



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO
CAMPUS CARAÚBAS
ENGENHARIA MECÂNICA

HERBERT HERAKLES GOMES PINTO

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICAS DA UTILIZAÇÃO DE PEÇAS
FABRICADAS POR PROCESSO DE IMPRESSÃO 3D EM UM VEÍCULO
TIPO BAJA**

CARAÚBAS - RN
2017

HERBERT HERAKLES GOMES PINTO

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICAS DA UTILIZAÇÃO DE PEÇAS
FABRICADAS POR PROCESSO DE IMPRESSÃO 3D EM UM VEÍCULO
TIPO BAJA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA, Campus Caraúbas para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. MSc. Diego David Silva
Diniz – UFERSA

CARAÚBAS - RN
2017

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

P659a Pinto, Herbert Herakles Gomes.

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICAS DA UTILIZAÇÃO
DE PEÇAS FABRICADAS POR PROCESSO DE IMPRESSÃO 3D

EM UM VEÍCULO TIPO BAJA / Herbert Herakles Gomes
Pinto. - 2017.

74 f. : il.

Orientador: Diego David Silva Diniz Diniz.
Monografia (graduação) - Universidade Federal

Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia
Mecânica, 2017.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

HERBERT HERAKLES GOMES PINTO

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICAS DA UTILIZAÇÃO DE PEÇAS
FABRICADAS POR PROCESSO DE IMPRESSÃO 3D EM UM VEÍCULO
TIPO BAJA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA, Campus Caraúbas para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

APROVADO EM: 20/10/2017

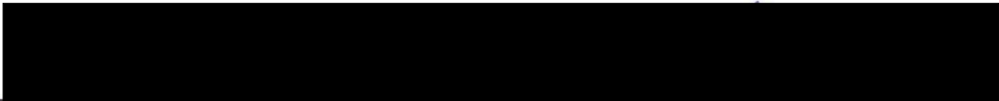
BANCA EXAMINADORA



Prof. MSc Diego David Silva Diniz
Presidente



Prof. MSc. Rafael Luz Espíndola
Membro



Prof. MSc. Gleryston Thiago Gomes da Silva
Membro

AGRADECIMENTOS

Acima de todos quero agradecer a Diego David, o qual todos da Equipe CARAUBAJA, chamamos de forma Honrosa de Patrão, por ter aceitado essa difícil batalha de ser meu Orientador, sem ele não estaria aqui agora.

Aos meus Pais por estar sempre me dando força nessa jornada em outra cidade para alcançar minha graduação.

Minha incrível namorada por sempre acreditar na minha capacidade de trabalhar e saber como melhorar minha vida.

Meus grandes amigos que sem eles o caminho teria sido bem mais pesado, são eles: Bruno Cristian Almeida, José Graciliano Alves de Queiroz, Leocádio Cristino Aires Costa, Maize Cibele de Lima Melo e por último e não menos importante temos o Grande Nilson Francisco da Silva, um grande amigo para mim.

Não posso esquecer do famoso Trio Ternurinha, esse são meus melhores amigos durante toda jornada no curso de engenharia mecânica e também na vida.

.

RESUMO

É perceptível que ao longo dos últimos anos a aplicação da impressora 3D vem aumentando de forma progressiva, juntamente com isso a sua importância, e com destaque nas mais diversas áreas do conhecimento, seja civil, medicinal, mecânico, elétrico, etc. Com sua facilidade de acesso, ou seja, qualquer pessoa pode adquirir a sua impressora, e simplicidade de manuseio a gama de atividades que ela pode alcançar é bastante variada e a medida que os anos passam ela vai sendo aprimorada e ainda mais empregada nas áreas da engenharia ou áreas da saúde.

Este trabalho possui o objetivo de utilizar uma impressora 3D, GTMAX3D COREXY A2, a qual está disposta na universidade UFERSA Campus-Caraúbas, para a construção e aplicação de peças no veículo baja, com intuito de otimizar quatro pontos essenciais em um projeto, os quais seriam: facilidade, velocidade ou tempo de fabricação, juntamente com o fator peso. Para melhorar esses pontos os materiais empregados neste trabalho serão o ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno) e PLA (Ácido Polilático), ambos construídos em forma de filamentos de 1,75mm de diâmetro e enrolados em rolos. Corpos de provas, baseados na norma ASTM D638-02a, foram criados e analisados através de ensaios de tração, a fim de se obter dados que possam ajudar em projetos atuais ou futuros em um baja.

Resultados de resistência a tração e módulo de elasticidade foram obtidos. As peças criadas e aplicadas ao baja resistiram aos testes com um alto nível de satisfação, atuando de forma desejada sem a ruptura de nenhuma delas em nenhum dos testes ou após eles.

Palavras-Chaves: Baja. ABS. PLA. ASTM D638-02a.

ABSTRACT

It is noticeable that over the last few years the application of the 3D printer has been increasing progressively, along with that its importance, and emphasized in the most diverse areas of knowledge, be it civil, medical, mechanical, electrical, etc. With ease of access, that is, anyone can acquire one printer, and simplicity of handling the range of activities that it can achieve is quite varied and as over the years it is being improved and even more applied in the areas of engineering or health areas.

This work aims to use a 3D printer, GTMAX3D COREXY A2, which is available at UFERSA Campus-Caraúbas University, for the construction and application of parts in a Baja vehicle, in order to optimize four essential points in a project, which are: manufacturing easiness, speed and time, along with the weight factor. To improve these points, the materials used in this work will be ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) and PLA (Polylactic Acid), both of which are shaped in rolls of 1,75mm of diameter. Evidence bodies, based on ASTM D638-02a, were created and analyzed through stress testing to obtain data that may assist in current or future Baja projects.

Results of tensile strength and modulus of elasticity were obtained. The pieces created and applied to the Baja resisted the tests with a high level of satisfaction, acting in a desired way without the rupture of any of them in or after the tests.

Keywords: *Baja. ABS. PLA. ASTM D638-02a.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Impressora 3D.....	12
Figura 2 - Estrutura Química ABS.....	16
Figura 3 - ABS aplicado em painel veicular.....	18
Figura 4 - Estrutura Química do PLA.	19
Figura 5 - Caixa de Direção e alguns de seus componentes.....	23
Figura 6 - Peça Auxiliar para Caixa de Direção.....	23
Figura 7 - Peça Auxiliar para caixa de Direção-Medidas em mm.	24
Figura 8 - Presilha para Sistema de Freio.....	25
Figura 9 - Aeroquip.	25
Figura 10 - Presilha para Sistema de Freios-Medias em mm.....	26
Figura 11 - Caixa da Botoeira.	27
Figura 12 - Caixa da Botoeira-Medidas em mm.....	27
Figura 13 - Tampa do Motor Parte I.	28
Figura 14 - Tampa do Motor Parte II.....	29
Figura 15 - Tampa do Motor Parte I-Medidas em mm.	29
Figura 16 - Tampa do Motor Parte II-Medidas em mm.	30
Figura 17 - Corpo de Prova Tipo I.....	30
Figura 18 - Corpo de Prova-Tipo I.	31
Figura 19 - Corpo de Prova-Tipo I.	31
Figura 20 - Máquina de Tração e Células de Carga.	32
Figura 21 - Corpo de Prova encaixado nas Células de Carga.....	34
Figura 22 - Demarcação de Rugosidade.....	35
Figura 23 - Peça Auxiliar para Caixa de Direção Impressa 1.....	35
Figura 24 - Peça Auxiliar para Caixa de Direção Impressa 2.....	36
Figura 25 - Peça Auxiliar para Caixa de Direção aplicada ao BAJA.....	38
Figura 26 - Presilha para Sistema de Freio Impressa.	39
Figura 27 - BAJA com braçadeiras 1.	40
Figura 28 - BAJA com braçadeiras 2.	40
Figura 29 - BAJA sem fixação alguma.	41
Figura 30 - Presilha para Sistema de Freios em aplicada ao BAJA 1.	41
Figura 31 - Presilha para Sistema de Freio aplicada ao BAJA 2.....	42
Figura 32 - Caixa da Botoeira Impressa Posição 1.....	42
Figura 33 - Caixa da Botoeira Impressa Posição 2.....	43
Figura 34 - Caixa da Botoeira aplicada ao BAJA.	44
Figura 35 – Corpo de Prova Impresso.....	45
Figura 36 - PLA-QB Ruptura.	47
Figura 37 - PLA-QB Detalhe da Ruptura.	47
Figura 38 - PLA-QM Ruptura.	48
Figura 39 - PLA-QM Detalhe da Ruptura.....	48
Figura 40 - PLA-QMC 1 Ruptura.	48
Figura 41 - PLA-QMC 1 Detalhe da Ruptura.....	49

Figura 42 - PLA-QMC 2 Ruptura.	49
Figura 43 - PLA-QMC 2 Detalhe da Ruptura.	49
Figura 44 - ABS-QA Ruptura.	50
Figura 45 - ABS-QA Detalhe da Ruptura.	50
Figura 46 - ABS-QM 1 Ruptura.	51
Figura 47 - ABS-QM 1 Detalhe da Ruptura.	51
Figura 48 - ABS-QM 2 Ruptura.	51
Figura 49 - ABS-QM 2 Detalhe da Ruptura.	52
Figura 50 - Mesa de Vidro da Impressora 3D.	63
Figura 51 - Bico Injetor-Vista Superior.	64
Figura 52 - Bico Injetor-Vista Lateral.	64
Figura 53 - Ponto de Fixação com Rolo de PLA encaixado.	65
Figura 54 - Software da Impressora 3D.	66
Figura 55 - Mecanismo de Fixação do Filamento.	67
Figura 56 - Controle Manual da Impressora.	67
Figura 57 - Tubo por onde o filamento é guiado.	68
Figura 58 - Botão para ligar a Mesa de Impressão.	69
Figura 59 - Painel para Adição dos Projetos.	70
Figura 60 - Slicer.	70
Figura 61 - Slicer-Qualidades.	71
Figura 62 - Preview.	72
Figura 63 - Pré-Visualização da peça impressa.	72
Figura 64 - Área Delimitadora de Impressão.	73
Figura 65 - Modo de Impressão em Sinuosidade.	73
Figura 66 - Impressora GTMAX3D COREXY A2.	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Funcionalidade dos monômeros nas propriedades do ABS.	17
Tabela 2 - Caixa de direção e seus componentes.	23
Tabela 3 - Peças e suas Qualidades de Impressão.	31
Tabela 4 - Corpos de Provas - Quantidade e Qualidades de Impressão.	32
Tabela 5 - Comparação entre a Peça da Caixa de Direção no Projeto com a sua Impressão.	37
Tabela 6 - Comparação entre a Presilha do Projeto com a sua Impressão.....	38
Tabela 7 - Comparação entre Caixa da Botoeira no Projeto com a sua Impressão.....	43
Tabela 8 - Comparação Corpo de Prova PLA - QB do Projeto com sua Impressão.	45
Tabela 9 - Comparação Corpo de Prova PLA-QM do Projeto com sua Impressão.	45
Tabela 10 - Comparação Corpo de Prova PLA - QMC do Projeto com sua Impressão.	46
Tabela 11 - Comparação Corpo de Prova ABS - QA do Projeto com sua Impressão.	46
Tabela 12 - Comparação Corpo de Prova ABS - QM do Projeto com sua Impressão. ...	46
Tabela 13 - Dados de Resistência a Tração e Modulo de Elasticidade - PLA e ABS.	54

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	5
RESUMO	6
ABSTRACT	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	10
SUMÁRIO	11
1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Justificativa	13
1.2 Objetivo Geral	14
1.3 Objetivos Específicos	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 Impressora 3D	15
2.1.1 Material de Impressão: ABS	16
2.1.2 Material de Impressão: PLA	18
3 METODOLOGIA	22
3.1 Observação das Medidas, Desenho das Peças e Corpos de Provas.	22
3.2 Preparação da Impressora 3D e Impressão das Peças	32
3.3 Ensaio de Tração	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
4.1 Observação e Análise das Peças Impressas	34
4.2 Observação e Análise dos Corpos de Provas	44
5 CONCLUSÕES	55
REFERÊNCIAS	56
APÊNDICE A – PEÇA AUXILIAR PARA CAIXA DE DIREÇÃO	58
APÊNDICE B – PRESILHA PARA SISTEMA DE FREIO	59
APÊNDICE C – CAIXA DA BOTOEIRA	60
APÊNDICE D – TAMPA DO MOTOR PARTE I	61
APÊNDICE E – TAMPA DO MOTOR PARTE II	62
APÊNDICE F – PREPARAÇÃO DA IMPRESSORA 3D E IMPRESSÃO DAS PEÇAS	63

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia está, com o passar do tempo, em uma crescente evolução, seja na área da farmacologia, medicina, eletrônicos, mecânicos, etc. O que poucos sabem é que os trabalhos necessários para desenvolver um projeto de alguma dessas áreas acima citadas, podem ser de fácil fabricação, com custos reduzidos e uma produção mais rápida, através do uso de prototipagem rápida via impressora 3D. A Figura 1 apresenta um exemplo de equipamento deste tipo.

Figura 1 - Impressora 3D.



Fonte: <http://so3d.com.br/>.

Essa tecnologia surgiu em 1984, com o norte americano Charles Hull. Em poucos anos ele montou sua empresa, a *3D Systems Corp*, que também iniciou a comercialização desta tecnologia. Contudo, a mesma só se popularizou no ano de 2015. Quando ela se tornou uma ferramenta que muitos podem adquirir e dessa forma desenvolver seus projetos em 3D.

