

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E
ENGENHARIA DE PESCA

SANDRA PAULA ANSCHAU

Protótipo de alimentador automático para a larvicultura da tilápia
(*Oreochromis niloticus*)

Toledo

2016

SANDRA PAULA ANSCHAU

Protótipo de alimentador automático para a larvicultura da tilápia
(*Oreochromis niloticus*)

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Aldi Feiden

Co-orientador: Prof. Dr. Fábio Bittencourt

Toledo

2016

FOLHA DE APROVAÇÃO

SANDRA PAULA ANSCHAU

Protótipo de alimentador automático para a larvicultura da tilápia
(*Oreochromis niloticus*)

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Fabio Bittencourt
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Presidente)

Prof. Dr. Sergio Makrakis
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Ernesto Wrasse
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Aprovada em: 05 de Maio de 2016.

Local de defesa: Unioeste/*Campus* de Toledo.

Protótipo de alimentador automático para a larvicultura da tilápia (*Oreochromis niloticus*)

RESUMO

A automatização alimentar propicia o aumento da produtividade e eficiência alimentar, a uniformidade dos lotes, a homogeneidade na inversão sexual e o melhor desempenho produtivo. Esse trabalho teve por objetivo desenvolver um alimentador automático de baixo custo, por meio de uma plataforma microcontrolada denominada ARDUINO UNO® auxiliada pelo módulo rele, que teve a capacidade de fornecer o alimento parcelado previamente programado. Para o desenvolvimento do protótipo em questão utilizou-se: estrutura para flutuação e sustentação, reservatório de ração e rosca transportadora, sistemas motor e eletrônico. O sistema de sustentação elaborado feito com a utilização de piso plástico (PEAD - polietileno de alta densidade). Nas laterais do piso plástico, por auxílio de abraçadeiras, foram acoplados tubulações de PVC com a funcionalidade de flutuação. O reservatório de ração foi desenvolvido em fibra de vidro com capacidade útil para armazenar cinco quilos, novecentos e vinte gramas de ração em pó e este possui uma saída de quarenta milímetros para a rosca transportadora, que por sua vez foi usinada em material nylon e envolvida por uma tubulação de PVC. Para a movimentação da rosca transportadora conectou-se um motor elétrico com a tensão nominal de operação de 12 volts acoplado a um redutor baseado em sistema mecânico denominado rosca sem fim. Vale salientar que o sistema de alimentação eletrônico utiliza uma bateria recarregável de 12 volts com capacidade de fornecimento de 7 amper hora, superior ao necessário para o funcionamento durante 14 dias. A linguagem de programação utilizada foi a linguagem C, por meio do software Arduino 1.0.3. O equipamento em questão apresentou resultados satisfatórios quanto a sua funcionalidade. A frequência alimentar tornou-se precisa no quesito de tempo e quantidade pois trata-se de um sistema automatizado e não mais dependendo de um indivíduo para alimentar os peixes, pois o ser humano por sua vez é, muitas vezes impreciso. Outro ponto importante a se fixar é que o equipamento permite alteração da frequência alimentar de forma programada. O alimentador automático desenvolvido ressalta a importância de se investir em tecnologias na aquicultura para a otimização do custo e aperfeiçoamento do sistema alimentar na larvicultura.

Palavras-chave: automação, inversão sexual, frequência alimentar.

Prototype of an Automatic Feeder for Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Hatchery

ABSTRACT

The food automation provides increased productivity, feed efficiency, uniformity of lots, uniformity in the sexual inverse and the best performance. This study aimed to develop a low cost automatic feeder, by a microcontrolled platform called ARDUINO UNO®, which was able to provide installments feed previously programmed. To the prototype development in question was used basically: flotation and support structure, feed tank and screw conveyor, motor and electronic systems. The support system was deployment with the use of plastic flooring (HDPE-high density polyethylene). The sides of the plastic floor with the aid of clamps were attached PVC tubes with the float feature. The fiberglass feed tank was developed with useful capacity to store five kilograms nine hundred and twenty grams of powder feed with output to screw conveyor, the screw conveyor was machined in nylon material, and is in turn surrounded by a PVC tuber. To drive the screw conveyor it was connected to an electric motor with 12-volt operating voltage rating accopled to a gear unit based on mechanical system called gear motor. It is worth noting that the electronic power system uses a 12-volt rechargeable battery of supplying capacity of 7 Ah, high to necessary to the operation of 14 days. The programming language used was the C language, by Arduino 1.0.3 software. The equipment in question showed satisfactory results in terms of its functionality. The feed frequency became precise in the category of time and quantity since this is an automated system and not depending on a person to handle the fish feeding, since the human being in turn is often inaccurate. Another important point to establish is that the equipment allows changing in the programmatically feed frequency. The developed automatic feeder emphasizes the importance of investing in aquaculture technologies to optimize the cost and improving the feed system in the hatchery.

Keywords: automation, sexual inverse, feeding frequency.

SUMÁRIO

1 REVISÃO DE LITERATURA	10
1.1 AQUICULTURA	10
1.2 TILÁPIA (<i>Oreochromis niloticus</i>)	10
1.3 ALIMENTADOR AUTOMÁTICO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivos Gerais	15
2.2 Objetivos Especificos	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 PROTÓTIPO DESENVOLVIDO	17
3.2 DETALHES CONSTRUTIVOS	18
3.2.1 Base Flutuante	19
3.2.2 Reservatório de Ração	17
3.2.3 Conector	20
3.2.4 Rosca Transportadora	19
3.2.5 Tubo Principal	20
3.2.6 Bateria e Motor	21
3.2.7 Placa Microcontrolada ARDUINO UNO®	22
3.2.8 Modulo Rele	24
3.2.9 Circuito Elétrico	25
3.3 Programação	26
4 RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES GERAIS	28
4.1 Resultados	37
4.1.1 Cálculo do Volume do Reservatório	28
4.1.2 Cálculo da Densidade da Ração em Pó	29
4.1.3 Cálculo do Volume Real de Ração em Pó no Reservatório	29
4.1.4 Volume de Ração Transportada pela Rosca Transportadora	30
4.1.5 Autonomia do Conjunto (Bateria/Motor)	30

4.1.6 Teste Estatístico.....	31
4.1.7 Custo do Protótipo.....	33
4.2 Considerações Gerais	34
5 CONCLUSÃO.....	36
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
APÊNDICES	40

1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1 AQUICULTURA

O Brasil é visto como uma grande potência para a produção de pescado, com condições de atingir, até 2030, vinte milhões de toneladas de peixes (FAO,2012). O que faz do Brasil essa grande potência, tanto para aquicultura como para a piscicultura, é a sua vasta área alagada, com cerca de 8,2 bilhões de metros cúbicos de água que se dividem entre rios, represas e lagos, além de uma extensa faixa litorânea e condições climáticas favoráveis, por ser um país de clima tropical (FAO,2012).

Com 12% da água doce disponível do planeta, o Brasil vem ganhando destaque na cadeia produtiva de peixes. Em 2013 o consumo médio por habitante/ano foi de 14,5kg, o que atende a recomendação proposta pela FAO, e pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Esta última aconselha que o consumo mínimo seja de 12 quilos por habitante/ano (MPA,2012).

O crescimento da produção de 2011 em relação a 2010 chega a 38,1%, demonstrando um crescimento no setor da aquicultura, de acordo com o Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA, 2012), relatou que a tilápia (*O. niloticus*) e o tambaqui (*C. macropomum*) foram as espécies mais cultivadas, as quais somadas representaram 67,0% da produção nacional de pescado, também merecem destaque a produção das espécies de tambacu (híbrido de tambaqui fêmea com macho de pacú), carpa (*C. Carpio*) e pacu (*P.mesopotamicus*), que juntas representaram 20,1% da produção. O crescimento da produção desta modalidade pode estar atrelado ao desenvolvimento do setor, que por sua vez, se deu pela ampliação de políticas públicas que facilitaram o acesso aos programas governamentais existentes, como o Plano Mais Pesca e Aquicultura desenvolvido pelo MPA – Lei Nº 11.959 de 29 de junho de 2009.

1.2 TILÁPIA (*O. niloticus*)

Aproximadamente 600 espécies aquáticas são cultivadas no mundo todo, utilizando tecnologias de instalação de equipamentos diversos e diferentes técnicas de produção de acordo com o tipo de cultivo. Com o aumento populacional, a produção de peixes em cativeiros vem

crecendo a cada ano, devido à procura por proteína animal de qualidade. Consequentemente, a produção mundial de organismos aquáticos cresce gradativamente.

Dentre as espécies dulcícolas a tilápia (*O. niloticus*) é a segunda mais cultivada no mundo. Nativas da África, existem no mundo cerca de 70 espécies, mas, apenas o gênero *O.* conquistou destaque na aquicultura mundial, sendo que quatro espécies possuem significância na produção: *O. niloticus* (tilápia do Nilo), *O. massambicus* (tilápia do Moçambique) *O. aures* (tilápia áurea ou azul) e *O. urolepis hornorum* (tilápia de zanzibar) (KUBITZA, 2000).

