

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA**

ETEC TAKASHI MORITA

Curso Técnico em Eletrônica Integrado ao Ensino Médio

BEATRIZ ARAUJO OLIVEIRA

GABRIEL GOMES DE SOUZA

GABRIELLA BRITO

HELOÍSA DOS SANTOS PESSOA MENDES

**AQUÁRIO AUTOMATIZADO DE CONTROLE DE POTENCIAL
HIDROGENIÔNICO, LUMINOSIDADE E TEMPERATURA PARA
PEIXES DE PEQUENO PORTE**

SÃO PAULO

2020

BEATRIZ ARAUJO OLIVEIRA

GABRIEL GOMES DE SOUZA

GABRIELLA BRITO

HELOÍSA DOS SANTOS PESSOA MENDES

**AQUÁRIO AUTOMATIZADO DE CONTROLE DE POTENCIAL
HIDROGENIÔNICO, LUMINOSIDADE E TEMPERATURA PARA
PEIXES DE PEQUENO PORTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Eletrônica Integrado ao Ensino Médio da Etec Takashi Morita, orientado pelo Prof. Bento Alves Cerqueira Cesar Filho, como requisito parcial para obtenção do título de técnico em Eletrônica.

SÃO PAULO

2020

AGRADECIMENTOS

Somos gratos para com nossa instituição que nos acompanhou desde o começo, tornando nosso amadurecimento e crescimento dentro do nicho escolar possível.

Agradecemos aos nossos pais, que em toda esta jornada estiveram nos apoiando e comemorando cada conquista conosco. Sempre nos incentivando para alcançarmos nossos objetivos, nunca nos deixando desistir por mais difícil que fosse.

Também agradecemos aos nossos amigos de classe que sempre nos mantiveram dentro da união escolar, nunca deixando, portanto, um de nós sucumbir a desistência.

“Os Betta domésticos são mais suscetíveis em contrair agentes patogênicos quando suas necessidades não são respeitadas podendo causar sua morte com mais facilidade, enquanto o peixe Betta selvagem é mais tolerante em relação a variação dos parâmetros da água.”

(MARTINS, Raphael. Peixe Betta: o Guia Completo.

30\11\2018. Aquaristz.)

RESUMO

O projeto de graduação mostrará em detalhes a construção e execução de um aquário automatizado, controlando, portanto, todas as variáveis necessárias e ideais para animais que estão confinados em ambientes aquáticos em casa; o foco para este projeto são os peixes Bettas; muito populares para se ter como animal de estimação.

A automatização será feita utilizando sensores juntamente com atuadores e válvulas que em conjunto serão controladas por um microcontrolador, garantindo que as variáveis; tais como níveis de alimentação; luminosidade; temperatura e condições da água sejam devidamente controladas e monitoradas.

Palavras-chave: Aquário; Microcontroladores; Automatização.

ABSTRACT

The undergraduate project will show in detail the construction and execution of an automated aquarium, thus controlling all the necessary and ideal variables for animals that are confined in aquatic environments at home; the focus for this project is Bettas fish; very popular to have as a pet.

Automation will be done using sensors together with actuators and valves that together will be controlled by a microcontroller, ensuring that variables such as power levels; luminosity; temperature and water conditions are properly controlled and monitored.

Keywords: Aquarium; Microcontrollers; Automation.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
2 DESENVOLVIMENTO	13
2.1 Seleção de componentes e conceitos utilizados	13
2.1.1 Água	13
2.2 O aquário ideal	13
2.2.2 Adereços	14
2.3 Microcontrolador Arduino	14
2.3.1 Funcionamento	14
2.3.2 Módulo RTC	15
2.3.4 Método 2-wire.....	16
2.4 Fonte 12 volts.....	17
2.4.1 Diodo 1N5404	20
2.4.2 Resistor 1 k Ω	20
2.4.3 Capacitor	21
2.4.4 LED.....	22
2.4.5 Iluminação do aquário.....	23
2.4.6 Diodo 1N4004	23
2.5 LDR (Light Dependent Resistor).....	24
2.6 Diodo laser	25
2.7 Servo Motores.....	26
2.7.1 Definição	26
2.7.2 Funcionamento dos servos com equipo de soro	27
2.7.2.1 Gráficos e tabelas.....	27
2.7.3 Principais comandos	31
2.8 Dimensões e especificações (datasheet servo motor SG90)	32
2.9 Equipo.....	32
2.9.1 Especificações técnicas:	32
2.10 Sensores	33
2.10.1 Sensor pH	33
2.10.2 O que é pH?	33
2.10.3 Eletrodos de pH.....	34
2.10.4 Compensação de Temperatura.....	34
2.10.5 Soluções de Tampão.....	35
2.10.6 Controlador de pH.....	35

2.10.7 Fluxograma do pH.....	36
2.10.8 pH líquido 0-14 módulo sensor regulador de detecção de valor placa de controle de monitoramento medidor <i>tester</i> + bnc pH eletrodo sonda controlador	37
2.10.9 Descrição do sensor de pH pelo fabricante:	38
2.10.10 Sensor de temperatura: características do LM35.....	39
2.11 Leitura com termistor	39
2.11.1 Características Elétricas	43
2.11.2 Características gráficas ideais	44
2.12 Display LCD	44
2.12.1 Definição	44
2.12.3 Esquema LCD com medição de temperatura e regulação de pH	45
2.11.4 Código de funcionamento	47
2.13 Placas e PCD dos circuitos	474
2.14 Módulo RTC com Arduino para controle de tempo para programação de acionamento de lâmpada.	55
2.14.1 Código de funcionamento	56
2.15 Fluxograma geral	577
2.16 Modelo PCB do RTC	60
2.16.1 Relé utilizado para acionamento da lâmpada	61
2.16.2 Fonte	62
2.17 Manuais de instrução	63
2.17.1 Manual de instruções: limpeza geral	63
2.18 Manual de instruções: avisos importantes e calibração	64
2.18.1 Calibração.....	65
2.19 Manual de erros e atrasos nas medições.....	66
2.19.1 Sensores:	66
2.19.2 Precauções	67
18.2.1 Físicas	67
18.2.2 Digitais	68
2.20 Questionário de perguntas frequentes.....	68
2.21 Planilha Materiais	72
2.21.1 Links para compra dos materiais	72
2.22 Visão Esquemática em 3D.....	76
2.22.1 Visão lateral traseira.....	77
2.22.2 Visão lateral diagonal frontal esquerda	77

2.22.3 Visão lateral diagonal frontal direita.....	78
2.22.4 Visão lateral direita	78
2.22.5 Visão vertical	79
2.22.6 Visão diagonal frontal vertical.....	79
2.22.7 Visão lateral esquerda.....	80
3 CONCLUSÃO.....	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama em bloco ATmega328p	15
Figura 2 Diagrama de bloco do funcionamento RTC	16
Figura 3 Diagrama 2-wire	16
Figura 4 2-wire no RTC	17
Figura 5 Funcionamento de um transformador	18
Figura 6 Curva característica na polarização direta	20
Figura 7 Exemplificando funcionamento do capacitor	21
Figura 8 Curva característica em polarização inversa	24
Figura 9 Gráfico diodo laser	25
Figura 10 Representação feixe de luz no diodo laser	25
Figura 11 Exemplo de um Servo Motor	26
Figura 12 Junção de servo motor com equipo de soro e cola Super Bonder	27
Figura 13 Gráfico pH por tempo	28
Figura 14 Gráfico da variação da margem de erro pH por tempo	29
Figura 15 Gráfico distorção	30
Figura 16 Servo motor	30
Figura 17 Dimensões servo motor	31
Figura 18 Representação de um macrogotas	32
Figura 19 Possíveis níveis do pH	33
Figura 20 Exemplificação de um eletrodo de pH	34
Figura 21 Fluxograma ilustrativo do pH	36
Figura 22 Sensor de pH	37
Figura 23 Datasheet	38
Figura 24 Sensor de temperatura LM35	39
Figura 25 Sensor de temperatura	39
Figura 26 LM35	42
Figura 27 Gráficos ideais	44
Figura 28 Display	44
Figura 29 Exemplificação funcionamento do LCD com medição de temperatura e controle do pH	46
Figura 30 Esquema Elétrico LCD e Servo Motores	46
Figura 31 Circuito PCD 01	54
Figura 32 Visualização placa PCD ângulo 01	54
Figura 33 Visualização placa PCD ângulo 02	55
Figura 34 Circuito impresso placa PCD	55
Figura 35 Exemplificação do módulo RTC em pleno funcionamento	55
Figura 36 Demonstração fluxograma geral	57
Figura 37 Demonstração fluxograma parte 1	58
Figura 38 Demonstração fluxograma parte 2	59
Figura 39 Demonstração fluxograma parte 3	59
Figura 40 Circuito impresso RTC	60
Figura 41 Circuito pronto para a realização em placa	60
Figura 42 Demonstração da placa já com os componentes	60
Figura 43 Dimensões placa Relé e lâmpada	61
Figura 44 Circuito em formato de placa para a realização do projeto	61

Figura 45 Circuito em placa 3D já com os componentes.....	62
Figura 46 Circuito impresso fonte	62
Figura 47 Esquema circuito da fonte de alimentação	63
Figura 48 Visualização 3D circuito da fonte de alimentação.....	63
Figura 49 Filtro do eletrodo.....	71
Figura 50 Visualização 3D aquário	76
Figura 51 Visualização 3D aquário ângulo 01	77
Figura 52 Visualização 3D aquário ângulo 02	77
Figura 53 Visualização 3D aquário ângulo 03	78
Figura 54 Visualização 3D aquário ângulo 04	78
Figura 55 Visualização 3D aquário ângulo 05	79
Figura 56 Visualização 3D aquário ângulo 06	79
Figura 57 Visualização 3D aquário ângulo 07	80
Equação 1 Tensão de saída.....	40
Equação 2 Resistência do termistor	40
Equação 3 Parâmetro e equações do termistor	41
Equação 4 Temperatura.....	41
Tabela 1 Tempo x pH.....	28
Tabela 2 Margem de erro do sensor de pH	29
Tabela 3 Distorção do pH.....	30
Tabela 4 Características LM35	43
Tabela 5 Definição do segmento	45
Tabela 6 Especificações do componente.....	45
Tabela 7 Materiais utilizados no projeto.....	72

INTRODUÇÃO

Para que se tenham animais vivendo em aquários de forma saudável e que não os traga consequências do confinamento, é necessário que os cuidados sejam feitos diariamente e sem exceções, fazendo com que o aquarista demande muito tempo de sua rotina. Além das condições básicas para a sobrevivência do peixe, o design do aquário também possui grande interferência ao modo de como o peixe irá viver. Por isso que é demasiadamente importante prestar atenção para os mínimos detalhes quando se trata de cuidados para com os peixes.

Infelizmente muitos aquaristas desconhecem os cuidados necessários e na maioria das vezes acabam perdendo seus animais por não terem as devidas cautelas para com o peixe; são muitas as situações do cotidiano que podem interferir nos cuidados diários destes animais; uma viagem não programada por exemplo, ou um ambiente externo não qualificado para abranger um aquário, com as condições específicas.

O projeto proposto será de um controle completo para garantir todos os parâmetros ideais do animal em seu ambiente; o aquário. Não utilizando controles de alto custo que são encontrados sendo vendidos por terceiros. De forma eficaz e menos complicada, o projeto a seguir traz à tona todas as variabilidades de possíveis problemas relacionados com o peixe e seu aquário e então é proposto de forma prática um meio de se manter tanto o animal em questão e seu ambiente de forma adequada para ele.

Através de um microcontrolador, recebendo as instruções com linguagem C++, será dado a devida importância para o peixe e seu ambiente, controlando e analisando por meio de sensores as variações de: temperatura da água e o nível de pH. Tudo isso com valores pré-estabelecidos; valores estes que estão de acordo com a saúde e bem-estar do peixe em questão, o peixe Betta. Tendo um sistema eficiente e qualificado para manter o peixe estável em todos os momentos.

2. DESENVOLVIMENTO

Os componentes utilizados para a realização do projeto; baseiam-se em pesquisas de melhor custo-benefício. E conseqüentemente os conceitos utilizados, são conhecimentos adquiridos ao longo do curso, assim como uma vasta pesquisa sobre o projeto.

2.1 Seleção de componentes e conceitos utilizados

2.1.1 Água

Água deionizada: Seria, portanto, a água mais indicada para o aquário, pois é a única maneira de garantir uma água realmente pura, livre de qualquer substância maléfica. A água deionizada é obtida através de um aparelho chamado deionizador, que tem seu custo de compra e manutenção um pouco altos, o que limita seu uso para maioria.

Quando a água passa pelo aparelho, ela tende a ficar um pouco ácida, porém é um problema fácil de resolver com produtos que possam ser usados como alcalinizantes. Aquaristas profissionais apontam que, em aquários tradicionais; ou seja, de peixes domésticos; o uso do deionizador não é obrigatório; o sucesso no hobby não depende dele, e é possível obter-se água de boa procedência com a água da torneira - sendo está a opção mais viável para aqueles que não possuem capacidade de adquirir um deionizador.

2.2 O aquário ideal

As betetas que são encontradas mais facilmente, são de longe, a melhor opção para o peixe Betta. Além de o confinarem em um espaço extremamente pequeno; e com a disposição de certos adereços, o espaço ficará inadequado para o uso do peixe.

O aquário ideal deve ter capacidade para no mínimo 20 litros, isso para apenas um peixe, não tendo a necessidade de dispor de muitos adereços; e para fins regularizadores do pH do aquário, indica-se o uso de elementos naturais, como pedras e plantas específicas. Pode-se também fazer uso de alguns esconderijos para o peixe, caso seja intencionado a criação de uma colônia; as dimensões acima são as ideais para um peixe. Quanto mais peixes maiores deverá ser o aquário seguindo as tais diretrizes; contudo o recomendado é ter um peixe por aquário, por conta de características territoriais e canibalistas da espécie.

2.2.2 Adereços

Indica-se o uso de elementos decorativos que sejam os mais naturais possíveis, mas isso não implica que sejam usados quaisquer elementos naturais. Propõe então, o uso de pedras como dolomitas (não passando de uma pequena faixa no fundo do aquário). Nada de pedras coloridas artificialmente.

2.3 Microcontrolador Arduino

2.3.1 Funcionamento

O microcontrolador é um circuito integrado que contém um processador, periféricos de entrada, saída e memória.

Um microcontrolador funciona como um “mini computador”, pode ser utilizado em circuitos de controle, sendo que, para que funcione da maneira desejada, basta programá-lo de acordo. Além disso este componente funciona juntamente com o uso de sensores, que servem para fazer medições e executar novas funções no microcontrolador, através dos resultados obtidos.

A memória *Flash* que é responsável por gravar o programa, garante que ao desligarmos o Arduino não seja necessário gravar novamente a programação.

Suas entradas são analógicas e suas saídas são digitais.

Neste projeto foram utilizados: sensores de temperatura, de pH e um módulo que funciona como relógio.

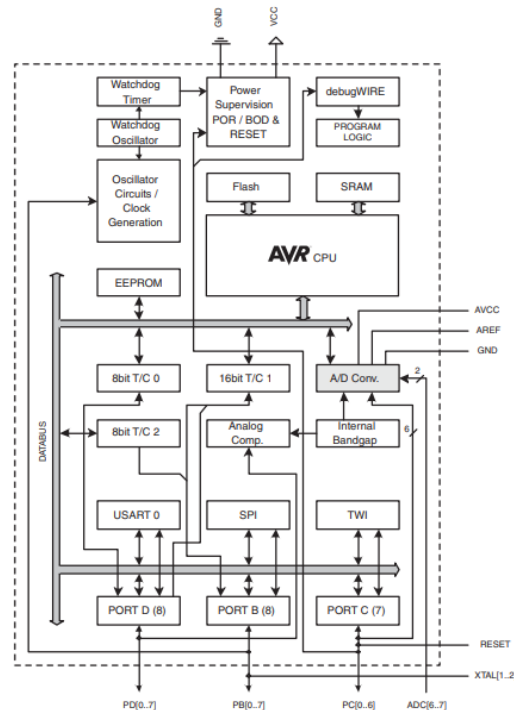
Foi utilizado o Arduino, composto pelo Atmega328p. Para alimentá-lo é necessária uma fonte de 5 V a 12 V. A programação, feita através do software da marca Arduino, fica armazenada na memória Flash, onde se encontra o *bootloader* responsável por fazer o Arduino gravar o programa feito.

A programação feita foi escrita em linguagem C++, que é uma das linguagens aceitas e legíveis para o Atmega328p.

A escolha do Arduino foi baseada em custo-benefício e atendimento às necessidades, como era preciso um microcontrolador para gerenciar todas as funções do aquário pensamos no Arduino como sendo o melhor. O Arduino já vem pronto e apenas conectando os sensores e

módulos em suas entradas e saídas é possível utilizá-lo, além da programação, que pode ser feita de maneira prática pelo software da própria empresa que confecciona a placa.

Figura 1 - Diagrama em Bloco ATmega328p



Fonte: ATMEL¹.

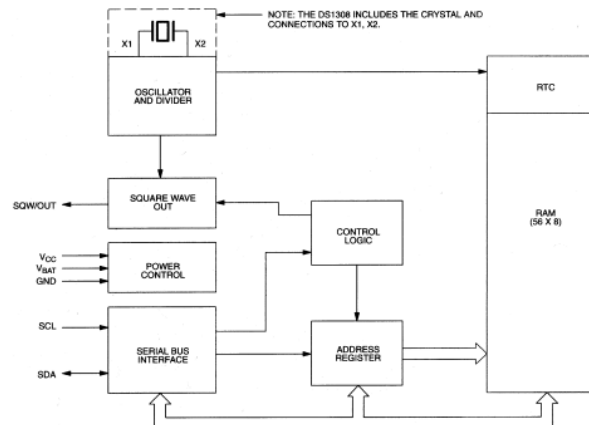
2.3.2 Módulo RTC

Um módulo *Real Time Clock* (RTC) pode ser utilizado no Arduino para funcionar como um relógio em tempo real, o projeto precisava de um relógio para programar quando acender e quando apagar a luz, o Arduino não nos fornece essa função, então foi utilizado o módulo RTC.

O módulo foi confeccionado utilizando um DS1307, o CI que é utilizado nas placas RTC. Além disso foi utilizado um cristal de 32.768 kHz, descrito em seu datasheet, e dois resistores de 10 k Ω , pois a tensão de alimentação no RTC é 3 V.

Há outros CI's que efetuam a mesma função do DS1307, porém dentro das circunstâncias financeiras e técnicas foi preferível adotar este de uso mais simples e de montagem rápida com uso de poucos componentes.

Figura 2 - Diagrama de bloco do funcionamento RTC

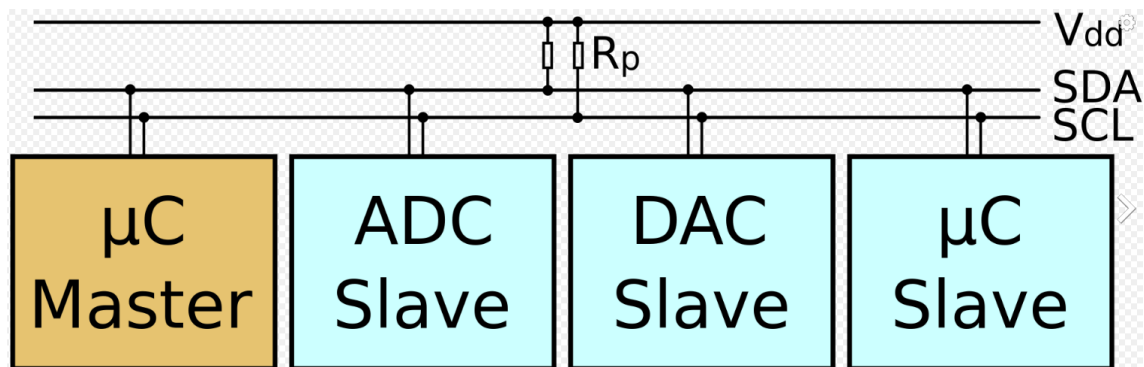


Fonte: DALLAS Semiconductor².