A impressão dos projetos é feita por Modelagem por Fusão e Depósito (*Fused Deposition Modeling – FDM*), ou seja, o material é depositado através de camada sobrepostas até completar a forma final do projeto. Camadas estas que podem possuir

direções diferentes de deposição de acordo com o especificado no software da impressora.

Desde que o projeto seja bem desenvolvido em softwares do tipo CAD/CAE, seus componentes podem ser impressos nas impressoras em questão, dessa forma o presente trabalho tem como foco realizar um estudo baseado nos materiais utilizados na impressora, que neste caso são o PLA (Ácido Polilático) e o ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno), e empregar os mesmos em alguns componentes do veículo Baja.

1.1. Justificativa

Atualmente a aplicação da impressora 3D vêm aumentando de forma exponencial e isso é observado em diversas áreas que o ser humano pode atuar, seja mecânica, civil, medicinal, etc. Pois o homem observou nesta máquina a chance de economizar três pontos que se tornam cruciais em qualquer empresa: facilidade, velocidade/tempo e custo de fabricação. Com a impressora em 3D, esses três pontos podem ser facilmente superados. No Projeto Baja, esses três pontos também são almejados. Um outro ponto incluso, é a redução de peso no veículo. Então se existe tal tecnologia disponível, na Universidade por que não aproveitá-la?

Algumas peças do projeto Baja acabam quebrando durante a sua montagem, desmontagem ou até mesmo na sua fabricação, o que acarreta em perdas de horas de trabalho, desgaste físico do operador e consequentemente atrasos na construção do veículo. Com a utilização da impressora para a fabricação de algumas dessas peças abre a oportunidade de reduzir esses efeitos negativos, tornando, assim, a construção do veículo mais otimizada, de modo a poder terminar o mesmo em um menor tempo, e caso a peça impressa venha a quebrar, uma nova pode ser feita no mesmo tempo de fabricação da primeira.

Com isso, é justificada a necessidade de se obter conhecimentos sobre as propriedades mecânicas dos plásticos em questão. Com esses dados em mãos, os projetistas podem ter uma vasta variedade de ideias que podem ser estudadas e trabalhadas em cima do Baja, sempre buscando otimizar o processo, a relação velocidade/tempo e o custo de fabricação.

1.2. Objetivo Geral

O trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade técnica da utilização de peças fabricadas por processo de impressão 3D em um veículo Baja.

1.3. Objetivos Específicos

- Avaliar o comportamento mecânico do ABS por meio de um ensaio de tração;
- Avaliar o comportamento mecânico do PLA por meio de um ensaio de tração;
- Desenvolver peças para o Baja baseadas nos ensaios de tração do PLA e ABS;
- Realizar testes com as peças fabricadas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é realizada uma breve revisão dos conhecimentos mais relevantes para o entendimento desse trabalho.

2.1. Impressora 3D

Deste o seu surgimento, a impressoras 3D se tornaram uma ferramenta revolucionária, que permitem a fabricação de peças em formato tridimensional. Essa invenção surgiu como patente no ano de 1984, onde para adquirir uma impressora destas era necessário desembolsar em torno um milhão de dólares.

Com o passar dos anos, essa tecnologia veio se aprimorando, tendo sido possível um barateamento da sua construção e consequentemente o custo de aquisição, permitindo abranger seu mercado consumidor. Seu crescimento foi tanto que diversos países a produzem, inclusive o Brasil. O valor dessas máquinas podem variar de R\$ 2.300,00 a cerca de R\$ 20.000,00 (de acordo com pesquisas em seu mercado de venda em lojas virtuais). As impressoras mais caras possuem um melhor acabamento e também uma maior área de impressão, sendo possível imprimir uma maior gama de peças, pois sua mesa possui uma maior área de impressão. Consequentemente impressoras mais baratas possuem áreas de impressão menores, que exige que algumas peças a serem produzidas tenham que ser divididas em algumas partes, pois a mesma não pode imprimir todo o projeto de uma vez.

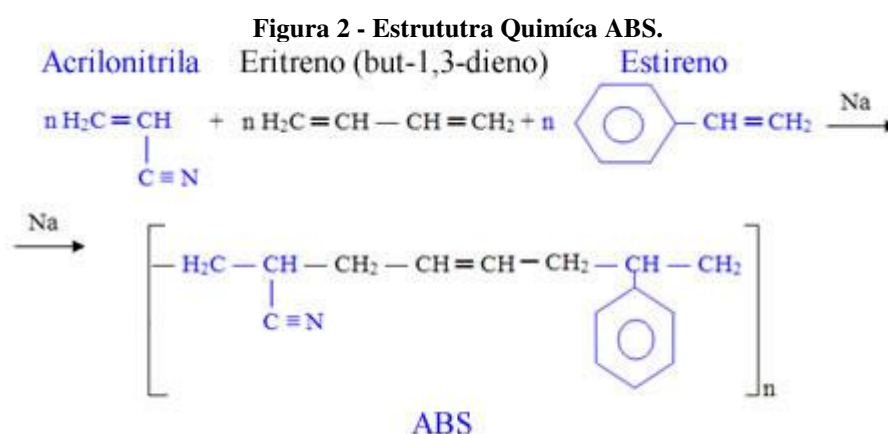
As impressoras 3D são máquinas de prototipagem rápida, desenvolvidas para criar produtos inovadores no menor tempo possível, se diferenciando das máquinas convencionais. No início desta nova tecnologia, as máquinas eram utilizadas apenas em indústrias, mas o processo se expandiu e o principal objetivo dos pesquisadores dessa área é adotar seu uso em escritórios e residências particulares. O desenvolvimento de protótipos por impressão 3D é semelhante às impressoras comuns, onde o cabeçote deposita a tinta sobre o papel, linha por linha. No sistema de impressão tridimensional o produto é desenvolvido graficamente em 3D no software computacional em seguida o modelo é convertido em coordenadas, dividindo se em camadas planas [...], que são transferidos para a impressora em linguagem de máquina. O material de construção presente no cabeçote da impressora é depositado numa plataforma de acordo com o desenho final, formando

o protótipo ou o que se deseja obter. O processo de impressão utiliza materiais plásticos, resinas, foto polímeros e alguns metais e alguns metais específicos dependendo da tecnologia empregada (VOLPATO, et al. 2007).

São constituídas basicamente por dois conjuntos: um sistema mecânico e um sistema elétrico. A sua estrutura e movimentação é feita por peças mecânicas, por exemplo, o carro que move o bico depositador de material na mesa de impressão. Enquanto seus comandos são elétricos, onde há um software que recebe a peça a ser impressa e repassa todos os dados do corpo de prova para a impressora, que transforma esses dados em movimentos mecânicos e assim a peça é produzida.

2.1.1. Material de Impressão: ABS

Acrilonitrila-butadieno-estireno, cuja sigla **ABS** deriva da forma inglesa *acrylonitrile butadiene styrene* é um copolímero composto pela combinação de acrilonitrila, butadieno e estireno (OLIVEIRA, et al. 2009).



Fonte: <http://brasilecola.uol.com.br/quimica/copolimeros.htm>.

O ABS é um termoplástico derivado do petróleo e teve o seu desenvolvimento em 1948 nos Estados Unidos.

Como dito acima, o ABS é composto por 3 monômeros, em que cada um fornece suas propriedades para o termoplástico e consequentemente podendo produzir uma gama variada

de ABS, que pode atender diversas aplicações no mercado, desde que se decida quais características o mesmo deve ter em maior evidência para que assim ele possa atender ao trabalho ou projeto que o mesmo seja empregado. A Figura 2 a seguir demonstra o que cada monômero influencia no ABS.

Tabela 1 - Funcionalidade dos monômeros nas propriedades do ABS.

Acrinitrila fornece	Estireno fornece	Butadieno fornece
Resistência Química Resistência Térmica	Brilho Moldabilidade Rigidez	Resistência ao Impacto Resistência ao Alongamento

Fonte: <http://www.tudosobreplasticos>.

As proporções desta composição podem variar de 15% a 35% de acrilonitrila e 40% a 60% de estireno, com 5% a 30% de butadieno.

A seguir é apresentada uma lista de características do ABS, juntamente com propriedades como material de construção, sendo ele um plástico.

- Fácil moldabilidade;
- Alta dureza;
- Boa resistência ao impacto;
- Boa resistência a tração;
- Boa resistência mecânica;
- Bom aspecto visual;
- Grande variação de propriedades (entre os tipos de ABS);
- Baixa densidade;
- Isolante elétrico;
- Possibilidade de coloração;
- Baixo custo;
- Facilidade de adaptação à produção em massa e na indústria;

Devido as suas diversas propriedades o mesmo é aplicado em diversas áreas da construção, como: carros, fones de ouvido, capacetes de segurança, brinquedos, malas, etc. A Figura 3 apresenta como exemplo a sua utilização em painéis veiculares.

Figura 3 - ABS aplicado em painel veicular.



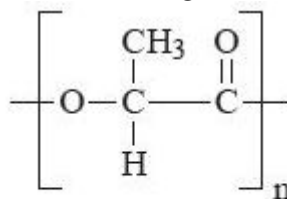
Fonte: <http://www.jrpolimeros.com.br>.

O seu valor no mercado possui uma variação de acordo com sua qualidade, diâmetro, peso e cor, consequentemente marcas mais conhecidas no mercado têm seu valor elevado nos sites de compras. Rolo de ABS com qualidade não tão elevada, diâmetro de 1,75mm (1,75 milímetros), com um peso de 1kg (um quilograma) e cor comum (neste caso, branco), têm seu valor em média de R\$60,00, de acordo com levantamento de preços realizados. Já rolos de ABS com as mesmas características, variando apenas a sua qualidade possui um valor, em média, entre R\$80,00 a R\$120,00. Seja agora a cor a característica a ser alterada, o valor pode ser elevado um pouco mais, desde que seja cores mais difíceis de serem encontradas no mercado, como café, lilás, entre outras, o seu valor pode atingir de R\$150,00 a R\$200,00. Caso o diâmetro seja alterado, para 3mm (valor encontrado no mercado) o valor também varia entre R\$150,00 a R\$200,00.

2.1.2. Material de Impressão: PLA

Um polímero biodegradável que tem sido bastante estudado nas últimas décadas é o PLA (Ácido Polilático) (WANG et al., 2008). Ele possui propriedades (relacionadas a resistência) semelhantes quando é comparado com outros polímeros a base de petróleo, por exemplo, o polipropileno e também é considerado um termoplástico. Possui esse nome porque é formado por várias cadeias de repetição do ácido lático (composto orgânico de função mista - ácido carboxílico e álcool). A Figura 4 apresenta estrutura química do PLA.

Figura 4 - Estrutura Química do PLA.



PLA

Fonte: <https://goo.gl/uacX9G>.

O PLA foi descoberto por três pesquisadores Carothers, Dorrough e Natta, que o sintetizaram pela primeira vez em 1932. Na época as propriedades mecânicas do material não eram consideradas satisfatórias. Na tentativa de melhorar o PLA o pesquisador Du Pont sintetizou um novo PLA com melhores propriedades mecânicas e o patenteou, mas ainda havia outra desvantagem: esse novo tipo reagia com a água. Então, em 1966, depois de Kulkar demonstrar que a degradação do material poderia acontecer *in vitro* e ser melhor observada nos laboratórios, que houve interesse real na sua aplicação, principalmente na área médica e dessa forma ele foi sendo alvo de mais estudos e consequentemente atingiu o ápice que é hoje.

A sua construção deriva de fontes renováveis, como amido de milho, raízes de mandioca e bagaço de cana de açúcar.

Degrada-se em torno de 24 meses enterrado ou em 48h em água, o que é um tempo bem inferior quando comparado às centenas de anos dos outros plásticos (IMPRESSAO3DFACIL, 2015). Mas caso seja uma peça para decoração, como uma estátua, por exemplo, o seu tempo de vida é prolongado. Para aplicações em ambiente com altas temperaturas ele não é indicado, pois o mesmo pode deforma de forma rápida, devido a seu baixo ponto de fusão, na Figura 5 tem-se um rolo de filamento PLA.

Como é um biodegradável seu uso é indicado sempre que suas qualidades atenderem o pedido do projeto ou do desejo projetista, pois assim o meio ambiente não é prejudicado e também as necessidades são atingidas de forma eficaz. Ele pode ser usado em embalagens

alimentícias, embalagens cosméticas, sacolas plásticas de mercado, garrafas, canetas, vidros, tampas, talheres, frascos, copos, bandejas. O ácido lático é uma substância alimentar segura e é eliminada naturalmente pelo organismo, devido a esta característica ele vem sendo utilizado em intervenções médicas, substituindo os implantes de metal. Os implantes de PLA causam menos inflamações, evitam a sobrecarga de tensão no órgão fraturado e a necessidade de uma segunda cirurgia para a retirar do material.

Da mesma forma que o ABS, o PLA é encontrado no mercado em diversas cores, mas em comparação ao ABS, possui um aspecto mais brilhante. Seus preços no mercado variam de forma semelhante ao ABS, ou seja, de acordo com a qualidade, diâmetro, peso e cor. Em alguns sites de vendas o rolo de PLA alcança valores de R\$250,00 para características de: qualidade alta, diâmetro de 1,75mm, peso de 1kg e cor simples (branco).

A seguir segue uma lista de boas características do PLA, juntamente com propriedades como material de construção:

- Alta fluidez de extrusão;
- Ecológico;
- Transparência;
- Alta rigidez;
- Ótima qualidade na superfície da peça;
- Precisão em detalhes e cantos;
- Bom brilho na peça;
- Baixa densidade;
- Baixo custo;
- Possibilidade de coloração.

Mesmo sendo um pouco mais caro que o ABS seu custo de aquisição ainda é baixo, dessa forma sua compra ainda é válida para diversos projetos.