A tilápia (*O. niloticus*) foi introduzida no Brasil em 1971, pelo Departamento Nacional de Obras Contra a Seca no Estado do Ceará (NEUMANN, 2004). O controle reprodutivo é de fundamental importância para o cultivo racional deste peixe, pois evita problemas com gastos energéticos a nível metabólico, reprodução e desovas excessivas, fatores estes que acarretam excesso populacional nos viveiros. Além disso, nessa espécie, o macho apresenta maior crescimento do que a fêmea, e, assim, são utilizados para crescimento e terminação (MEURER et al., 2005; NEUMANN et al., 2009). A determinação sexual ocorre principalmente sob controle genético nos peixes e fatores ambientais (temperatura, fotoperíodo e salinidade), que podem influenciar em um processo de inversão (DELVIN E NAGAHAMA, 2002).

A técnica de indução hormonal de peixes com andrógenos possibilita a inversão de fêmeas em machos para obter populações com indivíduos monossexo por meio do uso de hormônios esteróides masculinizantes (POPMA E GREEN, 1990; GALE et al., 1999; TACHIBANA et al., 2004). Essa inversão só é possível em espécies gonocóricas diferenciadas, que apresentam inicialmente gônadas indiferenciadas sexualmente, as quais irão se diferenciar em tecido testicular ou ovariano, como ocorre na espécie de tilápias (ROWELL et al., 2002).

No primeiro mês de vida da tilápia *O. niloticus* é fundamental o cuidado com o manejo e a frequência alimentar, pois as rações são oferecidas em pó e misturadas com hormônio 17 alfa-metiltestosterona para a inversão sexual. Segundo Meurer et al. (2002), as tilápias do Nilo começam a se alimentar com ração farelada já no período de pós-larva, tendo um bom desenvolvimento e apresentando alta taxa de crescimento e conversão alimentar.

O hábito alimentar e a anatomia do trato digestório da espécie deve ser levada em conta; visto que a tilápia é uma espécie onívora que possui intestino longo e estômago reduzido (PEZZATO et al., 2004). Um bom manejo alimentar consiste em fornecer um alimento de qualidade aos peixes, assim como o horário, a frequência e a quantidade em que o alimento é ofertado, também influenciam em um menor desperdício de ração (SCHNAITTACHER et al., 2005). Zhou et al. (2003), utilizando a frequência alimentar de 2, 3, 4, 12 e 24 refeições por dia,

verificou que quanto maior a frequência alimentar – 24 refeições por dia para carpa gibeo, – melhores resultados foram demonstrados em crescimento e em conversão alimentar.

Conforme Oliveira (2007) sugere as altas taxas de arraçoamento melhoram a uniformidade do lote e tem-se um melhor ganho de peso em menor tempo utilizando uma taxa de alimentação de 4% do peso vivo de tilápias com 200g, alimentadas na frequência de 48 vezes/dia, utilizando um alimentador automático.

Kunii (2010), ao comparar o desempenho dos peixes *C. auratus* alimentados 6, 12 e 24 vezes observou o melhor desempenho para os animais alimentados com a maior frequência. Esta espécie não possui estômago verdadeiro. Quando há aumento na taxa de alimentação pode haver uma melhoria no desempenho produtivo.

Assim como a tilápia em fase de reversão e pós-reversão sexual, sendo alimentadas 24 vezes/dia fracionadamente com ração em pó contendo o hormônio 17 alfa-metiltestosterona, obteve melhor resultado de reversão sexual (SOUZA, 2010).

Outro exemplo do efeito da frequência alimentar no desempenho de peixes foi o trabalho realizado por Souza et al. (2012), que utilizaram juvenis de tilápia com peso inicial de 16g com diferentes frequências alimentares – 12 horas/dia, 12 horas/noite, 12 horas/dia-noite. Dentro de 126 dias os peixes alcançaram 285g, com a frequência de 12 horas/dia-noite, observando que a alimentação noturna é uma grande aliada para o desenvolvimento produtivo da tilápia.

Liu et al. (2014), propõem que frequências alimentares de 3 a 5 refeições por dia aumentam o crescimento de juvenis de *M. amblycephala* e que frequências maiores que 5 vezes e menores que 3 vezes causam menor desenvolvimento, aumentando o estresse oxidativo, a imunossupressão e atenuação à doenças.

Isso demonstra a importância em se utilizar os recursos financeiros da pesquisa, para serem aplicados na inovação e no desenvolvimento, que são cruciais para o fortalecimento da tecnologia, colocando-a em um nível que estimule e colabore com a competitividade, além da sustentabilidade da aquicultura brasileira.

1.3 ALIMENTADOR AUTOMÁTICO

Nos últimos anos as tecnologias aplicadas ao processo da cadeia produtiva foi um dos principais fatores que permitiram o desenvolvimento industrial da avicultura, sobretudo com a utilização de alimentadores automáticos. Dentro da grande variedade de equipamentos que podem ter as granjas, o que mais tem revolucionado o setor são os sistemas de distribuição de ração, fornecimento de água e de climatização (LOPES, 2010).

O desenvolvimento tecnológico da aquicultura brasileira ainda é defasado quando comparado às tecnologias já existentes em outros países. De fato, existem alguns equipamentos disponíveis no mercado, especialmente aqueles que empregam os controladores lógicos programáveis e os microcontroladores, que tem larga aplicação na indústria. Contudo, os equipamentos acessíveis não exploram ao máximo a capacidade de um CLP e de um microcontrolador (CALIL, 2005).

Juell et al. (1993), utilizaram sensores hidroacústicos para detectar sobras de ração na criação de salmão. Quando ocorre a sobra de ração os péletes funcionam como sensores e enviam um sinal para desligar o alimentador automático. Sanches-Vazquez et al. (1994), desenvolveram um dispensador automático conectado a um pêndulo de metal: os peixes, quando estão com fome, empurram o pêndulo e a ração é fornecida. Um sistema automatizado foi desenvolvido para a larvicultura de *SeaBream*, utilizando um controlador lógico programável (CLP), que controla uma bomba peristáltica, onde transfere o alimento vivo do silo para o tanque de larvicultura, uniformizando o crescimento das larvas (PAPANDRAULAKIS, 2002).

Para a larvicultura de *C. carpio*, Charlon e Bergot (1984), utilizaram um sistema de alimentação automático, onde este liberava pequenas quantidades de alimento por uma válvula solenóide. Valente et al. (2001), utilizando a alimentação automática em trutas arco-íris perceberam que elas ingerem maior quantidade de ração quando comparado com a alimentação manual e o horário que elas mais se alimentam é no amanhecer e entardecer.

Estudos demonstram que o Bagre Africano (*C. gariepinus*) alimentado no período noturno por um alimentador automático apresenta melhor conversão alimentar (HOSSAIN et al., 2001). Agostinho (2010), desenvolveu um alimentador automático para peixes de água doce, que libera ração em intervalos e quantidades pré estabelecidas, propiciando o parcelamento da ração devido a alta frequência alimentar.

Apesar de a aquicultura estar crescendo nos últimos anos no Brasil, na maioria das pisciculturas o fornecimento da ração é feito basicamente por lançamento manual sobre os

tanques, conseqüentemente sujeito a falhas. Tal fator influencia diretamente nos custos da produção. A automatização alimentar propicia o aumento da produtividade e eficiência alimentar, a uniformidade dos lotes, a homogeneidade na inversão sexual (que passaria de 28 dias para 14 dias) e o melhor desempenho produtivo, devido à possibilidade de proporcionar uma alimentação fracionada, e assim melhor aproveitada pelos peixes (OLIVEIRA, 2010).

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um protótipo de alimentador automático.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Este trabalho teve por objetivo desenvolver um protótipo de alimentador automático controlado por uma plataforma microcontrolada, ARDUINO UNO®, com capacidade de fornecer o alimento parcelado previamente programado para a larvicultura da tilápia (*O. niloticus*).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 PROTÓTIPO DESENVOLVIDO

O modelo foi constituído por: reservatório de ração, motor-reductor, bateria, conector, tubo principal, rosca transportadora, base flutuante e um sistema de alimentação automática controlado por uma plataforma microcontrolada, ARDUINO UNO® e módulo rele.

3.2 DETALHES CONSTRUTIVOS

3.2.1 Base Flutuante

A base flutuante foi confeccionada em Polietileno de vinila (PVC), resistente a corrosão e de fácil flutuabilidade. Na construção, utilizou-se cinco tubos de um metro cada, dois tampões e quatro curvas de 100 mm, conforme a Figura 1.

A Figura 2 apresenta o piso plástico, com 50x50x3cm (onde quatro peças apresentam 1m²), o material em polietileno de alta densidade (PEAD), reciclado e natural, não retém cheiro, é de fácil limpeza e desinfecção, e é confeccionado em cores resistentes a luz solar e grande durabilidade.

