

CENTRO UNIVERSITÁRIO – FAG

CARLOS EDUARDO MARSCHALL

**PROJETO CONCEITUAL DE UM ARRAÇADOR FLUTUANTE AUTOMATIZADO
DE ALEVINOS**

CASCABEL – PR

2017

CENTRO UNIVERSITÁRIO – FAG

CARLOS EDUARDO MARSCHALL

**PROJETO CONCEITUAL DE UM ARRAÇADOR FLUTUANTE AUTOMATIZADO
DE ALEVINOS**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário – FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica

Professor Orientador: Esp. Eng. Geovane Duarte Pinheiro.

CASCADEL – PR

2017

CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG

CARLOS EDUARDO MARSCHALL

PROJETO DE UM ARRAÇADOR FLUTUANTE AUTOMATIZADO DE ALEVINOS

Trabalho apresentado no curso de Engenharia Mecânica, da FAG, como requisito parcial para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do professor Geovane Duarte Pinheiro.

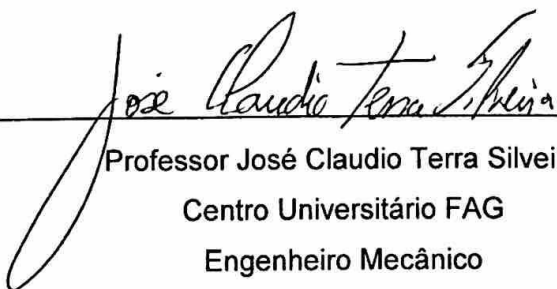
BANCA EXAMINADORA



Orientador Prof. Geovane Duarte Pinheiro

Centro Universitário FAG

Engenheiro de Controle e Automação



Professor José Claudio Terra Silveira

Centro Universitário FAG

Engenheiro Mecânico



Professor Me. Roberson Roberto Parizotto

Centro Universitário FAG

Engenheiro Mecânico

Cascavel, 28 de outubro de 2017

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus e a minha família, principalmente a minha filha, minha namorada, meus pais e meu irmão por todo apoio em todo este trajeto. Ao corpo docente da FAG pelo apoio neste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela vida e também pela oportunidade de poder vivenciar novamente um momento de terminar um curso de graduação.

A minha família por me apoiar ao longo destes cinco anos, em especial minha mãe, por todo suporte que sempre me deu. A minha namorada, por me dar o melhor presente do mundo, a minha filha Maya que estamos aguardando ansiosamente.

Fazer uma faculdade também significa fazer amigos. Toda turma, desde os que desistiram até os bravos que estão na reta final, fica meu “salve”, pelas risadas entre outros momentos que passamos. E existem aqueles amigos especiais, verdadeiros irmãos, que estiveram desde o primeiro período, Leonardo Pretti Camilo e Maurício Zanella, meu muito obrigado por tudo meus caros, despejo o maior sucesso a vocês.

Meu muito obrigado a todos os professores de todos os períodos do curso, alguns em especial, por serem dedicados e realmente valorizarem a sua profissão e fazer valer o investimento no curso, pois além de professores se tornaram grandes amigos. Em especial quero agradecer meu orientador Geovane Duarte Pinheiro, pelo suporte e ajuda.

Deixo minha homenagem ao meu grande amigo Lucas Burin, que infelizmente não está mais entre nós, não conseguiu concluir um dos seus sonhos que era a graduação de Engenharia Mecânica, mas que com certeza está olhando por todos nós torcendo ao lado de Deus.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que fizeram parte dessa etapa maravilhosa da minha vida.

"É exatamente disso que a vida é feita: de momentos! Momentos os quais temos que passar, sendo bons ou não, para o nosso próprio aprendizado, por algum motivo. Nunca esquecendo do mais importante: nada na vida é por acaso."

Chico Xavier.

RESUMO

O consumo de peixes vem crescendo a cada dia no Brasil e no mundo, e por demandar de uma produção cada vez maior, o uso de novas tecnologias com custo acessível, que auxiliam o aquicultor na redução de tempo e custos no cultivo é primordial. Na aquicultura voltada a alevinos o controle do arraçamento é um dos principais problemas no processo de criação. Este trabalho tem como objetivo a elaboração de um projeto conceitual de um arraçador automatizado de alevinos, visando o aumento da produtividade na conversão larvas a pós-larvas de tilápia. Para tal, foi realizada uma visita técnica na Piscicultura Sgarbi, localizada no município de Palotina na região oeste do Paraná, para obtenção de dados referente do processo atual de arraçamento. Após, foi realizada uma pesquisa bibliográfica para determinação dos materiais a serem utilizados no projeto do equipamento. Em seguida, deu-se início a seleção e dimensionamento dos componentes, que depois foram desenhados no projeto 3D via *software SolidWorks®*. O trabalho resultou em um projeto conceitual que atende todas as necessidades levantadas. A partir do conceito, uma estimativa de investimento foi criada como parâmetro para a fabricação do equipamento. Foram analisados dados experimentais para estimar a efetividade do arraçador em comparação ao trabalho manual, estes mostraram que a automação deste processo na criação de alevinos, visando controle, qualidade e alta produtividade é eficaz, tendo em vista que reduz a mão de obra e otimiza a conversão de alevinos, aumentando consequentemente a lucratividade do cultivo.

Palavras Chave: Arraçador Automatizado. Alevinos. Aquicultura. Produtividade.

ABSTRACT

The consumption of fish is growing every day in Brazil and in the world, and for demanding an increasing production, the use of new technologies with affordable cost, which help the aquaculture in the reduction of time and costs in the cultivation is primordial. In aquaculture aimed at fingerlings control of feeding is one of the main problems in the breeding process. The purpose of this work is the elaboration of an automated fingerling breeding conceptual project, aiming to increase productivity in the conversion of larvae to post-larvae of tilapia. For this purpose, a technical visit was made to the Sgarbi fish farm, located in Palotina in the western region of Paraná, to obtain data referring to the current process of feeding. Afterwards, a bibliographical research was carried out to determine the materials to be used in the design of the equipment. Then, the selection and scaling of the components were started, which were then designed in 3D, via SolidWorks® software. The work resulted in a conceptual project that meet all the needs raised. From the concept, an investment estimate was created as a parameter for the manufacture of the equipment. Experimental data were analyzed to estimate the effectiveness of the broiler breeder in comparison to manual work, which showed that the automation of this process in the creation of fingerlings, aiming at control, quality and high productivity is efficient, considering that it reduces the labor force and optimizes the conversion of fingerlings, thus increasing the profitability of the crop.

Key words: Automated Feeder. Tilapia Fingerlings. Aquaculture. Productivity.

LISTA DE SÍMBOLOS

π	Pi	3,141592...
ρ	Rô	Densidade

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – As fases de projeto, identificando as diversas realimentações e repetições.....	18
Figura 2 – Exemplos representados em desenho técnico dos principais tipos de polias.	21
Figura 3 – Características de alguns tipos de correia.	22
Figura 4 – Constituição do cabo de aço.	24
Figura 5 – Gráfico tensão x deformação, comparação entre o Aço A-36 e a liga de Alumínio 6061-T6.	27
Figura 7 – Fluxograma de funcionamento do CLP.	30
Figura 8 – Exemplo de IHM - Simatic Panel, fabricados pela empresa Siemens.....	31
Figura 9 – Formas de energia em um sensor.....	33
Figura 10 – Fluxograma da Família dos motores elétricos.....	36
Figura 11 – Exemplo de cabo de controle.....	38
Figura 12 – Exemplo de um diagrama de blocos funcional.....	43
Figura 13 – Vistas em linhas do projeto 3D do equipamento	47
Figura 14 – CLP Novus XLe.....	48
Figura 15 – Motor WEG 0,5cv trifásico.....	48
Figura 16 – Inversor de frequência CFW 100.....	49
Figura 17 – Motoredutor WEG 0,33cv com Redução 1:100.....	49
Figura 18 – Vistas do Silo	51
Figura 19 – Vistas do flutuador.....	52
Figura 20 – Câmara de dosagem.....	53
Figura 21 – Rotor da válvula de dosagem.....	54
Figura 22 – Imagem da travessa de fixação.....	55
Figura 23 – Sistema de controle em malha fechada do sistema de arraçamento. ..	56
Figura 24 – Conceito final do Arraçador de Alevinos.	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Lista de materiais para fabricação.....	58
Tabela 02 – Os resultados de desempenho produtivo das tilápias ao final do experimento.....	60

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 01 – Volume do Retângulo	51
Equação 02 – Volume do tronco de pirâmide.....	51
Equação 03 – Equação do Empuxo	52
Equação 04 – Volume do Cilindro	54

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVO GERAL	17
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	18
2.1 PROJETO DE ENGENHARIA MECÂNICA	18
2.2 ELEMENTOS DE MÁQUINA.....	20
2.2.1 Polias	20
2.2.2 Correias.....	22
2.2.3 Cabos de Aço.....	23
2.3 ALUMÍNIO	25
2.3.1 TIPOS E CLASSIFICAÇÃO.....	26
2.4 POLIETILENOS	28
2.5 CLP – CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL	29
2.5.1 Estrutura e Funcionamento dos CLPs.....	29
2.5.2 Interface Homem-Máquina.....	31
2.5.3 Relação Custo-Benefício dos CLPs	32
2.6 SENSORES	32
2.6.1 Sensor Analógico	33
2.6.2 Sensor Digital	33
2.6.3 Transdutores	34
2.6.4 Conversores A/D e D/A	34
2.6.5 Características Importantes dos Sensores.....	34
2.6.6 Tipos de Sensores	35
2.7 MOTORES ELÉTRICOS.....	36
2.7.1 Motores de Corrente Contínua	37
2.7.2 Motores de Corrente Alternada	37
2.7.3 Motoredutores	37
2.8 CONDUTORES ELÉTRICOS.....	38
2.9 INVERSOR DE FREQUÊNCIA	40
2.10 SISTEMAS DE CONTROLE	41
2.10.1 Sistemas de Controle de Malha Fechada.....	42
2.10.2 Diagrama de Blocos	43

2.11 CONCEITOS BIOLÓGICOS ATRELADOS AO CULTIVO	44
2.11.1 Controle do pH da Água.....	44
2.11.2 Temperatura da Água.....	44
2.11.3 Oxigenação Dissolvida	45
2.11.4 Arraçoamento	45
3 METODOLOGIA	47
3.1 MATERIAIS	47
3.2 MÉTODO.....	50
3.2.1 Silo de Ração	50
3.2.2 Flutuadores	52
3.2.3 Válvula de Dosagem	53
3.2.4 Travessa de Fixação	55
3.2.5 Sistema de Controle de Malha Fechada	55
4 RESULTADOS E DISCUSSOES	57
4.1 PROJETO CONCEITAL	57
4.2 INVESTIMENTO PARA FABRIÇÃO DO PROJETO	58
4.3 ESTIMATIVA DA EFICÁCIA DO ARRAÇADOR EM COMPARAÇÃO COM O TRABALHO MANUAL	58
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	62
REFERÊNCIAS.....	63
ANEXOS	66

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, segundo o Manual Técnico Piscicultura Tropical de Água Doce (2002), o controle de arrazoamento de alevinos é, sem dúvidas, o problema de maior peso no processo de criação, seja ele em tanques ou telas. A quantidade, a qualidade e também a frequência da ração fornecida, influenciam diretamente na produtividade. O controle da qualidade do alimento, por grande parte, é realizado pelo fornecedor, porém, controlar a dosagem, os intervalos de distribuição da ração e os lugares de onde será despejada é demasiadamente difícil, por ser um processo manual, o que leva a erros em dosagens e forma de despejo, pois depende da boa vontade humana.

Na prática, grande parte do processo atual de arrazoamento nas propriedades de produção, a ração é colocada em uma peneira metálica, soldada a uma pequena barra de alumínio. O objetivo é peneirar a ração em volta de todo o tanque, para que o alimento fique o máximo possível sobre a água, ou seja, para que não afunde. Padronizar e controlar este trabalho, somada a outras variáveis como condições climáticas diversas é humanamente impossível, pois o ser humano é por natureza, falho neste tipo de processo.

Na aquicultura voltada a alevinos, a relação entre consumo de ração e a taxa de conversão somados ao ganho de peso, pode alcançar margens acima de 96% do lote, em processo devidamente controlado. Sendo assim, a distribuição homogênea e frequência aumenta a possibilidade de todos os animais se alimentarem proporcionalmente, fatores estes considerados decisivos na qualidade final da produção (CONTE, 2004).

Em uma visita técnica a uma propriedade de produção de alevinos, surgiu a ideia de automatizar a distribuição de ração nos tanques, o que poderá resultar em economia de mão de obra, tempo e na redução no período necessário para a taxa de conversão (pós-larva para alevino macho), pois com o processo automatizado, o produtor poderá fazer o processo de distribuição de ração por mais vezes no dia, obtendo melhores resultados na produção.

Com o crescimento gradual do consumo mundial de peixe, comprovado pela mais recente pesquisa do *State of World Fisheries and Aquaculture* (SOFIA) de 2016, que faz uma publicação bienal da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO/ONU), consequentemente reflete no aumento do cultivo desta

área. Esse aumento no consumo também é reflexo da busca de hábitos mais saudáveis e uma variação nos cardápios, a pesca e aquicultura são de extrema importância como fonte de alimento, nutrição, meios de subsistência e renda a milhões de pessoas em todo mundo. Além disso, existe também o aumento de doenças como câncer e problemas cardiovasculares, o que acarreta diretamente no consumo de dietas ricas em proteína animal e gordura saturada. Com isso, a carne de peixe vem sendo introduzida nessas dietas, por apresentar ácidos graxos essenciais como o ômega 3. Por esses fatos, o setor é um dos que mais se expandiu em todo mundo, influenciando economicamente vários continentes, (CONTE, 2004).

A aquicultura foi responsável por um incrível aumento na oferta de carne de peixe para consumo humano. Enquanto forneceu apenas 7% para consumo humano no ano de 1974, a sua participação cresceu para 26% em 1994 e 39% em 2004. Em 2014, a produção chegou a 73,8 milhões de toneladas, com vendas estimadas de US\$ 160,2 bilhões em todo o mundo.

Atualmente o cultivo gira em torno de 600 espécies de peixes comestíveis, reproduzidas em diferentes formas de cultivo, em água doce, salobra e salgada em viveiros naturais, tanques e outros métodos. No Brasil, as espécies mais cultivadas são: a Tilápia como campeã na produção, seguida da Carpa, Tambaqui, Tambacu e o Pacu. A produção nacional alcança valores maiores, a cada ano vindouro, porém 38,7% do total de pescado, ainda é da pesca extrativista marinha, seguida da aquicultura continental com 38% do total, e após a pesca extrativa continental com 17,3%, e por último a aquicultura marinha com 6% do total (MPA, 2011). O Nordeste é região de maior produção no país, com 31,7% do total nacional, seguida das regiões sul, norte, sudeste e centro-oeste, respectivamente.

Apesar do Ministério da Pesca e Aquicultura estabelecerem uma meta em 2014, para um aumento da produção do país para 2 milhões de toneladas ano, a atual situação do aproveitamento dos recursos hídricos para produção aquícola tem muito a ser explorado devido ao seu alto potencial. Este caso, dá-se ao fato de que o Brasil ainda está mal estruturado no setor, pois existem muitas dificuldades como obtenção de licenças, manejo inadequado, falta de padronização e assistência técnica, necessidade de capital de giro ao produtor, dentre pontos importantes (SIDONIO et al., 2012).

O cultivo da Tilápia, mais especificamente a espécie Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), é o segundo peixe de água doce mais produzido no mundo,

perde apenas para as carpas, devido ao seu potencial para diversas formas de cultivo, ou seja, desde pequena escala até sistemas superintensivos (BENTSEN et al., 1998). Um dos principais motivos por tornar a Tilápia tão importante, é sua biologia reprodutiva, que difere das espécies migratórias como o Surubim e Dourado.

A adequação de processos do manejo alimentar, auxilia a melhora da conversão alimentar e também a assimilação dos nutrientes pelos peixes, otimizando a distribuição de ração, evitando desperdícios das sobras de ração e consequentemente melhorando a qualidade da água, o que é um fator crucial na qualidade dos peixes, pois interfere na sobrevivência, reprodução, saúde e no crescimento do animal.

Oliveira (2007), afirma que o manejo alimentar, frequência e a taxa de arraçoamento, ou seja, número diário de alimentações e também o horário do despejo da dieta, são fatores determinantes no desempenho produtivo. Sendo assim, ter um controle automatizado da alimentação, auxilia positivamente na produção.