2.3.4 Método 2-wire

O RTC utiliza o método *2-wire*, que é composto por duas linhas bidirecionais, uma para dados seriais e outra para *clock* serial, logo há dois sinais, o de *clock* gerado pelo mestre e o de dados bidirecional.

Figura 3 - Diagrama 2-wire



Fonte: WIKIPEDIA³, 2006.

Há dois modos possíveis para o barramento em *clock*, mestre e escravo:

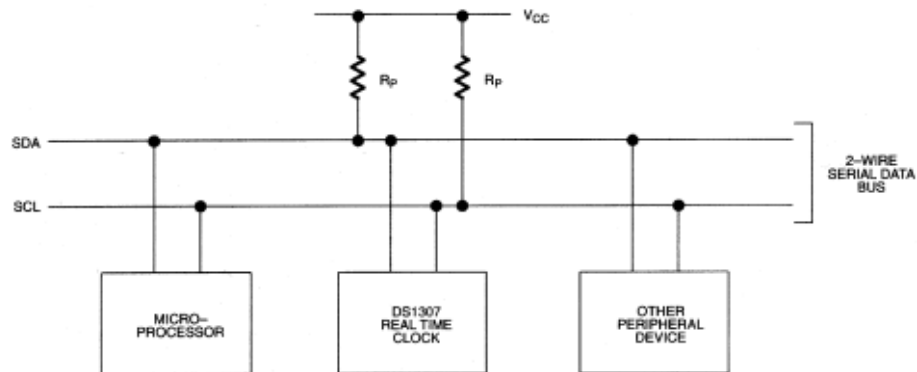
Mestre – gera o sinal *clock* e inicia comunicação com os escravos.

Escravos – recebem o sinal *clock* e respondem os dados quando o mestre o endereça.

Exemplificando: O Arduino endereça o DS1307, manda um sinal de *clock* para que ele ajuste o horário e a data de acordo com o que foi programado e o DS1307 manda de volta para

o Arduino, que recebe o dado e endereça para o LCD transmitir o dado em uma linguagem de fácil compreensão, com números naturais.

Figura 4 - 2-wire no RTC



Fonte: DALLAS Semiconductor².

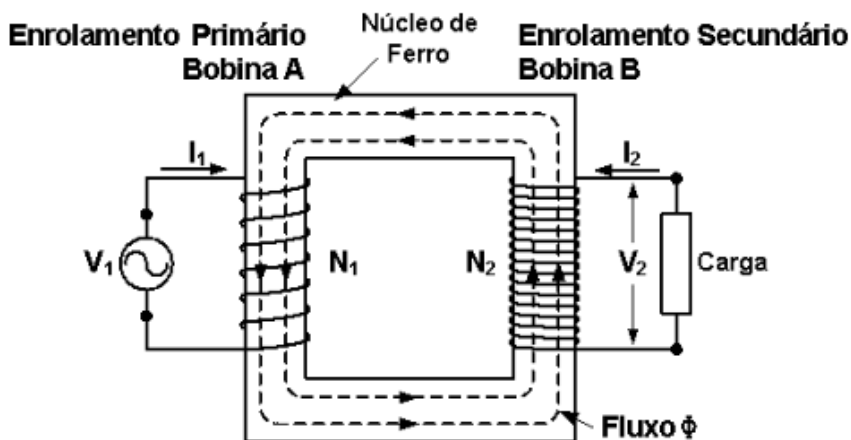
O RTC funciona como escravo neste caso, e o Arduino como mestre.

2.4. Fonte 12 volts

Para a alimentação do Arduino foi escolhida uma fonte 12 V, para a confecção dela foi utilizado um transformador bivolt 12 V+12 V e 2 A.

Um transformador funciona com duas bobinas, uma de entrada e outra de saída, elas se comunicam através do princípio de indução eletromagnética, que consiste em surgimento de corrente elétrica em um condutor dentro de um campo magnético.

Figura 5 - Funcionamento de um transformador



Fonte: ATHOS ELETRONICS⁴.

Observando na imagem acima o transformador é composto de um núcleo e enrolamentos, sendo que os enrolamentos são divididos em primário e secundário.

Os enrolamentos são compostos de cobre e são envernizados para se manterem isolados.

O núcleo de ferro é composto de um material imantável, ou seja, que formam ímãs permanentes. A formação ocorre quando o material é exposto a um campo magnético.

Para a escolha do transformador foram feitos cálculos, utilizando da potência que o Arduino consome e a potência do transformador.

De acordo com o datasheet do Atmega328p, ele consome 40 mA em cada pino de entrada e saída, e será alimentado por 12 V.

Para calcular a potência utilizamos da primeira Lei de Ohm:

$$P = V \times A$$

Onde:

P é a potência, V é a tensão e A é a corrente.

Logo temos 12 V e 4 mA:

$$P = 12 \times 0,04$$

$$P = 0,48 \text{ W por pino}$$

Utilizaremos 16 pinos, logo:

$$P_{pinos} = 0,48 \times 15$$

$$P_{pinos} = 7,2 \text{ W}$$

E a potência da entrada de tensão, sendo que a corrente máxima é 50 mA e a tensão é 12 V.

$$P_{entrada} = 12 \times 0,05$$

$$P_{entrada} = 0,6 \text{ W}$$

$$P_{total} = 7,2 + 0,6$$

$$P_{total} = 7,8 \text{ W}$$

Por questões de segurança, para o circuito trabalhar melhor e ter um melhor aproveitamento dos equipamentos, sem esquentar muito, foi utilizada uma folga de 40% da potência para determinar o melhor transformador:

$$40\% \text{ de } 7,8 \text{ W} = 3,12 \text{ W}$$

Somando com a potência real:

$$7,8 + 3,12 = 10,92 \text{ W}$$

Logo, era preciso um transformador que cobrisse essa potência com uma folga adicional, para que não houvesse superaquecimento:

Foi determinado então um transformador de 12 V e com 2 A de corrente.

Para calcular a potência do transformador, foi utilizado de base o mesmo conceito:

$$P = V \times A$$

$$P = 12 \text{ V} \times 2 \text{ A}$$

$$P = 24 \text{ W}$$

Subtraindo da potência do Arduino fica:

$$24 - 10,92 = 13,08 \text{ W}$$

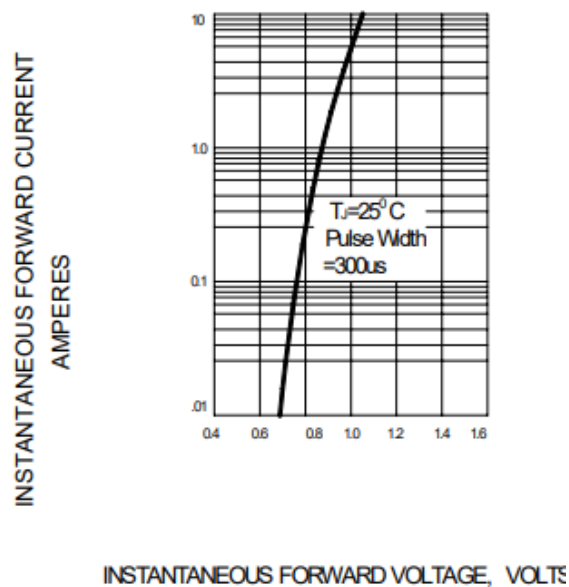
Logo, fica uma boa folga com o uso desse transformador, não prejudicando o circuito.

2.4.1 Diodo 1N5404

Na fonte também foi utilizado um diodo retificador, para converter corrente alternada em corrente contínua. Neste caso o diodo 1N5404.

Para a escolha deste diodo foi considerada a tensão e corrente máxima que ele retifica, no caso do 1N5404, de acordo com seu datasheet, ele retifica até 3 A e 400 V, se encaixando no que o circuito precisa, pensando no transformador.

Figura 6 - Curva característica na polarização direta



Fonte: Taiwan Semiconductor Company, LTD⁵.

2.4.2 Resistor 1 kΩ

Resistores são utilizados para limitar a tensão no circuito, para calcular o resistor utilizado, temos a fórmula:

$$R = \frac{V_a - V_l}{I_l} \quad (1)$$

Onde:

R é resistência em Ohms do resistor necessário, V_a é tensão de alimentação, V_l é a tensão suportada pelo LED e I_l é a corrente suportada pelo LED.

A partir do datasheet do LED utilizado foi visto que a tensão suportada é de 2 V e a corrente é de 20 mA.

$$R = \frac{12\text{ V} - 2\text{ V}}{20\text{ mA}}$$

$$R = \frac{10\text{ V}}{20\text{ mA}}$$

$$R = 500\text{ Ohms}$$

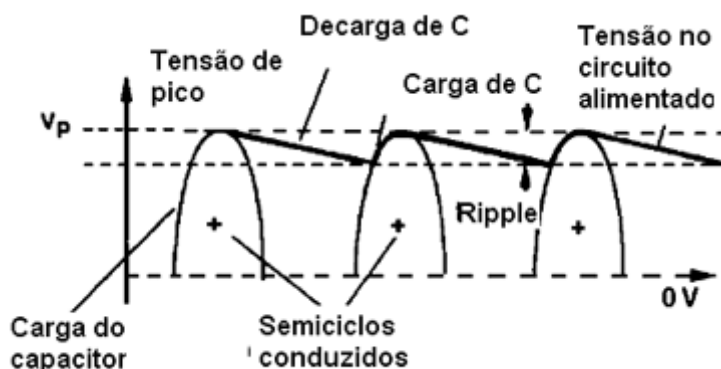
Para deixar uma folga foi escolhido um resistor de 1 k Ω , sendo o suficiente para que o LED não queime por sobretensão.

2.4.3 Capacitor

A corrente contínua fornecida pelos diodos não é “pura”, ou seja, contém ruídos e não serve para alimentar a maioria dos circuitos.

Para que a fonte funcione corretamente foi utilizado um capacitor que funciona como um filtro.

Figura 7 - Exemplificando funcionamento do capacitor



Fonte: Instituto Newton C. Braga⁶.

Para determinar a capacitância necessária foi utilizada uma convenção, onde é usado 1000 micro Faraday para cada 1 A de corrente, de 3 V a 15 V. No circuito foi utilizado 690 mA (corrente que utilizaremos para alimentar o Arduino) e com uma tensão de saída de 12 V.

Fazendo uma regra de três básica é possível determinar a capacitância necessária para o circuito:

$$\frac{1000 \mu}{C} = \frac{1 A}{690 mA}$$

$$C = 690 \text{ micro Faraday}$$

Arredondando para um valor de capacitor que esteja nos mercados, foi escolhido um de 1000 μ Faraday e de 25 V, já que para determinar a tensão foi levada em conta a tensão de pico, calculada da seguinte maneira:

$$(V_p = 12V \times 1,41).$$

$$V_p = 16,92 V$$

Desta maneira o capacitor entra na faixa dos 25 V.

2.4.4 LED

Para indicar quando a fonte está ligada foi colocado um LED de 5mm vermelho. Este LED funciona em uma tensão de 2 V e 20m A de corrente.

Um LED é um diodo emissor de luz que contém duas polaridades, positivo e negativo. Este diodo contém uma propriedade de transformar energia elétrica em luz, sendo que a luz emitida é fria, diferente das outras lâmpadas que geram a partir do calor. Isso não significa que o LED não esquente, pois a potência gerada é dissipada em forma de calor, porém ele esquenta menos do que lâmpadas convencionais.

A iluminação com LED, em comparação com outros tipos de lâmpadas, tem diversos benefícios:

- maior vida útil;
- manutenção reduzida;
- maior eficiência;
- manuseio mais seguro;
- suporta maiores impactos;
- melhor para o meio ambiente.

O consumo de energia por lâmpadas LED é muito menor, sendo mais ecológicas.

No projeto o LED se encaixou nos parâmetros de custo-benefício, sendo exatamente o necessário para indicar quando a fonte está ligada e desligada.

2.4.5 Iluminação do aquário

Para iluminar nosso aquário foi preciso usar uma lâmpada LED de 9 Watts, porém o Arduino não fornece a potência necessária, portanto não seria possível programar a lâmpada e acioná-la conectando diretamente no microcontrolador. Por isso foi utilizado um relé.

Um relé é um interruptor eletromecânico, ou seja, a partir de eletricidade os seus contatos se movem fisicamente. Este movimento ocorre quando corrente elétrica percorre as espirais da bobina.

Um relé é capaz de funcionar em circuitos de correntes extremamente baixas, portanto é exatamente o que precisamos, pois o Arduino consome uma corrente de 40 mA, valor insuficiente para acionar uma lâmpada.

O relé escolhido foi um de 5 V, de 2 posições, com 5 terminais e contatos: 16 V – 20 A em corrente contínua e até 250 V – 10 A em corrente alternada.

Para que não houvesse uma sobrecarga do Arduino foi utilizado um transistor BC548, que é um transistor de uso geral e neste caso é responsável por drenar parte da corrente fornecida, levando uma corrente ainda menor para o relé, mas que ainda mantém seu funcionamento.

Por questões de proteção da bobina foi ligado um diodo 1N4004 inversamente polarizado em relação a tensão que alimenta o relé. Essa segurança é necessária pois, quando o Arduino desliga o relé há uma indução de tensão, causada pela contração do campo magnético gerado pela bobina. Como esta tensão vem em polaridade oposta à tensão de alimentação, o Arduino não é apto a receber valores tão altos, portanto podendo queimar.

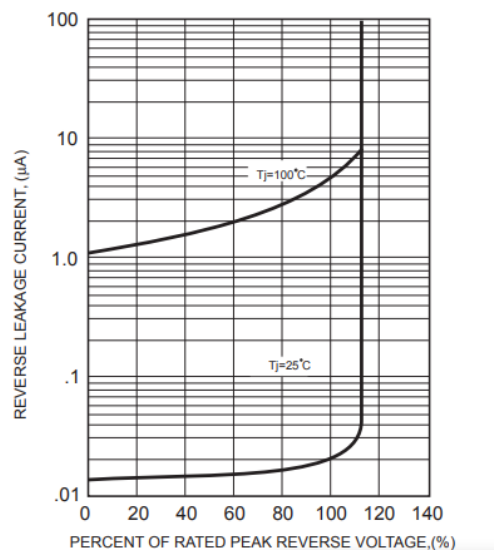
2.4.6 Diodo 1N4004

Os diodos retificadores inversamente polarizados funcionam como uma chave fechada, permitindo a passagem da corrente necessária para o funcionamento do circuito. Porém, ao

invertermos a polaridade da fonte, neste caso quando o relé é desligado, ele funciona como um isolante elétrico e como chave aberta, desligando o circuito.

Foi escolhido o diodo 1N4004 pois, de acordo com seu datasheet, numa polarização inversa ele suporta uma tensão reversa de até 400 volts, sendo o suficiente para o circuito, que não atua com tensões maiores do que 220 volts.

Figura 8 - Curva característica em polarização inversa



Fonte: Bytes⁷.

2.5. LDR (*Light Dependent Resistor*)

O LDR é um resistor que varia de resistência conforme a luz que incide sobre ele, isso ocorre pois os fótons incidem sobre a superfície semicondutora presente no componente, logo os elétrons são liberados, sua condutividade aumenta e resistência diminui.

Quanto maior a luz menor a resistência.

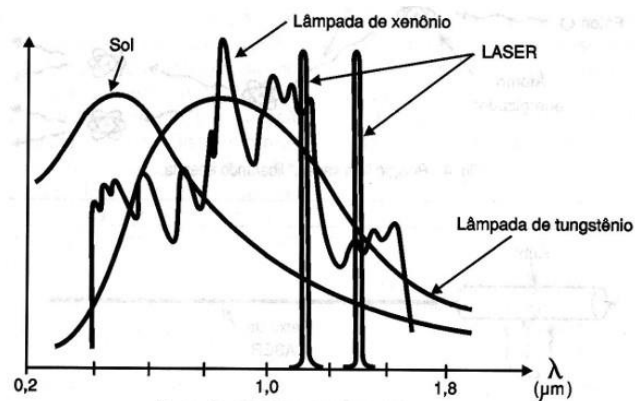
Neste projeto foi utilizado o LDR em conjunto com um diodo laser, de uma maneira que o laser incida luz constantemente sobre o LDR, deixando-o em resistência mínima, quando a gota do equipo (localizado exatamente acima do feixe) cai sobre o feixe de laser, causa uma variação na resistência do LDR, ao detectar esta variação o Arduino manda um comando que inicia a contagem de gotas cada vez que ocorre esta mudança de resistência.

2.6. Diodo laser

O diodo laser é um componente semicondutor, com a construção parecida com a de um LED.

Laser é a amplificação de luz a partir da liberação de radiação, essa amplificação pode ocorrer através de diversas pedras, gases e metais.

Figura 9 - Gráfico diodo laser

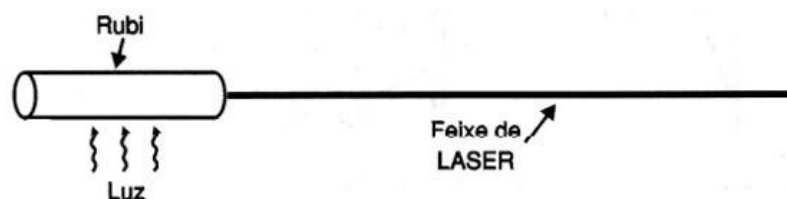


Fonte: Instituto Newton C. Braga⁸.

A radiação produzida pela alta tensão e pelo bastão composto pelo metal, pedra ou gás. Em um caso com bastão de rubi espelhado por dentro, logo a luz ou radiação fica contida dentro dele. Quando uma alta tensão é produzida é emitido um pulso de luz, absorvido pelos átomos do bastão. Essa absorção causa a inversão de elétrons no nível normal por elétrons excitados.

Ocorre a emissão de fótons muito rapidamente, produzindo alta energia que não consegue ser contida pelo bastão, fazendo com que o feixe de luz escape pelo lado mais fino em forma de um feixe de radiação monocromático.

Figura 10 - Representação feixe de luz no diodo laser



Fonte: Instituto Newton C. Braga⁸.

O laser que o projeto utilizará é um diodo de 5 Volts e comprimento de onda de 650 nm.

2.7. Servo Motores

Figura 11 - Exemplo de um Servo Motor



Fonte: GUIA AUTOMAÇÃOº.

2.7.1 Definição

O Servomotor é uma máquina, eletromecânica, que apresenta movimento proporcional a um comando, como dispositivos de malha fechada, ou seja: recebem um sinal de controle; que verifica a posição atual para controlar o seu movimento indo para a posição desejada com velocidade monitorada externamente sob *feedback* de um dispositivo denominado taco ou sensor de efeito *Hall* ou *encoder* ou resolver, ou *tachsin*, dependendo do tipo de servomotor e aplicação.

Em contraste com os motores contínuos que giram indefinidamente, o eixo dos servos motores possui a liberdade de apenas cerca de 180° graus (360° em alguns modelos) mas são precisos quanto à sua posição.

Neste projeto foram utilizados 2 servos, 1 para a solução alcalinizante e 1 para a solução acidificante.

2.7.2 Funcionamento dos servos com equipo de soro

Figura 12 - Junção do Servo Motor com Equipo de Soro e Cola Super Bonder



Fonte: Compilação do autor¹⁰.

O esquema é aplicado 2 vezes, uma para o acidificante e uma para o alcalinizante. A extremidade branca do servo motor (número 1) está colada em supercola na extremidade do equipo (número 2) que, toda vez que acionado, o sentido do servo motor apontará para baixo, liberando a substância em gotas, que ao atingir o feixe de luz laser apontado no LDR, causará uma sombra e provocará uma variação no valor do LDR, ao detectar esta variação o Arduino contará uma gota, quando as gotas suficientes forem jogadas os servos recebem um comando para voltar ao seu estado inicial, mantendo o equipo para cima, evitando que libere gotas a mais.