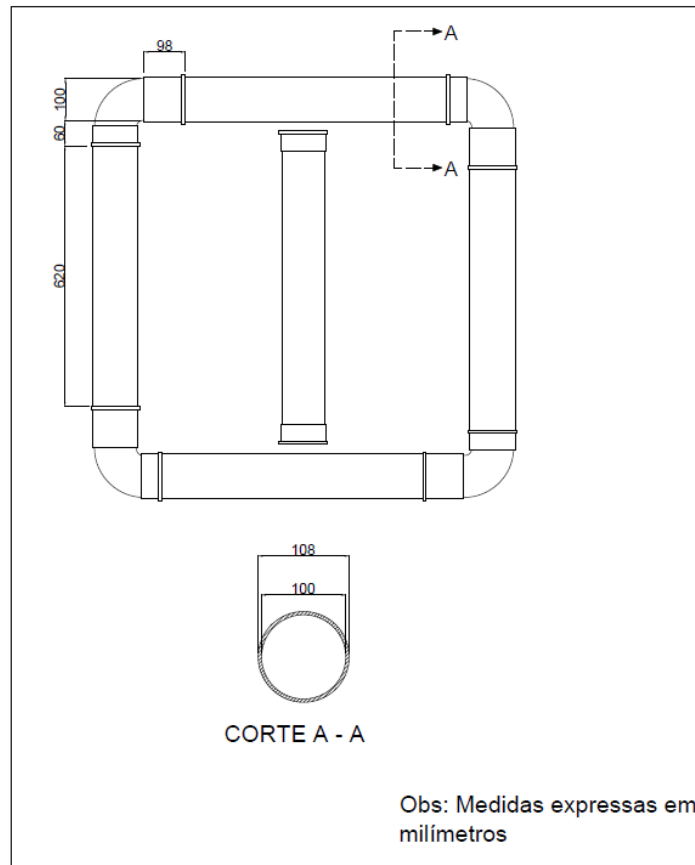


Figura 1– Flutuador elaborado em material PVC unido por adesivo plástico atóxico.

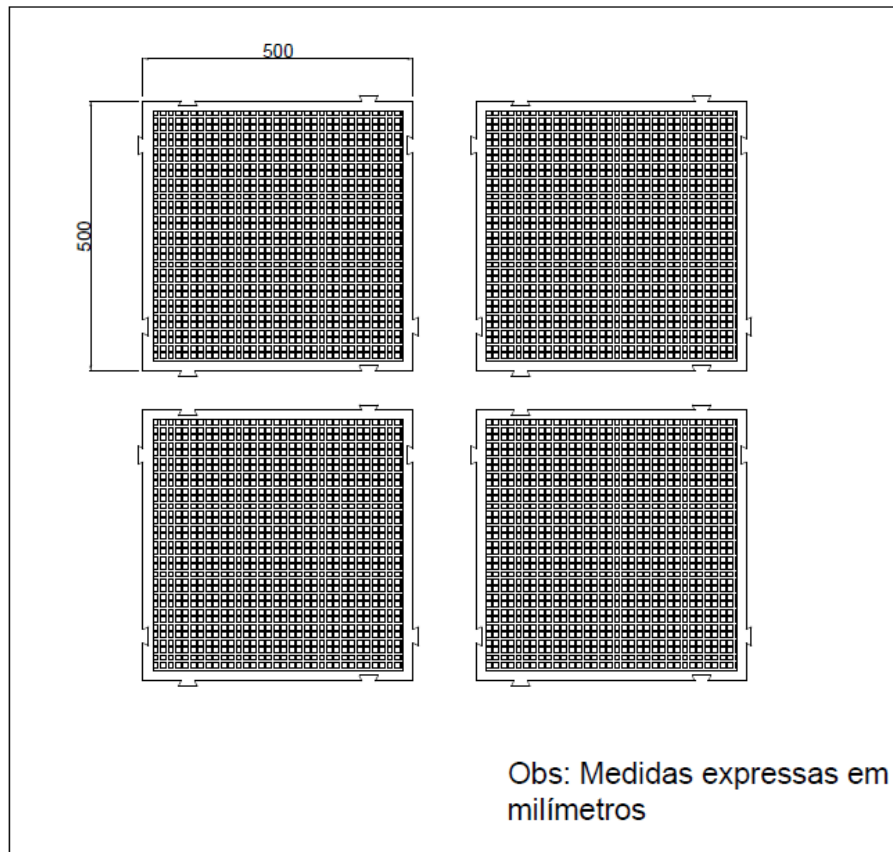


Figura 2 - Piso plástico de polietileno de alta densidade com área total de 1 m².

3.2.2 Reservatório de Ração

O reservatório foi desenvolvido em material de fibra de vidro com tampa, na cor escura para evitar a oxidação do hormônio 17- α -metiltestosterona, altura de 45 cm, largura com raio maior de 11,5 cm e raio menor de 2,5 cm (Figura 3).

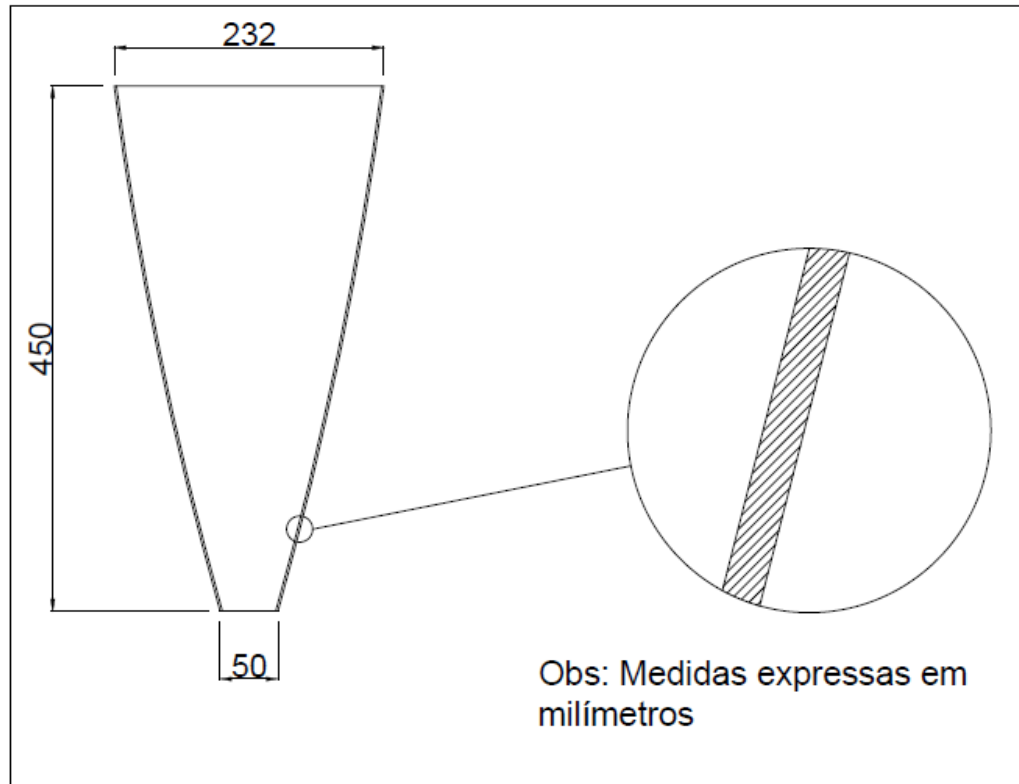


Figura 3 - Reservatório de ração em formato cônico de fibra de vidro.

3.2.3 Conector

O conector elaborado em material de PVC é utilizado para o encaixe do reservatório de ração com o tubo principal da rosca transportadora. Possui três sessões de formato cilíndrico onde duas são unidas por adesivo plástico atóxico e a terceira tem sua parte interna rosqueada para permitir o encaixe com o reservatório de ração (Figura 4).

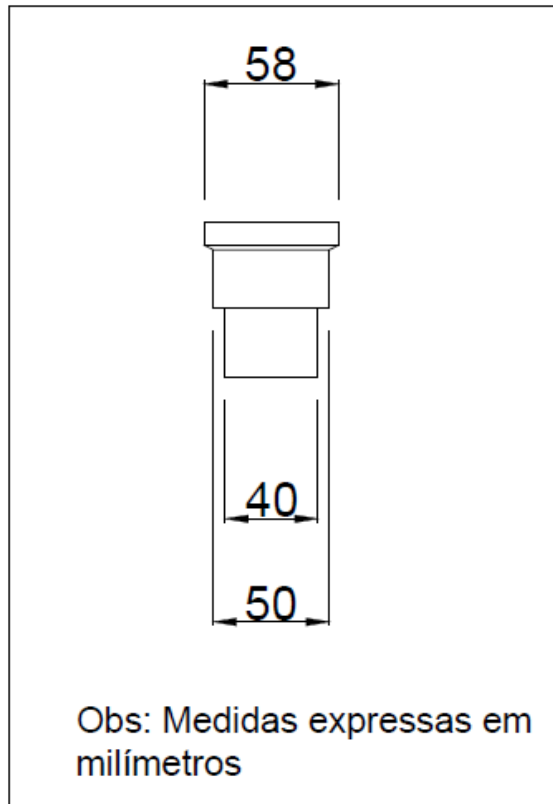


Figura 4 - Conector de material plástico com a funcionalidade de junção do reservatório de ração com o tubo principal.

3.2.4 Rosca Transportadora

A rosca transportadora (Figura 5) ou sem-fim, comumente conhecida, foi usinada em torno mecânico, de nylon, com diâmetro externo de 37 mm, diâmetro interno de 25 mm e um passo de rosca de 24 mm, o nylon foi utilizado por ser um material leve e não apresentar problema de corrosão e oxidação. Em sua extremidade foi confeccionada uma peça de conexão rosca/motor, para o funcionamento da mesma, conforme mostra a Figura 6.