Existe ainda o PLA+, que trata-se de um PLA melhorado, ele possui algumas modificações, mas ainda continua sendo biodegradável e seu aspecto brilhante é mantido. Ficou um pouco mais flexível e possui uma tenacidade maior. Essa última característica reflete-se principalmente na aderência entre as camadas da peça, na hora da impressão. Segundo Impressão3DFácil (2015), essa maior flexibilidade e tenacidade do material o

tornaram mais forte, muito mais resistentes a impactos ou maior resistência mecânica, se comparado ao ABS. Mas, mesmo assim sua resistência a temperatura não teve uma melhoria significativa, sendo assim o PLA+ não é indicado para ambientes com temperaturas elevadas, acima de 50°C.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo serão descritas as etapas realizadas para a realização deste trabalho.

3.1. Observação das Medidas, Desenho das Peças e Corpos de Provas.

Antes mesmo de desenhar as peças foi necessário e de extrema importância, a observação no baja de todos os locais possíveis de serem empregados peças que pudessem ser substituído otimizar o processo de construção do veículo, pois este é o objetivo deste trabalho, otimizar tempo de fabricação/montagem, custos com materiais, facilidade de manuseio e peso. Pontos esses que são considerados essenciais em indústrias e na Competição SAE, onde é visto como algo importante também e ainda visto como algo inovador.

As medidas de cada peça foram obtidas com a utilização de paquímetros e realizando a medição no próprio carro, removendo as peças necessárias, em alguns casos, como a caixa de direção e a cremalheira, por exemplo.

O segundo passo foi o desenho das peças para serem aplicadas no veículo baja, tendo em vista que a partir da observação já se tem ideias do que irá ser feito e como, para aplicar no carro. A primeira peça a ser desenvolvida foi Peça Auxiliar para Caixa de Direção (PACD) demonstrada pelas Figuras 5 e 6 e está disposta sua plotagem no Apêndice A, como o nome já sugere ela foi construída para a caixa de direção. Ela possui a função de fixar a sanfona bengala (este serve para evitar o contato da lama na cremalheira) e impedir a rotação da cremalheira, a qual transmite a rotação da direção para as rodas.

Figura 5 - Caixa de Direção e alguns de seus componentes.



Fonte: Autoria Própria.

A seguir está uma tabela explicando cada numeração da foto anterior.

Tabela 2 - Caixa de direção e seus componentes.

Numerações	Componentes
I	Caixa de Direção
II	Sanfona Bengala
III	Eixo da Direção

Fonte: Autoria Própria.

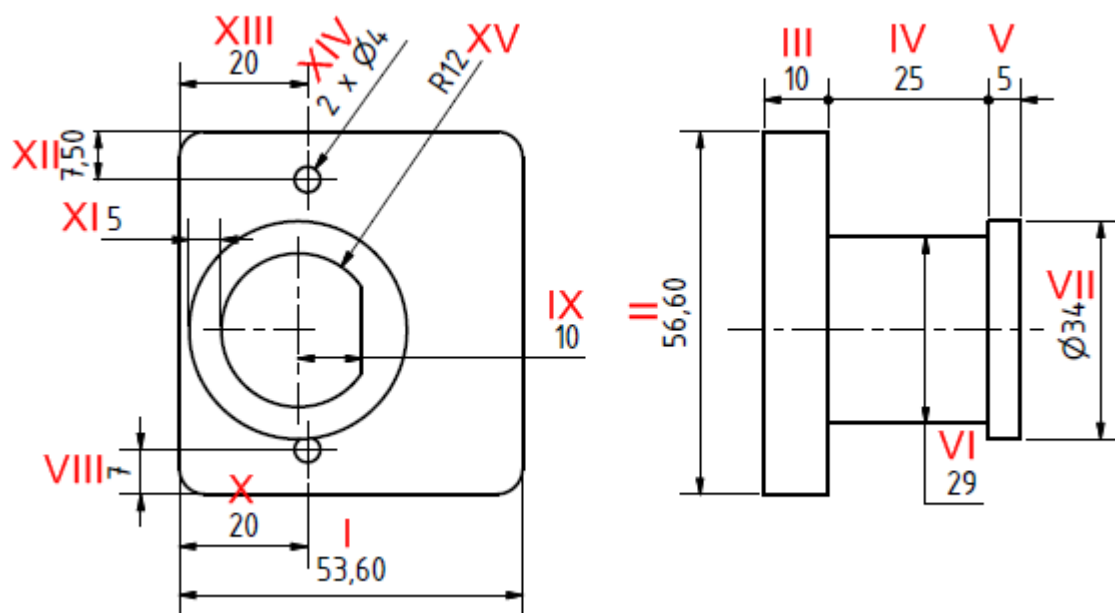
Figura 6 - Peça Auxiliar para Caixa de Direção.



Fonte: Autoria Própria.

A peça foi desenhada no AutoDesk Inventor versão 2015, instalado nos próprios computadores da UFERSA. O primeiro esboço da peça foi de sua base, desenhada com as medidas obtidas com o paquímetro, A Figura 7 demonstra quais são essas medidas.

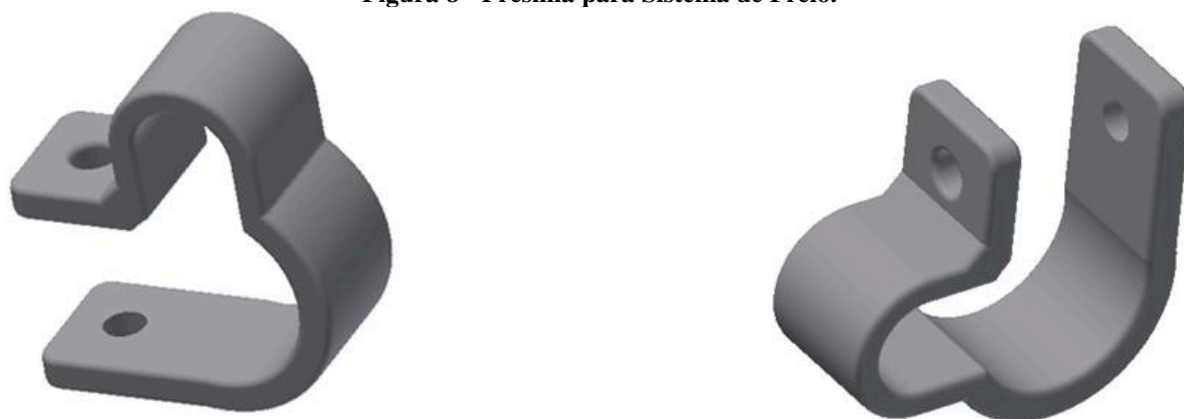
Figura 7 - Peça Auxiliar para caixa de Direção-Medidas em mm.



Fonte: Autoria Própria.

O próximo desenho a ser realizado é a presilha para o aeroquip, Figura 9 e 10. O aeroquip é uma mangueira flexível, geralmente revestida por uma camada de borracha mais dura para que assim a mangueira mais interna não dilate muito e perca pressão, na qual o fluido de freio percorre o seu interior até alcançar os pistões da pinça de freio e assim pressionar as pastilhas que irão fazer pressão no disco de freio, parando a roda e consequentemente o baja. O fluido de freio é impulsionado para as mangueiras pelo cilindro mestre, que recebe força do pedal de freio acionado pelo motorista do carro.

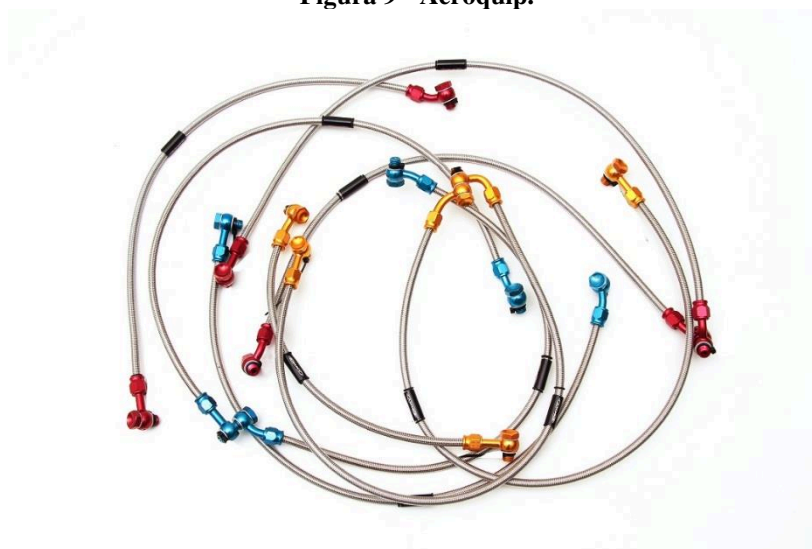
Figura 8 - Presilha para Sistema de Freio.



Fonte: Autoria Própria.

A Figura 9 exemplifica o que é um aeroquip, o qual é preso nos braços de suspensão, para que assim o mesmo não trabalhe livremente e possa sofrer algum dano durante a realização das provas na competição.

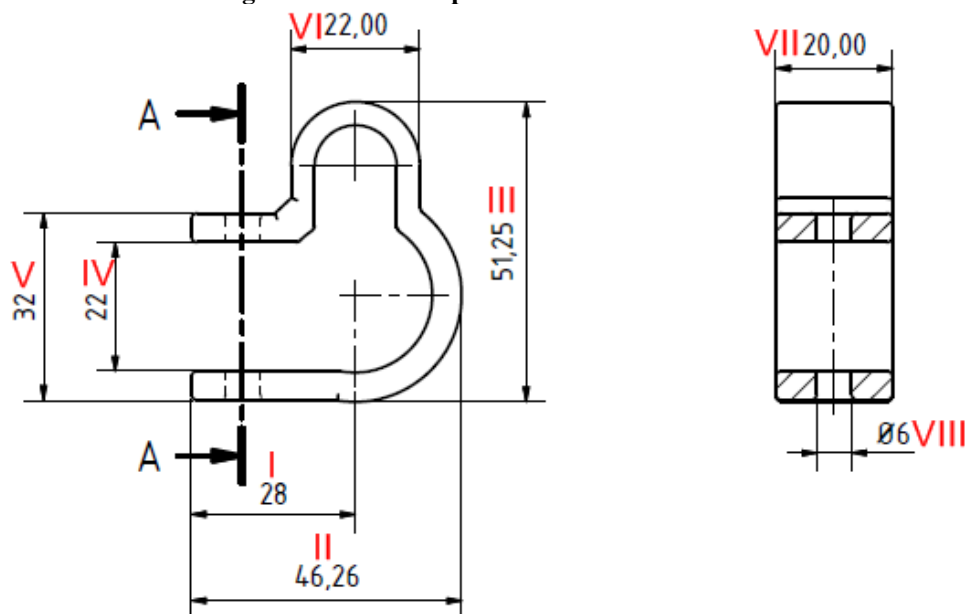
Figura 9 - Aeroquip.



Fonte: <http://oxxyracing.com.br>.

As medidas desta peça estão dispostas na Figura 10, medidas estas que foram determinadas seguindo as dimensões dos tubos do braço de suspensão e do aeroquip e no Apêndice B está sua plotagem.

Figura 10 - Presilha para Sistema de Freios-Medias em mm.

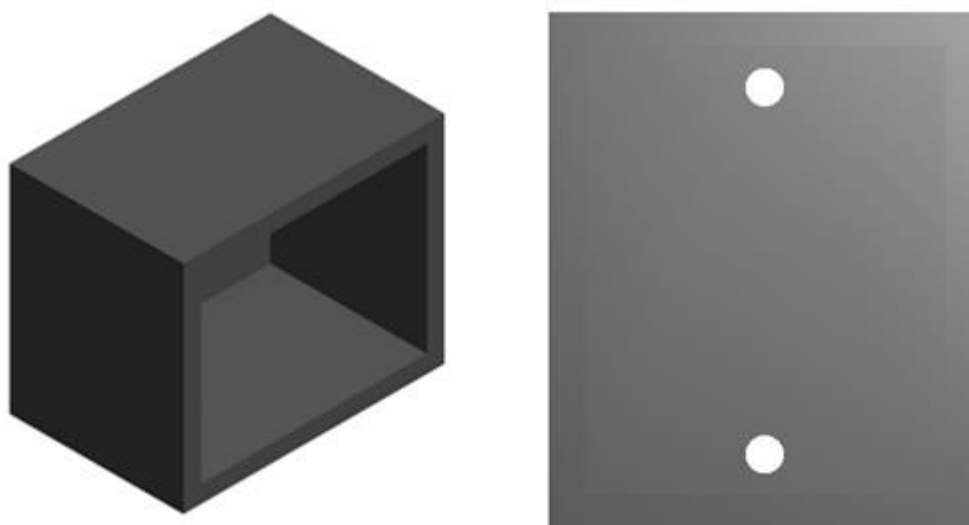


Fonte: Autoria Própria.

Uma outra peça a ser projetada foi a caixa da botoeira, que nada mais é que a caixa onde o botão de emergência do carro será acoplado juntamente uma pequena parte dos fios que fazem o botão funcionar, sua função é proteger a parte posterior do botão de emergência, assim como os componentes elétricos que estão ligados a ele contra água, areia e lama. O botão de emergência é para ser acionado em casos de perigo para o piloto ou para os outros competidores, sua função é fazer o motor para de funcionar, desligando assim o carro e dessa forma evitar possíveis acidentes. De acordo com o regulamento, dois botões, ambos em locais de fácil visualização e acesso, de emergência são obrigatórios no veículo, um próximo ao piloto, ou seja, ao seu alcance e outro localizado próximo da corta fogo do veículo, para em casos de capotamento um juiz venha aperta-lo e dessa forma o motor irá parar garantindo a segurança do piloto e dos demais competidores.