O servo motor girará 180 graus, mudando a posição do equipo, que estará preso no tubo de saída giratório do motor, ao girar o motor o equipo virará para baixo, sendo que com uma posição pré-definida e constante, para que ele fique acima do feixe de laser.

Após a liberação do líquido temos um *delay* de 4 horas, recomendado pelo fabricante Labcon, para não afetar os peixes.

2.7.2.1 Tabelas, Gráficos e Comparativos

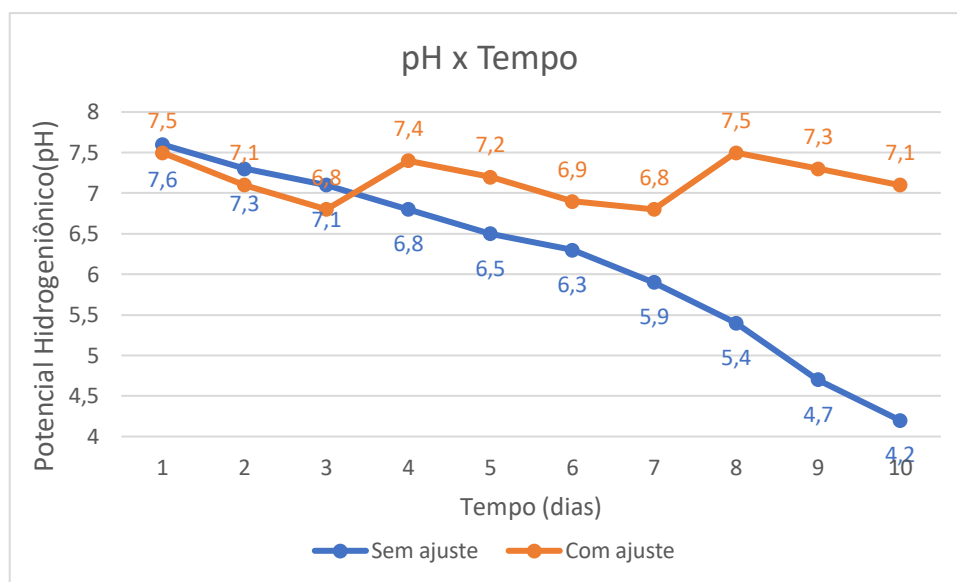
Para ilustrar a eficácia da funcionalidade do aquário, a tabela abaixo põe em comparação a ação do pH com ajuste e sem ajuste em função do tempo, onde é observável que, ao passar dos dias, apesar da oscilação dos ajustes no pH (que não são prejudiciais ao peixe betta por ser uma oscilação dentro do pH aceitável), é muito mais eficiente que se deixado o pH totalmente sem ajustes.

Tempo (dias)	pH (sem ajuste)	pH (com ajuste)
1	7,6	7,5
2	7,3	7,1
3	7,1	6,8
4	6,8	7,4
5	6,5	7,2
6	6,3	6,9
7	5,9	6,8
8	5,4	7,5
9	4,7	7,3
10	4,2	7,1

Tabela 1 - Tempo x pH

Fonte: Autoria Própria, 2020.

Figura 13 – Gráfico pH por tempo



Fonte: Autoria Própria, 2020.

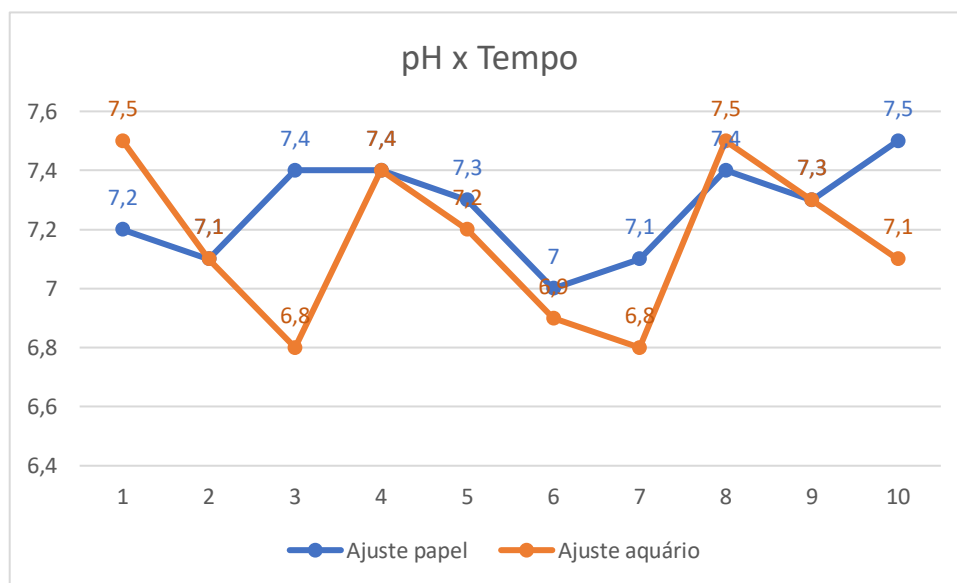
Por outro lado, ao se comparar o aquário de ajuste de pH automatizado com outros métodos, ou então o mais comum usado, ajuste através do medidor de pH de papel, os resultados serão bem próximos, tendo o aquário automatizado uma margem de erro maior em 5% em relação ao medidor de papel.

Tempo (dias)	pH (ajuste papel)	pH (ajuste aquário)
1	7,2	7,5
2	7,1	7,1
3	7,4	6,8
4	7,4	7,4
5	7,3	7,2
6	7	6,9
7	7,1	6,8
8	7,4	7,5
9	7,3	7,3
10	7,5	7,1

Tabela 2 – Margem de erro do sensor de pH

Fonte: Autoria Própria, 2020.

Figura 14 – Gráfico da variação da margem de erro pH por tempo



Fonte: Autoria Própria, 2020.

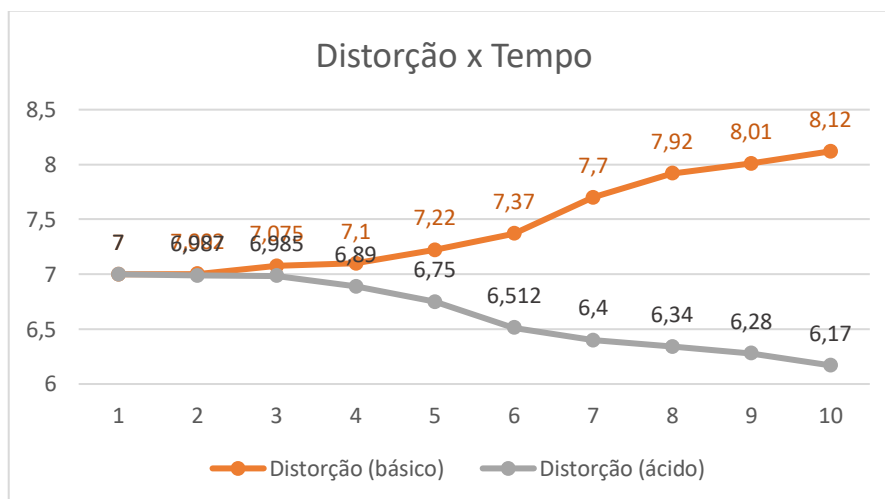
Por conta da medição contínua, é lógico e completamente normal o eletrodo ficar descalibrado com o passar do tempo. Para isso, tem-se os valores de distorção do pH (a partir da calibração com solução tampão de 7) por um período em dias.

Tempo (dias)	Distorção (básico)	Distorção (ácido)
1	7	7
2	7,002	6,987
3	7,075	6,985
4	7,1	6,89
5	7,22	6,75
6	7,37	6,512
7	7,7	6,4
8	7,92	6,34
9	8,01	6,28
10	8,12	6,17

Tabela 3 – Distorção do pH

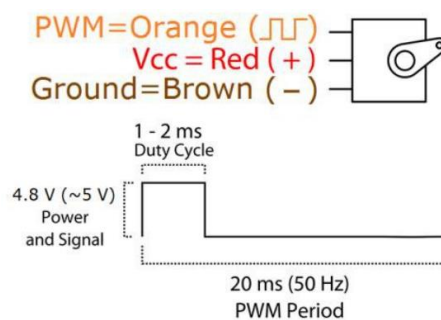
Fonte: Autoria Própria, 2020.

Figura 15 – Gráfico distorção



Fonte: Autoria Própria, 2020.

Figura 16 - Gráfico Servo Motor



Fonte: Black and Blue TechLabz¹¹.

2.7.3 Principais comandos

Sistema atuador - o sistema atuador é constituído por um motor elétrico, embora também possa encontrar servos com motores de corrente alternada, a maioria utiliza motores de corrente contínua. Também está presente um conjunto de engrenagens que forma uma caixa de redução com uma relação bem longa o que ajuda a amplificar o torque.

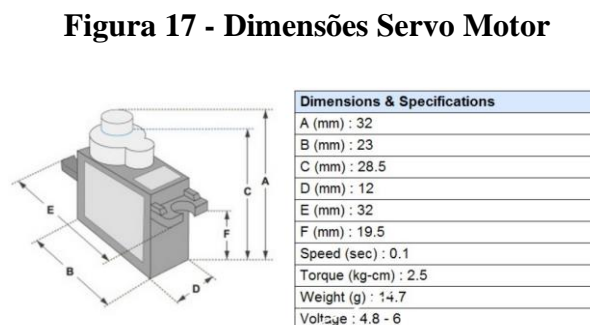
A tamanho, torque e velocidade do motor, material das engrenagens, liberdade de giro do eixo e consumo são características-chave para especificação de servo motores.

Sensor - o sensor normalmente é um potenciômetro solidário ao eixo do servo. O valor de sua resistência elétrica indica a posição angular em que se encontra o eixo. A qualidade desse vai interferir na precisão, estabilidade e vida útil do servo motor.

Circuito de controle - o circuito de controle é formado por componentes eletrônicos discretos ou circuitos integrados e geralmente é composto por um oscilador e um controlador PID (controle proporcional integrativo e derivativo) que recebe um sinal do sensor (posição do eixo) e o sinal de controle e aciona o motor no sentido necessário para posicionar o eixo na posição desejada.

Servos possuem três fios de interface, dois para alimentação e um para o sinal de controle. O sinal de controle utiliza o protocolo PPM (modulação por posição do pulso) que possui três características básicas: largura mínima, largura máxima e taxa de repetição (frequência).

2.8 Dimensões e especificações (datasheet servo motor SG90)



Fonte: Black and Blue TechLabz¹¹.

2.9. Equipo

Figura 18 - Representação de um macrogotas



Fonte: TKL¹², 2017.

Produto Médico Hospitalar utilizado para infundir soluções parenterais por gravidade em pacientes. Faz a conexão entre o dispositivo ligado ao paciente e a bolsa de soro. Pode ser utilizado combinado com outros dispositivos de infusão como: agulhas, escalpes, cateteres ou torneiras.

O equipo será utilizado esquematicamente junto com os servos motores, esses estarão unidos para que, toda vez que o servo motor em questão se mova, o equipo mova-se juntamente com ele para cima ou para baixo (posição 0 ou posição 1), definindo se sua ponta estará voltada para baixo (derramando líquido em gotas) ou voltada para cima (aguardando resposta do sensor de pH).

2.9.1 Especificações técnicas:

- Ponta perfurante de alta resistência
- Câmara flexível com macro-gotejamento (20 gotas/ml) e filtro de partículas 15 μ
- Regulador de fluxo (pinça rolete) para um controle eficaz de gotejamento
- Tubo flexível com 150cm
- Conector Luer Slip que permite uma conexão mais rápida por encaixe

- Matéria prima sem látex, atóxica, apirogênica e com presença de PVC e DEHP
- Esterilizado por Óxido de Etileno

2.10. Sensores

2.10.1 Sensor pH

2.10.2 O que é pH?

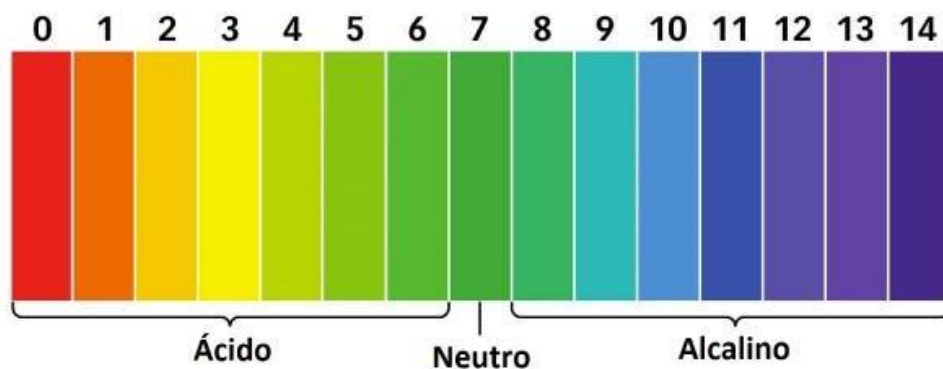
pH, Potencial Hidrogeniônico, consiste num índice que indica acidez, neutralidade ou alcalinidade de um volume qualquer. Em relação química, o pH é um medidor de íons de Hidrogênio (H^+) em um rótulo. Quanto menor o pH de tal substância, maior a concentração de íons H^+ e menor a concentração de íons OH^- .

O valor do pH está diretamente relacionado com a quantidade de íons hidrogênio de uma solução, as substâncias que revelam a presença de íons livres em uma solução são conhecidas como indicadores, esses mudam de cor em função da concentração de H^+ e de OH^- de uma solução, ou seja, do pH.

Os valores de pH variam de 0 a 14, valores abaixo de 0 e acima de 14 são possíveis, porém muito raros e não podem ser medidos com as sondas normais.

A sua escala está numerada de 0 a 14, sendo:

Figura 19 - Possíveis níveis do pH

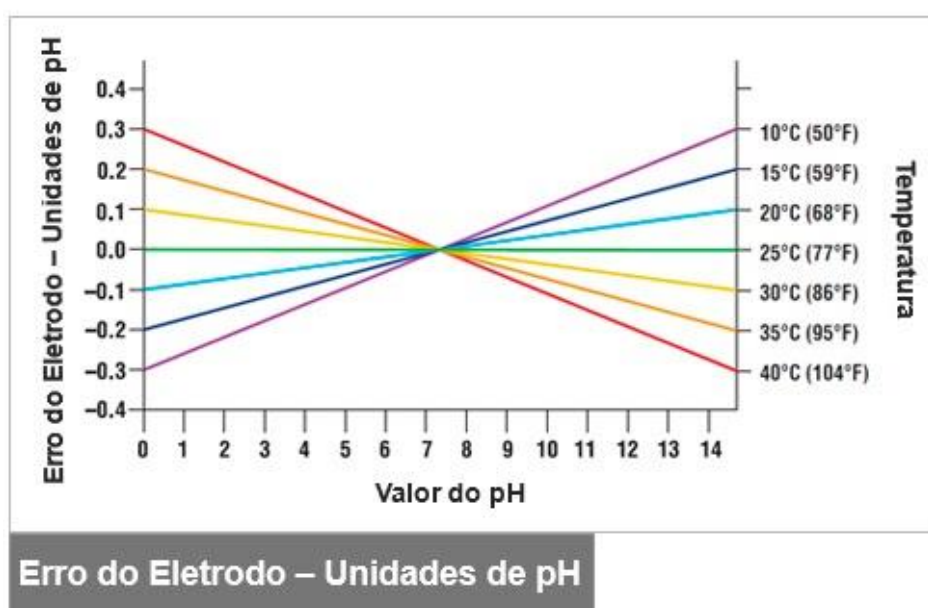


Fonte: Beduka¹³, 2019.

2.10.3 Eletrodos de pH

A tecnologia do eletrodo de pH não mudou muito nos últimos 50, 60 anos. Com todos os avanços tecnológicos dos últimos 30, 40 anos, a fabricação de eletrodos de pH continua sendo uma arte. Modeladores sopram o corpo de vidro especial do eletrodo até obterem a configuração desejada. Não se trata de um processo altamente avançado ou de alta tecnologia, mas uma etapa fundamental e muito importante da fabricação dos eletrodos. Na realidade, a espessura do vidro determina sua resistência e afeta seus resultados.

Figura 20 - Exemplificação de um eletrodo de pH



Fonte: OMEGA, a Spectris Company¹⁴.

2.10.4 Compensação de Temperatura

A compensação de temperatura é contida dentro do instrumento, pois os eletrodos de pH e as medições são sensíveis à temperatura. A compensação pode ser manual ou automática. Na compensação manual, é necessária uma medição de temperatura separada e o controle de compensação manual do medidor de pH pode ser ajustado com o valor aproximado da temperatura. Na compensação automática (ATC), o sinal de uma sonda de temperatura separada é transmitido para o medidor, de modo que seja possível determinar com precisão o valor do pH da amostra naquela temperatura.

2.10.5 Soluções de Tampão

Os tampões são soluções com valores constantes de pH e capacidade de resistir a mudanças em determinado nível de pH. São usados para calibrar o sistema de medição de pH (eletrodo e medidor). Podem ocorrer pequenas diferenças entre os resultados de um eletrodo e outro, além de alterações com o passar do tempo. Portanto, o sistema deve ser periodicamente calibrado. As soluções tampão são disponibilizadas em uma ampla gama de valores de pH e em forma de líquido pré-misturado ou em convenientes cápsulas de pó seco. A maioria dos medidores exige calibração em vários valores de pH específicos. Geralmente, uma calibração é feita próxima do ponto isopotencial (o sinal produzido por um eletrodo a um pH 7 é 0 mV a 25 °C) e uma segunda normalmente ocorre a um pH igual a 4 ou 10. É melhor selecionar uma solução que esteja o mais próxima possível do valor real do pH da amostra a ser mensurada.

2.10.6 Controlador de pH

O pH ideal para o peixe beta varia de 6,6-7,4; contudo, muitas vezes acontece que o pH não é adequado para o peixe, trazendo à tona problemas futuros para o animal. Por falta de alguns cuidados especiais o pH do aquário do Betta pode ficar ácido por:

- excesso de peixes. Mais peixes do que o aquário pode suportar;
- má qualidade do alimento;
- excesso de alimento;
- filtragem insuficiente;
- falta de trocas parciais;
- CO₂ no aquário.