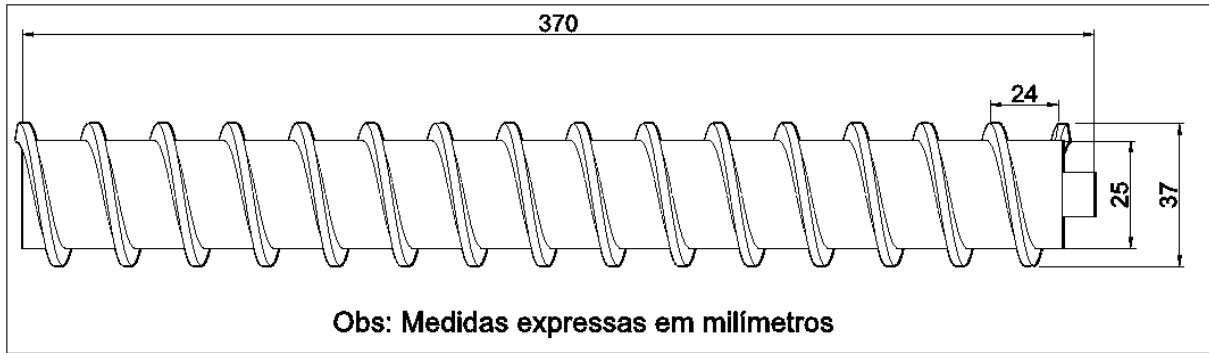


Figura 5 - Rosca transportadora usinada em nylon utilizada para o transporte da ração em pó.

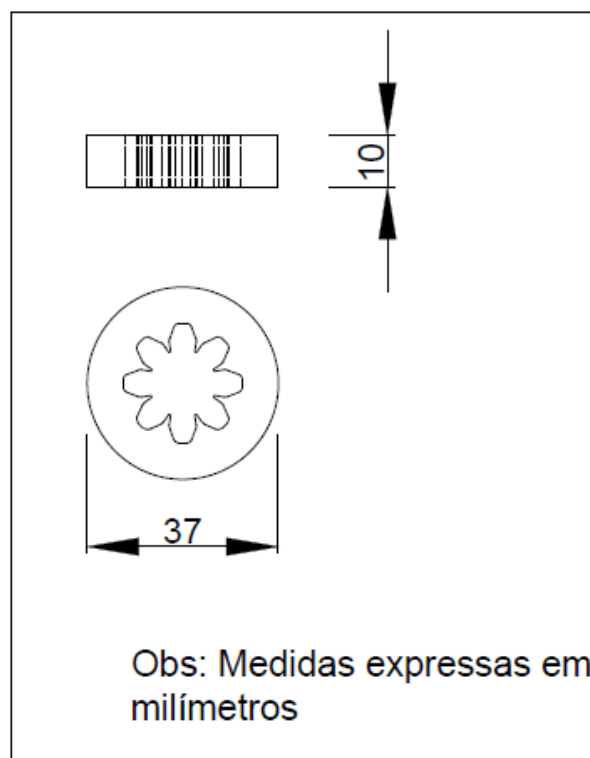


Figura 6 - Conector rosca-motor feito em aço carbono com a finalidade de acoplar a rosca transportadora a saída do moto-reductor.

3.2.5 Tubo Principal

O tubo principal foi construído de material PVC com diâmetro interno de 40 mm e 37 cm de comprimento. Em seu interior fica alojada a rosca transportadora e nas extremidades desse tubo existem conexões tipo T, ambas responsáveis pela entrada e saída de ração,

respectivamente. Em uma das extremidades existe um conjunto de bucha e um rolamento com a função de um mancal, ou seja, sustentar a extremidade de saída da rosca transportadora. A outra extremidade é responsável pela circunferência do conector rosca-motor, onde esse não possui contato físico (Figura 7).

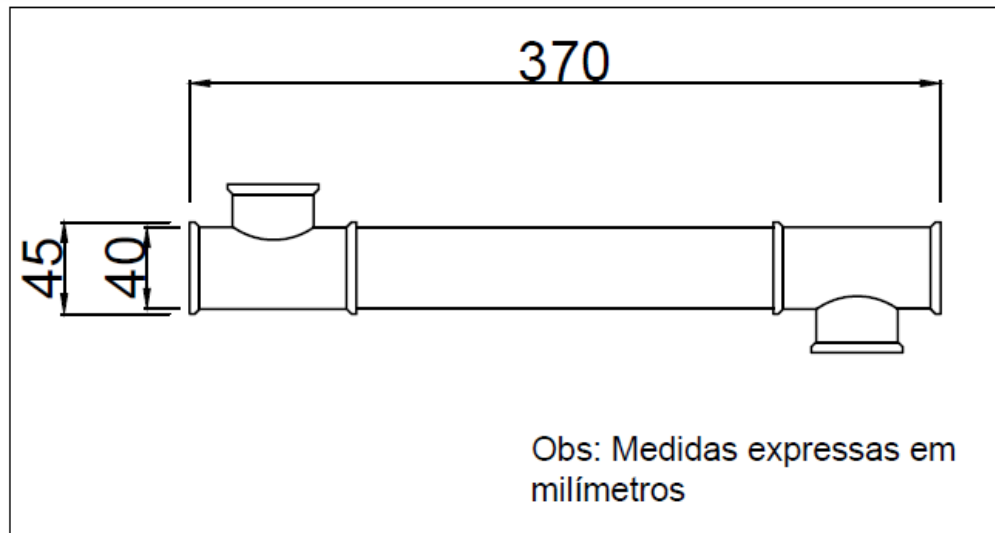


Figura 7 - Tubo Principal feito em material PVC com a funcionalidade de alojar a rosca-transportadora e se conectar com o reservatório de ração.

3.2.6 Bateria e Motor

A bateria (Figura 8) utilizada é do tipo chumbo ácido regulada por válvula, com tensão de trabalho média de 12 volts e capacidades de fornecimento de carga de 7 amper hora, seu peso médio é de 2 kg com 15 m de comprimento, 6 cm de largura e 10 cm de altura.

A escolha dessa bateria ocorre pelo fato de ter capacidade suficiente para fornecer corrente para o sistema funcionar mais que 14 dias.



Figura 8– Bateria elétrica 12 volts de tensão e carga de 7 amper hora, construída em chumbo ácido.

O motor, apresentado na Figura 9, trata-se do tipo corrente contínua com escovas e ímã permanente. Possui um motoredutor diminuindo rotação de saída e aumentando o torque. Referente às suas características técnicas este opera em 12 volts, compatível com a tensão fornecida pela bateria, e apresenta corrente média de trabalho a vazio de 0,8 amper.



Figura 9– Motor automotivo universal de corrente contínua com operação em 12 volts e corrente de consumo de 4,9 amperes.

3.2.7 Plataforma Microcontrolada Arduino Uno®

A plataforma microcontrolada ARDUINO UNO® é um padrão de placa eletrônica utilizada para facilitar as aplicações do microcontrolador Atmega 328. Dessa forma a

necessidade do desenvolvimento de uma placa de circuito impresso não é mais necessário, pois este padrão facilita a manipulação das suas entradas e saídas.

A escolha pela plataforma microcontrolada ARDUINO UNO® se dá pelo fato do microcontrolador Atmega 328 ter as características de um processamento suficiente para a contagem de tempo utilizada no sistema, possuir corrente de trabalho mais que necessária para o acionamento dos periféricos e sua programação estarem em códigos simplificados pela utilização de bibliotecas já implementadas e abertas para modificações (Figura 10) (ARDUINO UNO, 2015).

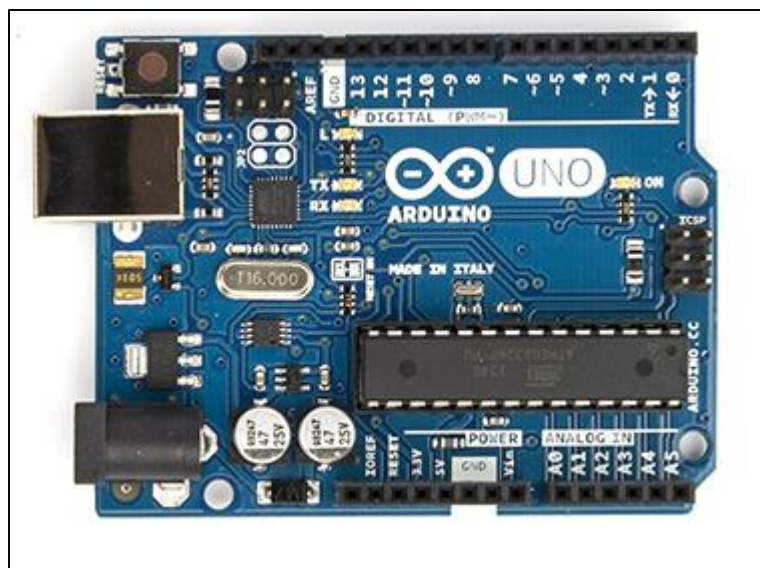


Figura 10 - Plataforma Microcontrolada Arduino Uno composta pelo microcontrolador Atmega 328.