Com a introdução de sistemas de alimentadores automáticos, possibilitou-se o fornecimento de ração em quantidades pré-definidas e frequências maiores, dando uniformidade na alimentação e controle da quantidade de ração ofertada no tanque, além de possibilitar a alimentação noturna. Segundo Oliveira (2010), a automação deste processo, tem por finalidade o aumento da produtividade em um âmbito geral, pois melhora a eficiência alimentar, diminui resíduos e por consequência exige a capacitação da mão de obra. Com uso destes equipamentos existe um melhor aproveitamento da ração para os peixes ao longo de 24 horas (SOUSA et al., 2012).

Esta alta frequência causa o estímulo nos peixes a buscarem por alimento em horários pré-determinados, o que ajuda na conversão alimentar e no crescimento. De acordo com Sousa (2010), com o aumento da frequência diminui-se a competição pela comida, isso gera uniformidade para o lote, ganho de peso e taxa de conversão elevada na produção da tilápia. Contudo, não só a frequência deve ser considerada, mas também a porção correta de alimento despejado diariamente, pois isso reflete no custo de produção e no tempo de cultivo.

Este trabalho tem como principal objetivo elaborar um projeto de um equipamento para automatizar o processo de arraçoamento, que será capaz de suprir as necessidades atuais dos produtores, provendo o controle de todo o procedimento. Apesar do nível de complexidade ser considerável devido aos componentes

eletrônicos, estrutura e motores, o projeto do equipamento visa principalmente o baixo custo de investimento, com alto nível de confiabilidade.

1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver o projeto de um arraçoador automatizado de alevinos, visando o aumento da produtividade na conversão de larvas a pós-larvas de alevinos.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analisar o processo atual de despejo de ração nos tanques;
2. Obter dados necessários para o projeto do equipamento, como fatores biológicos (frequência de despejo, tipo de ração, tempo de conversão);
3. Determinar os materiais a serem utilizados para o dimensionamento do equipamento;
4. Desenvolver um projeto conceitual do arraçoador automatizado de baixo custo;
5. Analisar a redução do tempo na produção de alevinos.

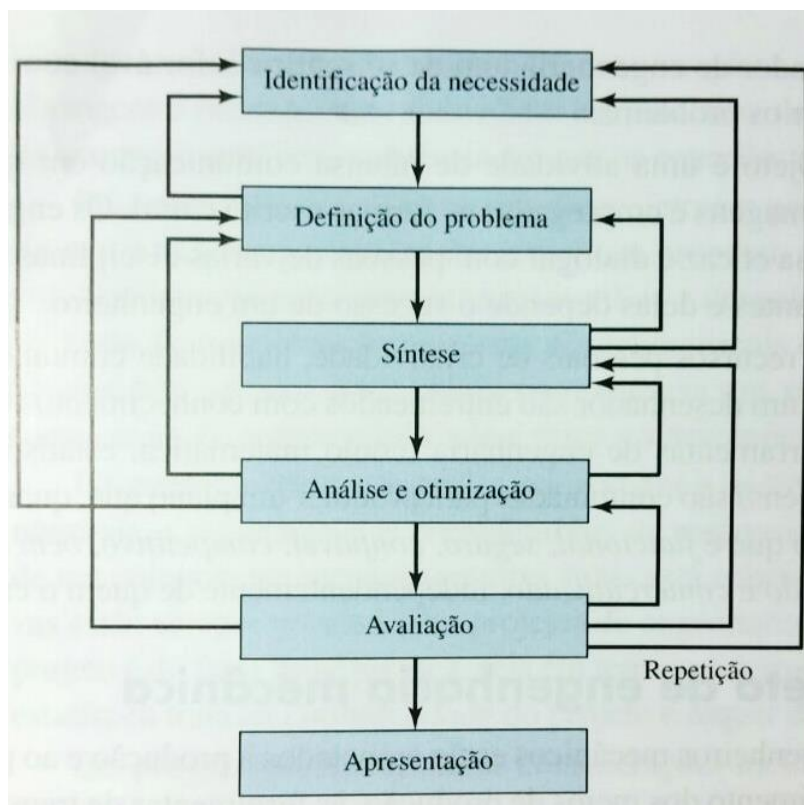
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 PROJETO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Segundo Collins (2006), o objetivo de um projeto de engenharia, seja qual for sua utilidade, é de atender necessidades ou desejos humanos. Em uma análise expandida, podemos dizer que a engenharia é uma mistura peculiar entre arte e ciência, que se utiliza de recursos naturais e a energia, transformando-os em tecnologias que beneficiam a humanidade. E uma das aptidões mais importantes dos engenheiros mecânicos é o projeto mecânico, isto é, melhorar ou desenvolver novos equipamentos na ideia de torná-los sempre mais lapidados em todos os sentidos, e isso exige muito do profissional, seja por restrição de investimento, tempo, segurança e parâmetros de mercado.

Para cada projeto, existem situações peculiares, porém, todos seguem uma base, como descrito na Figura 1.

Figura 1 – As fases de projeto, identificando as diversas realimentações e repetições.



Fonte: BUDYNAS (2006).

Inicia com a identificação da necessidade e a decisão de resolvê-la. O processo é repetido até a definição da solução que irá atender certa necessidade. Existem produtos que as fases se repetem constantemente ao longo da vida do produto, do início até seu término.

A identificação da necessidade, propriamente dita, é o que dá o início ao processo de um projeto. Reconhecer esse ponto, pode gerar e constituir um ato extremamente criativo. Pois a necessidade por si, é vaga, um descontentamento pessoal ou mesmo coletivo, a sensação de que falta algo, ou que não está correto. E essa mecânica do reconhecimento é acionada por uma ou mais circunstâncias simultaneamente (BUDYNAS, NISBETT, 2006).

Após o primeiro passo, surge a definição do problema, onde se inicia a identificação de todas as especificações e processos do projeto, como dimensões, entradas, saídas, limitações, custo, vida útil, confiabilidade e outras características cabíveis ao que está sendo desenvolvido. Essas especificações devem ser bem detalhadas e estruturadas, para que, quando for entregue nas mãos do desenhista ou projetista, ele consiga absorver todos os detalhes e elaborar da forma que seja dentro da realidade da fábrica, ou seja, algo que a fábrica consiga produzir com as ferramentas que possui ou com o mínimo de investimento possível.

Passando para o terceiro momento, a síntese, é basicamente a interligação dos elementos, gerando a principal fase desta etapa, a construção do protótipo conceitual. A partir do projeto conceitual, são propostos esquemas a serem analisados e quantificados baseados nos parâmetros estabelecidos, e conforme vai ganhando corpo, avaliações de desempenho e comparação de resultados são repetidamente trabalhados, para que haja uma otimização até chegar numa versão possível de ser competitiva no mercado (BUDYNAS, NISBETT, 2006).

Percebamos no esquema da Figura 1, que a análise e otimização bem como a síntese, estão intensa e continuamente unidas, pois é de extrema importância esse ciclo para identificação de erros e melhorias. Para que isso seja feito de uma maneira rápida e sem investimentos perdidos por tentativa e erro, são empregados os modelos matemáticos que irão simular muito próximo a realidade o sistema físico real do projeto. E por fim, chegamos a etapa final do ciclo antes da apresentação do produto, a avaliação. A prova final do produto, é onde descobrimos se o projeto cumpre o que promete, se irá atender as necessidades lá no início identificadas, se a fábrica obterá

lucro nas vendas ou se resultará em ações judiciais, se terá muitas substituições de peças, enfim, todas as hipóteses possíveis levantadas pela equipe avaliadora.

Todo o esforço do projeto, agora cai sobre a etapa vital e final, a apresentação do produto aos olhos de terceiros, mostrá-lo aos possíveis clientes, e concluir de fato se o resultado de todo o planejamento desde a primeira ideia aos incansáveis aprimoramentos, será positivo ou negativo para o caixa da fábrica.

2.2 ELEMENTOS DE MÁQUINA

Um projeto de uma máquina é criado basicamente para satisfazer uma necessidade como vimos no tópico anterior, seja para fins de lazer, indústrias ou comércio.

Essa máquina nasce da habilidade de alguém ou de uma equipe, capaz transformar a ideia em um projeto. A partir disso, inicia-se o estudo detalhado de suas partes, a forma como será montada, tamanho, material e localização das partes componentes como por exemplo engrenagens, polias, parafusos, molas, eixos, enfim, um conjunto denominado elementos de máquina. Segundo Collins (2006), esses elementos podem ser classificados em grupos conforme sua função, podemos citar dentre os vários que existem os elementos de apoio como mancais, guias e rolamentos, elementos de transmissão como correias e polias, elementos de fixação como parafusos e porcas (BUDYNAS, NISBETT, 2006).

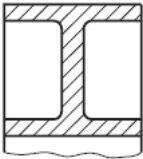
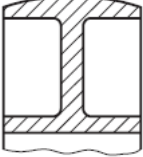
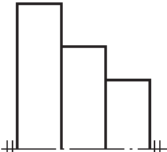
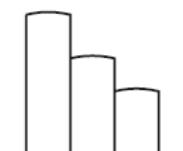
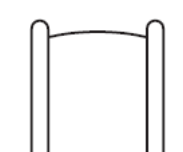
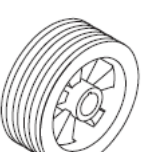
Como cabível a este projeto, veremos alguns elementos específicos que farão parte da estrutura do tratador flutuante de alevinos.

2.2.1 Polias

A polia, uma das máquinas mais simples criadas, foi atribuída ao pensador Arquimedes de Siracusa (287 - 212 a. C.), era muito conhecida desde a Idade Antiga. Com sua criação, era possível movimentar grandes massas exercendo pouca força, o que ajudou em muitas atividades da época e ainda extremamente usada na atualidade.

De acordo com Niemann (1971), as polias são definidas como peças cilíndricas, as quais são movimentadas por meio da rotação do eixo do motor e correias. Constituídas basicamente de uma face ou coroa, que pode ser envolvida por determinados tipos de correia, sendo que a face é conectada a um cudo de roda através do disco ou por braços. As polias, conforme mostrado na Figura 2, apresentam-se de muitas formas, varia conforme sua função e da correia que será utilizada.

Figura 2 – Exemplos representados em desenho técnico dos principais tipos de polias.

		polia de aro plano
		polia de aro abaulado
		polia escalonada de aro plano
		polia escalonada de aro abaulado
		polia com guia
		polia em "V" simples
		polia em "V" múltipla

Fonte: ROBOCORE (2017).

Dentre os variados tipos, tem-se as polias tensoras (esticadores), podem ser do tipo liso ou mesmo dentado, pois sua função não compreende transmissão de potência. É utilizada para tencionar correias quando as mesmas são muito grandes ou também quando a distância entre centros é pequena. São definidas como interna, quando possui diâmetro maior ou igual que a polia menor do acionamento, ou externa, onde o seu diâmetro mínimo deve corresponder a 1,5 vezes maior em relação a menor polia do acionamento, e sua largura deve ser igual ou maior que a largura da correia, (NIEMANN, 1971).

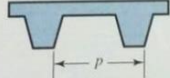
É necessário ressaltar que, todas as polias sem exceções, devem obedecer às normas de fabricação e tolerância, e evitar polias com construção com tolerância nula.

2.2.2 Correias

Quando se faz necessário transmitir energia de um eixo a outro e não é possível o uso de engrenagens, por fatores técnicos ou econômicos, utiliza-se as correias associadas as polias.

De acordo com Budynas (2006), existem quatro tipos de correias mais utilizados, com características específicas, apresentadas na Figura 3. A correia do tipo plana é utilizada em conjunto das polias abauladas, enquanto que a do tipo V e a redonda, são empregadas em polias ranhuradas (roldanas). Já as correias sincronizadas requerem as rodas dentadas.

Figura 3 – Características de alguns tipos de correia.

Tipo de correia	Figura	Junta	Intervalo de tamanho	Distância entre centros
Plana		Sim	$t = 0,75 \text{ mm a } 5 \text{ mm}$	Sem limite superior
Redonda		Sim	$d = 10 \text{ mm a } 20 \text{ mm}$	Sem limite superior
V		Nenhuma	$b = 8 \text{ mm a } 9 \text{ mm}$	Limitada
Sincronizadora		Nenhuma	$p = 2 \text{ mm}$	Limitada

Fonte: BUDYNAS (2006).

Independente do caso, a separação dos eixos de polia, devem ser montados a uma distância mínima para o uso apropriado, dependente do tipo de correia e seu comprimento.

Niemann (1971), mostra algumas vantagens das correias em relação as transmissões por correntes, que são interessantes de ressaltar:

- Baixo nível de ruído em operação;
- Possui melhor amortecimento e absorção de choques;
- Baixo valor de aquisição, o que torna o projeto mais barato;
- Manutenção fácil e prática;
- Múltipla utilização, podendo ser empregada a várias posições e distâncias de centros de eixos;

E claro algumas desvantagens em aplicações onde existe grande umidade, poeira, detritos e óleo, o que diminui sua vida útil e rendimento no sistema.

2.2.3 Cabos de Aço

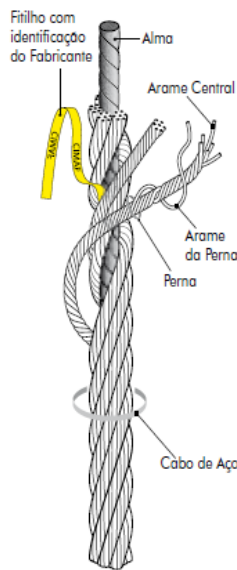
Cabos de aço se assemelham muito com uma corda, porém ao invés de serem feitos de sisal ou nylon, é feito de um conjunto de arames de aço que foram enrolados em forma de hélice. São comumente utilizados em elevadores, guindastes, guinchos, construção civil, e máquinas em geral.

A sua constituição geral, é representada pela Figura 4. Nela são mostrados os elementos do conjunto que formam o cabo:

- Arame: obtido pelo processo de trefilação por estiramento.
- Perna: conjunto de arames enrolados entre si.
- Cabo: conjunto de pernas enroladas entre si em torno de um núcleo denominado alma (MELCONIAN, 2007).

Classifica-se da seguinte maneira: $p \times a$ TTT. Sendo “p” o número de pernas do cabo, “a” o número de arames por perna e TTT tipo de alma e outras qualificações que variam conforme o fabricante. Todas as especificações dos cabos de aço, estão relacionados na NBR-6327, que é a norma brasileira que compete a este produto.

Figura 4 – Constituição do cabo de aço.



Fonte: MELCONIAN (2009).

Com o passar dos anos, as técnicas de fabricação dos cabos de aço foram aprimoradas, com o desenvolvimento de máquinas específicas que possibilitam a confecção das pernas em uma única operação, fazendo com que todas as camadas sejam do mesmo passo. Com isso, surgiram três denominações para composições de cabos: *Seale*, *Filler* e *Warrington*, que basicamente são formadas de arames com diâmetros diferentes. Isso faz com que essas composições conservem o cabo internamente, evitando o desgaste ocasionado pelo atrito quando é feito o cruzamento dos arames.

No tipo *Seale*, existem pelo menos duas camadas adjacentes com o mesmo número de arames. Todos os arames de uma mesma camada possuem alta resistência ao desgaste. A composição *Filler*, possui arames principais e arames finos, que servem de enchimento para a boa acomodação dos outros arames. Os arames de enchimento não estão sujeitos às especificações que os arames principais devem satisfazer. Os cabos de aço fabricados com essa composição possuem boa resistência ao desgaste, boa resistência à fadiga e alta resistência ao amassamento. O modelo *Warrington* é a composição onde existe pelo menos uma camada constituída de arames de dois diâmetros diferentes e alternados. Os cabos de aço fabricados com essa composição possuem boa resistência ao desgaste e boa resistência à fadiga.

É claro que ainda existem outras composições de cabos de aço com outras propriedades para finalidades específicas como a junção dos tipos “*Warrington-Seale*” que possui grande resistência a abrasão e alta resistência à fadiga de flexão, porém, as apresentadas são as mais utilizadas.

A Alma dos cabos também faz um papel importante, trazendo também características diferentes, quando a mesma é feita de fibra ou mesmo de aço. As almas de fibra, garantem maior flexibilidade ao cabo de aço, são classificadas em fibras naturais (AF) feitas de sisal, ou de artificiais (AFA) que geralmente são feitas de polipropileno.

Já as almas de aço, garantem maior resistência ao amassamento e aumentam a resistência à tração do cabo. Elas podem ser formadas por uma perna de cabo (AA) ou mesmo por um cabo de aço independente (AACI). O modelo AACI é o mais utilizado quando se exige flexibilidade combinada com alta resistência a tração.

2.3 ALUMÍNIO

O alumínio é um dos metais mais versáteis utilizados, na indústria metalúrgica só é superado apenas pela siderurgia. Ele apresenta uma vasta gama de aplicação, pois além de elevada resistência mecânica e à corrosão, tem um ótimo aspecto estético e sua densidade corresponde a um terço comparado com a do aço.