A neutralização do pH ácido, pode ser feita através de diversos procedimentos, tais como: ter a certeza que o aquário possui a quantidade ideal de peixes; reduzir a quantidade de alimentos, e mudar para a alimentação mais natural (a espécie Betta é carnívora, por isso são necessárias rações mais ricas em proteínas); reforçar a filtragem do aquário; como a água da torneira é um pouco alcalina, não é preciso de um alcalinizantes, porém precisa ter atenção para os níveis de amônia presentes na água, que para o peixe pode ser fatal; outra maneira natural para alcalinizar o aquário é usar pedras de dolomitas, que absorvem a acidez da água. Outra hipótese é que o pH pode ficar alcalino demais, por motivos de:

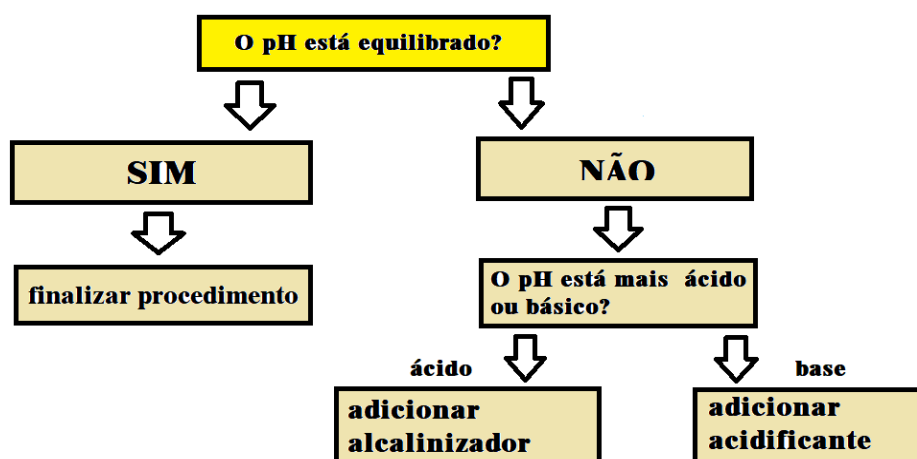
- aquário muito novo, o que é normal no início; com o tempo a tendência da água é acidificar devido à detritos;
- cascalho a base de dolomita;
- rochas e corais mortos ou outros artigos vindos de praias (conchinhas etc.). A maioria dos materiais porosos e todos os calcários absorvem a acidez da água. Por mais que a dolomita absorve a acidez da água, não pode ser usada em quantidades exageradas, pois pode absorver tanto, que a água ficará muito alcalina (a espessura ideal varia 1,5 mm-2 mm); não utilizar adereços de praia, e sim aqueles que são indicados para o peixe.

2.10.7 Fluxograma do pH

O controlador de pH precisará regular o pH constantemente ao passar determinado período. Para isso, foi arranjado um básico fluxograma para simular a lógica a ser utilizada durante a programação do Arduino.

Após a passagem do tempo determinado, o microcontrolador verificará se o pH estará em 7 (neutro).

Figura 21 - Fluxograma ilustrativo do pH



Fonte: Autoria Própria, 2020.

As soluções detidas como alcalinizadas ou acidificadas detém em sua composição uma forma de mudar o pH do aquário de acordo com o que está sendo necessitado.

Se o pH do aquário estiver muito alto uma forma de baixar o número é com CO₂, mas como os cilindros são muito caros e não viáveis para qualquer aquarista, podemos abaixar o pH com o CO₂ de garrafa, feitos com açúcar e fermento. A liberação de CO₂ na água produz ácido carbônico, tendo como efeito a diminuição do pH.

Além disso costuma-se usar ácidos para abaixar o pH, pode ser feito de forma natural, usando ácido cítricos que são encontrados em frutas ou utilizando o ácido cético que é encontrado no vinagre, para este meio deve-se pingar algumas gotas na água do aquário até obter o resultado requerido.

Agora para aumentar o pH do aquário, processo que é mais comum, deve-se colocar um pouco de aragonita ou dolomita ou calcita naturais, já que essas pedras possuem em si substâncias tais como o magnésio que ao entrar em contato com a água tem a capacidade de regular o pH, aumentando-o.

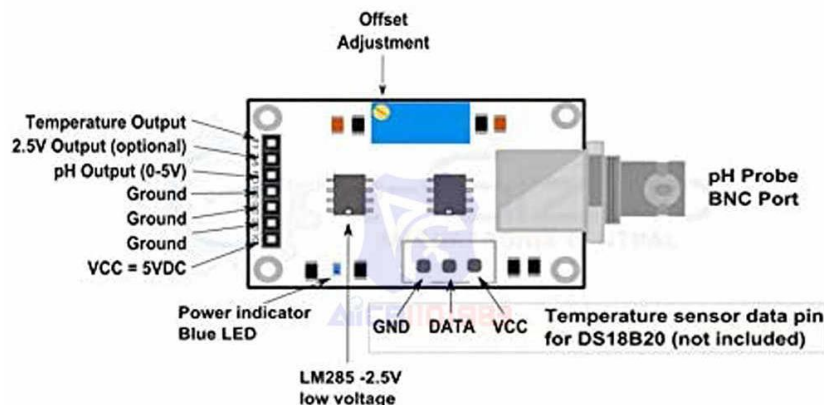
2.10.8 pH líquido 0-14 módulo sensor regulador de detecção de valor placa de controle de monitoramento medidor *tester* + bnc pH eletrodo sonda controlador

Figura 22 - Sensor de pH



Fonte: Mercado Livre¹⁵.

Figura 23 - Datasheet



Fonte: Ali Express²¹.

2.10.9 Descrição do sensor de pH pelo fabricante:

Tensão de aquecimento: 5 +- 0,2 V (AC-DC)

Corrente de trabalho: 5 a 10 mA

A faixa de concentração de detecção: PH0-14

A faixa de detecção de temperatura: 0 a 80 °C

O tempo de resposta: ≤ 5 s

Tempo de estabilidade: 60 s

Consumo de energia: ≤ 0.5 W

A temperatura de trabalho: -10 a 50 °C (a temperatura nominal 20 °C)

Umidade de trabalho: 95% Rh (umidade nominal 65% Rh)

Vida útil: 3 anos

A saída: saída de sinal de tensão analógica

Faixa de temperatura de detecção: 0 a 80 °C

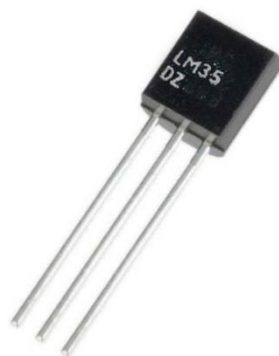
Tempo de estabelecimento: < 60 s

Potência do componente: < 0.5 W

Com 4 furos de montagem m3 dos pces

2.10.10 Sensor de temperatura: características do LM35

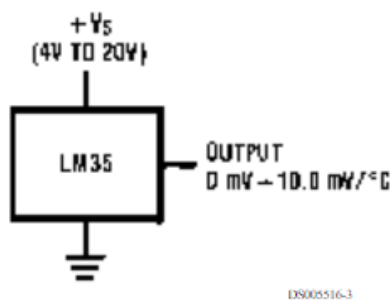
Figura 24 - Sensor de temperatura LM35



Fonte: Baú da Eletrônica¹⁶.

De acordo com as informações contidas no datasheet do LM35, podemos tirar todas as informações úteis do componente. Este sensor de temperatura produz um sinal de tensão que varia 10 mV para cada °C, sendo que ele é capaz de operar em uma escala de temperatura que pode variar entre -55 °C até 150 °C.

Figura 25 - Sensor de Temperatura



**FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor
(+2 °C to +150 °C)**

Fonte: Cleiton Bueno¹⁷.

2.11 Leitura com termistor

Como a sua resistência elétrica varia de acordo com a temperatura, o termistor permite que, ao associá-lo em série com outro resistor fixo (divisor de tensão), de preferência um valor próximo de sua resistência nominal à temperatura média ambiente, e calculando sua variação de tensão no circuito, é possível obter a variação da temperatura. Porém, essa variação não é

linear. Para que a leitura da temperatura seja feita, algumas equações precisam ser utilizadas, conforme sequência. A equação 02 fornece a tensão na saída do divisor. A equação 03 é utilizada para calcular o valor da resistência do termistor:

Equação 1 Tensão de saída

$$V_{out} = \frac{V_{in} \cdot (V_{leitura})}{1024} \quad (02)$$

Equação 2 Resistência do termistor

$$R_{out} = \left(\frac{(R_{aux} \cdot V_{in})}{V_{out}} \right) - R_{aux} \quad (03)$$

Onde:

Vout : É a tensão na saída do divisor.

Vleitura : É o valor lido na porta analógica do Arduíno.

Rout: É o valor da resistência do termistor.

Raux: É o valor do resistor auxiliar.

Vin: É a tensão de alimentação do circuito.

Para converter a resistência elétrica, medida no sensor, em temperatura, foram utilizadas as equações 02, 03, 04, 05, 06, culminando com a equação 07. Elas fazem parte de uma equação simplificada a partir da Equação de Steinhart-Hart, cuja descrição detalhada pode ser vista em Wikipedia (2016), e que permite calcular, com boa aproximação, os valores de resistência elétrica de um semicondutor em diferentes temperaturas. A equação 06 fornece a temperatura em Kelvin e a equação 07 faz a conversão da temperatura em Kelvin para Celsius. As equações 02, 03 04 e 05 fornecem os parâmetros para o cálculo da temperatura na equação 06.

Equação 3 Parâmetro e equações do termistor

$$Beta = \frac{\log\left(\frac{RT_1}{RT_2}\right)}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} \quad (04)$$

$$R_{inf} = R_0 \cdot e^{\left(\frac{-Beta}{T_0}\right)} \quad (05)$$

$$Temp_K = \frac{Beta}{\log\left(\frac{R_{out}}{R_{inf}}\right)} \quad (06)$$

A proximidade entre o resultado medido e o verdadeiro valor do sinal produzido pode variar de + -0,4 °C até + -1,5 °C. Vale a pena destacar que a precisão do LM35 varia conforme as condições de tensão, corrente e temperatura. Essas informações podem ser encontradas no datasheet do dispositivo.

Outra característica bem interessante do sensor LM35 é que ele extrai uma corrente da fonte de apenas 60 µA, que em determinadas condições resulta em um auto aquecimento extremamente baixo, menos de 0.1 °C. Em aplicações que a precisão é importante, essa variação de temperatura do LM35 deve ser levada em consideração.

Equação 4 Temperatura

$$Temp_c = Temp_k - 273,15 \quad (07)$$

Onde:

Beta : É um parâmetro.

RT1 : Resistência medida na temperatura de calibração 1.

RT2 : Resistência medida na temperatura de calibração 2.

T1 : Temperatura de calibração 1.

T2 : Temperatura de calibração 2.

Rinf: É um parâmetro.

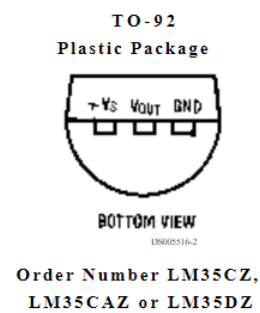
R0 : Valor nominal do RTC a 25 °C.

T0 : Temperatura de 25 (298,15K).

Tempk : É a temperatura de saída em Kelvin.

Tempc : É a temperatura de saída em °C.

Figura 26 - LM35



Fonte: Cleiton Bueno¹⁷.

2.11.1 Características Eléctricas

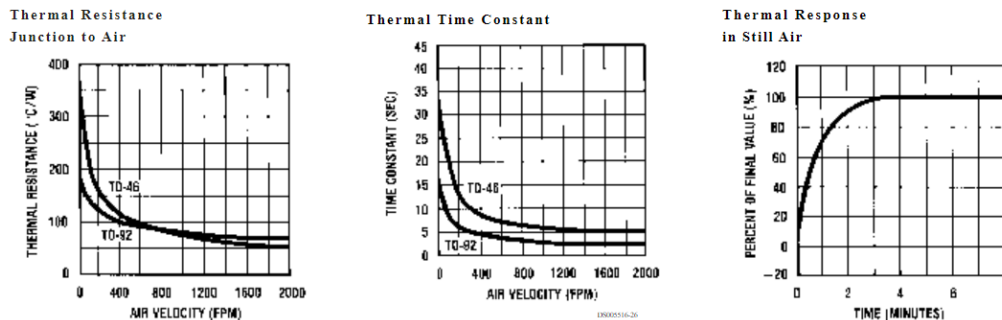
Parameter	Conditions	LM35		
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)
Accuracy, LM35, LM35C (Note 7)	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$ $T_A = -10^{\circ}\text{C}$ $T_A = T_{MAX}$ $T_A = T_{MIN}$	± 0.4 ± 0.5 ± 0.8 ± 0.8	± 1.0 ± 1.5	± 1.5
Accuracy, LM35D (Note 7)	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$ $T_A = T_{MAX}$ $T_A = T_{MIN}$			
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.3		± 0.5
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	+10.0	+9.8, +10.2	
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1\text{mA}$	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$ $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.4 ± 0.5	± 2.0	± 5.0
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$ $4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	± 0.01 ± 0.02	± 0.1	± 0.2
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5\text{V}, +25^{\circ}\text{C}$ $V_S = +5\text{V}$ $V_S = +30\text{V}, +25^{\circ}\text{C}$ $V_S = +30\text{V}$	56 105 56.2 105.5	80 82	158 161
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}, +25^{\circ}\text{C}$ $4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	0.2 0.5	2.0	3.0
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.7
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1.1, $I_L = 0$	+1.5		+2.0
Long Term Stability	$T_J = T_{MAX}$, for 1000 hours	± 0.08		

Tabela 4 - Características do LM35

Fonte: Cleiton Bueno¹⁷.

2.11.2 Características gráficas ideais

Figura 27 - Gráficos Ideais



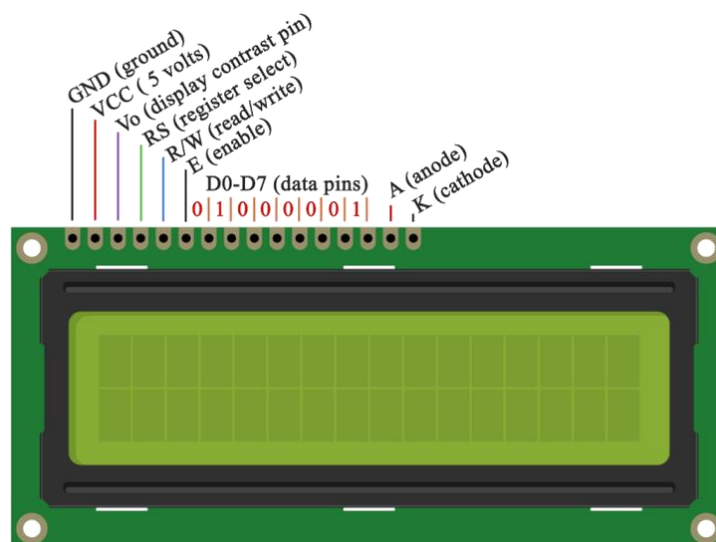
Fonte: Cleiton Bueno¹⁷.

2.12 Display LCD

2.12.1 Definição

São dispositivos que possuem interfaces elétricas padronizadas e recursos internos gráficos e de software que permitem facilmente a permuta por outros de outros fabricantes, sem que seja necessário alterar o programa de aplicação. Por ser altamente padronizado seu custo é baixo. O módulo de display LCD representa um avanço tecnológico enorme se comparado com os primeiros displays a LED de 7, 14 ou 16 segmentos.

Figura 28 - Display LCD



Fonte: HOW TO MECHATRONICS¹⁸.

Veja abaixo a tabela de 16 segmentos que será utilizada:

Pino	Função	Descrição
1	Alimentação	Terra ou GND
2	Alimentação	VCC ou +5V
3	V0	Tensão para ajuste de contraste
4	RS Seleção:	1 - Dado, 0 - Instrução
5	R/W Seleção:	1 - Leitura, 0 - Escrita
6	E Chip select	1 ou (1 → 0) - Habilita, 0 - Desabilitado
7	B0 LSB	Barramento de Dados
8	B1	
9	B2	
10	B3	
11	B4	
12	B5	
13	B6	
14	B7 MSB	
15	A (qdo existir)	Anodo p/ <i>LED backlight</i>
16	K (qdo existir)	Catodo p/ <i>LED backlight</i>

Tabela 5 - Definições dos segmentos

Fonte: Montagem do autor¹⁹.

Com a tabela, podemos utilizar as especificações voltaicas do aparelho:

Item	Symbol	Condition	Standard Value			Unit
			min.	typ.	max.	
Input Voltage	VDD	---	4.5	5.0	5.5	V
Supply Current	IDD	VDD=5V	1.0	1.2	1.5	mA
Recommended LC Driving Voltage for Normal Temp. Version module	VDD-VO	-20°C	---	---	5.7	V
		0°C	---	---	---	
		25°C	---	4.2	---	
		50°C	---	---	---	
		70°C	3.2	---	---	
LED Forward Voltage	VF	25°C	3.4	3.5	3.6	V
LED Forward Current	IF	25°C	Array	---	---	mA
			Edge	50	60	75
EL Power Supply Current	IEF	Vel=110VAC;400Hz	---	---	5.0	mA

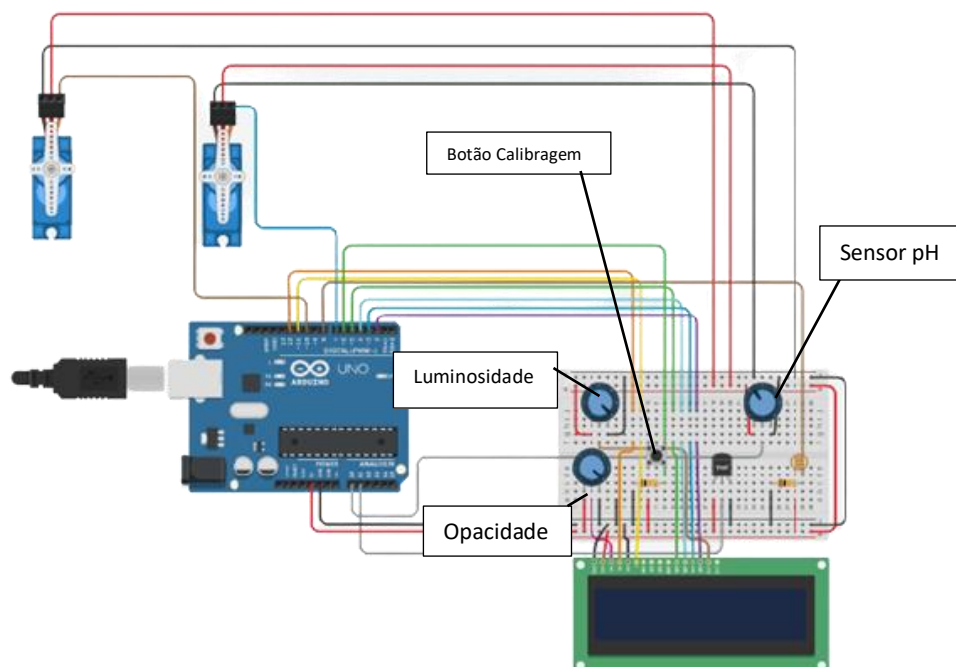
Tabela 6 - Especificações do componente

Fonte: Northwestern, Center for Robotics and Biosystem²⁰.

2.12.2 Esquema LCD com medição de temperatura e regulação de pH

Esquema utilizado para simulação de gotas através de um botão

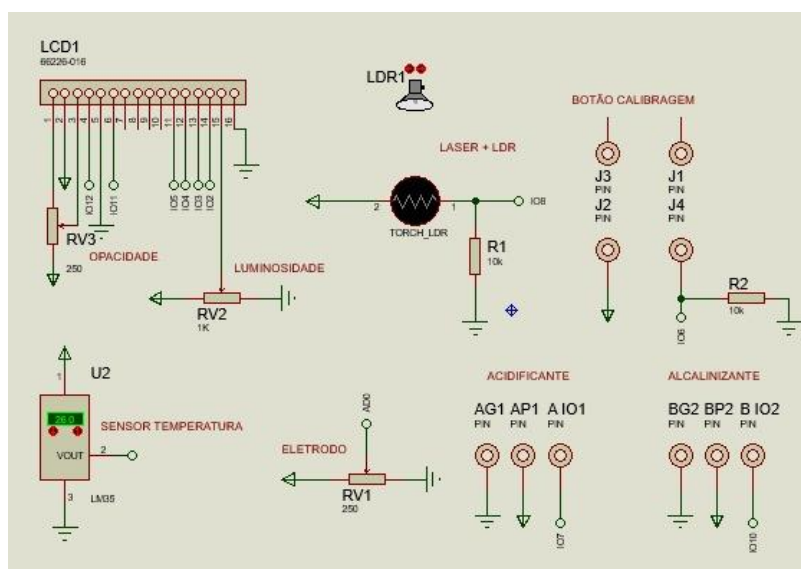
Figura 29 - Exemplificação funcionamento do LCD com medição de temperatura e controle do pH



Fonte: Autoria Própria, 2020.