As principais características relevantes da plataforma microcontrolada ARDUINO UNO®, são citadas abaixo:

- Operação com clock em 16 Mhz sincronizados por cristal externo ao microcontrolador;
- Tensão de operação padrão de 5 V;
- Tensão de entrada de 7-12 V;
- Limites de tensão de 6-20 V;
- 14 entradas e/ou saídas digitais podendo 6 ser tipo PWM;
- 6 entradas analógicas com resolução de 10 bits;
- Correntes de operação para entradas e saídas de 40 mA;
- 32 Kbytes de memória Flash para o código.

3.2.8 Módulo Rele

Este módulo rele 5 V com 2 canais é a alternativa perfeita pra quem busca um módulo compacto e de qualidade para projetos com Arduino e outros controladores. O módulo é equipado com transistores, conectores, leds, diodos e reles de alta qualidade. Cada canal possui um LED para indicar o estado da saída do rele (MÓDULO RELE, 2014) (Figura 11). Suas especificações são listadas abaixo:

- Modelo: SRD-05 VDC-SL-C;
- Tensão de operação: 5 VDC;
- Permite controlar cargas de 220 VAC;
- Corrente típica de operação: 15~20mA;
- LED indicador de status;
- Pinagem: Normal Aberto, Normal Fechado e Comum;
- Tensão de saída: (30 VDC a 10 A) ou (250 VAC a 10 A);
- Furos de 3 mm para fixação nas extremidades da placa;
- Tempo de resposta: 5~10 ms;
- Dimensões: 51 x 38 x 20 mm;
- Peso: 30 g.



Figura 11 - Módulo rele de dois canais optoacoplado com tensão de operação em 5 volts.

3.2.9 Circuito Elétrico

O circuito elétrico é composto pela plataforma microcontrolada ARDUINO UNO® alimentada por uma bateria 12 volts. A saída de 5 volts do arduino juntamente com o pino 8 e comum (GND) é ligada aos respectivos pinos do módulo rele. Quando o módulo rele recebe o sinal proveniente do microcontrolador arduino uno este passa a fechar o circuito que ativa o motor de corrente contínua (motor CC), o motor de corrente contínua tem o seu comum (GND) ligado diretamente na bateria e o seu pino positivo ligado ao contato normalmente aberto do módulo rele e o comum do módulo rele e ligado ao pino 12 volts da bateria.

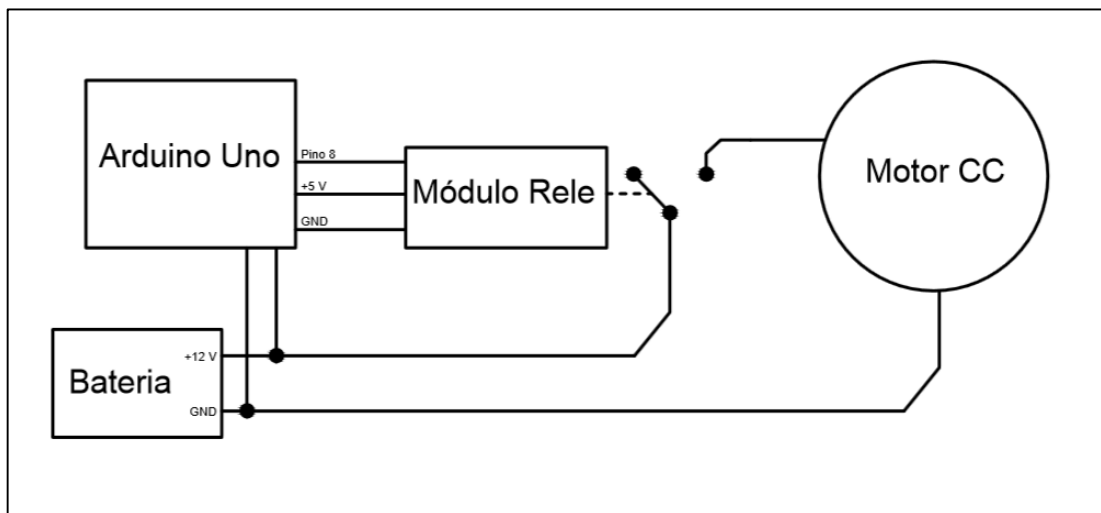
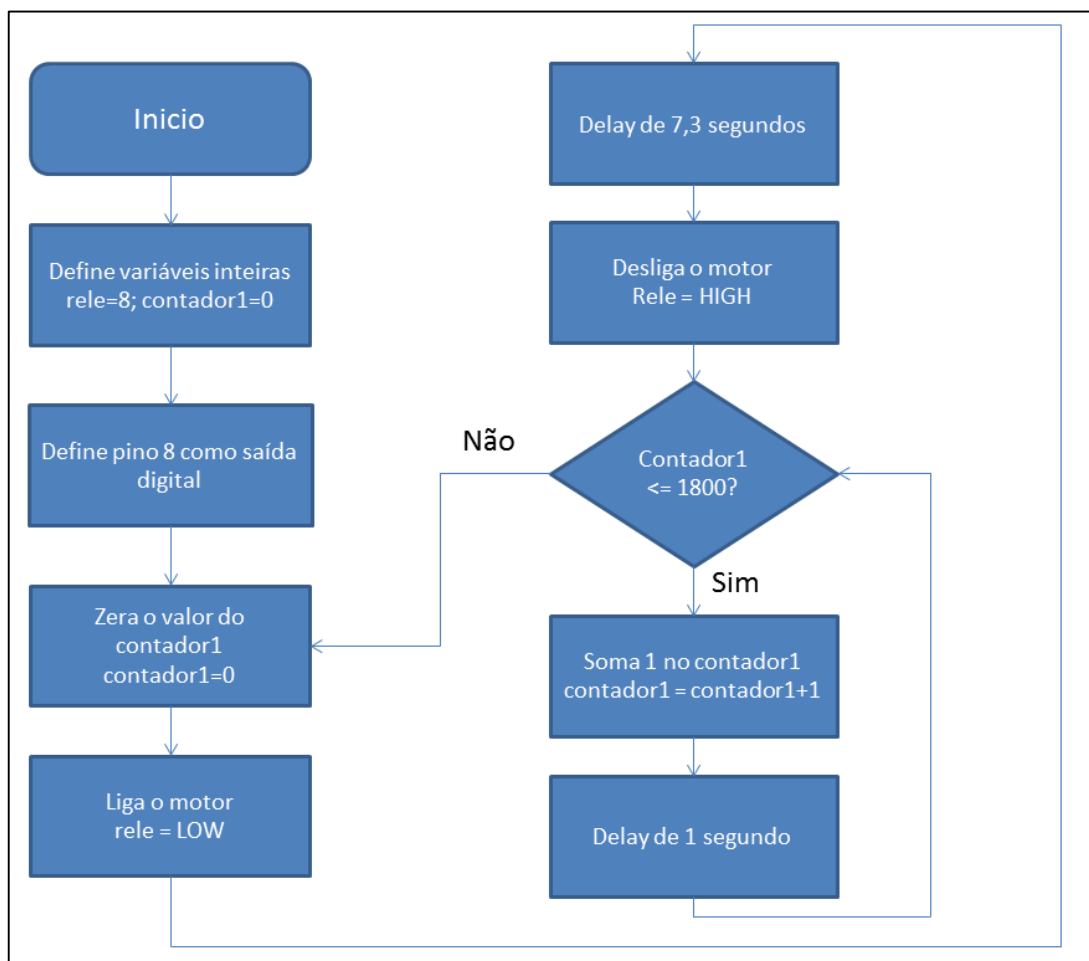


Figura 12 - Circuito elétrico responsável pela comutação que irá controlar o motor de corrente continua CC.

Quando o arduino envia um sinal para o módulo rele este ativa o motor por meio do fechamento do contato normalmente aberto. Em função da diferença de potencial fornecida pela bateria aplicada aos terminais do motor este passa a funcionar.

3.3 PROGRAMAÇÃO

A programação foi elaborada em linguagem C do próprio software *open source* (código aberto) fornecida pelo próprio fabricante da plataforma microcontrolada ARDUINO UNO® e é explicada conforme (Fluxograma 1) a seguir:



Fluxograma 1: Fluxograma responsável pela descrição detalhada passo a passo da programação desenvolvida.