Segundo ABDO (1993), as estruturas de alumínio, em comparação com as estruturas de aço, apresentam reduções no peso de 40% a 70% em projetos. Desta maneira, resultam em estruturas mais leves e com custo de manutenção mais baixo. A economia com material somada ao custo de manutenção, devido a sua grande resistência à corrosão, faz deste material perfeito para a aplicação estrutural deste projeto.

Com seu baixo módulo de elasticidade comparando-o com o aço, correspondendo a um terço do seu valor, faz com que as estruturas montadas em alumínio apresentem um resultado satisfatório em resposta sob o efeito de tensões provenientes de impactos, deformações e ajustes. Em compensação, deve ser muito bem calculada, o baixo módulo de elasticidade deve ser avaliado em sentido a rigidez dos elementos e da estrutura global do projeto (ABDO, 1993).

As vantagens do uso deste metal começam do projetista a seu processo de fabricação. Com o processo da extrusão, permite que sejam feitos diversos perfis como seções transversais, o que facilita a montagem, aumenta a eficiência estrutural pela melhor distribuição de massa, e claro melhorias na aparência estética. Na visão do projetista, dá uma maior liberdade no dimensionamento, com maior uso dessas seções transversais. E ainda, este metal pode ser usinado, forjado, cortado, furado, estampado e soldado, o que o torna fácil de se trabalhar.

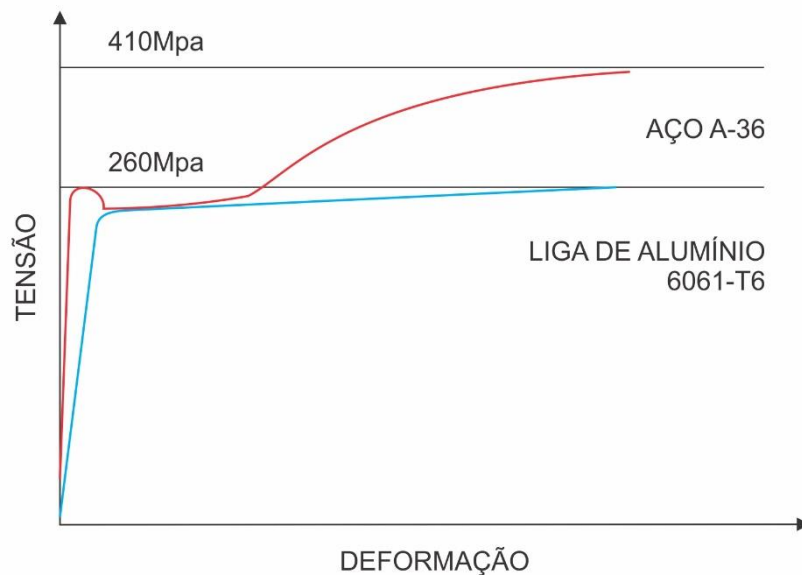
2.3.1 Tipos e Classificação

A liga de alumínio é composta por vários materiais, pois o material puro, não possui boas propriedades mecânicas para uso estrutural. Essas ligas são divididas entre ligas tratáveis e não tratáveis termicamente, sendo que os diversos tipos de liga existentes, são diferenciadas por quatro dígitos seguidos pela letra que indica sua tempera. As mesmas são agrupadas em séries, como por exemplo as da série 6000, as ligas 6061, 6063 e 6351 dessa série são as mais utilizadas em estruturas, (BUZINELLI, 2008).

As divisões de tratamento do material, pode-se agrupar as séries 1000, 3000, 4000 e 5000 como não tratáveis, e as séries 2000, 6000 e 7000 como tratáveis termicamente.

Como não existe uma norma brasileira sobre o alumínio em relação a projetos de estruturas, cabe consultar a normas estrangeiras, que trazem especificações sobre valores mínimos das propriedades mecânicas. Diferente dos aços geralmente utilizados em estruturas, o alumínio não apresenta nível de escoamento em um gráfico tensão x deformação, sendo que o seu escoamento é determinado de forma convencional. A Figura 5 mostra a comparação entre as curvas tensão x deformação para o aço ASTM A36 e a liga de alumínio 6061-T6.

Figura 5 – Gráfico tensão x deformação, comparação entre o Aço A-36 e a liga de Alumínio 6061-T6.



Fonte: BUZINELLI (2008).

O módulo de elasticidade à compressão varia de 7.000 kN/cm² a 7.600kN/cm², com 10% de variação para ligas comumente utilizadas, sendo adotado como um valor convencional de 7.000kN/cm². O módulo de elasticidade transversal fica no valor de $G = 0,375E$. A Figura 6 apresenta algumas propriedades mecânicas de algumas ligas.

Figura 6 – Propriedades mecânicas de algumas ligas de alumínio.

Propriedades Mecânicas						
Liga / Têmpera Alcoa	Resistência à ruptura por tração - f_u (MPa)		Resistência ao escoamento por tração - f_y (MPa)		alongamento (%) 50 mm	dureza Brinell
	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
6061-O	-	152,3	-	111,7	16	30
6061-T4	182,8	-	111,7	-	16	65
6061-T6	264,0	-	243,7	-	8	95
6061-T8	345,2	-	264,0	-	-	-
6061-T9	355,4	-	289,4	-	-	-
6063-O	-	132,0	-	-	18	25
6063-T4	126,9	-	60,9	-	14	50
6063-T4A	111,7	-	55,8	-	15	48
6063-T5	147,2	-	106,6	-	8	60
6063-T6	208,2	-	172,6	-	8	73
6262-T6	264,0	-	243,7	-	10	90
6262-T9	350,3	-	319,8	-	5	120
6351-O	101,5	152,3	50,8	101,5	16	35
6351-T4	223,4	-	132,0	-	16	60
6351-T6	294,5	-	258,9	-	8	95

Fonte: BUZINELLI (2008).

2.4 POLIETILENOS

Os polietilenos são polímeros olefínicos obtidos pelo processo da polimerização do gás etileno. A polimerização acontece na presença de catalisadores sob condições parametrizadas de pressão e temperatura. Polímero é definido como um composto, de grande peso molecular, que resulta da ligação covalente entre muitas moléculas (monómeros), (MELO, 2004).

Apresenta-se como um material semicristalino, muito utilizado na indústria em geral. O início de sua produção comercial foi em 1939 pela empresa *Imperial Chemical Industries Ltd.*, onde a polimerização do etileno foi feita sob alta pressão, dando origem a um produto de excelente isolamento elétrica, sendo que sua primeira aplicação foi no isolamento de cabos submersos. E também foi de grande serventia no desenvolvimento de radares.

Atualmente, existem três tipos de materiais empregados no processo da polimerização mais usados em todo mundo, incluindo o Brasil. O PEBD ou LDPE que são de baixa densidade, o PEAD um tipo de alta densidade e o PELBD, que corresponde a um polietileno linear de baixa densidade. Esses tipos compõem os principais derivados do polietileno, correspondendo praticamente com 100% de toda a produção. No entanto, o consumo individual de PEAD e PEBD é bem superior ao consumo de PELBD. Podemos citar algumas aplicações de cada tipo:

- PEAD pode ser processado e moldado por sopro, extrusão e injeção
- PEBD também pode ser processado por extrusão, sopro e injeção.
- PELBD possui elevada capacidade de selar a quente, sendo utilizado em embalagens de alimentos, como substituto do PEBD, em alguns casos. Se o PELBD for utilizado em conjunto com o PEAD ou com o PEBD, podem ser fabricadas embalagens para ração animal e embalagens agrícolas, (MELO, 2004).

Como essas variações de polietileno conseguem ser remodeladas, por processos simples de aquecimento e utilizados em grande escala em todo mundo, reciclar esse material é um mercado potencial e muito importante, tanto em questão econômica e indubitavelmente pela visão ambiental.

2.5 CLP – CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

A área de automação de equipamentos, seja em aprimoramento de máquinas existentes como em criação de novos projetos, amplia-se gradativamente em todos os setores segundo (PAREDE, GOMES, 2011). Essas melhorias, diverge opiniões pois alguns dizem que substituem o trabalho humano, porém, esta tecnologia na verdade busca a melhoria, qualidade, otimização e padronização nos processos em que são implantadas.

Para tal tarefa de automatização, existem diversos componentes que são utilizados nesta área, no entanto, no final da década de 60 surge o componente CLP – Controlador Lógico Programável, considerado como primordial em qualquer projeto de automação desde a época. Este “quadro eletromecânico” revolucionou os controles e comandos na indústria.

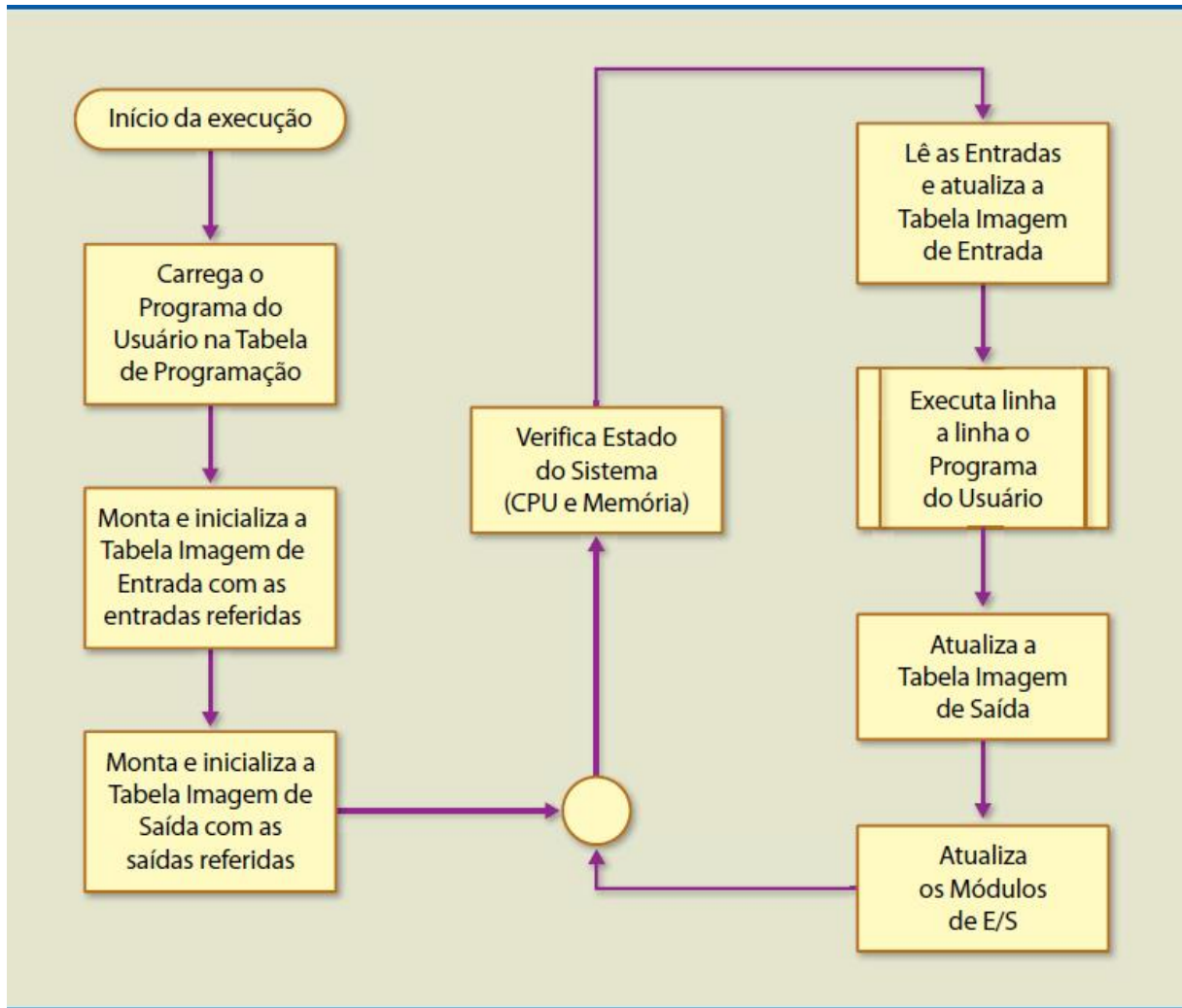
Atualmente, a atenção dos fabricantes dos CLPs, volta-se para um fator chamado interoperabilidade, que visa padronizar a comunicação entre estes componentes, de modo que facilite a automação, a gestão como também o desenvolvimento de projetos industriais normalizados e flexíveis.

2.5.1 Estrutura e funcionamento dos CLPs

Com base na norma IEC 61131-1, o CLP é sintetizado como um sistema eletrônico digital, projetado para ambientes industriais. Em seu harmônico conjunto, existem circuitos eletrônicos interligado por memórias, barramentos, processadores, portas de entrada e saída, alimentação de energia e claro, o terminal programável. Quando observamos sua estrutura, ele é equiparado a um computador, moldado particularmente para aplicações industriais. Por esta razão, podem ser utilizados em ambientes hostis, com variações de temperatura, vibração, ruídos elétricos, entre outros, o que o torna um dispositivo extremamente robusto (PAREDE, GOMES, 2011).

A Figura 7, mostra basicamente o processo de execução de um CLP, o fluxograma segue como um programa, desenvolvido para trabalhar com as rotinas nele instaladas.

Figura 7 – Fluxograma de funcionamento do CLP.



Fonte: (PAREDE, GOMES, 2011).

Em sua grande maioria, os CLPs são modulares, dando liberdade ao programador a configurar conforme sua necessidade. Porém, existem equipamentos elaborados de forma compacta, onde não é possível fazer alterações. Altivamente do tipo de CLP, a sua arquitetura sempre será composta de:

- Unidade central de processamento;
- Módulos de *Input* e *Output*;
- Memórias.

Em segundo plano, componentes de *hardware*, podem ser incluídos na arquitetura do equipamento.

2.5.2 Interface Homem-Máquina

O termo em inglês *machine-man interface* (MMI), traduzindo para Interface Homem-Máquina (IHM) pode ser exemplificada de forma muito simples, é uma tela ou painel com botões ou sem (pois existem dispositivos sensíveis ao toque), que se comunicam diretamente com o CLP. Ou seja, com o avanço da tecnologia, foram implementados monitores que mostram ao operador, informações do equipamento ou até mesmo de uma planta industrial inteira.

As informações mostradas na IHM são de suma importância, de modo que ao ver a situação da máquina o operador pode realizar procedimentos que preservem a segurança, e correto funcionamento e a disponibilidade. A Figura 8, mostra exemplos de IHM mais atuais, com nível gráfico de alto padrão. Entretanto, desde a mais simples as mais modernas, todas elas permitem que o operador monitore e modifique grande parte dos dados do programa moldado no CLP (PAREDE, GOMES, 2011).

Dentre os tipos mais utilizados de IHM podemos citar:

- Frontal com teclado e *display* de sete segmentos.
- Frontal com LCD e teclado de funções.
- Terminais de vídeo.
- Terminais de vídeo com tela sensível ao toque.

Esses equipamentos são usados para os fins de mostrar falhas em equipamentos e processos, através de alarmes programáveis, mostrar a situação da máquina, permitir a intervenção do operador, monitorar processos como pressão, temperatura, contagem de peças fabricadas, etc.

Figura 8 – Exemplo de IHM - Simatic Panel, fabricados pela empresa Siemens.



Fonte: Divulgação SIEMENS (2017).

Dada essa resumida explanação referente as diferentes IHM, um projeto que irá utilizar esta tecnologia deverá ser observado pelo conjunto, ou seja, operador, equipamento e processo a ser automatizado. Todos os lados têm seu ponto de vista, para o operador pontos como grau de intervenção, otimização de trabalho, proteção, nível de segurança, etc. Do CLP, pontos como estrutura de dados e do programa, instalação e funcionamento, atualizações. O processo, aspectos pontuados na sua operação, possíveis falhas, manutenção preventiva, etc.

2.5.3 Relação custo-benefício dos CLPs

É imprescindível conhecer as peculiaridades tecnológicas afim de relacionar o equipamento ideal para cada projeto de automação, pois pode incidir expressivamente no orçamento. Tão importante saber qual equipamento escolher é se atentar ao quesito segurança de quem irá operá-lo, pois nenhum mecanismo deve ser construído sem este princípio básico da engenharia.

A criatividade do engenheiro em desenvolver algo simples, porém eficaz, propiciam projetos de alto rendimento a uma planta produtiva, que consequentemente evitam possíveis desperdícios, componentes superdimensionados, entre outros elementos que tornam o custo de um projeto elevado, como adquirir um CLP de 20 interfaces de entrada sendo que o projeto só necessitaria de 8 entradas por exemplo.