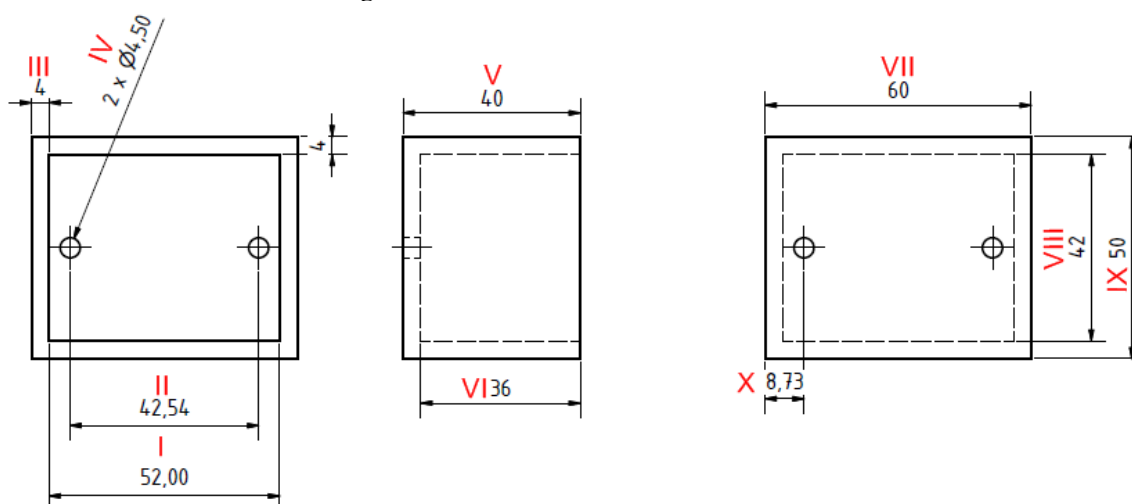
As medidas foram dimensionadas a partir do tamanho do botão de emergência e também com os pequenos fios que irão ficar dentro da caixa, as medidas da Figura 11 correspondem as medidas no projeto desenhado no AutoDesk Inventor 2015 Versão de Estudante e sua plotagem está no Apêndice C.

Figura 11 - Caixa da Botoeira.



Fonte: Autoria Própria.

Figura 12 - Caixa da Botoeira-Medidas em mm.



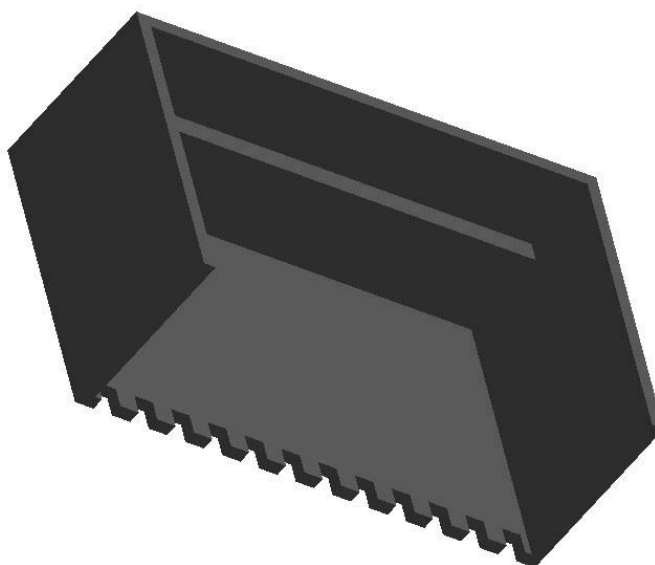
Fonte: Autoria Própria.

Um local que foi observado e que se viu a oportunidade de aplicar uma peça impressa na GTMAX3D foi uma tampa para o motor do baja. Uma tampa que pudesse cobrir as partes das molas que controlam a aceleração do motor, pois sua função é atuar na proteção dessa região contra lama, água e areia, durante a competição da SAE. Por possuir um tamanho muito grande, a mesma foi dividida em duas partes que se encaixam através de pequenos dentes quadrados representados na Figura 16 e uma pequena elevação com uma medida de sua altura definida pelo Número V e com uma espessura de 6mm, pois a impressão poderia sair com

alguns erros. A parede da tampa possui uma espessura de 4mm, que pode ser visualizada também na Figura 15 através do número II. Sua lateral possui uma dimensão de 94mm e sua altura é definida pelo Número VI na figura abaixo.

A tampa do motor inicialmente foi desenhada de forma completa, ou seja, sem sua atual divisão, então ela foi dividida ao meio em uma forma reta, sem os seus dentes, mas foi visto a necessidade da criação de dentes para auxiliar na hora da união das duas peças em uma só, pois caso contrário poderia haver uma chance da união não ser efetuada de forma mais precisa. A Figura 13 apresenta a primeira parte da tampa do motor.

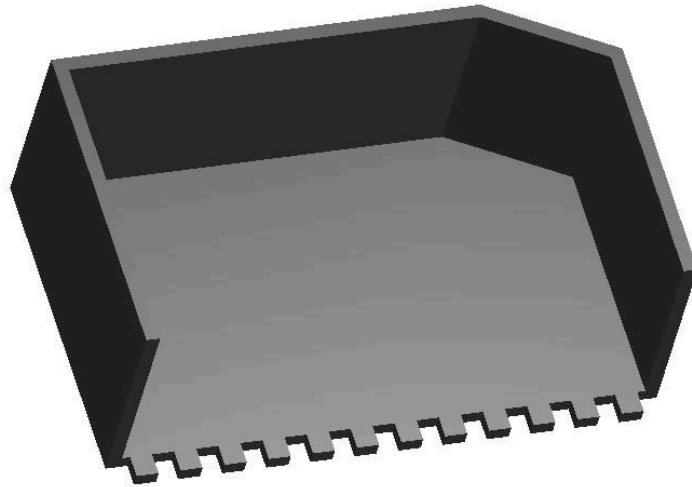
Figura 13 - Tampa do Motor Parte I.



Fonte: Autoria Própria.

A Figura 14 demonstra a outra parte da tampa composta basicamente das mesmas medidas da parte anterior, mas essa agora possui um pequeno chanfro em uma de suas extremidades pelo motivo de encaixe da mesma no motor do baja.

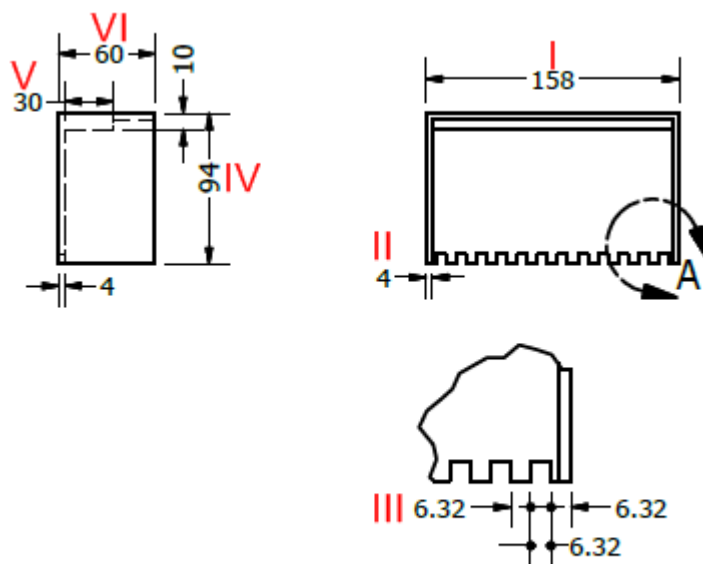
Figura 14 - Tampa do Motor Parte II.



Fonte: Autoria Própria.

Logo abaixo está duas figuras representando as duas partes da tampa com suas medidas em mm.

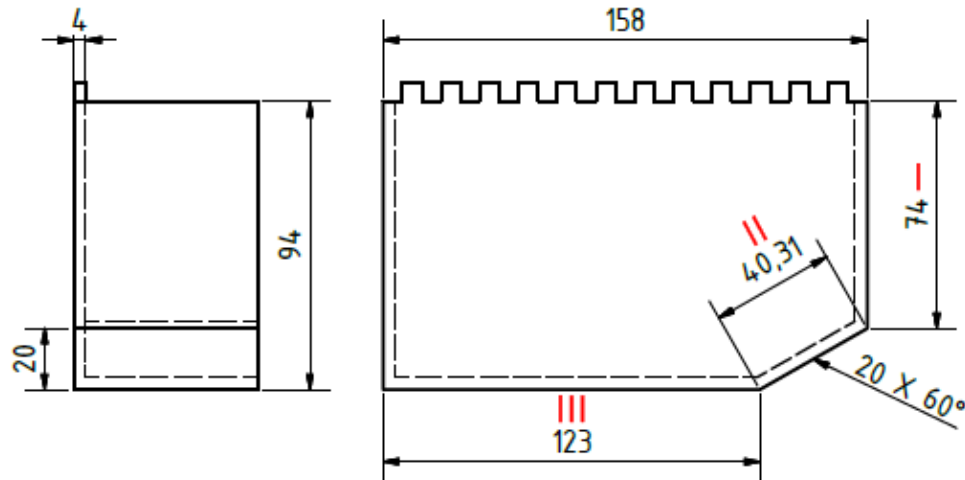
Figura 15 - Tampa do Motor Parte I-Medidas em mm.



DETALHE A

Fonte: Autoria Própria.

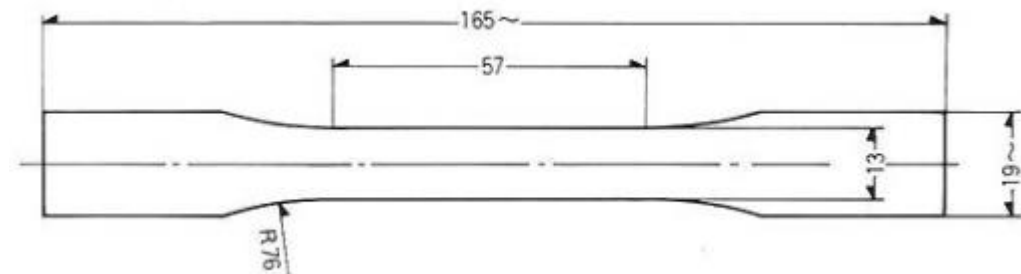
Figura 16 - Tampa do Motor Parte II-Meidas em mm.



Fonte: Autoria Própria.

A última peça ser desenhada foi o corpo de prova para o ensaio de tração. Ele foi desenhando seguindo a norma ASTM 638 – 02a, Figura 17, norma esta que designa como deve ser construído os corpos de prova para o ensaio de tração, dando ao pesquisador as medidas para construir sua peça para teste, a Figura 20, representa o corpo de prova do Tipo I da norma, que foi o escolhido para ser desenhado no Inventor.

Figura 17 - Corpo de Prova Tipo I.



Fonte: <http://www.dumbbell.co.jp>.

Sua escolha foi definida com base nas dimensões de impressora 3D, pois a mesma não possui uma área de impressão para fabricação do corpos de prova do Tipo II ou III, sua

dimensão de base para impressão é de 190mm x 190mm, por isso o corpo de prova do Tipo I foi escolhido, seu comprimento máximo é de 165mm.

A Figura 18 e 19 mostram o corpo de prova desenhado no inventor.

Figura 18 - Corpo de Prova-Tipo I.



Fonte: Autoria Própria.

Figura 19 - Corpo de Prova-Tipo I.



Fonte: Autoria Própria.

As duas tabelas a seguir, Tabela 3 e 4, mostram as peças desenvolvidas para serem impressas, juntamente com a qualidade de impressão definida para as mesmas.

Tabela 3 - Peças e suas Qualidades de Impressão.

Peças Desenhadas	Quantidade	Qualidade de Impressão
Peça Auxiliar para Caixa de Direção	3	Qualidade Media-Suporte-Core
Presilha para Sistema de Freio	2	Qualidade Media-Core
Caixa da Botoeira	4	Qualidade Media-Core
Tampa do Motor	0	Qualidade Media-Core

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 4 - Corpos de Provas - Quantidade e Qualidades de Impressão.

Corpo de Prova	Quantidade	Qualidade de impressão
ABS	2	Qualidade Media-Core
ABS	1	Qualidade Alta-Core
PLA	1	Qualidade Baixa-Core
PLA	1	Qualidade Media-Core
PLA-Cooler	2	Qualidade Media-Core

Fonte: Autoria Própria.

3.2. Preparação da Impressora 3D e Impressão das Peças

Este tópico pode ser encontrado no Apêndice G.

3.3. Ensaio de Tração

Os ensaios de tração foram realizados no laboratório de ensaios mecânicos localizado na UFERSA – Campus Mossóro. Com a utilização da máquina de ensaio MIC modelo DL-10000.

As células de cargas utilizadas fora células de 5kN (cinco mil newton). Tanto a máquina como as células de cargas podem ser visualizadas através da Figura 20, logo a seguir.

Figura 20 - Máquina de Tração e Células de Carga.

Fonte: Autoria Própria

Como sete corpos de provas foram criados, sete ensaios foram realizados, um para corpo de prova, seguindo esta ordem:

- Ensaio 1 – PLA de baixa qualidade;
- Ensaio 2 – ABS de média qualidade;
- Ensaio 2 – ABS de média qualidade;
- Ensaio 2 – PLA de média qualidade;
- Ensaio 2 – PLA-Cooler de média qualidade;
- Ensaio 2 – ABS de média qualidade;
- Ensaio 2 – PLA de média qualidade.