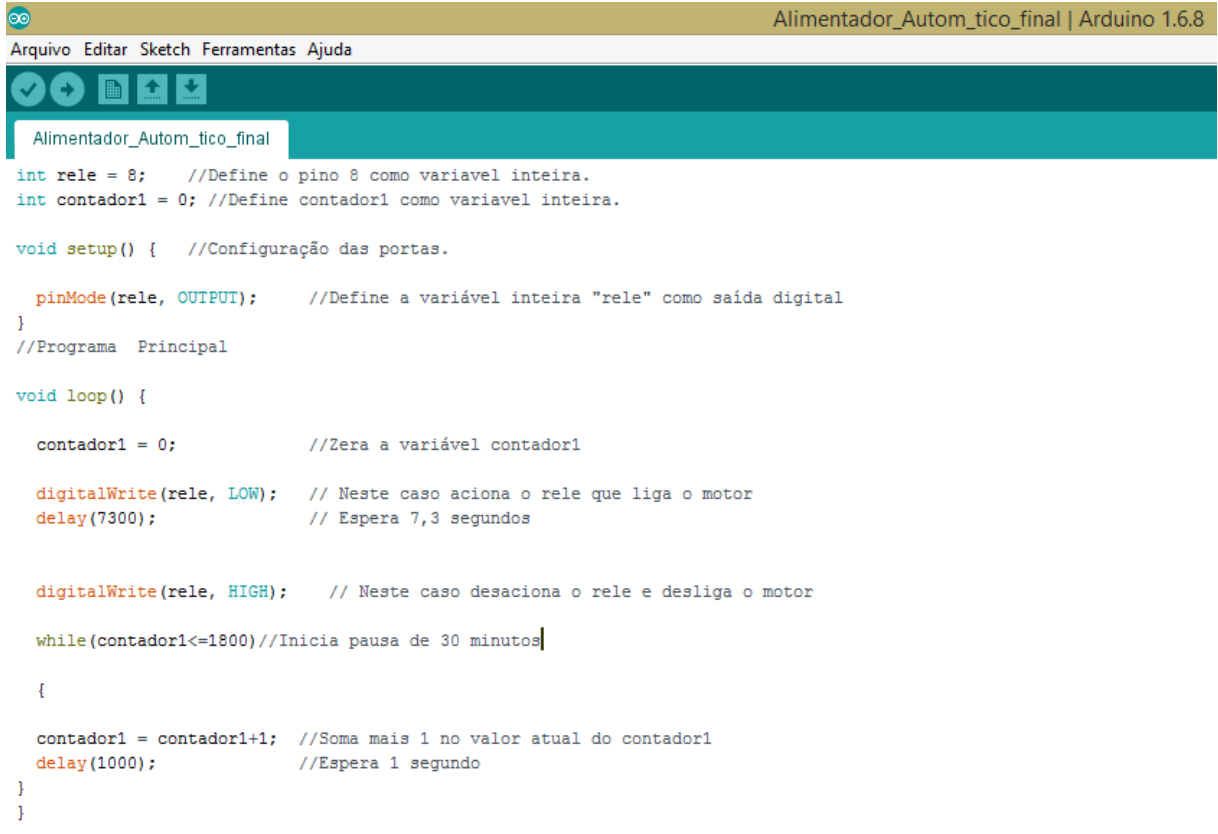
Inicialmente na programação são atribuídas duas variáveis, a primeira delas chama-se de rele tipo inteira com valor 8, e a segunda delas também do tipo inteira com valor 0 chamada contador 1. Estas duas variáveis auxiliarão a configuração e o controle do sistema.

A segunda parte da programação trata-se do momento da configuração das portas, ou seja, e a etapa em que se define o que é entrada, saída, analógico ou digital, dessa forma definiu-se que a variável rele agora é uma saída do tipo digital. Isso significa que como a variável rele tem valor 8 é agora e uma saída então o pino 8 das I/O's torna-se uma saída digital.

Posteriormente foi elaborado o programa principal: o primeiro passo é atribuir novamente valor 0 para a variável contador 1, após isso inicia-se então o acionamento do rele por meio da ativação da saída digital 8 que liga o motor. Como se deve obter um tempo de espera com o motor ligado de 7,3 segundos, então o método delay com 7.300 milissegundos e chamado. Após este tempo de espera então o motor é desligado com o comando que desativa a saída digital do pino 8. Como o próximo ciclo de alimentação ocorre com uma frequência alimentar de 30 em 30 minutos optou-se pela utilização do comando while (palavra em inglês que significa enquanto) por auxílio da variável inteira contador 1, já que o método delay não permite valores em milissegundos muito grande.

Nesta etapa da programação o programa verifica o valor da variável inteira contador 1, essa verificação supervisiona se o contador 1 é menor ou igual a 1.800, já que 30 minutos são 1.800 segundos. No primeiro momento o valor do contador 1 é 0 então o comando while soma uma unidade do valor atual do contador 1 e espera 1 segundo pelo método delay (1.000), e faz a verificação se o valor do contador 1 ainda é menor ou igual a 1.800. Este ciclo ocorre sucessivamente 1.800 vezes fazendo com que o programa espera 30 minutos para continuar. Atingindo o valor de 1.801 o programa retorna ao começo, zerando o valor de contador 1, ligando o motor e continuando o ciclo programado.

Segue a programação em linguagem C, conforme a Figura 13.



```

Alimentador_Autom_tico_final | Arduino 1.6.8
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda
Alimentador_Autom_tico_final
int rele = 8; //Define o pino 8 como variavel inteira.
int contador1 = 0; //Define contador1 como variavel inteira.

void setup() { //Configuração das portas.

  pinMode(rele, OUTPUT); //Define a variável inteira "rele" como saída digital
}
//Programa Principal

void loop() {

  contador1 = 0; //Zera a variável contador1

  digitalWrite(rele, LOW); // Neste caso aciona o rele que liga o motor
  delay(7300); // Espera 7,3 segundos

  digitalWrite(rele, HIGH); // Neste caso desaciona o rele e desliga o motor

  while(contador1<=1800)//Inicia pausa de 30 minutos|
  {

  contador1 = contador1+1; //Soma mais 1 no valor atual do contador1
  delay(1000); //Espera 1 segundo
  }
}

```

Figura 13 – Programação em linguagem C.

4 RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES GERAIS.

4.1 RESULTADOS

4.1.1 Cálculo do Volume do Reservatório.

A equação (1) apresenta o cálculo do volume do reservatório, a equação (2) a densidade da ração em pó e a equação (3) o volume real de ração em pó, em quilogramas, que cabem no reservatório.

$$V = \pi \cdot H / 3 \cdot (r^2 + r \cdot R + R^2) = 9,23 \text{ l}$$

(1)

Onde:

r: 2,5 cm – 0,025 mm.

R: 11,5 cm – 0,115 mm.

H: 45 cm – 0,45 mm.

4.1.2 Cálculo da Densidade da Ração em Pó

$$M = m/v$$

$$M_{\text{esp}} = 34 \text{ g} / 53 \text{ ml} = 0,6415 * 1000 \text{ ml} = 641,5 \text{ g/l}$$

(2)

Onde:

m: 34 g.

v: 53 ml.

M_{esp}: 641,5 g/l.

4.1.3 Cálculo do Volume Real de Ração em Pó no Reservatório

$$M = m/v$$

$$m = M.v = 641,5 \text{ g/l} * 9,23 \text{ l} = 5,921 \text{ kg}$$

(3)

M_{esp}: 641,5 g/l.

v: 9,23 l.

m: 5,921 kg.

Com base nos resultados do cálculo do volume do reservatório, pode-se considerar que o protótipo armazena uma quantidade de 5,921 kg de ração em pó.

4.1.4 Volume de Ração Transportado pela Rosca Transportadora

Através da fórmula (4) pode-se calcular o volume de ração transportado pela rosca por volta.

$$V = (\pi/4) \cdot h_i \cdot (D^2 - d^2) = 1,4017 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

(4)

Onde:

D: diâmetro externo: 37 mm.

d: diâmetro interno: 25 mm.

h_i: passo da rosca : 24 mm.

M: 641,5 g/l.

$$V = m/v.$$

$$v = 1,4017 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot 641,5 \text{ g/l.}$$

$$v = 8,391 \text{ g/volta.}$$

Onde:

$$V: 1,4017 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$M: 641,5 \text{ g/l}$$

$$v: 8,391 \text{ g/volta.}$$

Como visto no cálculo de volume de ração transportada pela rosca observou-se que a cada volta completa ocorre a dispersão de 8,391 g.

4.1.5 Autonomia do Conjunto (Bateria/Motor)

Quando submetido à carga plena do sistema este apresenta uma corrente de 4,9 amperes. Dessa forma, as equações (5) e (6) apresentam o cálculo de autonomia do conjunto.

$$C = I \cdot t = 35.77 \text{ As} = 0,00993 \text{ Ah}$$

(5)

Onde:

C: consumo

I: corrente do motor: 4,9 A

t: tempo: 7,3 s

$$a = B/C = 704,93 \text{ ciclos}$$

(6)

Onde:

a: autonomia cíclica da bateria

B: capacidade de carga da bateria: 7 Ah

C: consumo: 0,00993 Ah

Em vista da necessidade de autonomia da bateria por 14 dias, com 48 ciclos por dia, tem-se (Equação 7):

$$T = C_i \cdot D_i = 48 \cdot 14 = 672 \text{ ciclos}$$

(7)

Onde:

T: total de ciclos

C_i: ciclos do funcionamento do aparelho

D_i: dias

Analisando a autonomia do conjunto bateria/motor, este apresenta uma corrente de 4,9 amperes em carga plena, assim este conjunto tem a capacidade de desenvolver 704,93 ciclos. Os ciclos são suficientes para 14 dias de funcionamento sendo acionado 48 vezes por dia, sem necessidade de recarga ou troca da bateria.

4.1.6 Teste Estatístico

Realizou-se 50 amostras de ração com o equipamento em funcionamento por 5 segundos, para se ter a confiabilidade da precisão do aparelho.