Segundo PAREDE (2011), ponderar e manter o bom-senso no planejamento é elementar para projeto bem implementado.

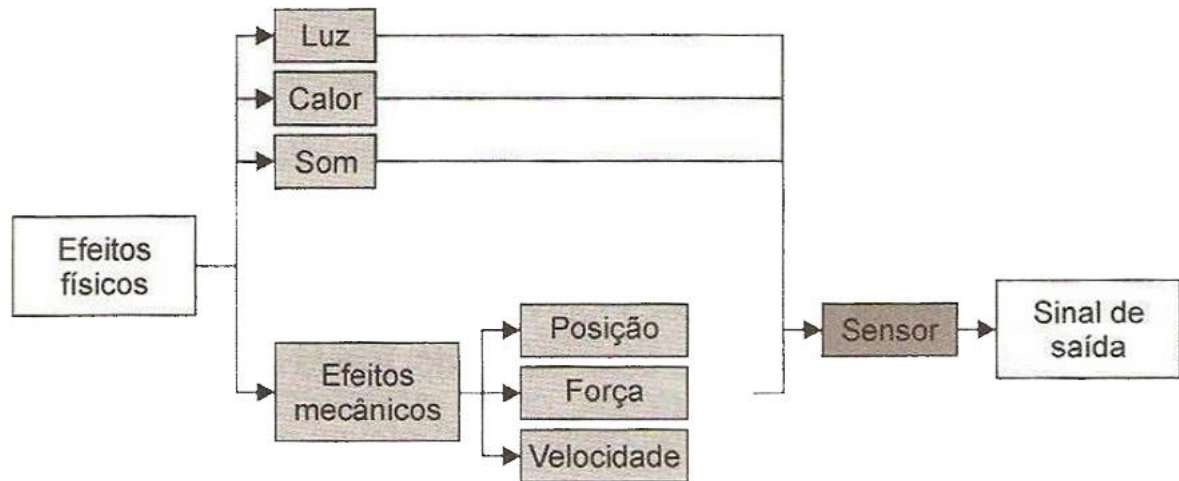
2.6 SENSORES

Em projetos de automação, sejam eles industriais, automobilísticos, comerciais, etc., é necessário estabelecer as variáveis do sistema ou as condições em que trabalhará. É o trabalho dos sensores, coletar os dados das variáveis físicas do ambiente a ser monitorado (THOMAZINI, ALBUQUERQUE, 2011).

Sensor é a forma como são chamados equipamentos sensíveis a certas formas de energia tais como cinética, luminosa, térmica, concatenando dados de uma

grandeza que precisa ser aferida, como por exemplo a pressão, velocidade, temperatura, posição, corrente, entre outros como nos mostra a Figura 9.

Figura 9 – Formas de energia em um sensor.



Fonte: THOMAZINI (2011).

Em alguns casos, os sensores não possuem as funções elétricas necessárias para determinadas situações em uma aplicação de sistema. Assim, é preciso que seu sinal de saída seja tratado antes da sua leitura no programa, através de um dispositivo de interface para que seja visualizado ou lido por um controlador.

2.6.1 Sensor Analógico

Este tipo de sensor consegue atribuir todo tipo de valor no sinal de saída ao longo do tempo, sendo que o mesmo esteja em sua faixa de operação. Este dispositivo pode operar com grandezas como temperatura, pressão, vazão, torque, distância, velocidade, luminosidade e até mesmo ângulo. Estas, são medidas através de um componente sensível com circuitos eletrônicos que não são digitais.

2.6.2 Sensor Digital

Segundo THOMAZINI (2011), os sensores digitais têm por característica assumirem apenas os valores binários de 0 e 1 em seu sinal de saída. Apesar de que

grandezas físicas não possam ser mensuradas através desse tipo de sinal, existe um circuito eletrônico que é capaz de converter o sinal, o transdutor. Depois do sinal convertido ele é mostrado no sistema de controle.

2.6.3 Transdutores

O transdutor é o mecanismo que transforma a grandeza em sinal que possa ser lido pelo sistema de controle, ou seja, em um sinal de tensão ou corrente. Ele engloba tanto o sensor em si, quanto os componentes eletrônicos de interface para a tradução do sinal.

Junto do sensor e transdutor, existe também um dispositivo chamado Transmissor, onde sua função é preparar o sinal de saída do transdutor quando utilizado a distância. O transmissor faz a padronização dos sinais, através de protocolos de comunicação.

2.6.4 Conversores A/D e D/A

Estes dispositivos são responsáveis pela conversão de sinal analógico e digital, isto é, com ele é possível transformar um sinal analógico em digital e vice-versa. Porém, ao ser utilizado o projetista precisa estar atento ao número de bits utilizado pelo conversor para que o mesmo não gere falsos sinais da grandeza física, e também cuidar para não superdimensioná-lo.

2.6.5 Características Importantes dos Sensores

- Tipos de saída: digital/binária ou analógica.
- Sensibilidade: razão entre os sinais de entrada e saída, ou seja, o nível de sensibilidade corresponde a menor variação entre eles.
- Exatidão: forma-se pelo resultado entre a medida feita por um transdutor a um medidor padrão, baseado nos conceitos da metrologia.

- Precisão: basicamente seria o grau de repetição de um valor mensurado pelo transdutor. Embora serem padronizados, os sensores comerciais trabalham com uma margem de erro, pois existem grandezas que são difíceis de definir com exatidão, como a umidade.
- Alcance: refere-se a todo intervalo de valores de entrada do equipamento.
- Estabilidade: configurada pela variação da saída do sensor, ou seja, se esta flutuação do sinal for alta (baixa estabilidade), o sistema de controle que o utiliza poderá ser prejudicado.
- Velocidade de resposta: representa a velocidade com que o sensor consegue medir certa variável e enviar o valor para o sistema.

Outras características devem ser analisadas na aquisição ou mesmo na escolha para um projeto como facilidade de manutenção, calibração, tamanho, vida útil, custo, encapsulamento e histerese (THOMAZINI, ALBUQUERQUE, 2011).

2.6.6 Tipos de Sensores

Alguns tipos de sensores mais utilizados em plantas e equipamentos industriais:

- Sensores Indutivos;
- Sensores Capacitivos;
- Sensores Fotoelétricos;
- Sensores de Fibras Ópticas;
- Sensores Lasers;
- Sensores Ultrassônicos;
- Sensores Magnéticos;
- Sensores Transdutores Lineares;
- Sensores de Pressão;
- Sensores de Imagem;
- Barreiras Fotoelétricas.

Além dos sensores mais comumente utilizados no ambiente industrial, existem muitos outros como os que detectam fluidos, gases, radiação nuclear, nível de pH, que se aplicam a casos peculiares e mesmo sendo para uma linha mais especial, apresentam características que os deixam muito úteis em determinados campos projetos.

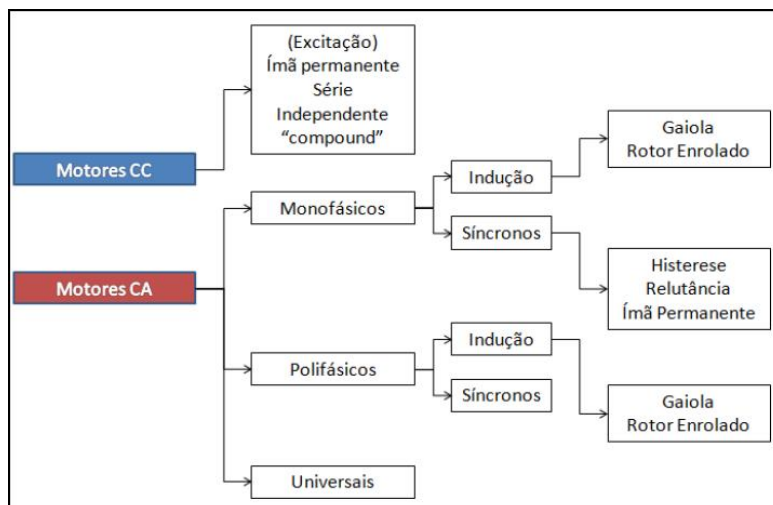
2.7 MOTORES ELÉTRICOS

Desde a invenção de Nicola Tesla sobre o campo girante, no ano de 1887, os motores elétricos caminham sobre uma grande estrada de evolução. Este equipamento tem por finalidade converter a energia elétrica em energia mecânica, por isso podem ser chamados de conversores eletromecânicos de potência, capacitados a trabalhar em altos níveis de energia (TORO, 1999).

No momento atual, as novas tecnologias empregadas em motores, buscam melhorar a sua eficiência energética, afim de reduzir o consumo e auxiliar na economia. Para tanto, é fundamental que os projetos de motores sofram modificações, como relações entre massa e potência.

Sua classificação dá-se a dois grupos, sendo eles: motores de corrente contínua (CC) e corrente alternada (CA), como mostra a Figura 10, toda a ramificação de cada um dos grupos.

Figura 10 – Fluxograma da Família dos motores elétricos.



Fonte: LOBOSCO (1988).

2.7.1 Motores de Corrente Contínua

Geralmente utilizados em projetos onde se requer um controle preciso de velocidade em certo processo. De acordo com CARVALHO (2007), são alimentados por corrente contínua, esta tensão tem o papel de energizar os enrolamentos no motor, fazendo que surjam polos eletromagnéticos que por sua vez produzem a força eletromotriz.

Esse tipo de motor pode ser dividido em:

- Motor Série;
- Motor em Derivação;
- Motor Composto;

2.7.2 Motores de Corrente Alternada

Os motores CA estão presentes na esmagadora maioria dos projetos industriais, por apresentarem algumas características básicas como a sua construção simples, baixo custo de manutenção quando comparado aos motores de corrente contínua. São divididos em assíncronos ou síncronos (pouco utilizados).

O conjunto do motor assíncrono é de fato o mais utilizado devido a sua robustez, é intitulado como motor de indução pelo seu princípio estar ligado a indução eletromagnética. Este motor também não necessita o uso de comutadores e escovas presentes nos motores CC, o que lhe traz mais uma vantagem em relação ao desgaste e manutenção (FILHO, 2002).

2.7.3 Motoredutores

Os motoredutores são um conjunto de um redutor de engrenagens e motor elétrico, com o intuito de fornecer um movimento rotativo (RPM) somado de um alto torque (Nm). Para a escolha dos mesmos é necessário que o projetista avalie as condições que irão operar, como a rotação de entrada e de saída, torque máximo de saída, o fator de redução e a força radial admissível no torque máximo de saída (CATÁLOGO SEW, 2007).

Existem dois pontos importantes e determinantes na seleção, sendo o primeiro o torque de saída do motoredutor, que é calculado pelo diâmetro mínimo do eixo, e o segundo ponto corresponde ao número de rotações de saída do mesmo, que trabalhará em função da faixa de rotação solicitada pelo eixo (BUDYNAS, NISBETT, 2006).

2.8 CONDUTORES ELÉTRICOS

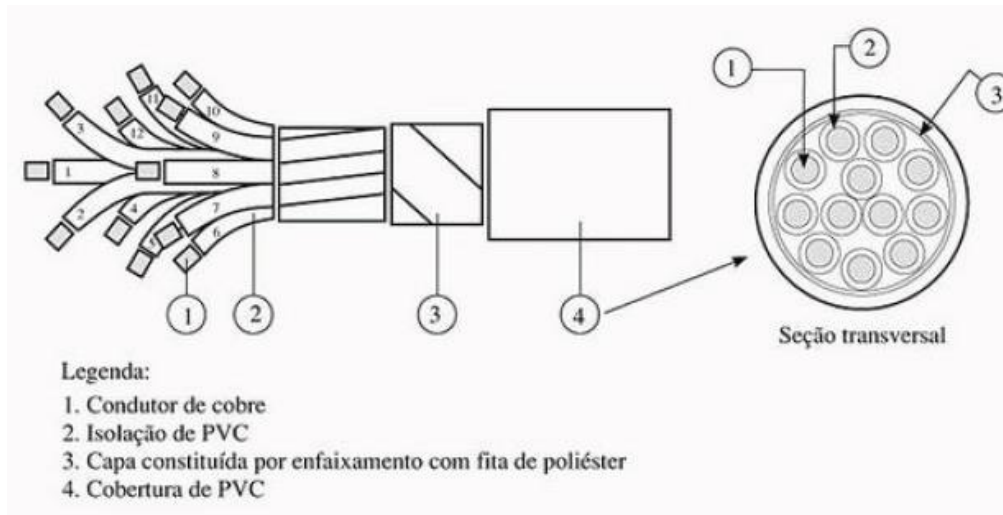
Chamados comumente também de cabos elétricos, são fabricados nos materiais de cobre ou mesmo alumínio, apesar do cobre ser melhor em condutibilidade, os cabos em alumínio se tornam ligeiramente mais econômico. Na linha industrial, os cabos isolados com alma de cobre têm preferência, pois para que se use um condutor com mesma transmissão de energia em alumínio, o mesmo deve ter uma seção 70% maior que a de cobre, acrescido de maior volume de isolação e cobertura.

Existem três classificações com base nas características mecânicas para o cobre, sendo elas: mole que possui menor resistividade, meio duro e duro que têm maior resistência a tração. Os três tipos possuem propriedades diferentes e logicamente são fabricados para aplicações distintas.

De acordo com COTRIM (2009), os condutores podem ser constituídos por um único fio ou por um conjunto de fios formando cordas. Estas, são elaboradas para em diferentes níveis de flexibilidade, dependendo de uma relação entre a seção total do cabo condutor e a do fio elementar, do grau de recozimento do metal e finalmente o passo da corda.

Para projetos de automação, os cabos de controle multipolares são em sua maioria os mais utilizados, conforme o esquema da Figura 11.

Figura 11 – Exemplo de cabo de controle.



Fonte: COTRIM (2009).

Para cada aplicação existe um tipo de cabo, pois por sua grande variedade de coberturas, blindagem, entre outras características construtivas, cada uma delas pode oferecer diferentes qualidades, como:

- Flexibilidade;
- Estabilidade térmica;
- Impermeabilidade;
- Inflamabilidade;
- Baixa emissão de gases durante eventual queima;
- Resistência a abrasão, rasgamento e impacto;
- Resistência ao ataque de agentes químicos e atmosféricos.

Estas qualidades se diferem também, pelo tipo de material elegido como cobertura em sua fabricação, tais como:

- Cloreto de polivinila (PVC);
- Cloreto de polivinila (PVC-TRC);
- Polietileno linear (PE);
- Polietileno Clorossulforado – CSP (Hypalon);
- Policloroprene (neoprene);
- Material não halogenado.

Os condutores são designados por número, seção nominal e eventuais particularidades, todos normatizados (como a NBR 5471/86 – Condutores elétricos

dentre outras), e recomendados para sua melhor aplicação. Cabe ao engenheiro definir qual o melhor condutor para o equipamento ou planta a ser implementado.

2.9 INVERSOR DE FREQUÊNCIA

Os conversores de frequência são componentes que fazem a conversão da tensão da rede alternada para tensão contínua, que por fim convertem a contínua em tensão de amplitude e frequências variáveis (FRANCHI, 2008).

Quando se faz necessário o controle de rotação em motores de indução, este dispositivo tem a capacidade de enviar a frequência necessária para tal tarefa, pois os motores dependem da frequência da rede de alimentação para girar seu eixo. Geralmente, a faixa de operação deste equipamento gira em torno de 0,5 a 400Hz, dependendo do seu modelo e fabricante. Estes aparelhos apresentam uma entrada ligada à rede energia de alimentação (monofásica ou trifásica), e também uma saída que é ligada ao equipamento que deve ser alimentado.

O inversor de frequência não só consegue controlar a velocidade do eixo de um motor como também o torque de saída e outros parâmetros inerentes, por isso são comumente utilizados em elevadores, bombas, tração-mecânica, etc.

Em seu corpo físico, o inversor é composto por quatro sistemas básicos, com diferentes funções, sendo eles: Unidade Central de Processamento (CPU), Interface Homem-Máquina (IHM), interfaces e etapa de potência (FRANCHI, 2008).

As vantagens em utilizar este dispositivo em sistemas industriais de acionamento são muitas, podemos citar:

- Menor custo de instalação;
- Melhoramento de processos, pois ajuda na redução das taxas de perdas e consumo na produção;
- Torna as operações mais suaves nas partidas e frenagens, pelo seu controle de operação;
- Aumenta a vida útil do sistema, reduzindo assim a manutenção;
- Redução de ruído, etc.