Dados de Tempo, Deformação e Força foram coletados pela máquina e transferidos para um computador conectado a ela. Esses dados foram recolhidos para a construção de gráficos de Tensão x Deformação para cada corpo de prova.

Para fixar os corpos de prova nas células de carga foram utilizadas duas alavancas, uma para cada célula, ou seja, uma superior e outra inferior, a alavanca era pressionada e as pinças das células se abriam e o corpo de prova era encaixado, Figura 21, uma pinça por vez. O alinhamento do corpo de prova nas pinças deve ser o mais próximo possível para não afetar o ensaio.

Após o rompimento dos corpos, o processo de remoção das partes é realizado da mesma forma que é feito para fixação, as alavancas são acionadas manualmente e ambas as partes são removidas, para que um novo corpo de prova seja fixado.

Figura 21 - Corpo de Prova encaixado nas Células de Carga.



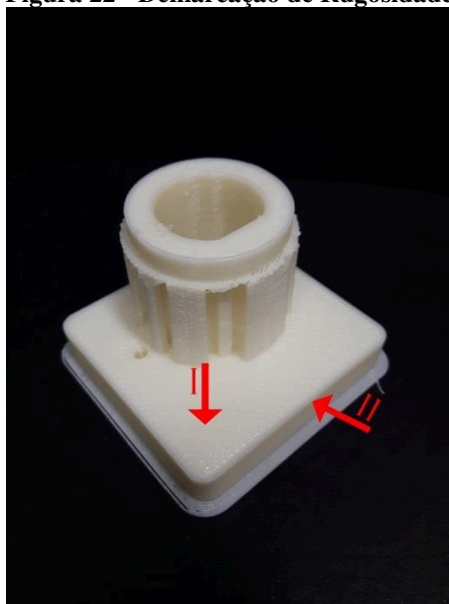
Fonte: Autoria Própria.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico serão descritos os resultados obtidos durante esse trabalho.

4.1. Observação e Análise das Peças Impressas

As impressões das peças foram todas realizadas com a qualidade média da GTMAX3D, algumas em ABS e outra em PLA, mas mesmo assim o acabamento superficial ficou sem partes ásperas ou com muito relevo. As áreas mais rugosas é apenas a própria rugosidade do filamento e sua deposição, foram em áreas planas, por exemplo, como a base para peça que auxilia a cremalheira, o lado superior de sua base ficou com essa rugosidade descrita, mas a superfície inferior (superfície em contato com a mesa de impressão) ficou completamente lisa, assim como a sua superfície tubular por onde a cremalheira é inserida (circunferência de maior diâmetro), a superfície ficou sem, quase, nenhum relevo ou partes ásperas. As laterais da base desta peça também ficaram lisas, mesmo elas sendo planas, mas esse fato é devido justamente elas se localizarem nas laterais, pois o filamento é depositado contornando essa região, ou seja, a deposição com sinuosidade não alcança esses lados, mantendo uma uniformidade durante todo o processo. As setas da Figura 22, indicam as regiões com maior relevo superficial, sendo a Seta I a indicadora da região mais rugosa e Seta II a indicadora da região menos rugosa.

Figura 22 - Demarcação de Rugosidade.

Fonte: Autoria Própria.

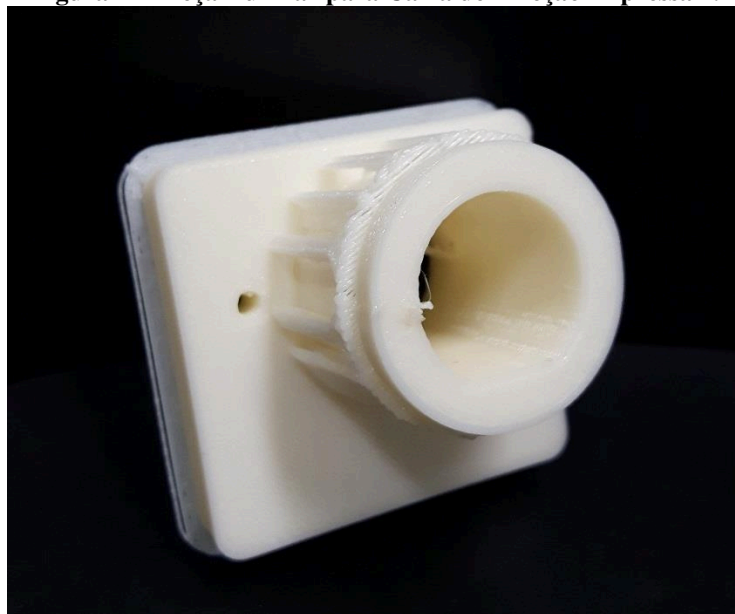
Como na peça, que auxilia a caixa de direção, possui um diâmetro externo maior que o seu interno, vide Figura 7, então a aplicação de suportes foi necessária para fazer com que essa estrutura não desmoronasse durante a impressão, um pouco mais de ABS foi consumido para esse feito. A Figura 23 mostra a peça após ser impressa na GTMAX3D. Essa figura difere um pouco do projeto em .DWG apresentado anteriormente (Figura 7) devido a razão ser a primeira peça desenhada e em logo depois impressa no filamento ABS. Mas a peça apresentou medidas menores do que as empregadas no projeto real, então a mesma foi logo descartada e um novo projeto foi feito (Figura 7).

Figura 23 - Peça Auxiliar para Caixa de Direção Impressa 1.

Fonte: Autoria Própria

Para esse novo projeto a quantidade de furos foi reduzida, pois foi observado que apenas dois furos seriam suficientes para fixar a peça na caixa de direção e ainda algumas de suas medidas tiveram acréscimos de milímetros, ou seja, elas foram redesenhadas com acréscimos de variando entre 1mm (para os furos mais internos, os da base e furo central) e 0,5mm para o comprimento das paredes da base. A Figura 24 mostra a peça após a sua impressão ainda com os suportes auxiliares.

Figura 24 - Peça Auxiliar para Caixa de Direção Impressa 2.



Fonte: Autoria Própria.

Os suportes foram removidos e medições foram efetuadas para comparar o projeto com a impressão real e dessa forma identificar quais as variações que ocorram entre as duas peças, a impressa e a desenhada no AutoDesk Inventor. A Tabela 5 possui algumas das principais numerações definidas na Figura 7, com suas medidas no projeto e logo em seguida com suas medidas na peça real.

Tabela 5 - Comparação entre a Peça da Caixa de Direção no Projeto com a sua Impressão.

Numerações	Medidas – Projeto (mm)	Medidas – Impressão (mm)
I	53,60	53,30
II	56,60	56,40
III	10,00	10,00
V	5,00	5,00
VI	29,00	29,00
VII	34,00	33,70
XI	5,00	5,00
XIV	4,00	3,80
XV	12,00	11,60

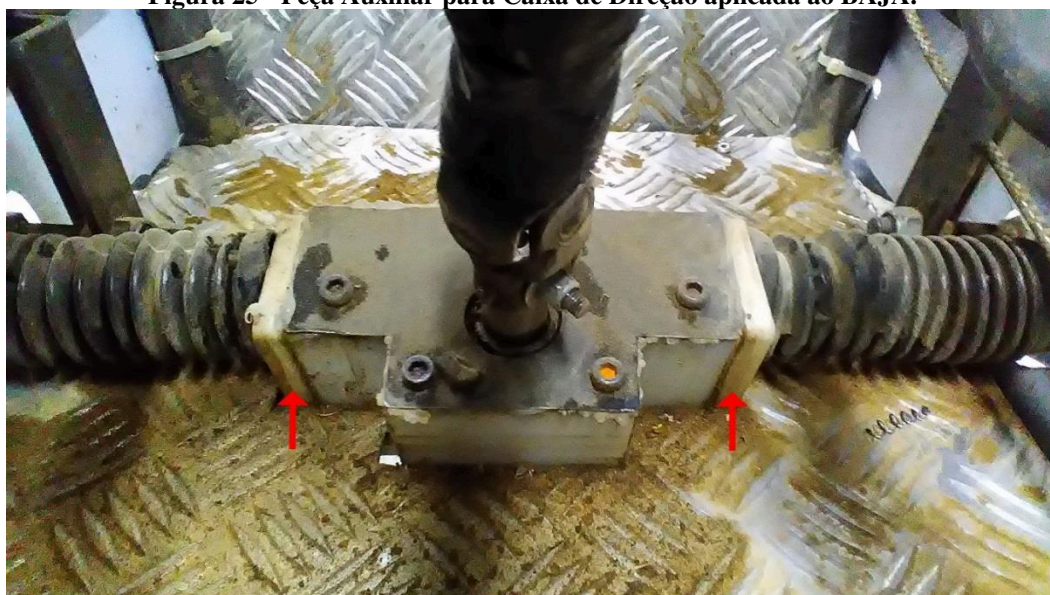
Fonte: Autoria Própria

Algumas medidas não foram fieis em relação às medidas do projeto, como é notado na Tabela 4. Esse fato poder ser causado por alguns fatores:

- **Qualidade do material:** O ABS empregado nessa operação pode ser um filamento de qualidade baixa;
- **Velocidade de Deposição:** Caso a velocidade do bico injetor esteja muito alta, detalhes pequenos, como os furos de 4mm, ele irá realizar de forma rápida, prejudicando a precisão da impressão;
- **Encruamento do Material Impresso:** O filamento é depositado na sua forma fundida para que assim ele se fixe a mesa e consequentemente em outros filamentos quem vêm a ser depositados em cima dele um uma próxima etapa de deposição de material, então quando esse material resfriar ele sofre uma pequena diminuição de suas medidas devido a esse encruamento;
- **Temperatura do Bico Injetor:** Cada fabricante determina uma temperatura ideal para a fusão de seu filamento. Mesmo utilizando a temperatura indicada ainda é possível que o filamento não funda de forma uniforme, ficando segmentos menos fundidos que outros e assim prejudicando a impressão, pois a união entre as camadas de deposição não será uniforme.

A Figura 25 apresenta a aplicação da peça da caixa de direção no baja.

Figura 25 - Peça Auxiliar para Caixa de Direção aplicada ao BAJA.



Fonte: Autoria Própria

A segunda peça impressa foi a presilha para sistema de freios, Figura 26, os mesmos passos utilizados na peça para a caixa da direção foram empregados nesta impressão também, as medidas mais interessantes do projeto foram postas na Tabela 4 quanto juntamente com as medidas reais da impressão.

Tabela 6 - Comparação entre a Presilha do Projeto com a sua Impressão.

Numerações	Medidas – Projeto (mm)	Medidas – Impressão (mm)	Δerro (mm)
II	46,26	46,00	0,26
III	51,25	50,50	0,75
IV	22,00	22,00	0
V	32,00	31,40	0,60
VI	22,00	22,00	0
VII	20,00	20,00	0
VIII	6,00	6,00	0
-	-	-	Média = 0,23mm

Fonte: Autoria Própria.

Figura 26 - Presilha para Sistema de Freio Impressa.



Fonte: Autoria Própria.

Em alguns veículos bajas as equipes utilizam outros métodos, as vezes nem usam, para fixar os aeroquip nos braços de suspensão. Um desses métodos é a utilização de braçadeiras, Figura 27 e 28. Essas braçadeiras possuem alguns problemas que podem ocorrer durante a competição ou até mesmo na fase de teste, um deles é o fato de que em alguns casos o membro da equipe que está a realizar tal manutenção, acaba apertando demais as braçadeiras, ocasionando dois fatores:

- Pressão localizada no aeroquip, podendo gerar uma falha na frenagem, pois a pressão ideal para frenagem não será atingida e devido está comprimindo demais;
- Impossibilidade de movimentação da mangueira, (pois a mesma deve ser móvel para poder acompanhar os movimentos da roda, que se distanciam e aproximam as pinças na direção delas) causando uma folga em uma de suas extremidades ou ainda danificar a mesma devido ela não realizar movimento, gerando pequenos rasgos.

Figura 27 - BAJA com braçadeiras 1.



Fonte: <https://www.fumep.edu.br>.

Figura 28 - BAJA com braçadeiras 2.



Fonte: <https://commons.wikimedia.org>.

O baja a seguir, mostrado na Figura 29, não utiliza nenhum mecanismo para fixação do aeroquip, os riscos de possíveis acidentes são maiores, pois durante os testes ou nas competições as mangueiras podem vir ter contato com o pneu e bater em algum pedaço de madeira, nos obstáculos da competição ou ainda vir a se envolver na mola da suspensão do carro, gerando problema maior para a equipe.

Figura 29 - BAJA sem fixação alguma.



Fonte: <http://www.4x4brasil.com.br>.

Em seguida têm-se a presilha de freio em aplicação no baja.

Figura 30 - Presilha para Sistema de Freios em aplicada ao BAJA 1.



Fonte: Autoria Própria.

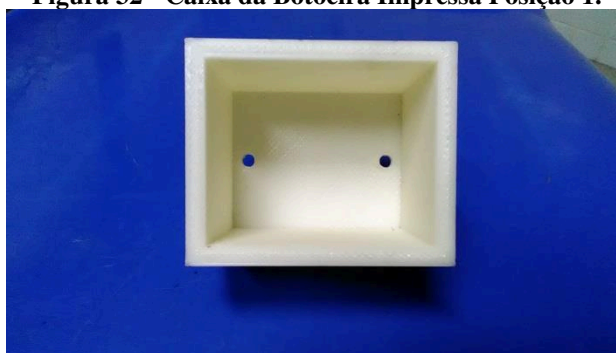
Figura 31 - Presilha para Sistema de Freio aplicada ao BAJA 2.