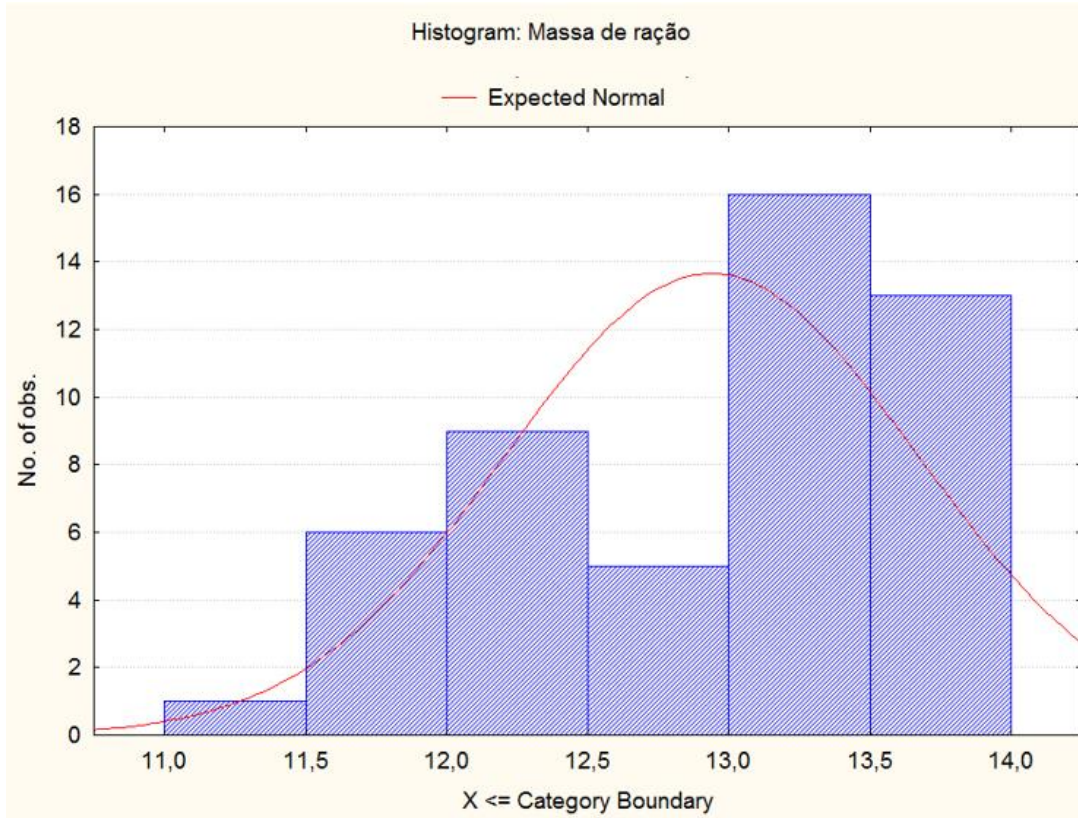


Gráfico 1 - Histograma referente ao número de amostras em relação à massa.

Os dados obtidos para o teste de operação foram submetidos a estatística descritiva e distribuição de frequência normal padronizada, pelo programa *Statistic 7.0*.

Tabela 1 - Dados estatísticos das 50 amostras de ração em um intervalo de tempo de cinco segundos ligado e 10 segundos desligado.

Variável	Nº de amostras	Média	Confiança -95%	Confiança +95%	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
Ração	50	12,93853	12,73102	13,14602	11,3658	13,9814	0,730157

4.1.7 Custo do Protótipo.

No desenvolvimento deste protótipo foram necessárias as aquisições de determinados componentes que são apresentados na Tabela 3. Contudo, optou-se pelos componentes com melhor custo-benefício, vinculados a qualidade e desempenho do sistema.

Tabela 3 - Tabela de custo com detalhamento individual dos principais componentes.

Material	Quantidade	Custo Unitário	Total
Microcontrolador Arduíno Uno – ATMEGA 328	1	R\$ 70,00	R\$ 70,00
Módulo Rele	1	R\$ 19,00	R\$ 19,00
Tubulação PVC	5	R\$ 8,00	R\$ 40,00
Curva 90° PVC	4	R\$ 12,87	R\$ 51,48
Motor com redutor	1	R\$ 84,00	R\$ 84,00
Carregador de bateria	1	R\$ 75,00	R\$ 75,00
Bateria recarregável	1	R\$ 90,00	R\$ 90,00
Usinagem da rosca	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00
Rosca transportadora nylon	1	R\$ 45,00	R\$ 45,00
Reservatório de ração de fundo cônico	1	R\$ 180,00	R\$ 180,00
Estrado plástico	4	R\$ 12,50	R\$ 50,00
Diversos	1	R\$ 60,00	R\$ 60,00
Total			R\$ 864,48

4.2 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Por meio das 50 amostragens (4.1.6) verificou-se que a média foi 12,94 g de ração em 5 segundos, e o desvio padrão 0,73. Utilizando a distribuição normal padronizada e aplicando o nível de confiança de 95% observa-se que os valores que se encontram dentro do intervalo de 12,73 e 13,14 são estatisticamente iguais. O máximo valor observado foi 13,98, o mínimo 11,36 e a mediana 13,14. O intervalo de 13 a 13,5 mais observados, apresentando 32% do total de observações, segundo o gráfico 1.

Se o alimentador automático em 5 segundos libera uma média de 13 gramas de ração, para liberar 19 gramas de ração por alimentação, será necessário ficar 7,3 segundos ligado, totalizando 5,84 minutos de funcionamento por dia e 81,76 minutos a cada 14 dias, necessitando de 2,262 voltas para liberar as 19 gramas de ração, conforme a tabela 1.

Normalmente utilizam-se de 3.000 – 5.000 mil larvas de tilápia por m² (Popma e Green, 1990), citam que as hapas utilizadas para o processo de masculinização geralmente são de 2 m x 2m = 4 m², porém isso varia de acordo com o método que cada produtor utiliza.

Assim, utilizando uma média de 8.000 mil larvas de tilápia em 4m² com peso aproximado de 0,002 g por peixe, tem-se 1,6 kg de peixes. Utilizando uma taxa de arraçoamento de 250% do peso vivo, é necessário 400 g de ração em pó por dia, fracionados em 48 alimentações (meia em meia hora) dia/noite, resultando em 19,2 g de ração por alimentação. Desta forma, se em um dia for utilizado 400 g de ração, em 14 dias serão 5,600 kg, demonstrando que o reservatório de ração é suficiente para os 14 dias de tratamento sem precisar de reposição de ração pois este tem a capacidade de 5,921 kg de ração (Tabela 2).

Tabela 2 - Taxa de Arraçoamento para oito mil larvas de tilápia (*O. niloticus*).

Larvas de Tilápia	Área	Peso	Peso Total	Taxa arraçoamento	Ração/Dia	Frequência/Alimentar	Ração/Alimentação	Ração (14 dias)
8 mil	4 m ²	0,002 g/larva	1,6 kg de peixe	250% peso vivo	400g	48 vezes	19,2 g	5,600 kg

Foi utilizada uma frequência alimentar de 48 vezes dia/noite e uma taxa de arraçoamento de 250% do peso vivo inicial, pois segundo Oliveira (2010), esse fracionamento proporciona

melhores resultados para ganho em peso, sobrevivência e uma inversão sexual de 100% de machos.

Observando-se a Tabela 3 referente ao custo do protótipo (4.1.7) nota-se que os maiores valores individuais são os que necessitaram de um pré-projeto. Por exemplo, a rosca-transportadora e o reservatório de ração que utilizaram gabarito para a sua confecção tornou-se mais oneroso o projeto.

Os custos agregados ao sistema elétrico como um todo, não foram elevados pois além destes possuírem fácil acesso e custo acessíveis, o *software* para programação é de acesso gratuito e código aberto.

Vale salientar que o protótipo possui em seu sistema eletrônico outras portas de entradas e saídas, o que possibilita o aumento de periféricos como, por exemplo, sensores de temperatura, pH, módulos de comunicação sem fio dentre outros.

Outro ponto importante é referente ao sistema de sustentação. Neste caso este foi desenvolvido com sistema de flutuação, mas possibilitando também o desenvolvimento de um sistema fixo em meio terrestre.

5 CONCLUSÃO

O protótipo proposto apresenta um sistema controlado por uma plataforma microcontrolada ARDUINO UNO®, permitindo que a alimentação seja fracionada e pré-programada de acordo com a exigência de cada produtor para a fase de larvicultura da tilápia (*O. niloticus*).