Obs: O potenciômetro localizado à direita superior do *protoboard* está substituindo o sensor de pH para melhor desempenho durante simulação.

Figura 30 - Esquema Elétrico LCD e Servo Motores



Fonte: Autoria Própria, 2020.

Simulado no software Proteus.

Nomenclaturas:

AG1= *Ground* servo motor.

AP1= *Power* servo motor.

A IO1= Entrada Arduino.

BG2 = *Ground* servo motor.

BP2 = *Power* servo motor.

B IO2 = Entrada Arduino.

J1 = PIN (pino de botão de calibragem).

J2 = PIN (pino de botão de calibragem).

J3 = PIN (pino de botão de calibragem).

J4 = PIN (pino de botão de calibragem).

LCD1 = Display LCD.

LDR1 = LDR + laser.

R1 = 10k Ω .

R2 = 10k Ω .

RV1 = Potenciômetro 250 Ω (Substituto do sensor de pH).

RV2 = Potenciômetro 1k Ω (Controle de luminosidade LCD).

RV3= Potenciômetro 250 Ω (Controle de opacidade LCD).

U2= LM35 (Sensor de temperatura).

2.12.3 Código de funcionamento

```
//incluindo bibliotecas
```

```
#include <Servo.h> //Biblioteca para os 4 servos motores
```

```

#include <LiquidCrystal.h> //Biblioteca para LCD

// pinagem da biblioteca para o lcd

LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2); //entradas no arduino

Servo acid1; //criando um objeto para controlar o servo 1 acido

Servo base1; //criando um objeto para controlar o servo 3 basico

int pos = 0; // define variável posição como 0

int posb = 0; //define a variável posição b como 0

int estado1 = 0; //variável definindo a posição dos servos acidos

int estado2 = 0; //variável definindo a posição dos servos basicos

int botao = 8; //define o pino do botão

int contador = 0; //zera o contador

int contadorb = 0; //zera o contador b

int pinoSensorLuz = A2; //define o pino em que o LDR será conectado

int valorLuz = 0; //define variavel do valor do LDR como 0

int LDR = 0; //define variável do valor LDR com modificações como 0

int ph_pin = A0; //This is the pin number connected to Po

int calibrar = 6; //define o pino do botao

int voltage = 0;

void setup() {

    // linhas e colunas do lcd:

    lcd.begin(16, 2);

    // colocando cursor na coluna 0 e linha 0

    lcd.setCursor(0, 0);

```



```

// mensagem de pH.

lcd.print("pH=");

// colocando cursor na coluna 0 e linha 1

lcd.setCursor(0, 1);

// mensagem de temperatura

lcd.print("Temp=");

//Mensagem de início do monitor

Serial.println("Valores de potenciometro e sensor");

//Comunicação serial

acid1.attach(7);// coloca o servo no pino 7 para o objeto do servo

base1.attach(10);// coloca o servo no pino 10 para o objeto do servo

pinMode(A0,INPUT); // coloca como input o sensor de pH

pinMode (A1, INPUT); // coloca como input o sensor de temperatura

pinMode (botao, OUTPUT); //define pino do botão como saída

pinMode(pinoSensorLuz,INPUT); //define pino do LDR como entrada

Serial.begin(9600); //inicia o monitor serial

}

void loop() {

//CALIBRAGEM

if (digitalRead(calibrar)== HIGH){ //se o botao for pressionado

int measure = analogRead(ph_pin);

Serial.print("Measure: ");

Serial.print(measure); //comeca a medição

double voltage = 5 / 1024.0 * measure; //classic digital to voltage conversion

```

```

Serial.print("\tVoltage: ");

Serial.print(voltage, 3); //tensao

// PH_step = (voltage@PH7 - voltage@PH4) / (PH7 - PH4)

// PH_probe = PH7 - ((voltage@PH7 - voltage@probe) / PH_step)

float Po = 7 + ((2.5 - voltage) / 0.18);

Serial.print("\tPH: ");

Serial.print(Po, 3);

Serial.println("");

}

else if (voltage >= 2.50 && voltage <= 2.53){

Serial.print("Calibrado!");

}

else{

// leitura do valor pin A0

valorLuz = analogRead(pinoSensorLuz); //le o valor do LDR

LDR = map(valorLuz, 1023, 0, 0, 100); //transforma a variação em porcentagem

int valor = analogRead(A0); //Lendo resultados de saída analógica A0

float volt = float(valor) / 1023 * 5.0; //convertendo resposta do sensor de temperatura para
volts

float pHValue = 2.63 * volt - 0.36; //convertendo valor de tensão para escala de pH

if (pHValue > 7.4 && pos == 0){ //caso o ph esteja maior do que 7.4 e o servo esteja em 0

for (pos = 0; pos <= 180; pos += 1){ // servo vai de 0 graus a 180 graus em passos de 1
grau

pos = 180; //trava o servo em 180 graus

```

```

acid1.write(pos); //servo acido 1 na posição 0

}

}

if (LDR >= 15 && pHValue>7.4) //caso a variação do valor do LDR seja maior do que
15%

{

contador++; //adiciona mais um no contador (contando gotas)

}

if (contador >= 7) //se o contador chegar a 7 gotas

{

pos = 0; //define a variável como 0

for(pos = 180; pos >= 0; pos -= 1){ // servo vai de 180 graus a 0 graus

acid1.write(pos); // fala para o servo básico 3 ir para a posição "pos"

delay(100); //espera 10ms para o servo atingir a posição

contador = 0; //zera o contador

contadorb = 0; //zera o contador b

posb = 0; //zera a variavel posição b

}

delay(14400000); //delay de 4 horas

pos = 0; //zera a variável posição

}

if (pHValue<6.8 && posb == 0 ){ //valor do pH for menor que 6.8, realizar rotina abaixo

for (posb = 0; posb <= 180; posb += 1){ //motor vai de 0 a 180 graus em passos de 1 grau

posb = 180; //trava o motor em 180 graus

```

```

    base1.write(posb); //comando para o servo ir para a posição "posb"

    }

    }

    if (LDR >= 15 && pHValue<6.8) //se o LDR estiver com uma variação maior do que 15 e o
    pH for menor do que 6.8

    {

        contadorb++; //conta mais um no contadorb

    }

    if (contadorb >= 7) //se o contador b for maior ou igual a 7 (gotas)

    {

        posb = 0; //zera a variável

        for(posb = 180; posb >= 0; posb-= 1){ // servo vai de 180 graus a 0 graus

            base1.write(posb); // fala para o servo ir para a posição "pos"

            delay(100); //espera 10ms para o servo atingir a posição

            contadorb = 0; //zera o contador b

            contador = 0; //zera o contador

            pos = 0; //zera a variável posição

        }

        delay(14400000); //delay de 4 horas definido pelo fabricante do produto para segurança dos
        peixes

        posb = 0; // zera a variável posição b

    }

    // leitura do valor pin A1

    int tmp = analogRead(A1);

    // Conversão do valor para mV

```

```

float mv = (5000 / 1023.0) * tmp;

// Conversão de mV para graus celsius

float Temp = mv / 10;

//Imprime no monitor serie

Serial.print("Volts = ");

Serial.println(volt);

Serial.print("pH = "); //imprime "pH=" no display

Serial.println(pHValue); // imprime o valor da variável pHValue no display

Serial.print ("Temperatura = "); //imprime "Temperatura=" no display

Serial.println (Temp); // imprime o valor da variável Temp no display

// colocando cursor na coluna 5 e linha 0

lcd.setCursor(5, 0);

// printa dado do sensor pH:

lcd.println(pHValue);

// colocando cursor na coluna 7 e linha 1

lcd.setCursor(7, 1);

// printa dado do sensor de temperatura:

lcd.println(Temp);

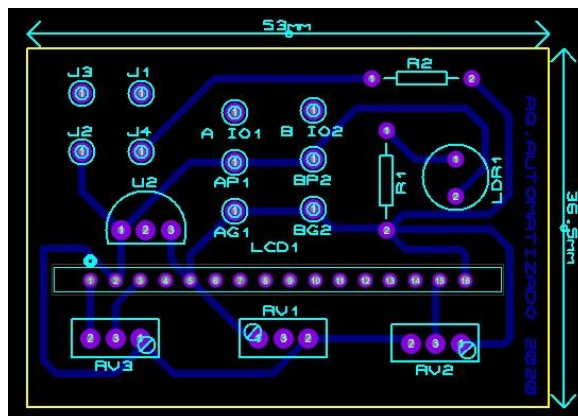
}

}

```

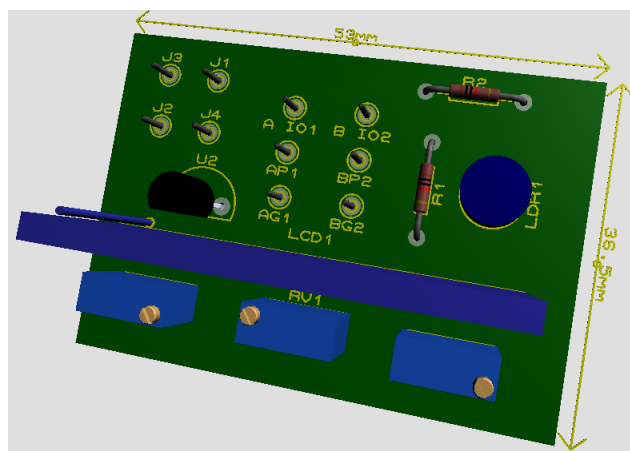
2.13 Placas e PCD dos circuitos

Figura 31 - Circuito PCD 01



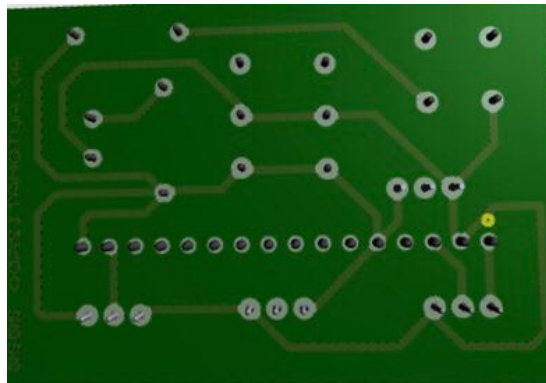
Fonte: Autoria Própria, 2020.

Figura 32 - Visualização da placa PCD ângulo 01



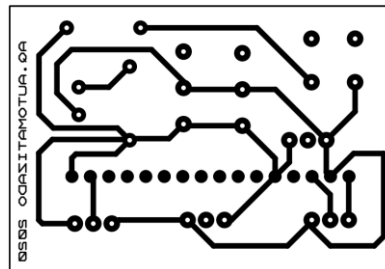
Fonte: Autoria Própria, 2020.

Figura 33 - Visualização da Placa PCD ângulo 02



Fonte: Autoria Própria, 2020.

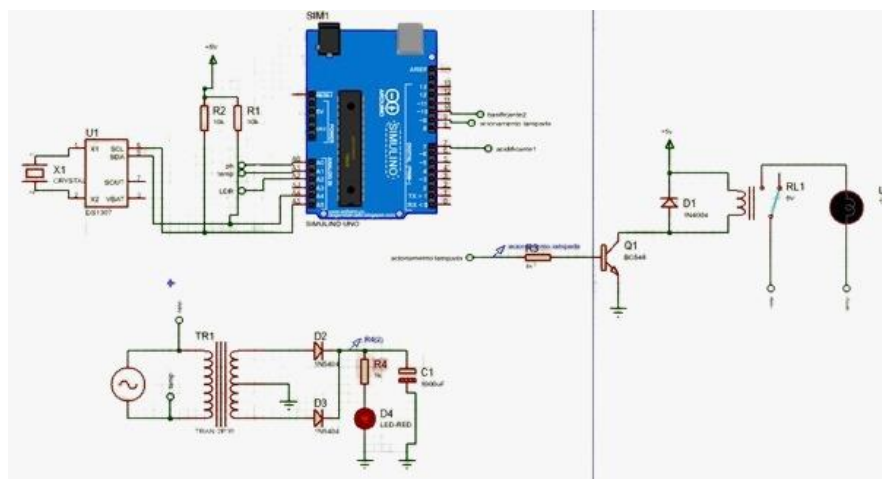
Figura 34 - Circuito Impresso da Placa PCD



Fonte: Autoria Própria, 2020.

2.14 Módulo RTC com Arduino para controle de tempo para programação de acionamento de lâmpada.

Figura 35 – Exemplificação do módulo RTC em pleno funcionamento



Fonte: Autoria Própria, 2020.

2.14.1 Código de funcionamento

```
//Modulo RTC para controle de tempo e programação de acionamento de lâmpada 220V
#include <RTCLib.h>
//inclusão das bibliotecas necessárias
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#include "RTCLib.h"

int led = 9; //definindo o pino para programar a lâmpada
RTC_DS1307 rtc; //definindo qual módulo da biblioteca será usado

void setup ()
{
    rtc.begin(); //aciona o módulo rtc
    DateTime hour = rtc.now(); //define a variavel hour como a leitura do rtc

    pinMode(9,OUTPUT); //define o pino de saída no arduino como 9 para ligar a lâmpada

    rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__))); //atualiza automaticamente o horário de
    acordo com o horário do computador utilizado para programação
}

void loop ()
{
    DateTime now = rtc.now(); //define a variável now com a leitura do rtc

    if (now.hour() == 18) // se o horário atual for 18
    {digitalWrite(led,LOW); // o LED é desligado
    }
```

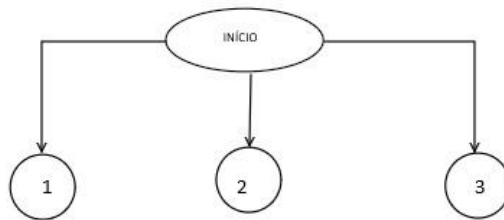


```
else if (now.hour() >= 8 && now.hour() < 18) // se o horário atual for maior ou igual a 8 horas
o led acende
//se o horário for menor que 18 ele apaga
{
digitalWrite(led,HIGH); //definindo quando ligar a saída 9
}
delay (50);
}
```

2.15 Fluxograma geral

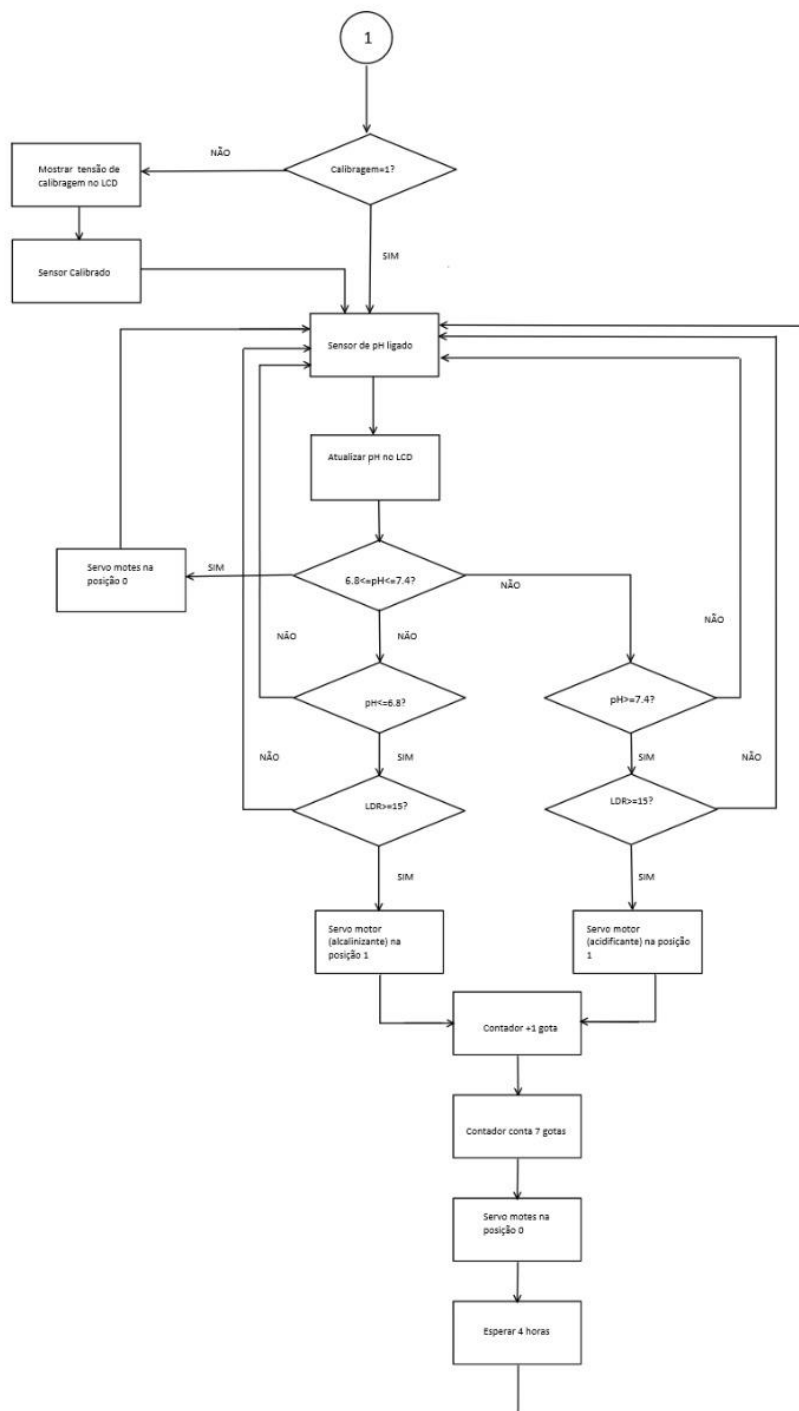
Serve para nos mostrar o quadro geral de todos os possíveis problemas assim como as devidas decisões que seriam tomadas, que podem acontecer no período de utilização do protótipo.

Figura 36 - Demonstração Fluxograma Geral Início



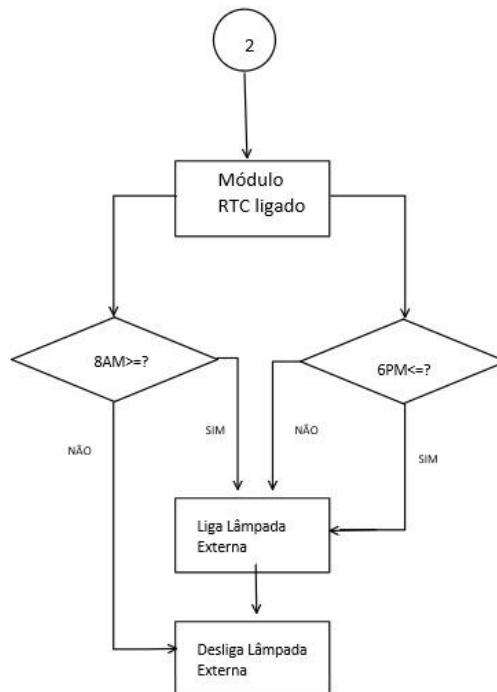
Fonte: Autoria Própria, 2020.

Figura 37 – Demonstração fluxograma parte 1



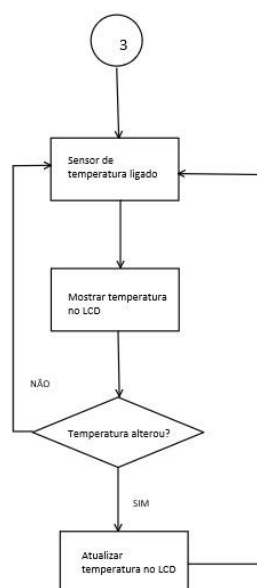
Fonte: Autoria Própria, 2020.

Figura 38 – Demonstração fluxograma geral parte 2



Fonte: Autoria Própria, 2020.