Fonte: Autoria Própria.

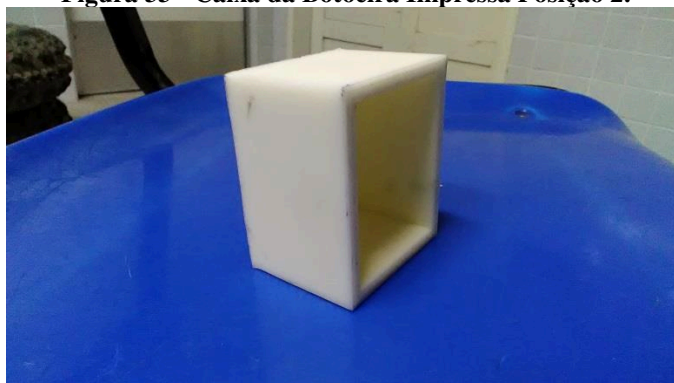
Infelizmente a caixa da botoeira foi o último projeto, para a aplicação no baja, que foi impresso, pois ambos os materiais disponíveis acabaram, impossibilitando a continuação das impressões. Desse modo, ficou a tampa do motor como único projeto que não foi impresso na GTMAX3D. As Figuras 32 e 33 mostram a caixa da botoeira impressa, ela está em duas posições diferentes, para uma melhor visualização da mesma.

Figura 32 - Caixa da Botoeira Impressa Posição 1.



Fonte: Autoria Própria.

Figura 33 - Caixa da Botoeira Impressa Posição 2.



Fonte: Autoria Própria.

A Tabela 7 apresenta os dados caixa desenhada no Inventor e ela impressa.

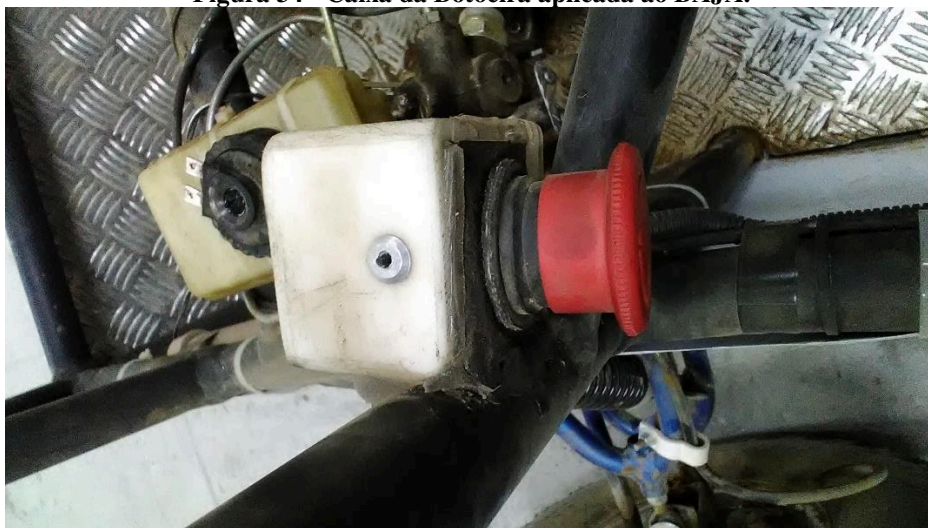
Tabela 7 - Comparação entre Caixa da Botoeira no Projeto com a sua Impressão.

Numerações	Medidas – Projeto (mm)	Medidas – Impressão (mm)	Δerro (mm)
I	52,00	51,50	0,50
III	4,00	4,00	0
IV	4,50	4,00	0,50
V	40,00	40,00	0
VI	36,00	36,00	0
VII	60,00	59,65	0,35
IX	50,00	49,65	0,35
-	-	-	Média = 0,24mm

Fonte: Autoria Própria.

É perceptível ao observar a Tabela 7 que a caixa da botoeira foi a peça impressa que mais alcançou medidas iguais ou próximas as do seu projeto. Tal fato é ocorrido devido a seguinte observação, sua estrutura é bastante simples. Ela possui uma base retangular, assim como suas paredes também são retangulares, então a deposição de filamentos é uniforme e precisa quando comparado a presilha de freio ou a peça auxiliar da caixa da direção, pois ambas possuem circunferências em seus projetos. A cada camada de deposição os filamentos se organizam e unem-se de forma melhor do que se fossem formar uma circunferência, garantindo assim uma melhor precisão nas medidas da peça. Na Figura 34 é possível visualizar a caixa da botoeira aplicada ao baja.

Figura 34 - Caixa da Botoeira aplicada ao BAJA.



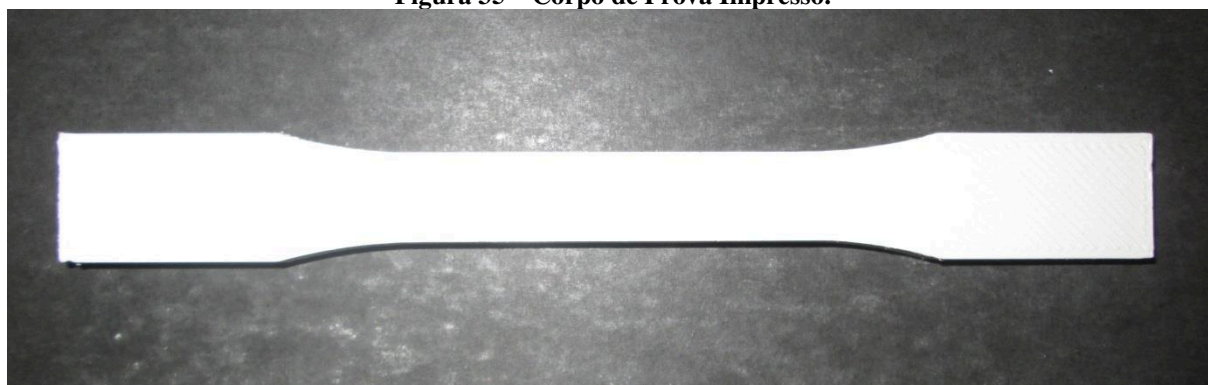
Fonte: Autoria Própria.

O baja já realizou diversos testes durante todo o semestre, testes em asfalto e em terra, ambos terrenos presentes no Campus. Inclusive pequenos saltos realizados pelo piloto e mesmo assim as peças estão intactas e apresentam bons sinais de conservação, sem trincas ou furos. As presilhas para o sistema de freio não escorregaram, nem apertaram o aeroquip demais o que poderia ocasionar uma falha nos freios e não quebraram ou caíram durante os testes. Demonstrando que neste ponto as peças construídas por fundição de material serviram bem ao propósito desejado.

4.2. Observação e Análise dos Corpos de Provas

Com os materiais, ABS e PLA, esgotados, uma quantidade ideal de corpos de provas não foi impressa, sendo assim 7 corpos de provas foram construídos, três corpos em ABS e quatro corpos em PLA, mas como dito anteriormente, eles foram impressos em qualidades diferentes para assim ao realizarmos os ensaios de tração obter a informação de qual qualidade de impressão apresenta melhores características e quais mecanismos ou variações de impressão, que neste caso foi a aplicação do cooler, alteram a impressão, por exemplo, em seu tamanho (se as medidas ficaram mais próximas quando comparadas com o projeto) ou ainda suas características físicas, dados esse obtidos com o ensaio de tração.

A seguir está a Figura 35 com o corpo de prova impresso.

Figura 35 – Corpo de Prova Impresso.

Fonte: Autoria Própria.

Após a impressão os corpos de provas realizaram o mesmo processo que as peças para aplicação no baja, ou seja, tiveram suas medidas comparadas com o projeto, as tabelas a seguir possuem esses dados da comparação.

Tabela 8 - Comparação Corpo de Prova PLA - QB do Projeto com sua Impressão.

Dimensões	Medidas – Projeto (mm)	Medidas – Impressão (mm)	Δerro (mm)
Comprimento Total	165,00	164,30	0,7
Espessura	7,00	6,80	0,20
Largura das Extremidades	19,00	19,00	0
Largura Central	13,00	12,70	0,30
-	-	-	Média=0,3 mm

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 9 - Comparação Corpo de Prova PLA-QM do Projeto com sua Impressão.

Dimensões	Medidas – Projeto (mm)	Medidas – Impressão (mm)	Δerro (mm)
Comprimento Total	165,00	164,50	0,50
Espessura	7,00	7,00	0
Largura das Extremidades	19,00	19,00	0
Largura Central	13,00	13,00	0
-	-	-	Média=0,125mm

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 10 - Comparação Corpo de Prova PLA - QMC do Projeto com sua Impressão.

Dimensões	Medidas – Projeto (mm)	Medidas – Impressão (mm)	Δerro (mm)
Comprimento Total	165,00	164,50	0,50
Espessura	7,00	6,75	0,25
Largura das Extremidades	19,00	19,00	0
Largura Central	13,00	13,00	0
-	-	-	Média=0,1875mm

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 11 - Comparação Corpo de Prova ABS - QA do Projeto com sua Impressão.

Dimensões	Medidas – Projeto (mm)	Medidas – Impressão (mm)	Δerro (mm)
Comprimento Total	165	165	0
Espessura	7	7	0
Largura das Extremidades	19	18,9	0,1
Largura Central	13	13	0
-	-	-	Média=0,025mm

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 12 - Comparação Corpo de Prova ABS - QM do Projeto com sua Impressão.

Dimensões	Medidas – Projeto (mm)	Medidas – Impressão (mm)	Δerro (mm)
Comprimento Total	165,00	164,30	0,70
Espessura	7,00	6,80	0,20
Largura das Extremidades	19,00	19,00	0
Largura Central	13,00	13,00	0
-	-	-	Média=0,225mm

Fonte Autoria Própria.

É observado que as medidas dos corpos de provas estão bastante próximas com as do projeto desenhado no Inventor, visto que, fazendo a mesma observação realizada na caixa da boteira, o projeto como um todo possui uma geometria simples, sem curvas acentuadas ou circunferências, por exemplo, então a precisão com que as camadas vão se unindo é melhor em comparação com esses exemplos, por isso medidas mais semelhantes são alcançadas.

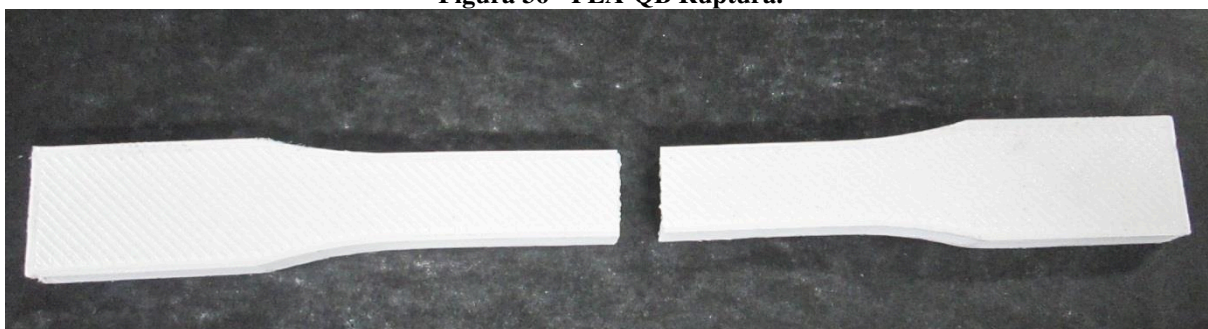
Os corpos foram levados para realizarem o ensaio de tração, na máquina MIC-DL10000. Os dados para realização dos ensaios eram aplicados em um computador conectados a máquina de ensaio de tração, dados como os mencionados nas Tabelas 8 a 12,

mas a aplicação deles era realizada apenas uma vez, pois os corpos possuem as mesmas medidas.

Com os ensaios realizados cada corpo teve seu rompimento, tais rompimentos estão dispostos nas figuras a seguir:

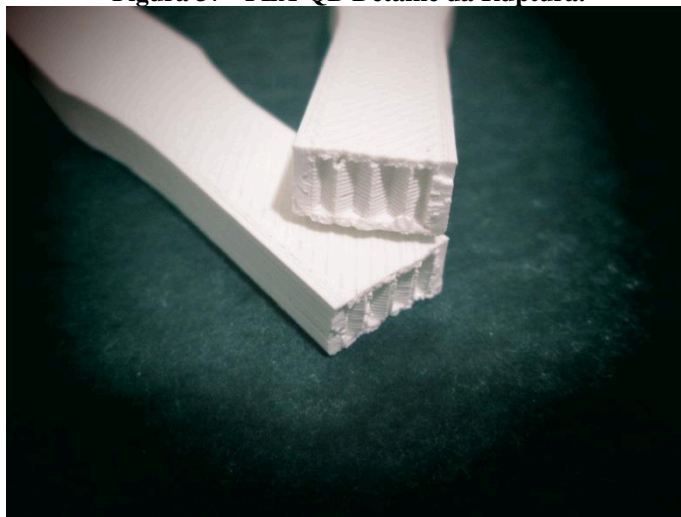
- PLA – Qualidade Baixa (PLA-QB);

Figura 36 - PLA-QB Ruptura.



Fonte: Autoria Própria.