O uso desse dispositivo requer um certo cuidado, desde a seleção do aparelho e também sua instalação, afim de evitar interferências eletromagnéticas, também

chamada de EMI. Ela resulta de um distúrbio no funcionamento dos inversores ou de dispositivos próximos a ele, como sensores, CLPs, equipamentos de rádio, etc. Para evitar esse problema, em algumas instalações a necessidade de utilizar filtros supressores, geralmente em ambientes residenciais.

2.10 SISTEMAS DE CONTROLE

Ter controle automatizado é primordial nas áreas de engenharia e ciência para desenvolvimento e evolução da tecnologia. Estes controles estão presentes em carros, sistemas robóticos industriais, operações fabris que controlam temperatura, viscosidade, pressão e também em ônibus especiais, celulares, ou seja, em uma infinidade de aparelhos e equipamentos, auxiliando intrinsecamente nos seus processos (OGATA, 2010).

O primeiro projeto que se pode levar em consideração surgiu no século XVIII, criado por James Watt, que projetou um controle de velocidade para uma máquina a vapor. Desde este ponto histórico, esta tecnologia veio se aperfeiçoando e ganhando um espaço imensurável, mesmo que utilizando procedimentos criados, por exemplo em 1932, por Nyquist que determinou o conceito de estabilidade de sistemas de malha fechada com apoio na resposta de malha aberta por excitações a ondas senoidais estacionárias. Tais conceitos da época como malha aberta e malha fechada é utilizado até hoje, claro que com uma aplicabilidade maior devido ao avanço das pesquisas.

Segundo OGATA (2010), em 1960 com o auxílio de computadores digitais, possibilitou-se a análise de sistemas complexos diretamente em função do tempo, dando origem a teoria do controle moderno, com inclusão de variáveis de estado, tornou a tecnologia consideravelmente mais precisa, onde foi aplicada no uso militar, industrial e espacial. Essa teoria baseia-se em equações diferenciais, logo exigiu um conhecimento prévio matemático de alto nível aos projetistas destes controladores na época.

Seguindo sobre sistemas de controle, é necessário definir alguns conceitos da terminologia básica:

- Variável controlada: corresponde a grandeza ou a condição que é mensurada e controlada;

- Variável manipulada: é a grandeza ou condição que é estipulada pelo controlador, de maneira que mude o valor da variável controlada.
- Plantas: pode ser definida como apenas parte da máquina ou mesmo um conjunto de dispositivos, que trabalham de forma integrada com a finalidade de cumprir uma operação.
- Processos: em sistemas de controle, processo pode ser definido como toda operação que será controlada.
- Sistemas: é o arranjo de dispositivos que trabalham juntos para chegar a determinado objetivo.
- Distúrbios: é tido como o sinal que altera de forma inversa o valor de uma variável de saída. Podendo ser internos ou externos, dependendo do tipo de sistema.
- Controle com realimentação: pode ser descrito como uma ação que, na existência de distúrbios, tende a comparar sinais de entrada com os de saída, com base em uma entrada referência.

2.10.1 Sistemas de Controle de Malha Fechada

Os sistemas de malha fechada ou realimentados, na prática são considerados a mesma coisa, ou seja, é um sistema que irá processar sempre o mesmo programa, sem intervenção de novas variáveis.

Em um programa de modelagem em malha fechada, o sinal de erro do atuador que, é a alteridade entre os sinais de entrada e o de retroalimentação, realimenta o controlador para que o mesmo diminua o erro e corrija a saída do sistema com base no valor pré-definido.

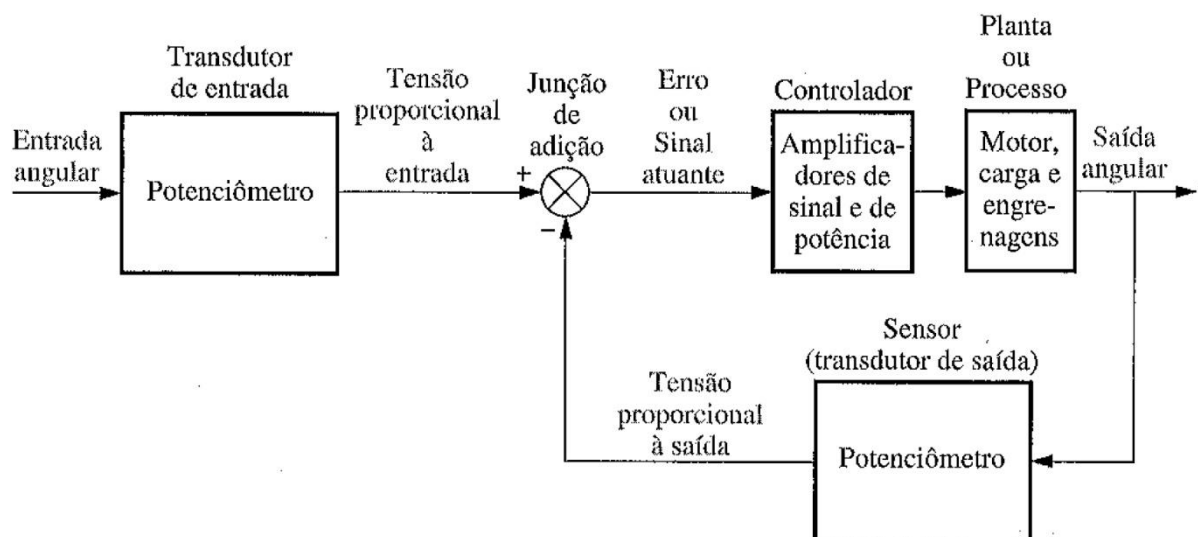
A vantagem da utilização desse tipo de sistema de controle é a estabilidade, ou seja, ele é relativamente inerte a disfunções externas e a intercorrências internas do sistema. Deste modo, é possível que se faça a utilização de dispositivos parcialmente imprecisos de baixo custo afim de atingir um controle exato de um sistema determinado, o que não seria possível como por exemplo, em sistemas de malha aberta (OGATA, 2010).

2.10.2 Diagrama de Blocos

Basicamente este diagrama é a representação gráfica da lógica de um sistema ou processo, com todas as funções dos componentes que o compõe e claro, o fluxo de sinais entre eles.

Em conformidade com NISE (2002), traduzir os requisitos de um sistema físico é o primeiro passo para iniciar um diagrama de blocos. Usando as especificações do projeto como a linha de pensamento que o mesmo executará, para se chegar a noção global, como exemplifica a Figura 12, um diagrama de um sistema de controle de posição de antena.

Figura 12 – Exemplo de um diagrama de blocos funcional.



Fonte: NISE (2002).

Com base em um diagrama conforme mostrado acima (de malha fechada), o projetista é capaz de montar um *layout* minucioso do sistema, onde passará pela fase de análise e prosseguir a etapa de diagrama esquemático.

É muito vantajoso fazer a representação de sistemas pelos diagramas de blocos, por serem fáceis de montar, mas principalmente pela capacidade de visão do projeto que ele fornece ao engenheiro (OGATA, 2010).

2.11 CONCEITOS BIOLÓGICOS ATRELADOS AO CULTIVO

2.11.1 Controle do pH da Água

O acúmulo de ácidos e bases na água determina o pH. Os peixes mantêm sua sobrevivência e crescem melhor em água com pH entre 6 - 9. Caso o pH se afasta desses níveis, o crescimento será afetado, e poderá ocasionar mortalidades. A fotossíntese, adubação, respiração, calagem e poluição são fatores que causam a alteração de pH.

No período matutino, o nível de dióxido de carbono fica alto e o pH do viveiro baixa, e isso resulta-se da respiração que ocorreu durante a noite (dióxido de carbono forma um ácido fraco quando dissolve na água). Como o dióxido de carbono é removido da água, o nível do pH sobe. O baixo pH do dia é comumente ligado do ao baixo nível de oxigênio dissolvido. Já o alto pH do dia está associado com o alto nível de oxigênio dissolvido (SIPAÚBA-TAVARES, 1995).

2.11.2 Temperatura da Água

A temperatura da água no tanque é um dos fatores primordiais nos fenômenos químicos e biológicos. Todo funcionamento fisiológico dos peixes (respiração, digestão, reprodução, alimentação, etc.) estão estreitamente ligados à temperatura da água.

Os peixes regulam sua temperatura corporal conforme com a temperatura da água. Cada espécie tem uma temperatura que melhor se adapta e se desenvolve, chamada essa de temperatura ótima. As temperaturas acima ou abaixo do nível ótimo tendem a reduzir seu crescimento. Em caso de temperaturas extremas, pode ocorrer a morte de todos animais do viveiro, (PÁDUA, 2001).

Os peixes possuem uma baixa tolerância às mudanças súbitas de temperatura (choque térmico). O choque térmico é extremamente perigoso para os ovos, larvas e alevinos, podendo haver problemas com variações bruscas de mais ou menos 5°C.

2.11.3 Oxigenação Dissolvida

O oxigênio é o gás mais importante para os peixes, sendo assim, é a ele que devemos dar maior importância. A sua obtenção é dada por duas fontes: difusão direta (meios mecânicos) e pelo processo de fotossíntese, (PÁDUA, 2001).

A concentração de oxigênio dissolvido na água varia continuamente no decorrer do dia, em consequência de processos físicos, químicos e biológicos. Em tanques, pode mudar drasticamente durante um período de 24 horas.

Durante o dia, a maior parte oxigênio é produzido por fotossíntese, por meios das algas existentes na água. Aeradores de pás ou do tipo chafariz, também são utilizados para auxílio na produção de oxigênio e consequentemente ajudam na movimentação da água, fazendo sua temperatura ficar mais homogênea entre a superfície e o fundo do tanque.

Durante a noite ocorre o processo inverso. Todo o oxigênio produzido durante o dia é consumido pela respiração das algas, o que produz gás carbônico através do carboidrato, levando ao consumo do oxigênio produzido durante o dia, (PÁDUA, 2001). A taxa mínima de oxigênio dissolvido que os peixes podem suportar com segurança depende da temperatura e da espécie. A dissolução do oxigênio aumenta com a diminuição da temperatura.

2.11.4 Arraçoamento

O arraçoamento ou alimentação dos peixes é de extrema importância, e tem um papel fundamental no cultivo. O fornecimento correto de ração aos alevinos pode:

- aumentar a densidade dos peixes nos viveiros;
- explorar todo o potencial de crescimento;
- garantir o estado saudável em vista sanitária do lote;
- favorecer um melhor sabor e qualidade a carne dos peixes;
- manter a água em melhores condições;
- certificar maior produtividade, resultando em maior receita.

Além disso, um outro papel importante da ração neste processo, é garantir a taxa de conversão dos alevinos para machos, (PÁDUA, 2001). Isto é possível pois

existe em sua composição hormônios que induzem a mutação, geralmente a taxa de conversão fica em torno de 99,6% por lote.

3 METODOLOGIA

3.1 MATERIAIS

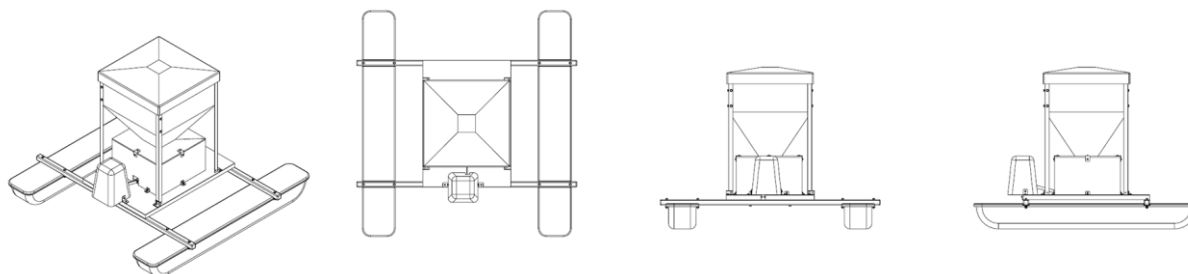
Para o projeto proposto, foram aprofundados os conhecimentos em todos os materiais a serem utilizados, afim de garantir que o equipamento seja confiável, seguro e claro, que cumpra seu papel corretamente. Conceitos biológicos referente a aquicultura também foram incorporados para que houvesse maior entendimento da atividade.

Após o desenvolvimento da fundamentação teórica, alguns componentes do equipamento foram selecionados e outros dimensionados, para que pudesse preencher os requisitos de funcionamento.

A ferramenta CAD (*computer-aided design*) *SolidWorks®* foi utilizada para o projeto, onde também é possível submeter projetos a simulações para comparação e análise de resultados. Este *software* foi empregado para fazer o desenho 3D das peças, a montagem da estrutura e algumas simulações de movimento dos componentes móveis do arraçoador.

O arraçoador - Figura 13 - consiste em uma construção de estrutura metálica, e foi estruturado para que o processo de manutenção fosse o mínimo possível. Os materiais envolvidos no conjunto são o alumínio para a base e sustentação dos componentes, por questões de durabilidade e leveza, o polietileno para os flutuadores e para o silo.

Figura 13 – Vistas em linhas do projeto 3D do equipamento



Fonte: O Autor.

Para fazer o controle eletrônico do equipamento, foi selecionado o CLP Novus XLe – Figura 14. Um controlador programável que integra entradas, saídas, interface com o operador, interfaces de comunicação e memória de massa em uma unidade

compacta, robusta e confiável. Sua linguagem de programação é padronizada conforme a norma IEC 61131-3, que o torna versátil pois pode se comunicar a outros dispositivos distintos, não apenas pelos do próprio fabricante.

Figura 14 – CLP Novus XLe.



Fonte: Novus Produtos Eletrônicos Ltda.

Outros dispositivos foram cotados como o CLP Siemens Logo, porém, fazendo comparações entre suas funcionalidades, preço e robustez, a marca Novus sobressaiu-se as demais.

Foram selecionados com base na necessidade do equipamento um motor com potência de 0,5cv trifásico – Figura15 - que irá fazer a movimentação de ida e volta do equipamento, através de um cabo de aço Af 3/16" com alma de fibra 6x7 galvanizado.

Figura 15 – Motor WEG 0,5cv trifásico.



Fonte: WEG.

Para controle de velocidade deste motor, foi selecionado um inversor de frequência – Figura 16 - da marca WEG - modelo CFW100, por serem destinados ao controle e variação de velocidade de motores elétricos de indução trifásicos.

Figura 16 – Inversor de frequência CFW 100.



Fonte: WEG.

E também os motoredutores, sendo um com redução de 1:100 com motor de 0,33cv – Figura 17 - que irá desempenhar a função de giro da válvula dosadora e outro um com redução de 1:20 com motor de 0,33cv para agitação da peneira. Ambos da marca WEG, pois possuem características construtivas com maior robustez em exposição ao tempo e baixa histórico de manutenção.

Figura 17 – Motoredutor WEG 0,33cv com Redução 1:100.



Fonte: WEG.

A câmara de dosagem terá um sensor indutivo, este sensor apresenta a capacidade de detectar peças metálicas a curtas distâncias. É um componente que possui uma ótima vedação, podendo ser exposto a ambientes críticos de poeira, e também contato com líquidos. Detém uma ótima precisão embora sua pequena distância de detecção, o que lhe confere repetibilidade nas medições de proximidade. Este dispositivo irá fazer a contagem de voltas da câmara.

Outro componente incorporado ao projeto é a chave fim de curso. Basicamente ela serve para determinar a passagem, posicionamento e claro, o término do curso de um dispositivo. Essa chave irá informar ao CLP o momento que o mesmo deverá inverter a rotação do motor para que o equipamento volte ao seu estado primário.

Para sinal de dados e energia, foi selecionado o Cabo PP de 9 vias x 1mm, com proteção UVA/UVB, comumente utilizado em ambiente industrial. Este cabo tem por característica duas capas de PVC (uma por dentro da outra). A proteção UVA/UVB garante maior durabilidade, pois o cabo ficará exposto a diversas condições climáticas.

A partir da escolha e desenvolvimento dos materiais foi possível montar o projeto 3D do equipamento e efetuar o dimensionamento do silo, câmara de dosagem e dos flutuadores.