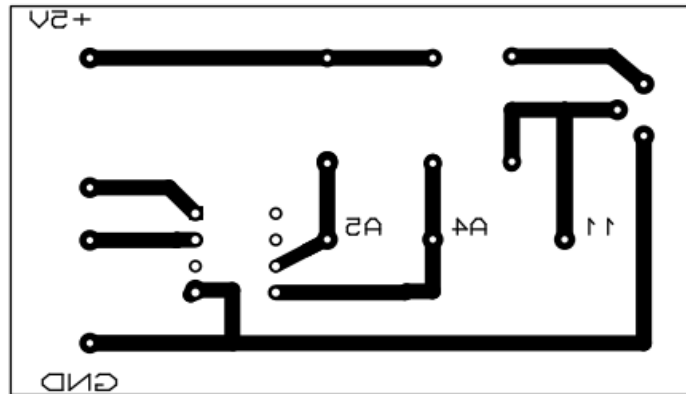
Figura 39 – Demonstração fluxograma geral parte 3



Fonte: Autoria Própria, 2020.

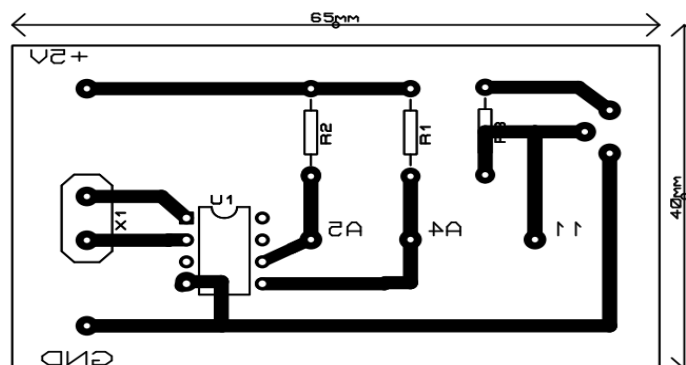
2.16 Modelo PCB RTC

Figura 40 - Circuito Impresso do RTC



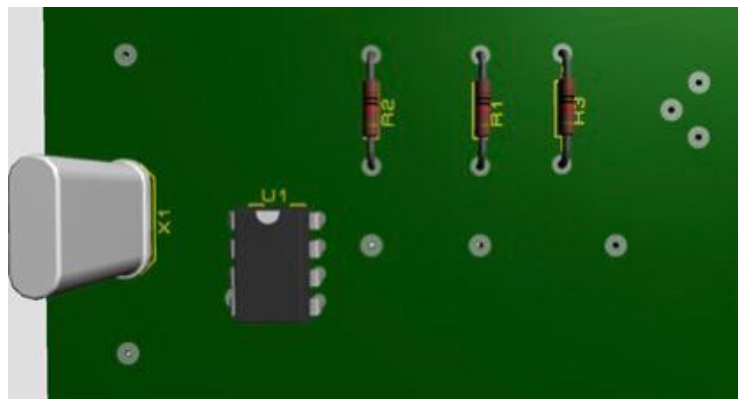
Fonte: Autoria Própria, 2020.

Figura 41 - Circuito pronto para a realização em placa



Fonte: Autoria Própria, 2020.

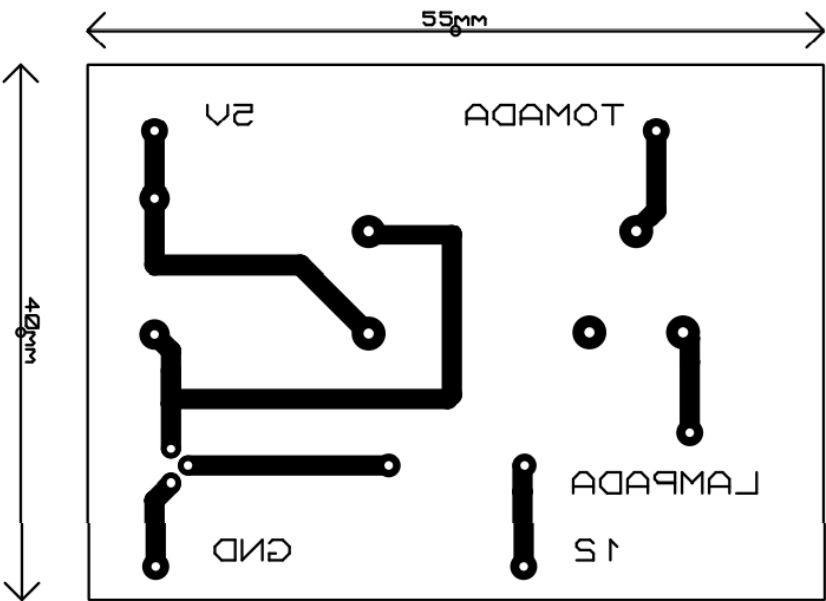
Figura 42 - Demonstração da placa já com os componentes



Fonte: Autoria Própria, 2020

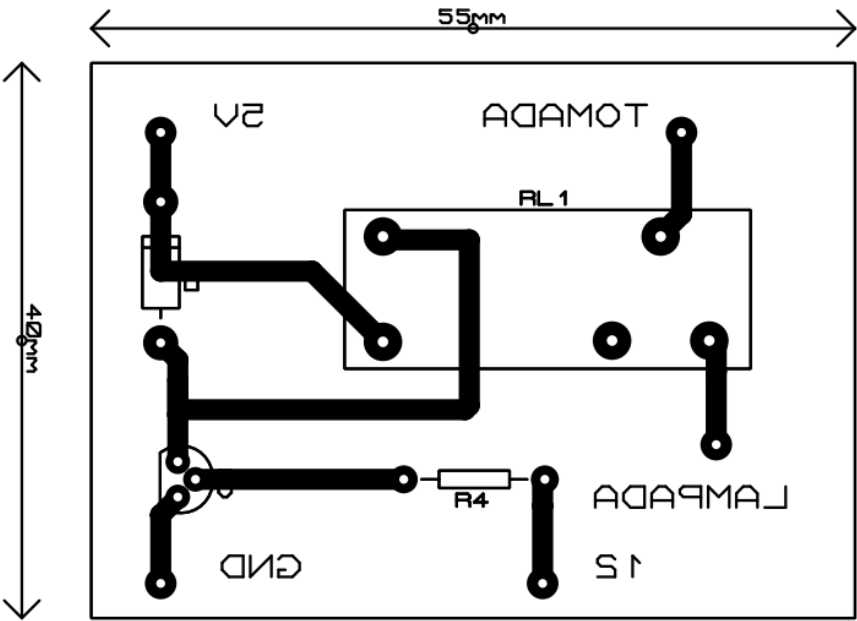
2.16.1 Relé utilizado para acionamento da lâmpada

Figura 43 - Dimensões da Placa: Relé e Lâmpada



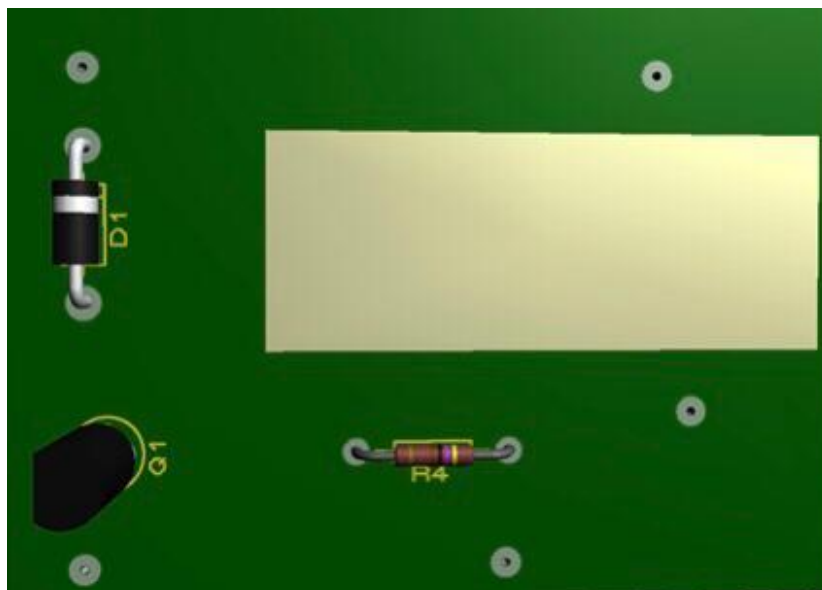
Fonte: Autoria Própria, 2020.

Figura 44 - Circuito em formato de placa para a realização do projeto



Fonte: Autoria Própria, 2020

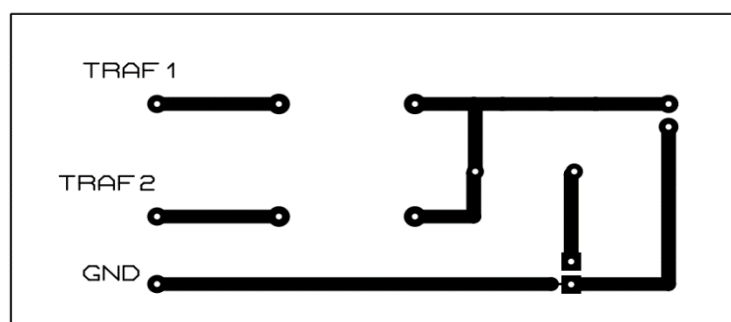
Figura 45 - Circuito em placa 3D já com os componentes



Fonte: Aatoria Própria, 2020.

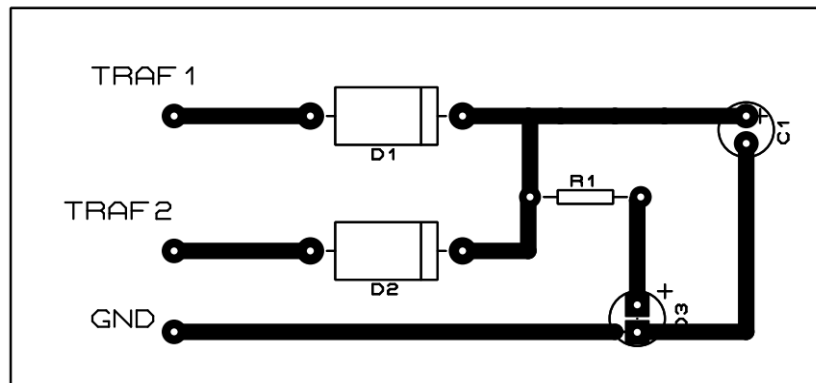
2.16.2 Fonte

Figura 46 - Circuito impresso fonte



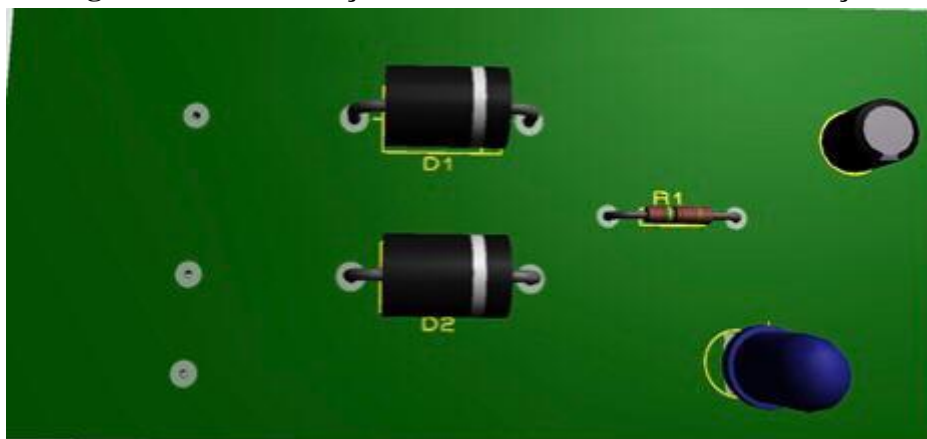
Fonte: Aatoria Própria, 2020

Figura 47 - Esquema circuito da fonte de alimentação



Fonte: Aatoria Própria, 2020.

Figura 48 - Visualização 3D circuito da fonte de alimentação



Fonte: Aatoria Própria, 2020

2.17 Manuais de instrução

2.17.1 Manual de instruções: limpeza geral

- Retire o peixe com o auxílio de uma rede e o transfira para um recipiente com água; podendo ser a água do próprio aquário, ou da torneira.
- Esvazie o aquário, retirando, portanto, todos os adereços (desde plantas; pedras e/ou esconderijos, caso seja necessário) assim como, deverá ser retirado todo o equipamento eletrônico;
- Tendo o aquário esvaziado; com o auxílio de uma esponja de louças (pode ser utilizado esponja natural). A esponja precisa ser nova, por isso recomenda-se cortar a esponja em

diversos pedaços para que a mesma dure por mais tempo. O mais recomendado é usar a parte macia da esponja, pois a parte mais áspera pode arranhar o vidro. Lave as paredes do aquário; não pode ocorrer de forma alguma a utilização de produtos que possuam cloro;

- Os adereços devem ser lavados separadamente com água corrente em abundância, não se deve utilizar nenhum aditivo de limpeza que possua cloro;
- Os componentes eletrônicos, em foco nos eletrodos utilizados, devem ser lavados após retirados do aquário com água e sabão neutro; tomando cuidado com o bulbo do eletrodo para não danificar;
- Após todos estes passos, as pedras (se existirem) devem ser colocadas no fundo do aquário e posteriormente os adereços que o compõe. Os componentes eletrônicos devem ser inseridos devidamente em seus lugares;
- Certifique-se que o eletrodo não apresente nenhum resquício de sabão;
- Encha o aquário com água;
- Espere em média 5 minutos para que todo o processo da regulação da água e do aquário estejam propícias para que o peixe possa ser transferido do recipiente em que o fora colocado durante esse processo de limpeza;
- Com o peixe devidamente recolocado (retire-o do recipiente temporário e o coloque com o auxílio da rede no aquário), verifique novamente as medidas para ver se não tem nenhum erro;
- Passe um pano úmido no exterior do aquário para garantir limpeza total, esse processo deve ser feito somente com água para que não corra o risco de nenhum produto de limpeza entre em contato com a água;
- O processo de limpeza deve ser feito a cada 15 dias.

2.18 Manual de instruções: avisos importantes e calibração

- Um peixe para um aquário de 20 L; quanto mais peixes maior o aquário;
- Não alimente o peixe mais de duas vezes ao dia;
- Sempre verifique a qualidade da água; se ocorrer o aparecimento de musgo com frequência troque todos os adereços;

- Certifique-se que os adereços estão devidamente colocados, não existe a necessidade de um aquário muito enfeitado;
- Nunca coloque uma solução clorídrica em contato com o peixe;
- Na limpeza do ambiente sempre utilize água corrente; apenas nos componentes que pode ser usado sabão neutro, contudo com a certificação que não se tenha resquícios;
- Para a regulação do potencial hidrogeniônico (pH), utilize as soluções Labcon Acid e Labcon Alkali; produtos estes encontrados facilmente na internet;
- Como o peixe Betta vive em lugares com pouca luz, não coloque o aquário em lugares com alta incidência solar;
- Sempre verifique se o aquário está conectado na tomada;
- Com todos esses cuidados e orientações apresentadas, o peixe terá seu bem-estar garantido.

2.18.1 Calibração

No momento de limpeza e desmontagem de seu aquário é de suma importância que seja feita a calibração do sensor de pH. Através de uma solução tampão (pH = 7.0) é necessário seguir alguns passos simples, mas que devem ser feitos com atenção:

1- Retire uma pequena quantidade de água do aquário e mantenha em um recipiente (água suficiente para seu peixe conseguir mergulhar);

2-Retire o peixe do aquário com a utilização de uma redinha e deixe-o no recipiente com água de seu aquário;

3 - Desligue o aquário da tomada e com ajuda de um sifão retire 30% da quantidade de água;

4- Esvazie o conteúdo de acidificante e alcalinizante;

5 - Desencaixe o sensor de pH, que se encontra no fundo de seu aquário;

6- Limpe o sensor com água destilada corrida;

7- Mergulhe o sensor na solução tampão;

8- Ligue o aquário na tomada;

9- Pressione o botão que se encontra na caixa de circuito, na parte traseira do aquário, está sinalizado como

10- Ao pressionar o botão repare que o LCD agora mostra 3 valores;

11- Verifique o valor que está após "Voltage";

12- Há um potenciômetro, próximo ao botão, com ele você poderá alterar a tensão;

13- Caso o valor de "Voltage" esteja abaixo de 2,53, com muito cuidado gire o potenciômetro em sentido horário até chegar em exatamente 2,53;

14- Caso o valor de "Voltage" esteja acima de 2,53, com muito cuidado, gire o potenciômetro em sentido anti-horário, até chegar em exatamente 2,53;

15- Após feito o ajuste o circuito voltará a funcionar normalmente, então desligue o aquário da tomada, limpe o sensor com água destilada corrida, posicione o sensor de pH de volta em seu lugar e prossiga com a limpeza interna e com a troca de água.

Obs: Em hipótese alguma mexa no potenciômetro ao lado do botão antes de seguir todos passos da CALIBRAÇÃO. Caso mude o estado por alguma interferência, imediatamente retire o peixe do aquário e siga o procedimento correto em CALIBRAÇÃO.

2.19 Manual de erros e atrasos nas medições

2.19.1 Sensores:

- Sensor de Temperatura - LM35
 - 1) O período de atraso de medição do LM35, segundo fabricante, é de 250 ms.
 - 2) LM35 não é um componente à prova d'água. Se não isolado corretamente com termo retrátil ou outro isolante, o circuito pode entrar em curto-circuito.
 - 3) A temperatura a ser exposto não deve passar do período entre 10-50 °C para que obtenha perfeita operação.
- Eletrodo de pH E201C
 - 1) A faixa de medição é de 0 a 14 pH, com um leve desvio de 0,57% segundo o fabricante (AKSO).
 - 2) A temperatura de operação deve ser de 5 a 70 °C. O desvio padrão costuma ser de 0,57%, mas entre as temperaturas 60-70 °C pode ser que tenha um desvio mais alto, de 0,57% a 0,63% devido a atividade presente da temperatura.
- LDR

- 1) O LDR pode sofrer uma variação de interferência com a luz externa, pois é de suma importância que ele esteja atentamente ligado com os movimentos das gotas;
- 2) O tempo de reação do LDR é de 33 ms ~ 275 ms dependendo do fabricante;
- 3) A intensidade luminosa de reação com o agente de movimento pode causar algumas interferências quando em contato com outros tipos de superfície.

2.19.2 Precauções

2.19.2.1 Físicas

- A água do reservatório deve, mesmo estando com o pH equilibrado, ser trocada em um intervalo de tempo específico por conta dos resíduos liberados pelo peixe ração e relacionados, tornando-a desagradável ao ser e causando mau odor.

O intervalo de limpeza deve ser de 10 a 15 dias.

- O sensor LM35 deve estar, a todo momento, vedado por relé térmico em todo o seu envoltório que estará submerso em água. Essa sentença deve ser obedecida durante a montagem do aquário.
- A parte elétrica não deve e não é adaptada para estar em contato com a água e não é resistente a resquícios. Manter parte elétrica de funcionamento sempre dentro de proteção plástica localizada na lateral do aquário.
- O filtro de ponta deve estar colocado corretamente com o eletrodo a fim de ajustar os seus valores para que não tenha um entupimento.
- Mantenha cuidado em posicionar o display LCD, coloque o mais longe possível do contato da água, pois mesmo o colocando pela parte de fora, o LCD não pode conter contato com nenhuma gota possível.
- Os servos motores devem estar ajustados de modo que liberem corretamente os acidificantes e os alcalinizantes, tendo uma distância mínima da água de 5mm.
- A temperatura pode conter interferência com o estado externo se posicionada incorretamente, sofrendo uma variação de 1 °C – 1,43 °C segundo o fabricante.
- As lâmpadas também devem estar posicionadas de modo que não tenham contato com a água, pois não são componentes à prova d'água.