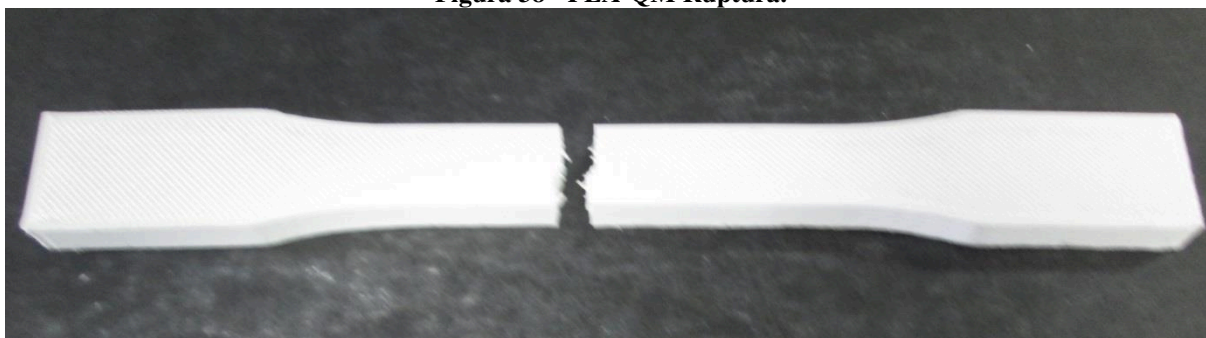
Figura 37 - PLA-QB Detalhe da Ruptura.



Fonte: Autoria Própria.

- PLA – Qualidade Média (PLA-QM);

Figura 38 - PLA-QM Ruptura.



Fonte: Autoria Própria.

Figura 39 - PLA-QM Detalhe da Ruptura.



Fonte: Autoria Própria.

- PLA – Qualidade Média – Cooler (PLA-QMC);

Figura 40 - PLA-QMC 1 Ruptura.



Fonte: Autoria Própria.

Figura 41 - PLA-QMC 1 Detalhe da Ruptura.



Fonte: Autoria Própria.

Figura 42 - PLA-QMC 2 Ruptura.



Fonte: Autoria Própria.

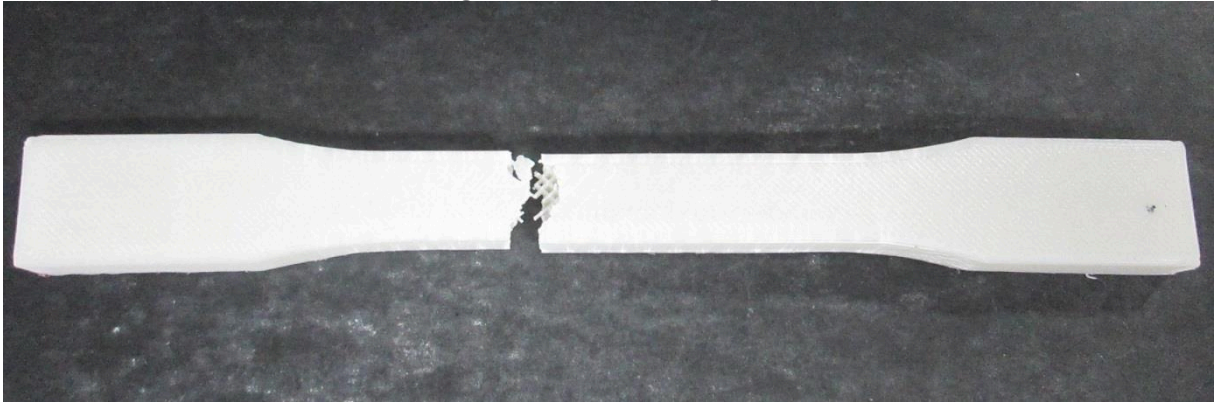
Figura 43 - PLA-QMC 2 Detalhe da Ruptura.



Fonte: Autoria Própria.

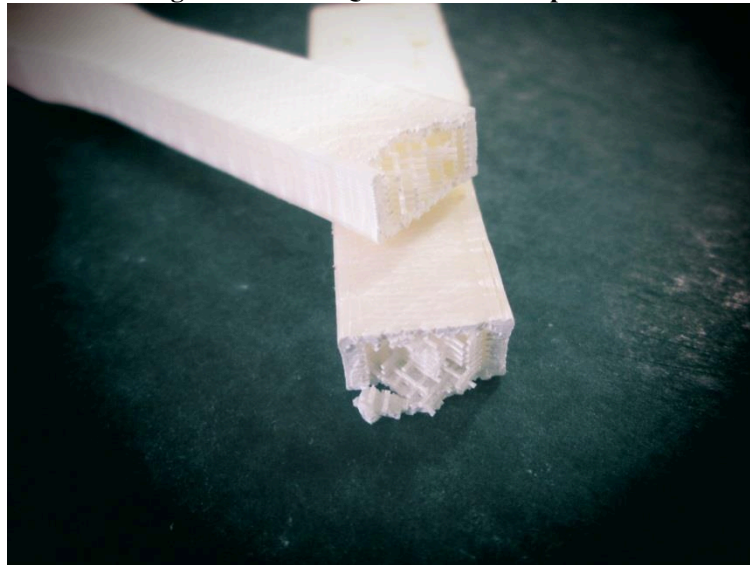
- ABS – Qualidade Alta (ABS-QA);

Figura 44 - ABS-QA Ruptura.



Fonte: Autoria Própria.

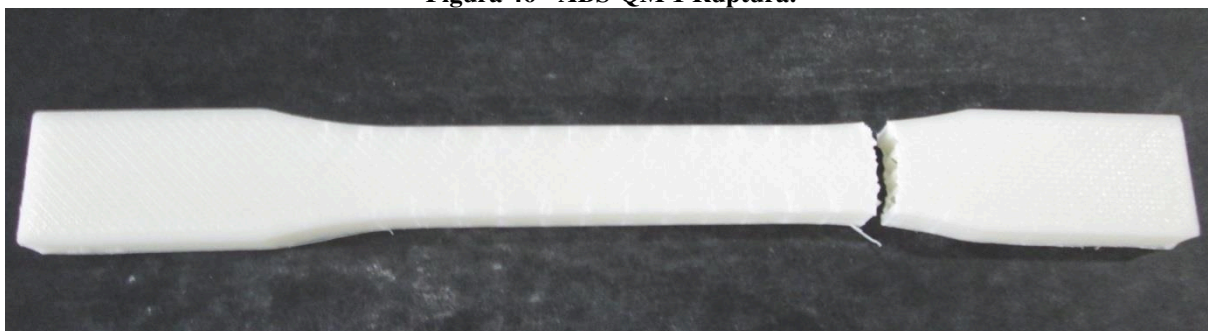
Figura 45 - ABS-QA Detalhe da Ruptura.



Fonte: Autoria Própria.

- ABS – Qualidade Média (ABS-QM).

Figura 46 - ABS-QM 1 Ruptura.



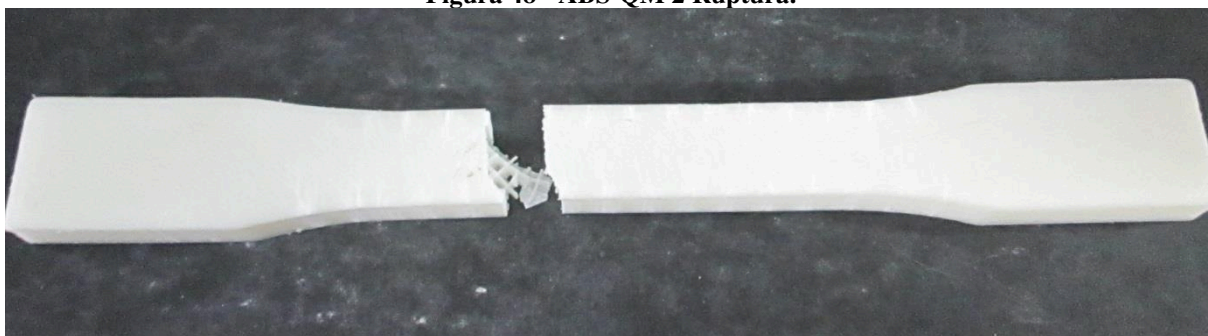
Fonte: Aatoria Própria.

Figura 47 - ABS-QM 1 Detalhe da Ruptura.



Fonte: Aatoria Própria.

Figura 48 - ABS-QM 2 Ruptura.



Fonte: Aatoria Própria.

Figura 49 - ABS-QM 2 Detalhe da Ruptura.



Fonte: Autoria Própria.

Os dados coletados dos ensaios de tração foram postos em planilhas e em seguida plotados, gerando gráficos de Tensão x Deformação, tensão em MPa e deformação em mm. Dois gráficos foram gerados, um com todos os corpos de provas do material PLA, Gráfico 1, e outro com todos os corpos de prova do material ABS, Gráfico 2.

Gráfico 1 - Tensão x Deformação para PLA.

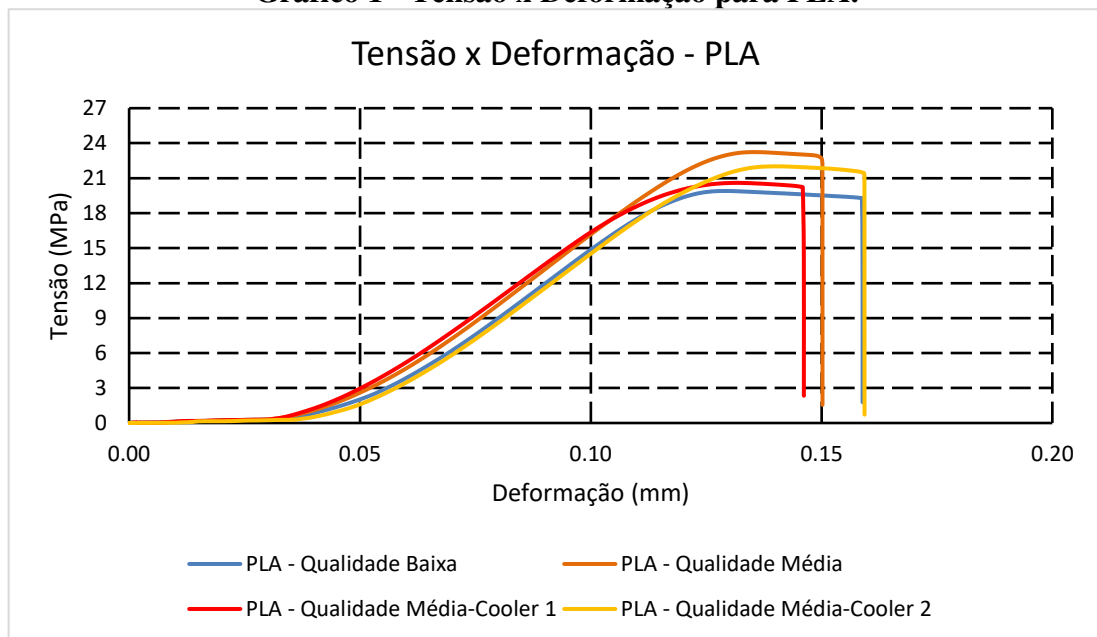
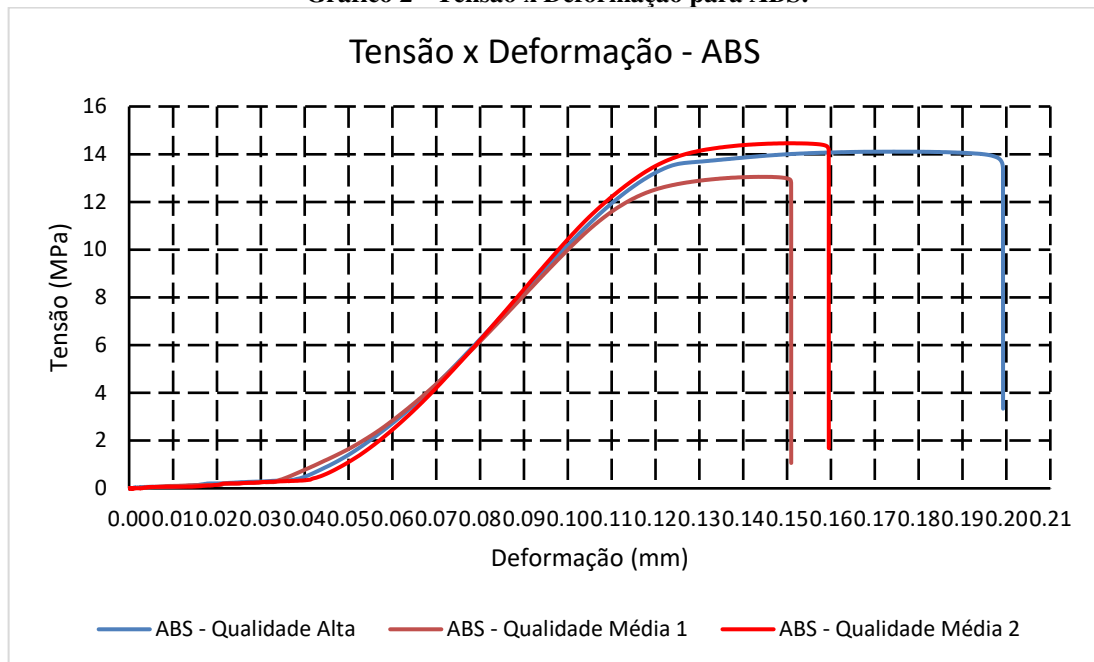


Gráfico 2 - Tensão x Deformação para ABS.

Fonte: Autoria Própria.