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ARDUINO UNO. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>>. Acesso em: 10 abr. 2015.
- 2 AGOSTINHO, C. A., et al. **Alimentador automático para peixes e organismos aquáticos em geral**. Brasil n. PII0055363,03 dez. 2010.
- 3 CALIL, B. M. **Automação de piscicultura em tanques artificiais**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade de Taubaté, Taubaté, 2005.
- 4 CAMPANA, S. E. et al. Spatial implications of a temperature-based growth model for Atlantic cod (*Gadus morhua*) off the eastern coast of Canada. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, v.52, p.2445-2456, 1995.
- 5 CARMELIN, C. A. **Sistema automatizado de alimentação de juvenis de tilápia**. 2014. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.
- 6 CHARLON, N.; BERGOT, P. Rearing system for feeding fish larvae on dry diets. Trial with carp (*Cyprinus carpio* L) larvae. **Aquac.**, v.41, p.1-9, 1984.
- 7 DELVIN. R. H.; Nagahama. Y. Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. **Aquac.**, v.208, p. 191–364, 2002.
- 8 FAO. **Global Aquaculture Production**. 2012. Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/FI/STAT/summary.pdf> . Acesso em 15 de ago. 2015.
- 9 GALE, W. L. et al. Masculinization of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by immersion in androgens. **Aquac.**, v. 178, p. 349–357, 1999.
- 10 HOSSAIN, M. A. R. et al. Effect of feeding time and frequency on the growth and feed utilization of African catfish (*Clarias gariepinus*) fingerlings. **Aquac. Res.**, v. 32, p. 999–1004, 2001.
- 11 JUELL, J. E., Westerberg, H. An ultrasonic telemetric system for automatic positioning of individual fish used to track Atlantic Salmon in sea cage. **Aquacult. Eng.**, v.12, p.1-18, 1993.
- 12 KUBITZA, F. Tilápia, **Tecnologia e planejamento na produção comercial**, 2000, p.289.
- 13 KUNII, E. M. F. **Frequência alimentar e taxa de alimentação para Kinguio criado em hapa: desempenho produtivo e avaliação econômica**. 2010. 48f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.
- 14 LIU, W. B. et al. Feeding frequency affects stress, innate immunity and disease resistance of juvenile blunt snout bream. *Megalobrama amblycephala* .**FischShellfish Immun.**, v.38, p.80-87, 2014.

- 15 LOPES, M. **Automação avícola**. 2010. Dissertação (Mestrado em Sistema de Produção na Agropecuária) - Universidade José do Rosário Vellano, UNIFENAS, 2010.
- 16 MEURER, F. et al. Influência do processamento da ração no desempenho e sobrevivência da tilápia do Nilo durante a reversão sexual. **R. Bras. Zootec.** Viçosa, 32, p.262-267, 2003.
- 17 MEURER, F. et al. Lipídios na alimentação de alevinos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **R. Bras. Zootec.** Viçosa, v.31, n.2, p. 566–573, 2002.
- 18 MPA. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura**. Brasil. Brasília: MPA 2012. Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/files/docs/Boletim_MPA_2011_pub.pdf> Acesso em: 15 de ago. 2015.
- 19 MPA. Ministério da Pesca e Aquicultura. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/aquicultura/potencial-brasileiro>>. Acesso em: 16 de ago. 2015.
- 20 MÓDULO RELE. Disponível em: <<http://www.filipeflop.com/pd-6b84a-modulo-rele-5v-2-canais.html>> Acesso em: 10 de abr. 2015.
- 21 NEUMANN, E. **Características do desenvolvimento inicial de duas linhagens de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* e uma híbrida *Oreochromis* sp.** 2004. 63f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal – SP, 2004.
- 22 NEUMANN, E. et al. Desempenho de três linhagens de tilápia submetidas ao tratamento com 17-alfa-metiltestosterona em condições ambientais não controladas. **R. Bras. Zootec.**, v. 38, p.379–973, 2009.
- 23 OLIVEIRA, F. A. **Taxas e intervalos de alimentação na produção de tilápias em tanque-rede com dispensador automático de ração**. 2008. 80 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)- Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.
- 24 OLIVEIRA, L. C. **Altas frequências de arraçoamento nas fases iniciais da criação de tilápia em hapas**. 2010. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.
- 25 PAPANDROULAKIS, N. et al. An automated feeding system for intensive hatcheries. **Aquacult. Eng.**, p.14-26, 2002.
- 26 PEZZATO, L. E. et al. Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva. In: **Nutrição de peixes**. São Paulo: Tecart, 2004, p.75-169.
- 27 POPMA, T. J.; Green, B. W. Reversão sexual de tilápia em tanques de terra. In: **Manual de produção em aquicultura**. Flórida, University Auburn, 1990, p.52.
- 28 ROWELL, C. B. et al. Androgen and strogen metabolism during sex differentiation in mono – sex population of the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **General and Comparative Endocrinology**, v. 125, p. 151-162, 2002. Disponível em: <<http://www.idealibrary.com>> Acesso em: 15 ago. 2015.

- 29 SÁNCHEZ – VAZQUEZ, F. J. et al. Design and performance of an accurate demand feeder for the study of feeding behavior in Sea Bass, *Dicentrarchus labrax* L. **Physiol. Behav.**, v.56, p.789-794, 1994.
- 30 SCHNAITTACHER, G.; KING, W.; BERLINSKY, D. L. The effects of feeding frequency on growth of juvenile Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* L. **Aquac. Int.**, v.36, p.370-377, 2005.
- 31 SOUZA R. M. R. et al. Productive performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed at different frequencies and periods with automatic dispenser. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.64, p. 192–197, 2012.
- 32 SOUZA, R. M. R. **Frequência alimentar para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) nas fases de reversão e pós-reversão sexual.** 2010. 62 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.
- 33 STATSOFT, Inc. (2005). STATISTICA (data analysis software system), version 7.0. Disponível em: <www.statsoft.com>.
- 34 TACHIBANA, L . et al. Desempenho de diferentes linhagens de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase de reversão sexual. **Acta Sci. Anim. Sci.**, Maringá, v.26, n. 3, p.305–311, 2004.
- 35 VALENTE, L. M. P. et al. Feed intake and growth of fast and slow growing strains of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed by automatic feeders or by self – feeders. **Aquac.**, v.195, p.121–131, 2001.
- 36 ZHOU, Z. et al. Effect of feeding frequency on growth, feed utilization and size variation of juvenile gibel carp (*Carrassius auratus gibelio*). **J. Appl. Ichthyol.**, v.19, p.244–249, 2003.

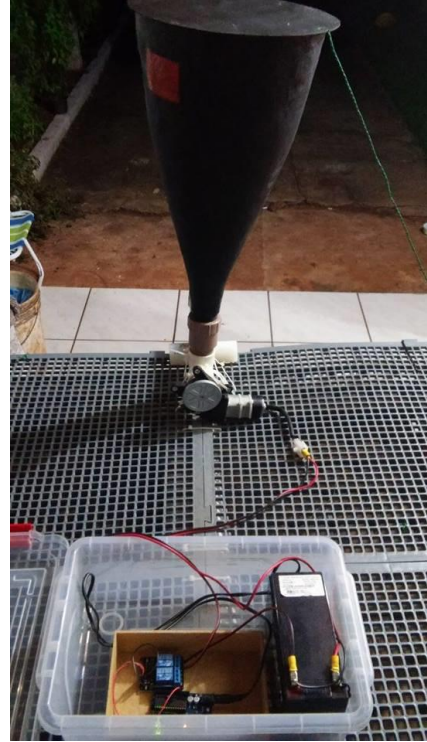
APÊNDICES

APÊNDICES A– Lista de Símbolos e Abreviações

π	Pi = 3,14...
H	Altura
r	Raio Menor
R	Raio Maior
mm	Milímetros
cm	Centímetros
g	Gramas
kg	Kilogramas
l	Litros
ml	Mililitros
Mesp	Massa Específica
m	Massa
v	Volume
D	Diâmetro Externo
d	Diâmetro Interno
hi	Passo da Rosca
m ³	Metros Cúbicos
C	Consumo
I	Corrente do Motor
t	Tempo
s	Segundos
a	Autonomia Cíclica da Bateria
B	Capacidade de Carga da Bateria
Ci	Ciclo do Funcionamento do Aparelho
Di	Dias
A	Amper
h	Horas
V	Volts

APÊNDICE B – Figuras do Protótipo

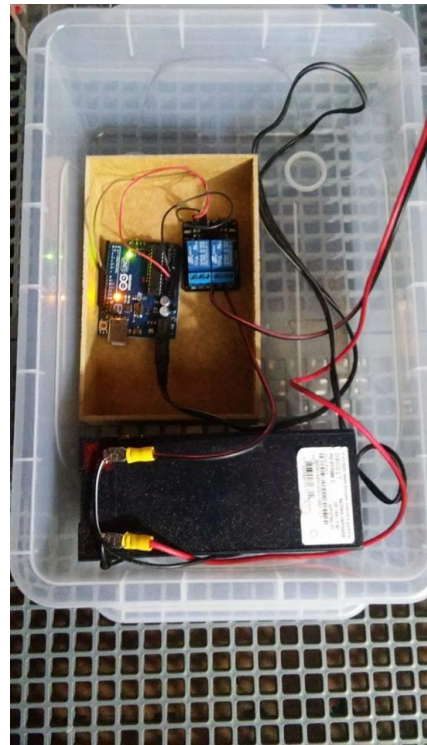
(a)



(b)



(c)



(d)

(a) Protótipo liberando ração; (b) Protótipo I; (c) Protótipo II; (d) Conjunto Bateria/Circuito Elétrico.



(e)



(f)

(e) Protótipo Flutuando I (f) Protótipo Flutuando II

