print(";");//valve:");
      client.print(valveOn);
      client.println("</html>");
      //aditional info
      getValue = "";
      break; }
    if (c == '\n') {
      // you're starting a new line
      currentLineIsBlank = true; }
    else if (c != '\r') {
      // you've gotten a character on the current line
      currentLineIsBlank = false; } } }
  // give the web browser time to receive the data
  delay(1);
  // close the connection:
  client.stop();
  Serial.println("client disonnected"); }
```



```
//releIndex reference: 1->both OFF | 2->rele1 ON rele2 OFF | 3->rele1 OFF rele2 ON  
| 4->both ON  
//check sensor level states  
if(levelMin==LOW) valveOn = HIGH;  
if(levelMax==HIGH) valveOn = LOW;  
valveOn = valveOn || releIndex==2 || releIndex==4;  
//valve command  
if(valveOn) digitalWrite(3, LOW);  
else digitalWrite(3, HIGH);  
//led test  
if(valveOn) digitalWrite(6, HIGH);  
else digitalWrite(6, LOW);  
//check index to set the second rele  
rele2 = releIndex==3 || releIndex==4;  
//control the second rele via http  
if(rele2) digitalWrite(2, LOW);  
else digitalWrite(2, HIGH);  
}//end loop
```