2.19.2.2 Digitais

As placas de circuito integrado devem obedecer a lei de separação do caminho de cobre o circuito elétrico, portanto a lei obedecida é de ao menos 1mm de distância para 0,5 mm de espessura do caminho de cobre.

- Verifique se a plataforma de utilização da programação é a mesma, assim como a linguagem de programação utilizada também é. Caso contrário, a programação pode ser obedecida de outra forma.
- Faça questão de obedecer às separações dos componentes eletrônicos conforme a placa indicada, tal que não sofra superaquecimento na sua montagem por falta de espaço.

2.20 Questionário de perguntas frequentes

1. O que fazer quando o acidificante ou alcalinizante exagerar o valor nominal?

R: Dependendo do desvio (de 2%~5%) de acidificante/alcalinizante, não ocorrerá nenhum problema notável. Caso o valor tenha sido visualmente exagerado, é necessária a troca da água.

2. O meu peixe não está favorecido com a temperatura da água, o que pode ser?

R: Verifique se está posicionado corretamente o sensor de temperatura conforme o solicitado no manual de uso e confira se a temperatura está adequada para o peixe (em torno de 25 °C - 30 °C).

3. A lâmpada não está aplicando a intensidade luminosa que deveria, como corrigir?

R: Verifique se a lâmpada está posicionada corretamente e faça testes prévios para verificar se há algo de errado nela. Caso esteja com problemas notáveis (como a luz previamente piscando), contate o fabricante ou o vendedor para solicitação de troca.

4. A água não está bombeando como deveria e a bomba está entupida. O que posso fazer para corrigir?

R: Confira no site do fabricante da bomba de aquário o método para limpeza. A limpeza de cada bomba varia dependendo do seu modelo, pois algumas são de desengate de caixa e outras com engate fixo.

5. A caixa responsável pelos equipamentos eletrônicos molhou, o que fazer?

R: Alguns respingos não condizem com algum problema notório, dependendo da caixa utilizada. Para evitar mais problemas, faça questão de posicioná-la ao menos 10cm de distância do aquário.

6. O display LCD não está aparecendo nada. O que pode ser?

R: Verifique a pinagem do display se está posicionada corretamente. Tome cuidado com problemas de inversão de sinais e posições.

7. O backlight do meu display LCD não está mostrando mais. O que pode ser?

R: Dependendo do LCD utilizado, alguns podem consumir muita corrente de forma que exagere a corrente requerida para uso. Se este for o caso, faça questão da troca do equipamento dependendo do seu tempo de utilização.

8. A caixa de equipamentos eletrônicos está superaquecida. O que devo fazer para correção?

R: Verifique se a posição dos componentes está separada como solicitado durante o manual. Se este for o caso, por favor obedeça às regras de separação para que não ocorra nenhum problema com os produtos.

Como os solutos são misturados de maneira eficaz?

A água possui diferentes ações de acordo com o choque de suas moléculas. Quando parada, a água atinge estabilidade de tal forma que qualquer líquido/substância que tente se misturar a ela terá dificuldades, justamente pela estaticidade das moléculas de H₂O.

Entretanto, se levado em condições presentes no aquário, que estará com presença da bomba, a água estará em constante movimento, o que acelerará o processo de mistura e reação do acidificante e alcalinizante no processo físico e químico.

Qual a funcionalidade efetiva dos servos motores para distribuir os acidificantes e alcalinizantes na água?

Os servos motores funcionam, como o próprio nome diz, como uma ação mecânica para mover para cima e para baixo o equipo, que é o que efetivamente fará o acidificante e alcalinizante serem arremessados à água. O equipo é ajustável manualmente de acordo com a quantidade de gotas por segundo desejadas pelo portador do aquário.

Uma vez que o aquário é ajustável de acordo com o sensor, fica a gosto do consumidor ajustar o tempo de lançamento das gotas no aquário, tendo em posse que quanto mais gradual a mudança do pH, mais seguro é para a saúde do animal.

Qual a influência das águas e resquícios de plantas e fungos aquáticos na menção do pH, luminosidade e temperatura?

Há determinadas plantas e objetos que podem favorecer as condições de sobrevivência do peixe dentro do aquário. Para isso, há tanto objetos que aumentam, quanto os que diminuem o pH do meio. Isso pode ser pensável para os usuários que desejam um aquário equilibrado de maneira mais natural e que o sistema de ajuste de pH seja utilizado apenas para melhorias menores no pH.

Um dos principais exemplos de objetos possíveis de serem colocados dentro de aquários para peixes de pH neutro (como o caso do betta) é, para diminuir o pH, utilizar tronco de madeira seca e para aumentar, Cascalho de base de dolomita.

Como fazer o circuito não molhar?

O circuito elétrico está totalmente protegido por um gabinete plástico, tanto a parte de alta tensão, quanto a de baixa tensão, localizado ao lado do aquário devidamente parafusado. A parte mecânica e elétrica dos servos motores estão cobertos com termo retrátil para aguentar resquícios de água durante manutenções e similares.

Qual filtro utilizar para proteger o eletrodo de resquícios do aquário? Como medir pH contínuo?

O eletrodo está acompanhado à um filtro de seu formato e tamanho cabível ao eletrodo. Localizado na parte inferior central do aquário, o filtro de aço inox barrará macro resquícios, prolongando a vida útil do sensor.

Figura 49 – Filtro do eletrodo



Fonte: Autoria Própria, 2020.

O eletrodo escolhido pode ser medido continuamente, mas deve, portanto, ser submerso por um período de 30 minutos (informação de fabricante) em solução tampão neutra para ser devidamente calibrado. O filtro deve ser lavado juntamente ao período de manutenção com água corrente de torneira e, se possível, uma esponja de cozinha. Vale lembrar que, assim como provado nas tabelas, gráficos e comparativos que, quanto mais tempo demorar a manutenção do aparelho, mais imprecisa será a medição ajuste de pH. Para mais informações, checar gráfico de desvio padrão.

Como construir um protótipo com proporcionalidade variável do volume do aquário?

O volume do aquário é fixo. Contudo, é perfeitamente possível colocar o sistema em outro aquário, de medidas totalmente diferentes que não haverá diferença de medida, uma vez que o sensor trabalhará apenas com a variável pH e não com variável volume.

2.21 Planilha Materiais

Nº dos componentes	Nome dos componentes	Especificações básicas	Quantidade	Preço	Total
1	Aquário	20L	1	109,99	109,99
2	Arduino	-	1	24,89	24,89
3	Capacitor 1000µF	Tensão 25V	4	0,76	0,76
4	Decoração Natural	-	1	10	10
5	Diodo 1N4004	-	4	0,36	1,44
6	Diodo 1N5404	-	4	0,08	0,24
7	Diodo Laser	-	1	4,9	9,8
8	Display LCD	Tamanho 16x2	1	17,9	17,9
9	Eletrodo pH	E20iC	1	119,37	119,37
10	Equipo Macrogotas	DESCARPACK	2	1,44	2,88
11	Lâmpada Led	9W- branca	1	6,99	6,99
12	LDR	5mm	1	0,43	0,43
13	Led	Alto brilho 4mm	4	0,24	0,96
14	LM35	-	1	10,9	10,9
15	Módulo RTC	-	1	9,9	9,9
16	Pedras dolomita	1Kg	1	4,99	4,99
17	Potenciômetro 250Ω	23mm	2	30	60
18	Relé	-	1	28,9	28,9
19	Resistor 10kΩ	-	4	0,04	0,16
20	Resistor 1kΩ	-	4	0,04	0,16
21	Servo Motor	9G SG90	4	12,4	49,6
22	Solução Ácida	Acid Labcon	1	11,99	11,99
23	Solução Alcalina	Alcali Labcon	1	9,9	9,9
24	Super Bonder	-	1	1,4	1,4
25	Termistor	NTC 5mm 10K	2	1,5	3
26	Transformador	12V+12V 2A	1	40,9	40,9
27	Transistor BC548	-	4	0,18	0,72

Tabela 7 - Materiais utilizados no Projeto

Fonte: Autoria Própria, 2020.

2.21.1 Links para compra dos materiais

Componente 01:

https://www.americanas.com.br/produto/84053208?WT.srch=1&sellerid=17616369000126&epar=bp_pl_00_go_inf-aces_acessorios_geral_gmv&opn=YSMESP&acc=e789ea56094489dffd798f86ff51c7a9&i=5bff5cddeec3dfb1f87f4385&o=5cfc0fda6c28a3cb50e6ecfe&gclid=CjwKCAiAINf-BRB_EiwA2osbxS8joiXIXMxIA5YX-guA7wjFjgCQi5G2VzEjW7s2l2ynrsECcgphnxoCYM0QAvD_BwE

Componente 02: https://www.petz.com.br/produto/aquario-de-vidro-retangular-teruo-yamamoto-para-peixes-74392?gclid=CjwKCAiAINf-BRB_EiwA2osbxOWhrnyrWQKq90PYBYU72Y6D7GvE93H-rz4IGswZNNp9xtqyzQbmRoCOq8QAvD_BwE

Componente 03: https://www.baudaeletronica.com.br/capacitor-eletrolitico-1000uf-25v.html?gclid=CjwKCAiAlNf-BRB_EiwA2osbxUllIEJdtvYgtoHAW3IH33jtwuCEOyKtrGhtzh6Y1SxeAgIbTpCSR0Cpw4QAvD

Componente 04: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1607878035-monte-seu-kit-de-plantas-naturais-para-aquarios-plantados-_JM?matt_tool=54652189&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=6542489221&matt_ad_group_id=75369445101&matt_match_type=&matt_network=u&matt_device=c&matt_creative=385170231506&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=&matt_merchant_id=266663317&matt_product_id=MLB1607878035&matt_product_partition_id=306873137720&matt_target_id=pla-306873137720&gclid=CjwKCAiAlNf-BRB_EiwA2osbxMeEG83hmxTGFR_QFERj_XxUmSCS4M4IAxK-yh-hwpaERY6Q2JXOhoCpkAQAvD_BwE

Componente 05: https://www.baudaeletronica.com.br/diodo-1n4004.html?gclid=CjwKCAiAlNf-BRB_EiwA2osbxaIQeHNjSl9oJ9XIYbWOnWSxuirIfApvhIoU1W_ZWnSF8Ewmyq7X6xoCR9oQAvD_BwE

Componente 06: https://www.baudaeletronica.com.br/diodo-1n5404.html?gclid=CjwKCAiAlNf-BRB_EiwA2osbxfBIaZIKKVLUrdRJIqGEPsLpoZXNvqIxbM3UrvteuanRcNhr2e8oxoChkQAvD_BwE

Componente 07: https://www.eletrogate.com/diodo-laser-5v-arduino?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&gclid=CjwKCAiAlNf-BRB_EiwA2osbxZv_cC0H4_iUQZMVjdOyZh7UnnpQ4KWYDEI9qZdxK3VwFFbbap_mWBoC64wQAvD_BwE

Componente 08: <https://www.google.com/search?q=display+lcd&sxsrf=ALeKk02OohDw0wLAG6G27WAMAYSHm6xwbg:1607900369928&source=lnms&tbm=shop&sa=X&ved=2ahUKEwj>

x4jTh8ztAhUVHbkGHau8BloQ_AUoAXoECA8QAw&biw=1366&bih=657#spd=10859
974607084638503

Componente 09: https://loja.akso.com.br/produto/eletrodo-de-ph-e201c-599?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=shopping&dfw_tracker=27060-599&gclid=CjwKCAiAlNf-BRB_EiwA2osxbfT_uE5yEYtc-YLsnjKWXcT-qDJ-C9PaTJ4t8aNU7teMueC-Br3JR0CVD4QAvD_BwE

Componente 10: https://www.utilidadesclinicas.com.br/equipo-macrogotas-simples-descarpack-des16069a.html?gclid=CjwKCAiAlNf-BRB_EiwA2osxbYy9jaeyq4oI1ec-Rbfq3aiWGpPW0L4JmvoYr65nGxV3dfMVna3rxoCmcQQAvD_BwE

Componente 11: https://www.leroymerlin.com.br/lampada-led-bulbo-luz-branca-9w-lexman-bivolt_89905116?store_code=5&gclid=CjwKCAiAlNf-BRB_EiwA2osbxTMIJGX9sYFWS8PGI71aq9SZSDsMRdgQS7VgePGrdtlwNEiT2EWz-hoCFf8QAvD_BwE

Componente 12: https://www.baudaeletronica.com.br/ldr-5mm-sensor-de-luminosidade.html?gclid=CjwKCAiAlNf-BRB_EiwA2osbxdb7WWJpr-sJ4CAY010n1OLuArfSNBSLpBlSsZA2Eogq-Rcjkp-qVR0CfO4QAvD_BwE

Componente 13: https://www.baudaeletronica.com.br/led-de-alto-brilho-vermelho.html?gclid=CjwKCAiAlNf-BRB_EiwA2osbxaw9MkvjJv7s7-pI0zy6QysW_MFNc40b-Ht8tz9BDyGY4JZau1HMBhoCXdAQAvD_BwE

Componente 14: https://www.baudaeletronica.com.br/sensor-de-temperatura-lm35.html?gclid=CjwKCAiAlNf-BRB_EiwA2osbxR5-bbmrKYN38IITrcz4GvF1VA8ZJ-8acpjkPABYUydc7uVG7vhafRoC2dMQAvD_BwE

Componente 15: https://www.eletrogate.com/modulo-real-time-clock-ds1302?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&gclid=CjwKCAiAlNf-BRB_EiwA2osbxZoX8cNhNodGbVB1Uxdk2Y_LIE7muuMLMb3ZyZyBPJEmknogcHmCihoCFxQQAvD_BwE

Componente 16:
<https://www.google.com/search?q=pedras+dolomitas+aquario&sxsrf=ALeKk00sq53OBk>

WihybwLrf2MvVg0C3zew:1607902876759&source=lnms&tbm=shop&sa=X&ved=2ah
UKEwj7prX-
kMztAhXCEbkGHU14C6gQ_AUoAXoECAMQAw&biw=1366&bih=657#spd=1547629
2020426568450

Componente 17: https://www.isacomp.com.br/MLB-1549226852-2x-potenciometro-250r-b-linear-23mm-_JM

Componente 18: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1440044549-modulo-rele-rele-4-canais-5v-10a-para-arduino-pic-automaco-_JM#position=4&type=item&tracking_id=146cf0f8-b706-477a-b1d1-892f658232e3

Componente 19: https://www.baudaeletronica.com.br/resistor-10k-5-1-4w.html?gclid=CjwKCAiAInf-BRB_EiwA2osxbjf1SnWODMwWyyFQP431CiuhS3NrR9yLCaay547lo1C7XNj0XswKxoCwrwQAvD_BwE

Componente 20: https://www.baudaeletronica.com.br/resistor-1k-5-1-4w.html?gclid=CjwKCAiAInf-BRB_EiwA2osbxaBW2d7PcibU4zBVYpyDqnnivSukExKScAHlf8XojauTSIAAmjCHHhoC2oIQAvD_BwE

Componente 21: https://www.lojadarobotica.com.br/micro-servo-motor-9g-sg90-towerpro?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&gclid=CjwKCAiAInf-BRB_EiwA2osbxYL7DallQEH6_mhXHV2KN--TiXgtax9Y9hyVELShOzwpeXyZqmqO8hoCY2oQAvD_BwE

Componente 22: https://www.petz.com.br/produto/condicionador-agua-labcon-peixes-acid-78460?gclid=CjwKCAiAInf-BRB_EiwA2osbxVxq_hgVcCUbNHX1_kUQuHS9NV2bhK8AaWt5re5kS5a0tVbepJafbRoC5fkQAvD_BwE

Componente 23: <https://www.cobasi.com.br/alcalizante-labcon-alcon-3182303/p?idsku=182303>

Componente 24: <https://www.tendaatacado.com.br/produto/Cola-Super-1000-Three-Bond-2g-16725?gclid=CjwKCAiAInf->

BRB_EiwA2osbxQZHYFnqII90cJcMlqRpsUfu7crJ7W1-
iQOSvNBB5XZVQEobjT9yuBoC7_sQAvD_BwE

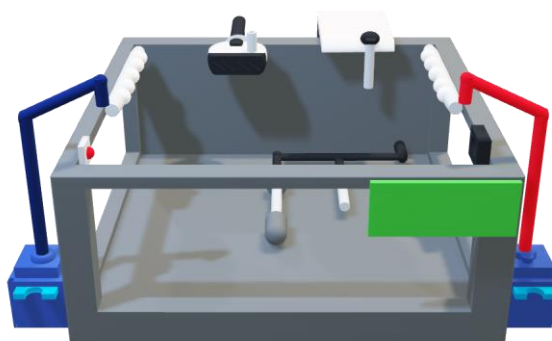
Componente 25: https://www.eletragate.com/termistor-ntc-5mm-10k?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&gclid=CjwKCAiAlNf-BRB_EiwA2osbxSCnZ1JdFrYiJq0S_6Pw-g9H4fjUL1zg1JmMUKLZW2GY1wWcR582xBoCCKwQAvD_BwE

Componente 26: https://www.filipeflop.com/produto/transformador-trafo-12v-2a-bivolt/?gclid=CjwKCAiAlNf-BRB_EiwA2osbxS7U6WpUfXEp3qneg_Rtqd6cluxvnPBRCKL1z9HDk_6_Q5Mk9XWp0hoCGmgQAvD_BwE

Componente 27: https://www.baudaeletronica.com.br/transistor-npn-bc548.html?gclid=CjwKCAiAlNf-BRB_EiwA2osbxSNg5_0TywxnAwAvaOvSC8CFA2Cv_qisbRmEz7hl9dIGAAvkRFcRIBoCq6kQAvD_BwE

2.22 Visão Esquemática em 3D

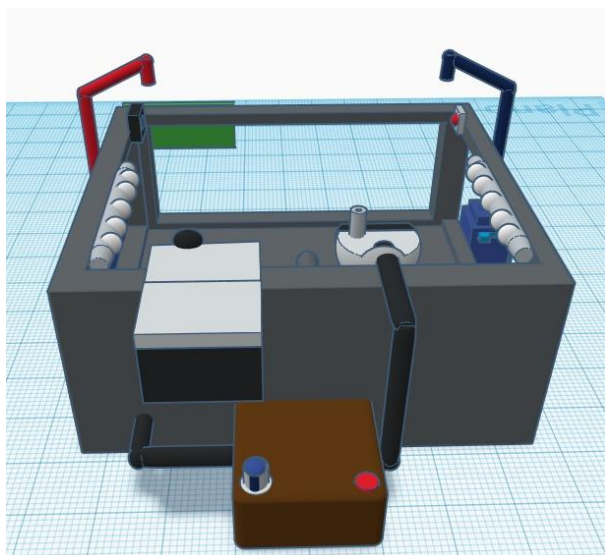
Figura 50 - Visualização 3D do Aquário



Fonte: Autoria Própria, 2020.

2.22.1 Visão lateral traseira

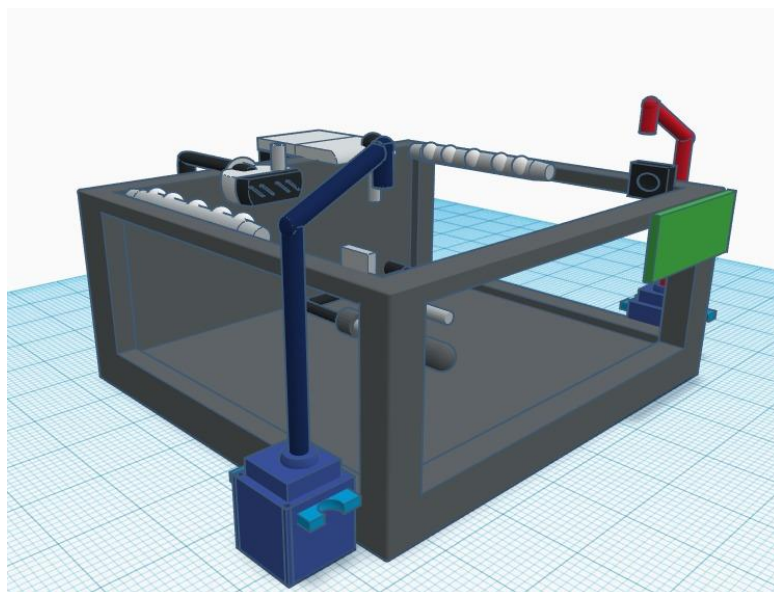
Figura 51 - Visualização 3D aquário ângulo 01.