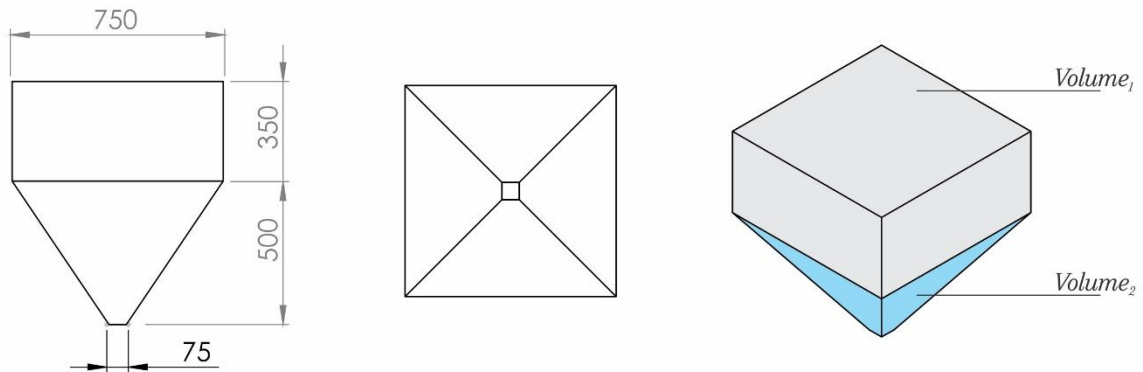
3.2 MÉTODO

Este projeto deu-se início com base na ideia de automatizar um processo que atualmente é manual. Como existem produtos similares porem não automatizados, os parâmetros construtivos foram baseados na junção da literatura pesquisada e nas ideias trazidas pelo produtor, de como deveria ser teoricamente seu funcionamento.

3.2.1 Silo de ração

O reservatório de ração foi dimensionado para ter capacidade de aproximadamente 290 litros, conforme as vistas do projeto na Figura 18.

Figura 18 – Vistas do Silo



Fonte: O Autor.

Nos cálculos efetuados para o volume, a Equação 1 foi utilizada para a parte retangular do silo, conforme a Figura 15 exemplifica. E para a parte piramidal do silo foi utilizada a Equação 2. Assim temos que:

$$Volume_1 = comprimento \times largura \times altura \quad (1)$$

$$Volume_1 = 75cm \times 75cm \times 35cm$$

$$Volume_1 = 196875 \text{ cm}^3$$

$$Volume_2 = \frac{h}{3} * (A_B + \sqrt{A_B * A_b} + A_b) \quad (2)$$

$$Sendo A_B = (75^2) = 5625cm^2 \text{ e } A_b = (7,5^2) = 56,25cm^2 \text{ e } h = 50cm$$

$$Volume_2 = \frac{50}{3} * (5625 + \sqrt{5625 * 56,25} + 56,25) \therefore Volume_2 = 95943 \text{ cm}^3$$

Para obtermos o volume total, foram somados os valores das duas equações acima, logo:

$$Volume \text{ Total} = Volume_1 + Volume_2 \therefore 196875 + 95943,7 = 292818cm^3$$

Fazendo a conversão de centímetros cúbicos para litros temos que:

$$1000 \text{ cm}^3 = 1L \therefore 292818 \text{ cm}^3 = 292,818L$$

O cálculo real apresentou uma pequena diferença do apresentado pelo software *SolidWorks®* (290 L), em virtude que o mesmo considera a espessura da parede do silo nos seus cálculos.

3.2.2 Flutuadores

Para calcular e dimensionar os flutuadores referente a carga que teriam que suportar, sendo seu próprio peso somado da capacidade máxima do silo, usou-se a Equação 3 - Empuxo, descoberta pelo sábio grego Arquimedes. Sua definição diz que todo corpo que fora submergido em um fluido (seja líquido ou gás) em repouso, fica submetido a uma força vertical de baixo para cima, onde sua intensidade é pariforme ao valor do peso do fluido transposto pelo corpo.

A equação do Empuxo é dada por:

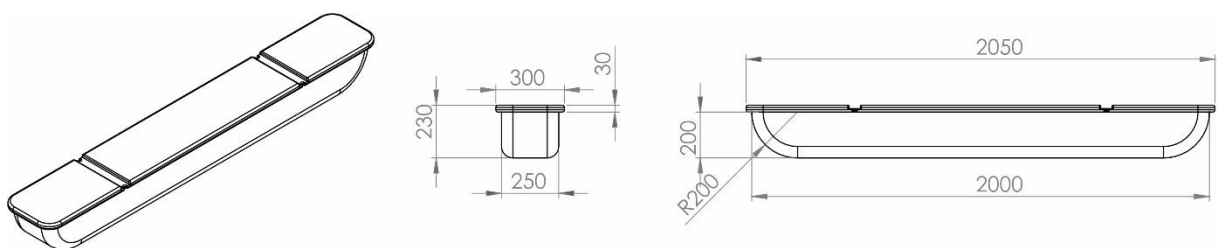
$$\text{Empuxo} = \text{Densidade do Fluido (m}^3\text{)} * \text{Volume do Objeto (m}^3\text{)} * \text{Gravidade (}\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\text{)}$$

$$E = \rho * V * g \quad (3)$$

A partir da análise de que a quantidade máxima de ração recomendada seja 100 kg, acrescido do peso do equipamento que seja aproximadamente 70 kg e ainda um viés de segurança de 50 kg, hipoteticamente os flutuadores tem de suportar 220 kg.

As vistas do flutuador apresentam as suas dimensões na Figura 19.

Figura 19 – Vistas do flutuador



Fonte: O Autor.

Com o valor referente da densidade da água (1000 kg/m^3) e o valor da gravidade ($9,80665 \text{ m/s}^2$), os cálculos com base nas Equações 1 e 3 que, primeiramente foi encontrado o volume do flutuador para depois introduzi-lo na fórmula do empuxo, para finalmente resultar no peso suportado deu-se por:

$$\text{Volume Flutuador} = \text{base} * \text{comprimento} * \text{altura}$$

$$\text{Volume Flutuador} = (25 \text{ cm} * 23 \text{ cm} * 200 \text{ cm}) \therefore 115.000 \text{ cm}^3 * 2 \text{ flutuadores} \\ \therefore 230.000 \text{ cm}^3 \therefore 0,23 \text{ m}^3$$

Logo temos que:

$$E = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,23 \text{ m}^3 * 9,80665 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \\ E = 2255,53 \text{ N}$$

Fazendo a conversão de newton para kg ($1 \text{ N} = 0,101971621 \text{ kg}$), chegamos ao resultado de:

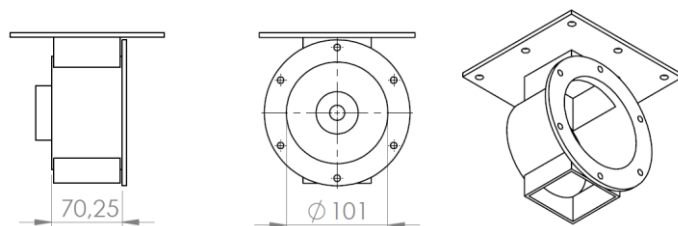
$$E = 2255,53 * 0,101971621 \therefore 230 \text{ kg}$$

Ou seja, os flutuadores suportam a carga presumida.

3.2.3 Válvula de dosagem

O dosador de ração - Figura 20 - foi desenvolvido com a ideia de controlar a quantidade de ração será despejada no tanque. Isso justifica o uso do sensor indutivo citado anteriormente.

Figura 20 – Câmara de dosagem.



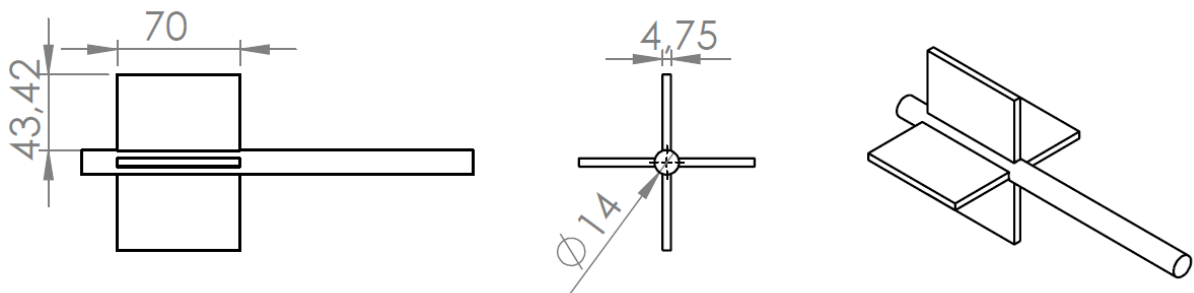
Fonte: O Autor.

Para encontrar o volume da câmara, foi utilizada a Equação 4:

$$\begin{aligned} \text{Volume Cilindro} &= \pi * \text{raio}^2 * \text{altura} \\ \text{Volume Cilindro} &= \pi * (5,05 \text{ cm})^2 * 7,025 \text{ cm} \quad \therefore \quad 562,83 \text{ cm}^3 \end{aligned} \quad (4)$$

A câmara foi subdividida em quatro compartimentos através de um rotor como mostra a Figura 21, sendo possível saber quantidade de ração despejada no tanque a cada volta completa, por meio do sinal enviado pelo sensor indutivo.

Figura 21 – Rotor da válvula de dosagem.



Fonte: O Autor.

A partir do volume bruto encontrado, descontou-se o espaço ocupado pelo rotor, utilizando as Equações 1 e 4. Desta forma temos:

$$\begin{aligned} \text{Volume}_{p\grave{a}} &= \text{comprimento} \times \text{largura} \times \text{altura} \\ \text{Volume}_{p\grave{a}} &= 7 \text{ cm} \times 4,342 \text{ cm} \times 0,475 \text{ cm} \quad \therefore \quad 14,43715 \text{ cm}^3 \\ \text{Volume}_{eixo} &= \pi * \text{raio}^2 * \text{altura} \\ \text{Volume}_{eixo} &= \pi * (0,7 \text{ cm})^2 * 7 \text{ cm} \quad \therefore \quad 10,7757 \text{ cm}^3 \\ \text{Volume Total}_{rotor} &= \text{Volume}_{p\grave{a}} + \text{Volume}_{eixo} \quad \therefore \quad 25,1536 \text{ cm}^3 \end{aligned} \quad (1)$$

Portanto, o volume líquido correspondente a câmara da válvula de dosagem será:

$$\text{Volume Válvula} = \text{Volume}_{cilindro} - \text{Volume}_{rotor} \quad \therefore \quad 537,679 \text{ cm}^3$$

Fazendo a conversão de centímetros cúbicos para litros temos que:

$$1000 \text{ cm}^3 = 1 \text{ L} \quad \therefore \quad 537,679 \text{ cm}^3 = 0,537679 \text{ L}$$

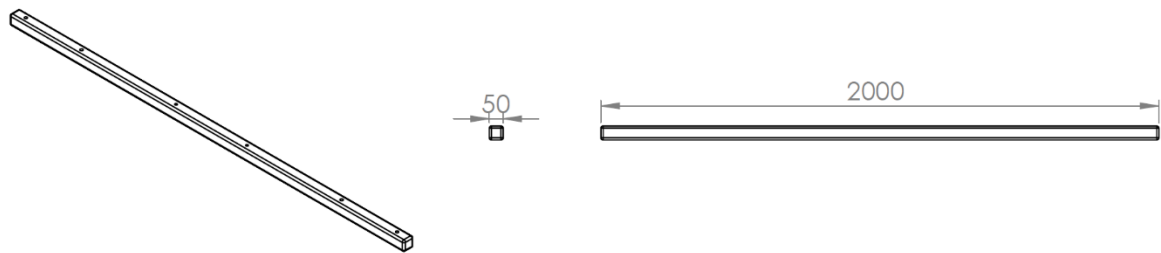
Sendo assim, a cada volta completa do rotor, aproximadamente 0,5 litros de ração serão despejadas no tanque.

3.2.4 Travessa de Fixação

A barra de sustentação do equipamento foi selecionada a partir do perfil comercial, Tubo Quadrado Alumínio 2" x 1/16 (5,08cm x 1,58mm). Além de suportar o peso desejado, deixa o equipamento mais leve e o material possui alta resistência a corrosão.

A Figura 22 mostra os pontos de fixação parafusados, e as dimensões da mesma.

Figura 22 – Imagem da travessa de fixação.



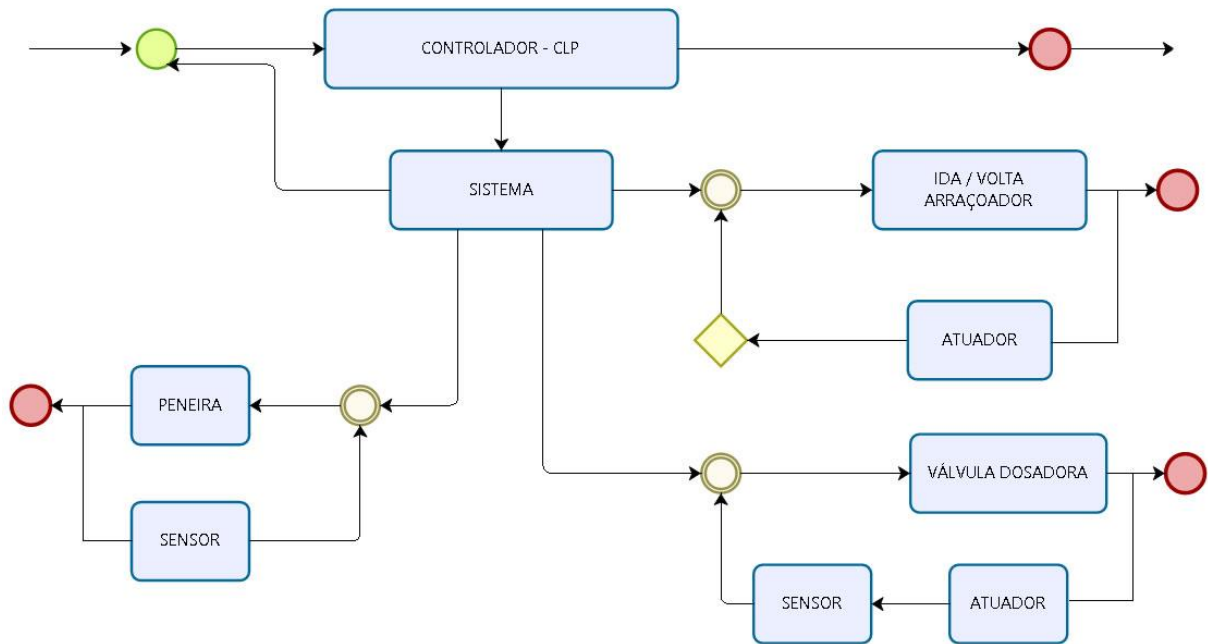
Fonte: O Autor.

3.2.5 Sistema de Controle de Malha Fechada

A lógica de funcionamento do equipamento é demonstrada na Figura 23.

O sistema subdivide-se em três subprocessos que trabalham simultaneamente. O primeiro deles é o de ida e volta do arraçoador, onde o sistema envia um sinal para acionamento do motor, ao chegar no primeiro estágio a chave de fim de curso envia o sinal para reversão do eixo do motor, fazendo o arraçoador voltar para o seu ponto de partida.

Figura 23 – Sistema de controle em malha fechada do sistema de arraçamento.



Fonte: O Autor.

Legenda do sistema:

-  Início do processo;
-  Fim de processo;
-  Atuador;
-  Verificação de estado.

O segundo subprocesso controla a válvula de dosagem, acionando o motoredutor fazendo com que o mesmo gire o eixo da válvula que despeja a ração na peneira. O número de voltas da câmara é contabilizado pelo sensor indutivo.

Em paralelo com o segundo, o terceiro subprocesso faz o acionamento da peneira. Esta peneira é necessária para que a ração paire sobre a água para melhor aproveitamento.

Todos os subprocessos são simultâneos, porém independentes, podendo ser ajustados e programados para iniciarem em tempos diferentes.

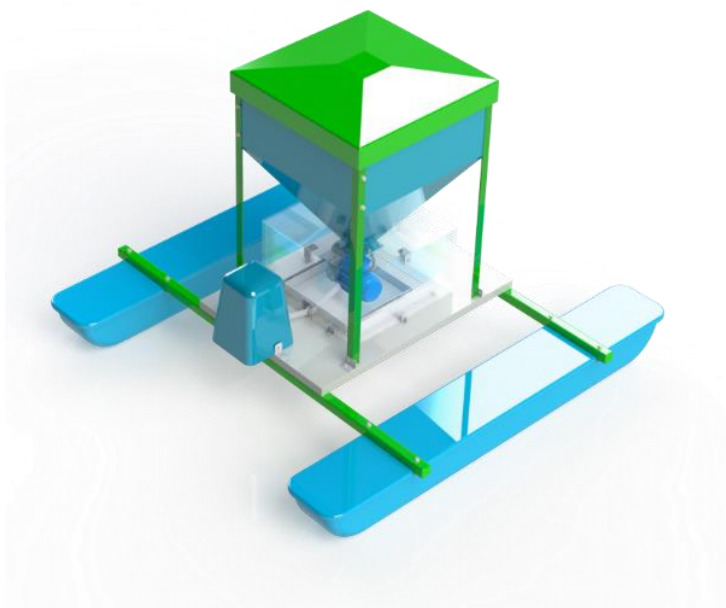
4 RESULTADOS E DISCUSSOES

4.1 PROJETO CONCEITAL

Segundo AMARAL et al. (2006), na fase de projeto conceitual, as ações estão associadas com a busca, criação, imagem e seleção de soluções para a problemática do projeto. O conceito parte de um âmbito abstrato, segue para a análise funcional, decomposição e finalmente a composição, ou seja, o compêndio das soluções, resultado mais adjacente do campo concreto.

O projeto final - Figura 24, tem por princípio atender da melhor maneira possível as necessidades levantadas.

Figura 24 – Conceito final do Arraçoador de Alevinos.



Fonte: O Autor.

Na Figura 24 é possível visualizar a estrutura, onde são utilizados processos de fabricação usuais de rotomoldagem e toda a fixação seria aparafusada, facilitando a remoção de componentes para transporte, reparos e manutenção.

Algumas simulações em animação via software *SolidWorks*® também foram realizadas afim de demonstrar o funcionamento da válvula dosadora em conjunto com a peneira.

4.2 INVESTIMENTO PARA FABRICAÇÃO DO PROJETO

A Tabela 01 apresenta uma estimativa de orçamento para criar um parâmetro de investimento. Foram cotados os principais componentes do equipamento, com preço base novembro de 2017.

Tabela 01 – Lista de materiais para fabricação.

MATERIAL	QTDE.	VALOR
Aço SAE 1020	8 kg	R\$ 32,00
Acrílico	2 uni.	R\$ 460,00
Alumínio 6063	19 kg	R\$ 228,00
Anelão de Sustentação 5/8"	15 uni.	R\$ 325,00
Cabo de aço revestido 6x7 3/16" (4,8mm)	130m	R\$ 362,40
Cabo Flexível PP 9 vias x 1,0mm	60m	R\$ 700,00
CLP Novus XLe	1 uni.	R\$ 1.400,00
Inversor de frequência CFW 100 WEG	1 uni.	R\$ 545,36
Motor 0,5cv Trifásico 4 Polos 1680RPM WEG	1 uni.	R\$ 672,30
Motoredutor 1710 RPM 0,33cv (0,25kw) Trifásico 380v 1:100 WEG	1 uni.	R\$ 1.567,65
Motoredutor 1710 RPM 0, 33cv (0,25kw) Trifásico 380v 1:20 WEG	1 uni.	R\$ 1.233,86
Painel de comando elétrico 60x50x20cm	1 uni.	R\$ 210,00
Parafusos	90 uni.	R\$ 36,00
Polias 5"	3 uni.	R\$ 105,00
Polietileno Fabricado	39 kg	R\$ 1170,00
ESTIMATIVA TOTAL DE MATERIAL		R\$ 9.047,47

Fonte: O Autor.

4.3 ESTIMATIVA DA EFICÁCIA DO ARRAÇADOR EM COMPARAÇÃO COM O TRABALHO MANUAL

O projeto do equipamento tem dois focos, um é prover economia no sentido de dosagem de ração correta, ou seja, sem desperdícios. E o outro ponto seria prover

maior produtividade. Na piscicultura o arraçoamento manual é o mais utilizado, no entanto, em unidades de produção de grandes volumes com vários tanques, este manejo acaba se tornando complexo e oneroso, pela inevitabilidade de ter tratadores treinados a tal tarefa.

Os equipamentos de arraçoamento automático para peixes encontrados atualmente no mercado, elevam o custo da produção pois foram desenvolvidos para lançar ração a grandes distâncias como também modelos que despejam ração em um único ponto, fazendo que ambos os modelos se tornem inviáveis pelo desperdício e por não deixar o lote de alevinos uniforme.

Como referenciado anteriormente, uma maior frequência no arraçoamento dos tanques faz com que a conversão de larva para alevino seja acelerada, resultando também em um lote mais uniforme, ou seja, em peso, tamanho e a conversão de sexualidade próxima aos 100%. A pesquisa do zootecnista SOUZA (2010), constatou que a produtividade passa a ser de 2,5 a 3,2 vezes maior. Nesta pesquisa fez-se um comparativo entre despejo de ração em 24 hapas (tanque rede) de 200 litros cada num período de 28 dias, com frequências de alimentação de 6 (trabalho humano) e 24 vezes ao dia.

Outra pesquisa mais recente realizada por SCHÄEFER (2015), testou uma frequência ainda maior no arraçoamento, sendo de 12, 24 e 48 refeições/dia, num período de 42 dias. A Tabela 2 apresenta os resultados da pesquisa e o seu desempenho produtivo ao longo dos 42 dias do experimento. Os dados que constam na tabela são:

- Valores médios de peso inicial (PI);
- Peso final (PF);
- Ganho de peso diário (GPD);
- Conversão alimentar aparente (CAA);
- Porcentagem de ganho de peso (%GP);
- Ganho de peso relativo (GPR);
- Sobrevivência (S).

Tabela 02 – Os resultados de desempenho produtivo das tilápias ao final do experimento.

Frequência Alimentar (refeições/dia)	PI (g)	PF (g)	GPD (g)	CAA	%GP	GPR (%)	S (%)
12	0,016 ±(0,002)	0,366^b ±(0,026)	8,35^b ±(0,624)	4,952^b ±(0,280)	2340,000^b ±(174,865)	7,602^b ±(0,172)	54,121^a ±(2,014)
24	0,016 ±(0,002)	0,450^{ab} ±(0,033)	10,37^{ab} ±(0,805)	4,124^a ±(0,108)	2904,444^{ab} ±(225,618)	8,097^{ab} ±(0,176)	51,777^a ±(2,234)
48	0,016 ±(0,002)	0,515^a ±(0,067)	11,91^a ±(1,605)	3,706^a ±(0,428)	3335,556^a ±(449,460)	8,406^a ±(0,322)	55,673^a ±(1,244)

Letras diferentes, nas colunas, diferem entre si pelo teste de tukey ($p < 0,05$). (cv: coeficiente de variação).

Fonte: SCHÄEFER (2015).

Os resultados comprovam que o arraçoamento com a frequência de 48 refeições/dia tiveram melhores resultados de peso final, ganho de peso diário, porcentagem de ganho de peso e ganho de peso relativo, em relação aos peixes alimentados com 12 refeições/dia. A reversão sexual convencional no processo manual que leva em torno de 28 dias, levou apenas 21 dias, outros resultados também comprovam que é possível realizar a reversão sexual em um período de 14 e 7 dias, mas que para isso deve-se utilizar alta taxa de alimentação juntamente a alta frequência alimentar.

Esses experimentos comprovam a viabilidade do uso de um equipamento automatizado para uma produção eficiente, demonstrando que é factível aprimorar o desempenho produtivo, com o melhor aproveitamento da ração e reduzindo o período de reversão sexual.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através das pesquisas realizadas e análise do processo atual de arraçoamento em tanques, constatou-se a necessidade de um equipamento para a automação do processo. Após a obtenção dos dados necessários para o desenvolvimento do projeto, sendo fatores biológicos relacionados a produção de alevinos como também dosagens de ração e cuidados, foram determinados os materiais a serem utilizados no equipamento e em sequência procedeu-se ao dimensionamento e seleção dos componentes.

O trabalho manual requer uma atenção maior do operador, pois o mesmo deve dosar a quantidade exata de ração com a frequência ideal para que haja uma maior produtividade na conversão de larvas a pós-larvas de alevinos.

Após a concepção do modelo a escolha dos materiais foi realizada com base no modelo manual existente adaptando assim os componentes necessários para que o modelo se tornasse automatizado.

O projeto 3D realizado no *software SolidWorks®* resultou em um equipamento automatizado que proporciona ao usuário final uma alternativa prática para a alimentação dos alevinos.

Ao analisar experimentos realizados com base em alta frequência alimentar afim de reduzir o tempo de manejo e aumentar a produção, obteve-se uma perspectiva de 2,5 a 3,2 vezes a mais no desempenho de produtividade, mostrando que automação deste processo melhora o aproveitamento de ração e reduz o tempo de reversão sexual dos animais.

Com base nos aspectos apresentados, conclui-se que o investimento na automação de processos de criação de alevinos, visando controle, qualidade e alta produtividade é eficaz tendo em vista que reduz o tempo de mão de obra e otimiza a conversão dos alevinos, aumentando consequentemente a produtividade e lucratividade.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Afim de aprimorar o equipamento além de sugerir o desenvolvimento de um protótipo para testar e comprovar sua eficiência, os seguintes estudos são sugeridos:

- Incrementar o equipamento com sensores de pH, oxigenação e temperatura da água, para que possam ser feitos ajustes automáticos na quantidade de ração despejada e também mostrar dados sobre a qualidade da água ao produtor;
- Desenvolvimento de um programa para controlar remotamente o equipamento, com um painel de monitoramento;
- Estudar uma possível redução de valor nos componentes para que seja, para que o equipamento obtenha um valor de investimento menor para sua fabricação;
- Estudo da viabilidade econômica do equipamento.

REFERÊNCIAS

ABDO, N. A. **Estruturas de alumínio**. São Paulo: Pini. 1983.

AMARAL, D. C. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos**. São Paulo: Saraiva, 2006.

ARDUINO. **Placa Arduino Mega 2560**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>>. Acessado em 08 de abril de 2017.

BENTSEN, H. B.; EKNATH, A. E.; PALADA DE VERA, M. S.; DANTING, J. C.; Et al. **Genetic improvement of farmed tilapias: growth performance in a complete diallel cross experiment with eight strains of Oreochromis niloticus. Aquaculture**. 160(1-2):145- 173, 1998.

BUZINELLI, D. V.; MALITE, Maximiliano. **Dimensionamento de Elementos Estruturais em Alumínio** – Cadernos de Engenharia de Estruturas, São Carlos, v. 10, n. 46, p. 1-31, 2008.

BUDYNAS, RICHARD G. & NISBETT, J. KEITH. **Elementos de Máquinas de Shigley: Projeto de Engenharia Mecânica**. Editora BOOKMAN. Porto Alegre, 2006. 1084p.

CARVALHO, G. **Máquinas elétricas**. São Paulo: Érica, 2007.

CARVALHO FILHO, J. **Ciclo de Palestras da Ranicultura traça Paineis da Atividade**. Revista Panorama da Aquicultura, 11 (67), set/out, 48-53, 2001.

SEW EURODRIVE. **Catálogo de Motoredutores**. Edição 8. 2007.

CONTE, F.S. **Stress and the welfare of cultured fish**. Applied Animal Behaviour Science, v.86, p.205-223, 2004.

COTRIM, B. M. A. A. **Instalações Elétricas**. 5ª Edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2016**. Rome: FAO, 2016.

FRANCHI, C. M. **Inversores de frequência: teoria e aplicações**. 1ª Edição. São Paulo: Editora Érica, 2008.

FILHO, G. F. **Motor de indução**. São Paulo: Érica, 2002.

PAREDE, M. I.; GOMES, L. E. L. **Eletrônica – Automação Industrial**. Vol. 6. São Paulo: Fundação Paulo Anchieta, 2011.

INTERNACIONAL CABOS DE AÇO E ACESSÓRIOS. Disponível em: <<http://www.internacionalcabos.com.br/CatalogoCimaf.pdf>>. Acessado em 2 de abril de 2017.

KUBITZA, F. **Qualidade da água na reprodução de peixes – Parte II.** Panorama da Aquicultura, v.8, n.46, p.35-41, 1998.

LEKANG, O. (2013). **Aquaculture Engineering.** 1. ed. Oxford: Willey-Blackwell. 352 p.

LOBOSCO, O. S., DIAS, L. P. C. Seleção e aplicação de motores elétricos. São Paulo: McGraw-Hill, 1988. 356p.

Manual Técnico Piscicultura Tropical de Água Doce - Mogiana Alimentos, Campinas, SP, 2002.

MELCONIAN, Sarkis. **Elementos de Máquina.** 9ª edição. São Paulo: Editora Érica, 2009.

MELO, J. S.; MORENO, M. - BURROWS, D. H.; GIL, M. **Química De Polímeros.** Editora ALMEDINA.Coimbra, 2004.

MPA. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura 2011.** Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/estatistica/est_2011_bol__bra.pdf>. Acessado em 30 de março de 2017.

NISE, S. N. **Engenharia de sistemas de controle.** 3ª Edição. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2002.

OGATA, K. **Engenharia de controle moderno.** 5ª Edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

OLIVEIRA, F.A. et al. **Desempenho de tilápias cultivadas em tanques-rede arraçadas em diferentes intervalos e taxas alimentares.** In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. Anais. Jaboticabal: Sociedade brasileira de Zootecnia, 2007.

OLIVEIRA, L. C. **Altas frequências de arraçoamento nas fases iniciais da criação de tilápia em hapas.** Botucatu, 2010. 73f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, 2010. Botucatu, 2010.

PÁDUA, D.M.C. **Fundamentos de piscicultura.** Goiânia: Ed. UCG, 2001. 341 p.

PEREIRA, L. G. C. **Pesca e Aquicultura no Brasil,** 2012. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/documentos-epesquisa/publicacoes/estnottec/tema2/2012_19860.pdf>. Acessado em 30 de março de 2017.

ROBOCORE TECNOLOGIA LTDA. Disponível em: <https://www.robocore.net/upload/attachments/28_polias_e_correias_911.pdf>. Acessado em 2 de abril de 2017.

THOMAZINI, D.; ALBUQUERQUE, P. U. B. DE. **Sensores Industriais - fundamentos e aplicações.** 8ª Edição. Editora Erica, 2011. 224p.

TORO, Vicent Del. **Fundamentos de máquinas elétricas.** Rio de Janeiro: LTC, 1999.

SIDONIO, L.; CAVALCANTI, I.; CAPANEMA, L.; Et al. **Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades**. BNDES Setorial, v.35, p.421-463, 2012.

SIPAÚBA-TAVARES, L.C. **Limnologia aplicada à aquicultura**. São Paulo: UNESP, 66 p. (Boletim técnico, n. 1). 1995.