Fonte: Autoria Própria, 2020.

2.22.2 Visão lateral diagonal frontal esquerda

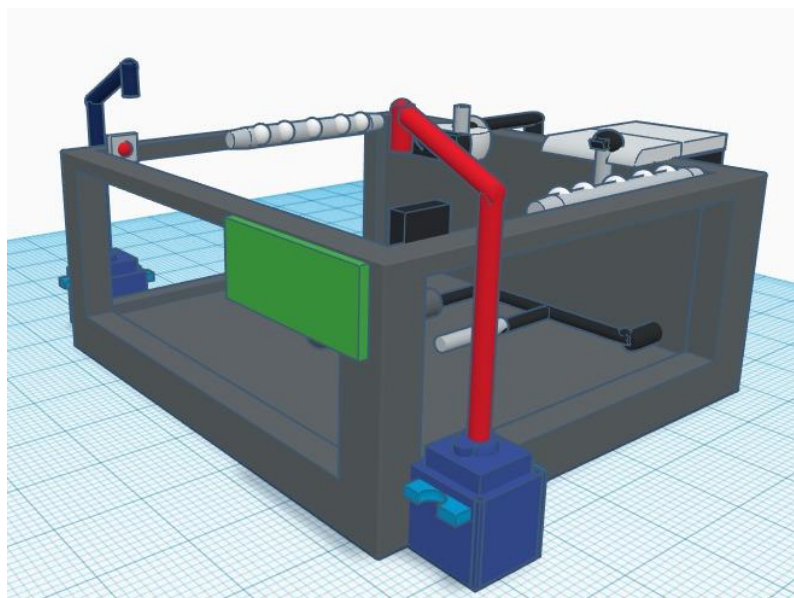
Figura 52 - Visualização 3D aquário ângulo 02



Fonte: Autoria Própria, 2020.

2.22.3 Visão lateral diagonal frontal direita

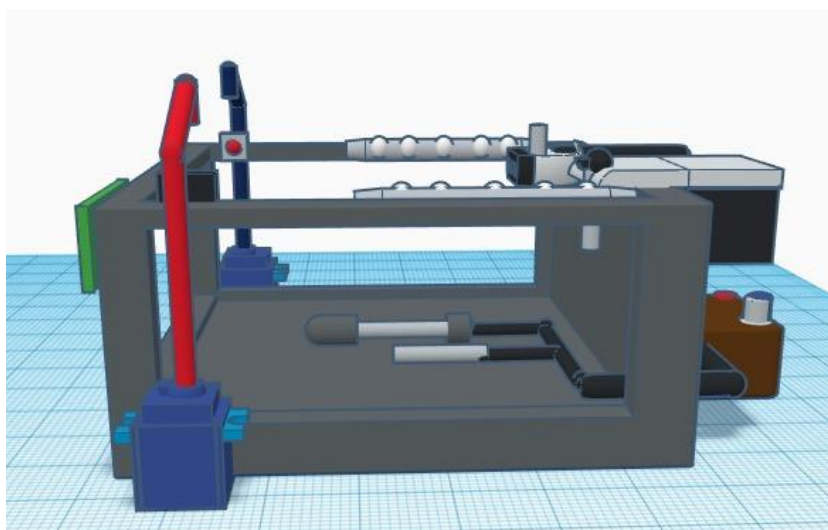
Figura 53 - Visualização 3D aquário ângulo 03



Fonte: Autoria Própria, 2020.

2.22.4 Visão lateral direita

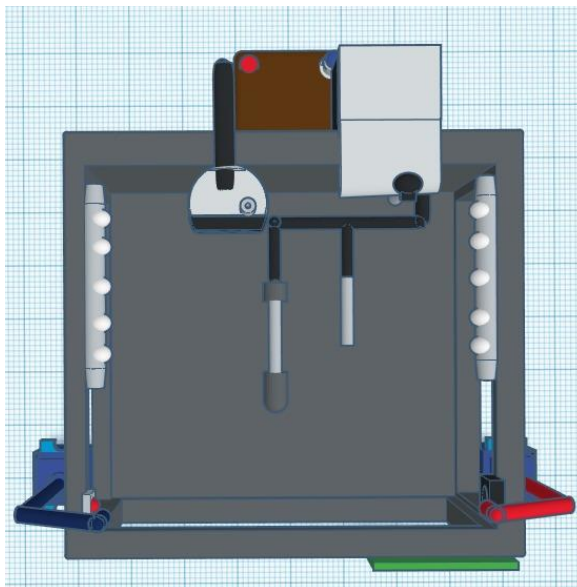
Figura 54 - Visualização 3D aquário ângulo 04



Fonte: Autoria Própria, 2020.

2.22.5 Visão vertical

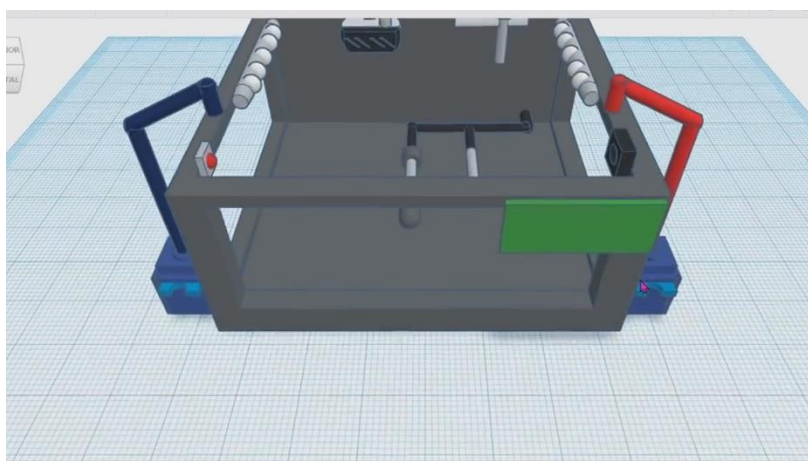
Figura 55 - Visualização 3D aquário ângulo 05



Fonte: Autoria Própria, 2020.

2.22.6 Visão diagonal frontal vertical

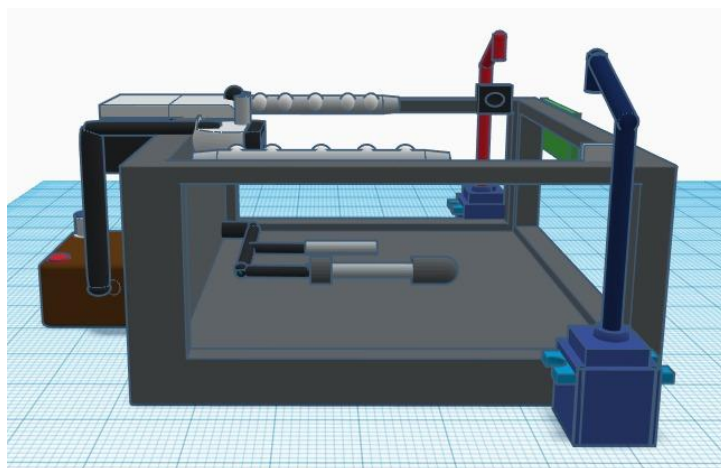
Figura 56 - Visualização 3D aquário ângulo 06



Fonte: Autoria Própria, 2020.

2.22.7 Visão lateral esquerda

Figura 57 - Visualização 3D aquário ângulo 07



Fonte: Autoria Própria, 2020.

3. CONCLUSÃO

Peixes Bettas morrem precocemente principalmente por falta de cuidados ideais; pois por mais que sejam animais de pequeno porte, ainda demandam uma vasta lista de cuidados diários. A água precisa estar em uma temperatura ideal de 24 °C; o pH precisa estar equilibrado na faixa entre 6,8 e 7,4 assim como o índice de luminosidade; peixes Bettas não vivem em lugares com alta luminosidade; também temos a questão dos adereços, que precisam imitar a vida do peixe na natureza, não podendo ser qualquer um.

Todas essas questões precisam ser levantadas para que o peixe tenha uma expectativa de vida entre 3 e 5 anos, por isso o projeto proposto incluiu todas essas especificações de forma ilustrativa e didática; através de fotos; tabelas; gráficos e demonstrações em 3D de como seria um aquário ideal e automatizado para o peixe Betta; tendo como objetivo que aquaristas profissionais ou não tenham a certeza de que os cuidados necessários para com o peixe estejam dentro das especificações, suprimindo então todas as suas necessidades diárias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1N4001 Datasheet. Bytes. Disponível em:

<<http://pdf.datasheetcatalog.net/datasheet/bytes/1N4002.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2020.

DS 1307 Datasheet (PDF) – Dallas Semiconductor. Dallas Semiconductor. Disponível em:

<<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/123888/DALLAS/DS1307.html>>. Acesso em: 20 set. 2020.

ATmega328P Datasheet (PDF) - ATMEL Corporation. ATMEL. Disponível em:

<<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/313218/ATMEL/ATmega328P.html>>.

Acesso em: 20 set. 2020.

GOMES, Pedro César Tebaldi. ENTENDA O QUE É ARDUINO E COMO FUNCIONA A SUA APLICAÇÃO! OPservices, 2015. Disponível em: <<https://www.opservices.com.br/o-que-e-o-arduino/#:~:text=Falando%20de%20modo%20simples%2C%20o,a%20criação%20de%20aparelhos%20eletrônicos.&text=Basta%20ligar%20a%20placa%20ao,da%20linguagem%20C%2FC%2B%2B>>. Acesso em: 20 set. 2020.

arduino/#:~:text=Falando%20de%20modo%20simples%2C%20o,a%20criação%20de%20aparelhos%20eletrônicos.&text=Basta%20ligar%20a%20placa%20ao,da%20linguagem%20C%2FC%2B%2B>. Acesso em: 20 set. 2020.

LIMA, Izabelly. Aprenda a utilizar o módulo RTC17 DS1307. Autocore robótica, 2017.

Disponível em: <<https://autocorerobotica.blog.br/aprenda-utilizar-o-modulo-rtc17-ds1307/>>.

Acesso em: 18 set. 2020.

THOMSEN, Adilson. Relógio com o módulo RTC DS1307. FilipeFlop, 2014. Disponível em:

<<https://www.filipeflop.com/blog/relogio-rtc-ds1307-arduino/>>. Acesso em: 18 set. 2020.

LABCENTER ELECTRONICS. Labcenter: proteus downloads, 2020. Downloads.

Disponível em: <<https://www.labcenter.com/downloads/>>. Acesso em: 30 mar. 2020.

CONSTRUÇÃO de um contador de gotas com Arduino. Física na lixa, 2018; Disponível em:

<<http://fisicanalixa.blogspot.com/2018/10/construcao-de-um-contador-de-gotas-com.html>>.

Acesso em: 06 dez. 2020.

ANDRÉ. Uma gota de informação. Deviante, 2016. Disponível

em:<<https://www.deviante.com.br/colunistas/andre-carvalho/uma-gota-de-informacao/#:~:text=Uma%20gota->

padrão%20tem%20volume,a%20que%20normalmente%20é%20usada>. Acesso em: 05 dez. 2020.

MGBR, Caio. Mostrando LDR em porcentagem – Arduino. Agro dados, 2018.<<http://agrodadosbr.blogspot.com/2018/05/mostrando-ldr-em-porcentagem-arduino.html#:~:text=Um%20LDR%20é%20um%20resistor,alguma%20o%20arduino%20ler%201023>>. Acesso em: 10 dez. 2020.

DIODOS laser. Nova Eletronica. Disponível em: <<http://blog.novaeletronica.com.br/diodos-laser/>>. Acesso em: 12 dez. 2020.

INTRUSUL. Como calibrar phmetro: confira o passo a passo! Instrusul, 2018. Disponível em: <<http://blog.instrusul.com.br/como-calibrar-phmetro-confira-o-passo-passo/>>. Acesso em: 15 ago. 2020.

ALCON. Alconpet: Labcon Alkali, Corretivos. Disponível em: <<http://alconpet.com.br/produto/labcon-alkali>>. Acesso em: 21 set. 2020.

ALCON. Alconpet: Labcon Acid, Corretivos. <<http://alconpet.com.br/produto/labcon-acid>> Acesso em: 21 set. 2020.

AKSO. AK90 Medidor de pH e seu Manual de Instruções. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwio__Sj08ztAhXjGbkGHc87A_8QFjAAegQIARAC&url=https%3A%2F%2Fioja.akso.com.br%2Fdownload-arquivo%2F262%2F15083351882181.pdf&usg=AOvVaw19ZPRs3vtZMI48-IsuMfzm>. Acesso em: 17 nov. 2020.

E-GIZMO. Mechatronix Central.: pH Sensor E201C Technical Manual. Disponível em: <<https://www.e-gizmo.net/oc/kits%20documents/PH%20Sensor%20E-201-C/PH%20Sensor%20E-201-C.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2020.

STROSCHON, Gustavo Rodolfo. SENSOR DE TEMPERATURA LM35 – Primeiros Passos. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/blog/sensor-de-temperatura-lm35-primeiros-passos/>>. Acesso em: 17 nov. 2020.

AUTODESK TINKERCAD. Autodesk 3D modeling, 2020. Disponível em: <www.tinkercad.com>. Acesso em: 31 mar. 2020.

THOMSEN, Adilson. Controlando um LCD 16×2 com Arduino. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/controlando-um-lcd-16x2-com-arduino/>>. Acesso em: 4 jul. 2020.

COMO FAZER AS COISAS. Projeto Arduino com display LCD, sensor de temperatura e sensor de luminosidade. Disponível em: <<http://www.comofazerascosas.com.br/projeto-arduino-comdisplay-lcd-sensor-de-temperatura-e-sensor-de-luz.html>>. Acesso em: 15 set. 2020.

ACQUA NATIVA. Tutorial: como medir o pH da água e do solo com Arduino? Disponível em: <<https://www.acquanativa.com.br/aplicacoes/kit-sensor-ph-com-arduino-5-passos.html>>. Acesso em: 14 out. 2020.

CODEBYTE. Medidor de pH com Arduino UNO e display LCD. Disponível em: <<http://www.codbyte.com.br/medidor-de-ph-com-arduino-uno-e-display-lcd/>>. Acesso em: 15 set. 2020.

CASSIOLATO, César e ALVES, Evaristo. Medição de Vazão. Disponível em: <<https://www.profibus.org.br/images/arquivo/pdf-2-543ec3eeb4df5.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2020.

STEFANELLO, Marlon Tagliapietra. Cases de sucesso para a escolha da ponta e vazão para aplicação. Disponível em: <<https://elevagro.com/materiais-didaticos/cases-de-sucesso-para-a-escolha-da-ponta-e-vazao-para-aplicacao/>>. Acesso em: 14 nov. 2020.¹ *ATMEGA328P*. *ATMEL*. Disponível em: <<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/241077/ATMEL/ATMEGA328P.html>>. Acesso em 29 set. 2020.

² DALLAS. DALLAS Semiconductor, DS1307. Disponível em: <<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/123888/DALLAS/DS1307.html>>. Acesso em 29 set. 2020.

³ WIKIPEDIA. Colin M. L. Burnett. SIC. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/I%C3%A7%C3%A2o#/media/Ficheiro:I2C.svg>>. Acesso em 29 set. 2020.

⁴ ATHOS ELECTRONICS. Disponível em: <<https://athoselectronics.com/transformador/#:~:text=Como%20funciona%20o%20Transformador,tens%C3%A3o%20el%C3%A9trica%20na%20outra%20bobina.>>. Acesso em 30 set. 2020.

- ⁵ TAIWAN SEMICONDUCTOR COMPANY, LTD. Disponível em: <<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/702141/TSC/1N4004.html>>. Acesso em 30 set. 2020.
- ⁶ INSTITUTO NEWTON C. BRAGA. Disponível em: <<https://www.newtoncbraga.com.br/index.php/artigos/54-dicas/5389>>. Acesso em 30 set. 2020.
- ⁷ BYTES. Disponível em: <<http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/bytes/1N4002.pdf>>. Acesso em 30 set. 2020.
- ⁸ INSTITUTO NEWTON C. BRAGA. *Como funciona o Diodo Laser, pg. 1*. Disponível em: <<https://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/16952-como-funciona-o-diodo-laser-art1891.html>>. Acesso em 30 set. 2020.
- ⁹ GUIA AUTOMAÇÃO. *GALERIA DE IMAGENS ILUSTRATIVAS REFERENTE A SERVO MOTOR*. Disponível em: <<https://www.guiautomacao.com.br/servo-motor>>. Acesso em 30 set. 2020.
- ¹⁰ Colagem a partir de imagens coletadas nos seguintes sites: SUPER BONDER®, Guia Automação e MERCADO LIVRE – Equipo Macrogotas Descarpack Luer Slip. Acesso em 01 out. 2020.
- ¹¹ BLACK AND BLUE TECHLABZ. *Micro Servo Motor SG90 Data Sheet*. Disponível em: <<https://tutorial.blackandblue.tech/arduino/micro-servo-motor-sg90-data-sheet/>>. Acesso em 01 out. 2020.
- ¹² TKL. *Produtos Médicos e Hospitalares*. Disponível em: <<https://tklbrasil.com.br/produto/equipo-macrogotas-tkl-tema36/>>. Acesso em 03 out. 2020
- ¹³ BEDUKA. *Buscador de Faculdades*. Disponível em: <<https://beduka.com/blog/materias/quimica/o-que-e-ph/>>. Acesso em 04 out. 2020
- ¹⁴ OMEGA. *A Spectris Company*. Disponível em: <<https://br.omega.com/prodinfo/ph-metro.html#:~:text=O%20eletrodo%20que%20mede%20o,atividade%20dos%20íons%20de%20hidrogênio.>> Acesso em 04 out. 2020.
- ¹⁵ MERCADO LIVRE. *Módulo Sensor pH eletrodo sonda bnc Arduino/pHmetro*. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1042318108-modulo-sensor-ph-eletrodo-sonda-bnc-arduinophmetro-_JM>. Acesso em 04 out. 2020.

¹⁶ BAÚ DA ELETRÔNICA. Disponível em: < <https://www.baudaeletronica.com.br/sensor-de-temperatura-lm35.html>> Acesso em 04 out. 2020.

¹⁷ CLEITON BUENO. Disponível em: < <https://cleitonbueno.com/arduino-sensor-de-temperatura-parte1/>>. Acesso em 04 out. 2020.

¹⁸ HOW TO MECHATRONICS. Disponível em: < <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/lcd-tutorial/>>. Acesso em 05 out. 2020.

¹⁹ Montagem dos autores com material fornecido pelo site NORTHWESTERN, CENTER FOR ROBOTICS AND BIOSYSTEM. Disponível em: < http://hades.mech.northwestern.edu/index.php/C_Example:_Parallel_Interfacing_with_LCD> . Acesso em 05 out. 2020.

²⁰ NORTHWESTERN, CENTER FOR ROBOTICS AND BIOSYSTEMS. Disponível em: < http://hades.mech.northwestern.edu/index.php/C_Example:_Parallel_Interfacing_with_LCDs>. Acesso em 05 out. 2020

²¹ ALIEXPRESS. Disponível em: <<https://pt.aliexpress.com/i/32829881490.html>>. Acesso em 13 dez. 2020.