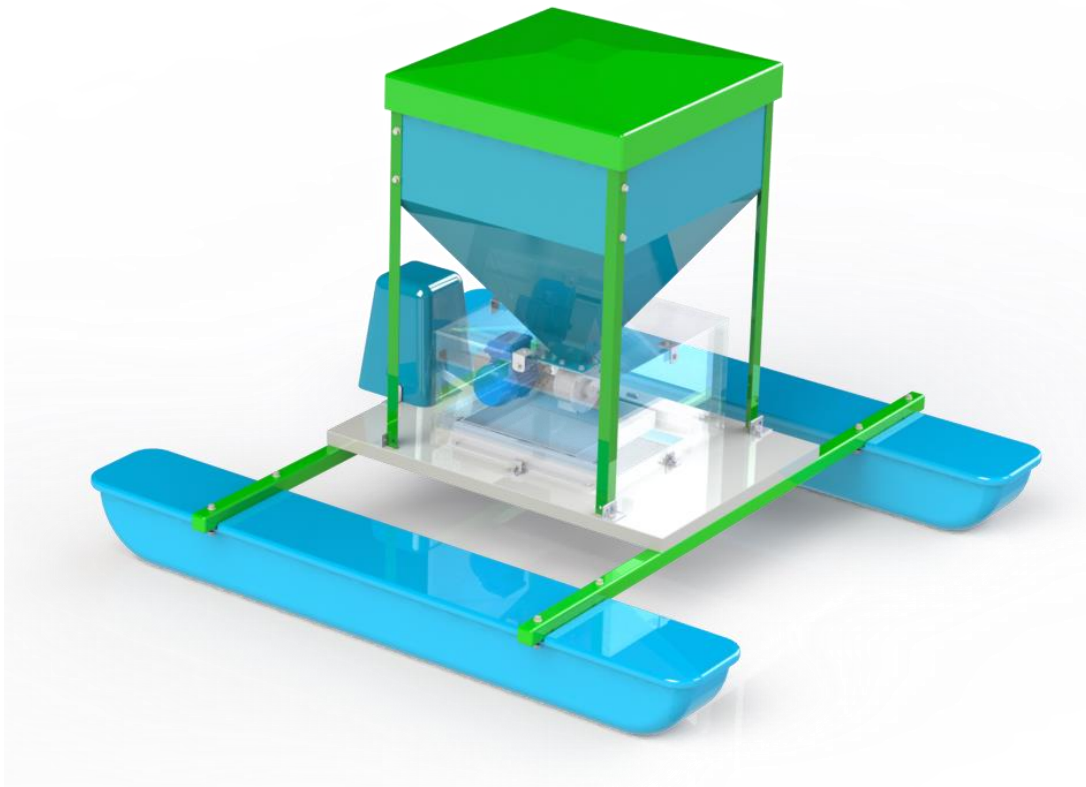
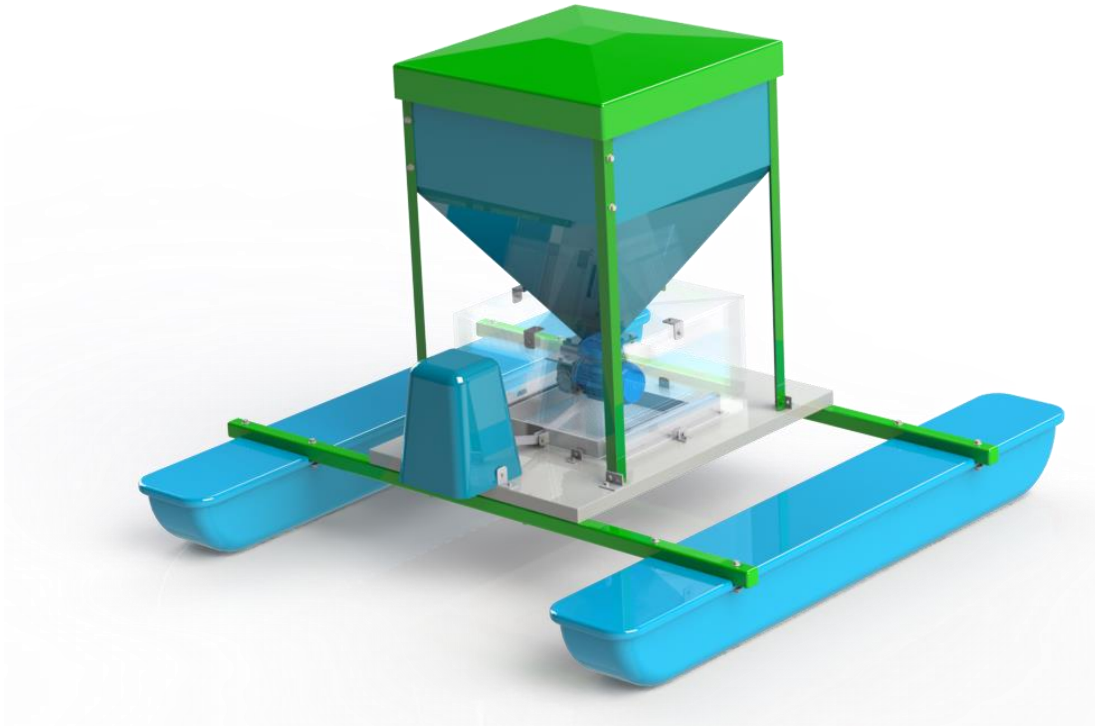
SCHÄFER, R. M. **Otimização do arraçoamento no cultivo de Tilápias GIFT em sistema automatizado de alimentação**. Tese (Mestrado em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável). Universidade Federal do Paraná. Palotina - PR, 2015.

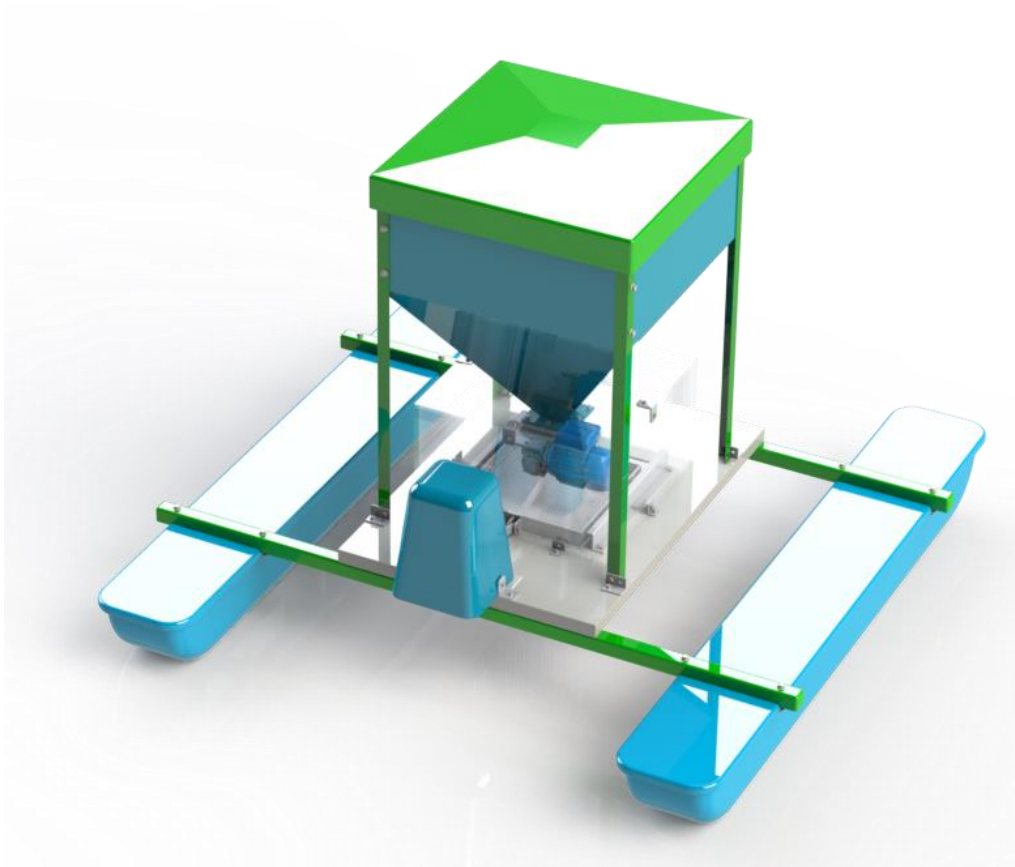
SCHIMITTOU, H. R. **High density fish culture in low volume cages**. Singapore: Akiyama, D.M., American Soybean Association, 1993. 78p.

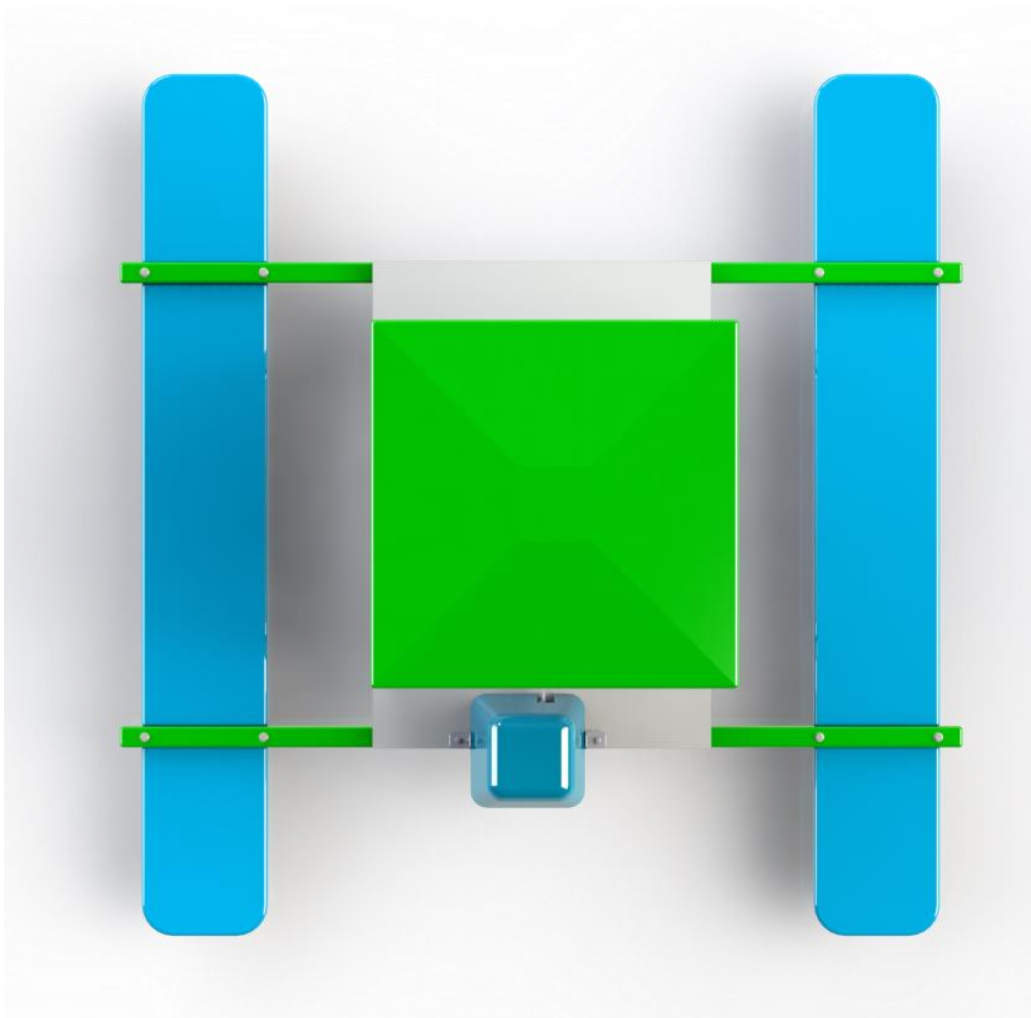
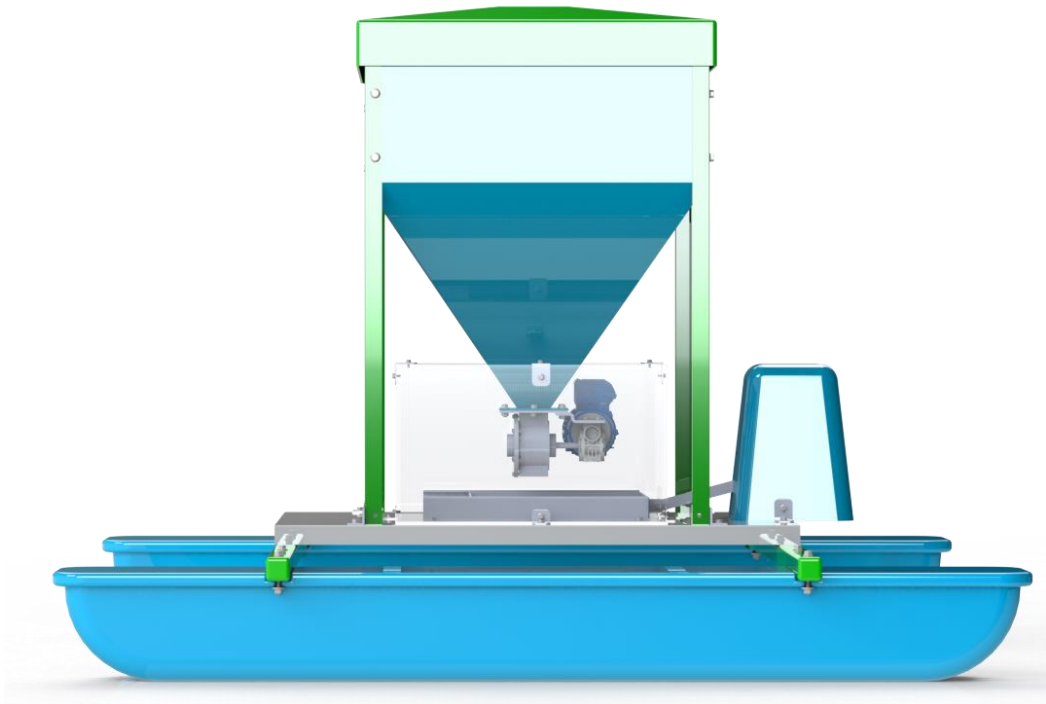
SOUSA, R. M. R. **Frequência alimentar para tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) nas fases de reversão e pós-reversão sexual**. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Estadual Paulista, Botucatu - SP, 2010.

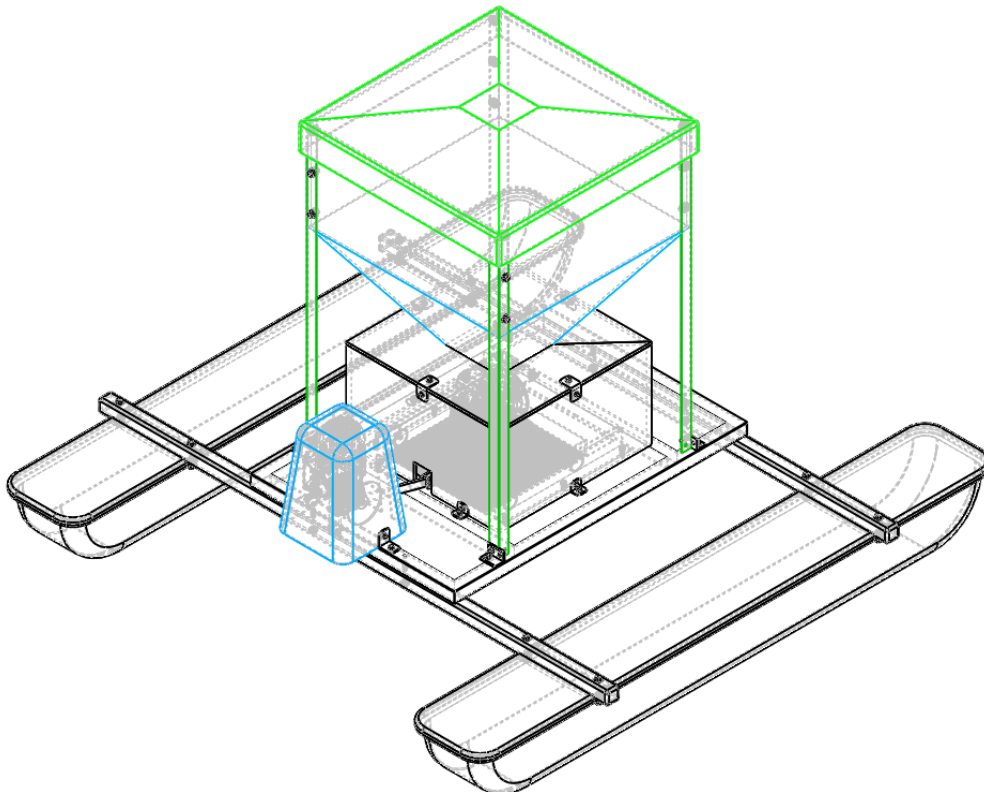
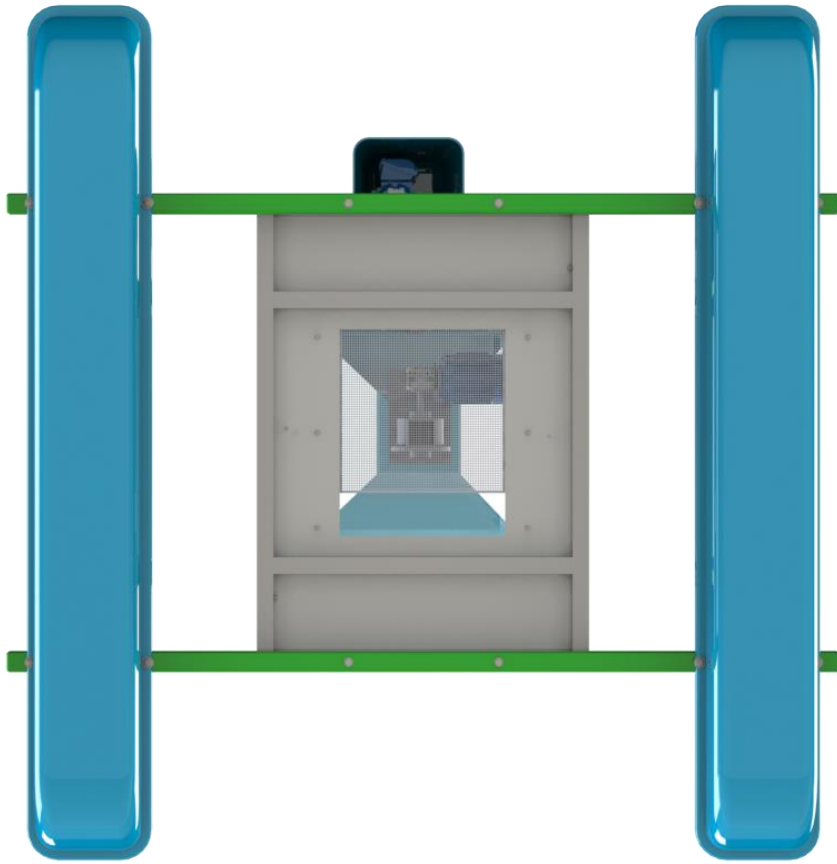
ANEXOS

Imagens do projeto conceitual 3D









Vistas do projeto em linhas