Existem diferenças nos valores das tensões entre PLA e ABS, tais diferenças podem ser explicadas a partir da observação dos seguintes tópicos:

- A impressora é uma máquina pertencente à Universidade, então todos os alunos possuem o direito de usa-la, podendo assim outras impressões terem sido realizadas e mesmo a limpeza sendo efetuada na forma como descrita anteriormente, alguns resquícios de outros filamentos podem ter permanecido na extrusora e se misturado com ABS que estava sendo fundido no momento, gerando regiões na peça com materiais diferente de impressão que podem ter afetado os ensaios;
- Durante a impressão de dois corpos de prova de ABS na qualidade média o bico injetor parou de depositar material, realizando uma impressão incompleta das peças. Em seguida o bico foi limpo novamente e uma nova impressão foi realizada, mas é possível que em algum momento a deposição do filamento tenha parado e em seguida iniciado mais uma vez, já que a GTMAX3D COREXY A2 não possui um sensor que indique quando o material de impressão não está mais sendo depositado, isso durante a impressão, pois quando a peça atingir as medidas do projeto ela finaliza a deposição. Então

essa parada e retomada de deposição de camadas afeta a estrutura do corpo de prova, consequentemente o ensaio de tração;

- O material de ABS utilizado deve ser de uma qualidade não tão elevada quando comparado com outras marcas no mercado, gerando assim corpos prova que não possuam tanta resistência mecânica. Enquanto o PLA pode ser o PLA+, o qual possui características melhores que alguns ABS;
- O fator alinhamento, pois os corpos de provas devem estar alinhados nas células de carga, ou seja, se as peças estão totalmente retas e se ambas as extremidades estão presas de forma semelhante, por exemplo, prender os corpos de prova nas pinças aproximadamente na medida central de suas extremidades;
- Outro ponto é o detalhe dos corpos de provas são serem maciços e sim peças vazadas, construída por deposição de camadas, nas figuras que demonstram os detalhes da ruptura é possível observar essa estrutura vazada, foi devido a isso que os corpos de provas foram mais espessos, com uma espessura de 7mm.

Utilizando ainda os dados obtidos no ensaio foi possível obter medidas de Limite de Resistência a Tração, Módulo de Elasticidade, dispostas na 13.

Tabela 13 - Dados de Resistência a Tração e Módulo de Elasticidade - PLA e ABS.

Material	Resistência a Tração (Mpa)	Módulo de Elasticidade (Mpa)
PLA-QB	19,90	272,72
PLA-QM	23,24	333,33
PLA-QMC 1	20,60	272
PLA-QMC 2	22,01	300
ABS-QA	14,11	200
ABS-QM 1	13,05	177,77
ABS-QM 2	14,46	177,77

Fonte: Autoria Própria.

5. CONCLUSÕES

As impressões em 3D cumpriram com os pontos desejados e citados no início deste trabalho, questão de tempo, velocidade e facilidade de fabricação, custo e peso. As peças não necessitam de uma operação constante do operador, como trabalhos em fresadoras, o projeto é adicionado no software da impressora e em seguida impresso, economizando o tempo do aluno do projeto baja que agora pode ser orientando para outra atividade no veículo. Cada peça precisou, aproximadamente, de 2h (duas horas) para serem impressas e seus pesos foram bastante menores um dos pontos positivos para o baja.

Conclui-se com este trabalho, que mesmo os valores dos dados entre ABS e PLA dando um pouco distintos entre si, a aplicação das peças fabricadas na Impressora 3D com estes materiais alcançaram um alto grau de satisfação visto que as peças, mesmo em testes pesados e durante horas ininterruptas, não vieram a quebrar, romper-se ou desenvolver rachaduras em seus corpos e ainda atendeu os quatros pontos mais desejados no projeto e em qualquer empresa.

Devido o tempo relativamente curto para experimentação e também o fim do material de trabalho, os rolos de impressão, novas peças para o baja não puderam ser analisadas e desenvolvidas, mas com os dados demonstrados neste trabalho, tem-se uma confirmação que esse tipo de técnica para fabricação pode sim ser ainda mais explorada e desenvolvida para a geração de mais projetos aplicados ao baja, podendo ainda otimizar as peças aqui desenvolvidas, visto que a Impressão 3D possui um leque praticamente infinito de ideias que a partir dela tema a possibilidade de sair do papel.

Para trabalhos futuros pode-se ainda analisar de forma mais detalhada os parâmetros da impressora que não foram abordados neste trabalho, ou seja, realizar outras impressões com os parâmetros alterados e novos ensaios mecânicos realizados para essas impressões. Já para as peças que não foram impressas neste trabalho pode ainda melhorar suas futuras impressões a partir da análise feitas nas suas antecessores, analisar a geometria das duas e ver como melhorar a impressão, por exemplo como a tampa do motor possui os dentes para encaixe e são itens pequenos, eles podem ter seus tamanhos aumentados para um pouco maior que o normal, para garantir que a impressora mantenha o tamanho realmente desejado para os dentes após a impressão.

REFERÊNCIAS

4X4BRASIL. Disponível em: <<http://www.4x4brasil.com.br/forum/galeria/>>. Acesso em: 27 jul. 2016.

ASTM, AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D638-02A: Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics**. Estados Unidos, 20??

BEBER, Rosane Costa. **Polímeros**. Universidade Federal de Santa Catarina; Brasil, 2008.

BRAMBILA, Vanessa Cristina. **Avaliação das Propriedades Mecânicas, Térmicas, Morfológicas e Degradação de Compósitos de Poli(Ácido Lático)/Buriti**. Caxias do Sul, 2013.

EPP, Escola de Engenharia de Piracicaba. EP CONQUISTA 3ª COLOCAÇÃO EM PROVA DA COMPETIÇÃO BAJA SAE BRASIL. Disponível em: <<https://www.fumep.edu.br/eep/noticia/180-eep-sedia-copa-sae-brasil>>. Acesso em: 27 jul. 2016.

GONÇALVES, Paula Fernanda Almeida. **Obtenção e caracterização de compósitos poliméricos biodegradáveis obtidos via extrusão a partir de PLA (Ácido Polilático), amido de mandioca, glicerol e bagaço de cana-de-açúcar**. Londrina, 2013.

IEA, International Ergonomics Association, 2016. Disponível em: <<https://translate.google.com.br/translate?hl=ptBR&sl=en&u=http://www.iea.cc/&prev=search>>. Acesso em: 27 jul. 2016.

JAHNO, Vanusca Dalosto. **Síntese e caracterização do POLI (L-ÁCIDO LÁCTICO) para uso como biomaterial**. Porto Alegre, 2005.

JUNIOR, Pedro de Oliveira Conceição; Marques, Dani Marcelo Nonato. **Impressoras 3D: Redução de custos e tempo no desenvolvimento de produtos**. São Paulo, 2013.

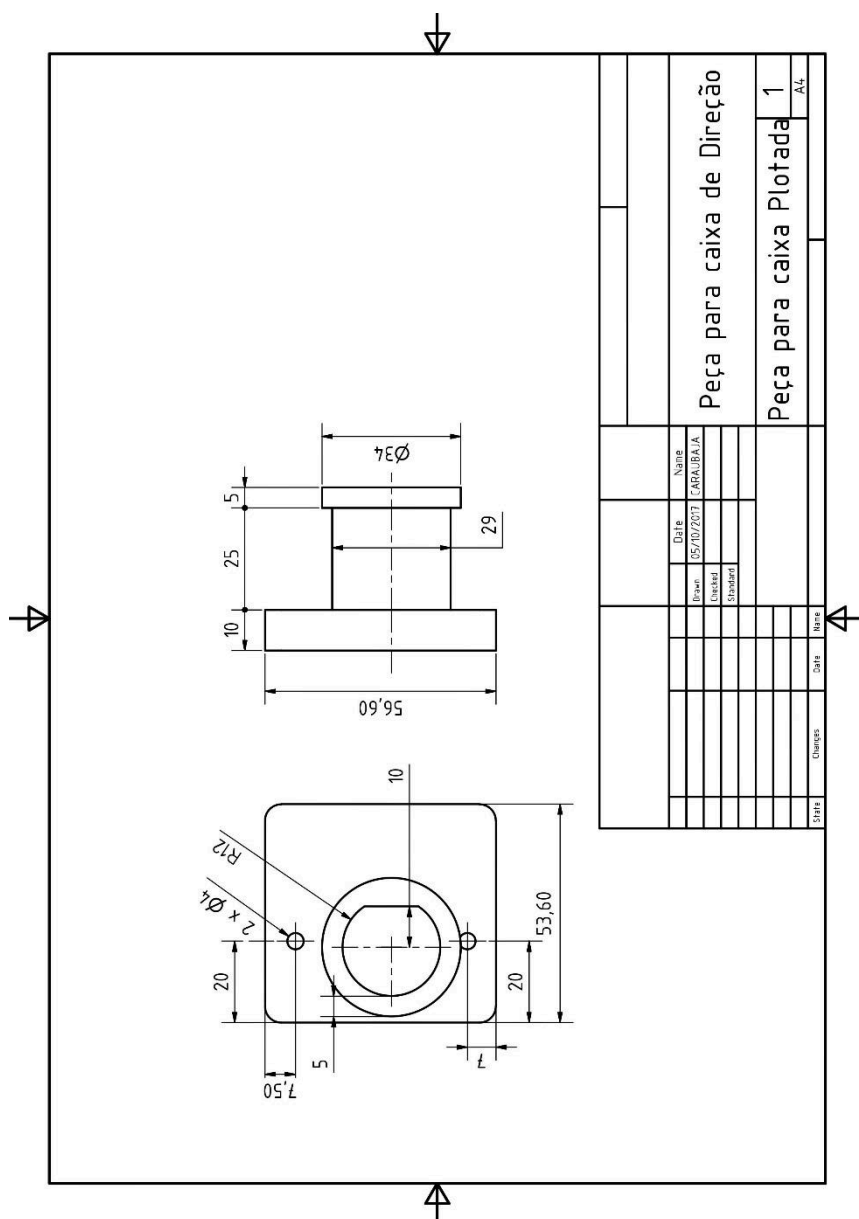
OLIVEIRA, Pedro de. **Prototipagem Rápida utilizando a Técnica FDM – Projeto de uma Impressora 3D**. Brasil, 2013.

PACHECO, Danielle F. Oliveira, Jean S. França, Samuel B. **Ensaio de caracterização Poliméricos Comparativo entre ABS, PP e PC**.

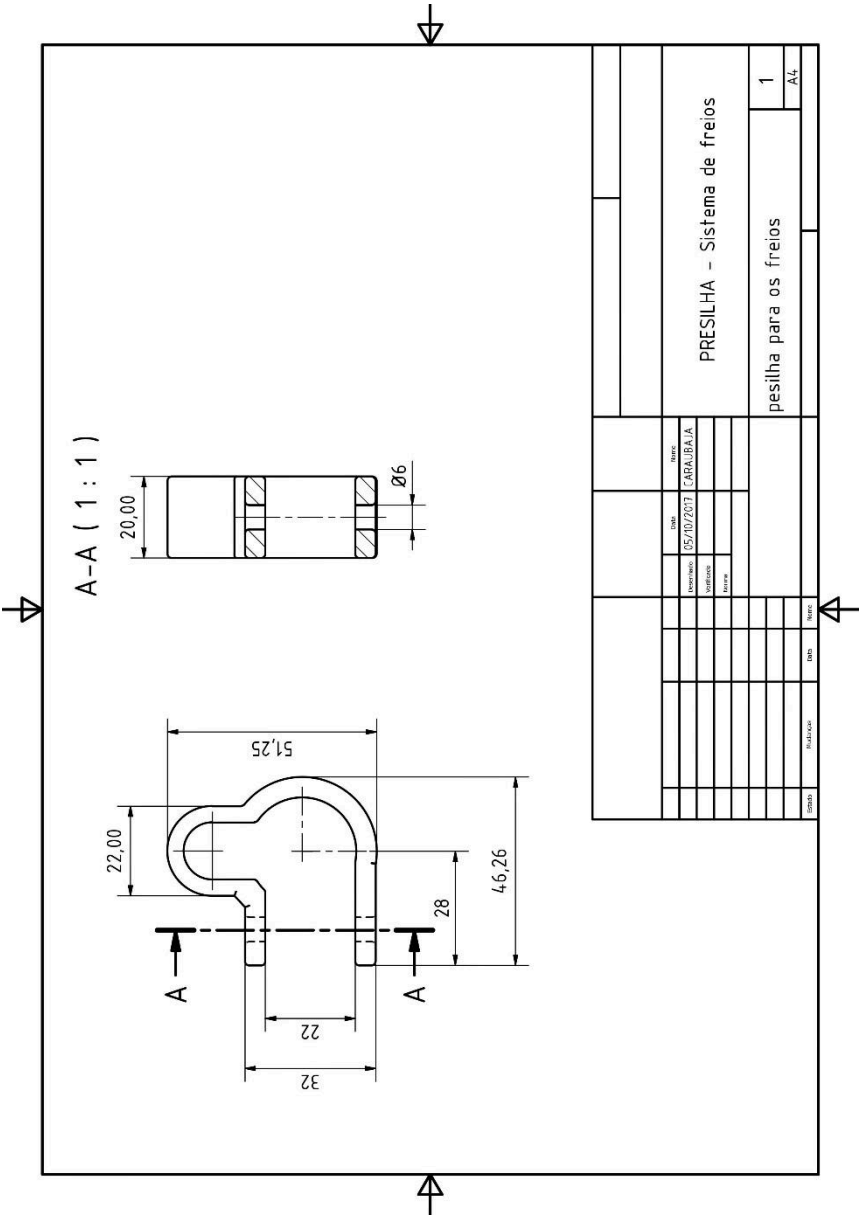
TRIGO, Thiago. **Ensaio de tração.** Disponível em:
<<http://www.infoescola.com/fisica/ensaio-de-tracao/>>. Acesso em: 27 jul. 2016.

VOLPATO, N. et al. **Prototipagem rápida - tecnologias e aplicações.** São Paulo: Edgar Blücher, 2007.

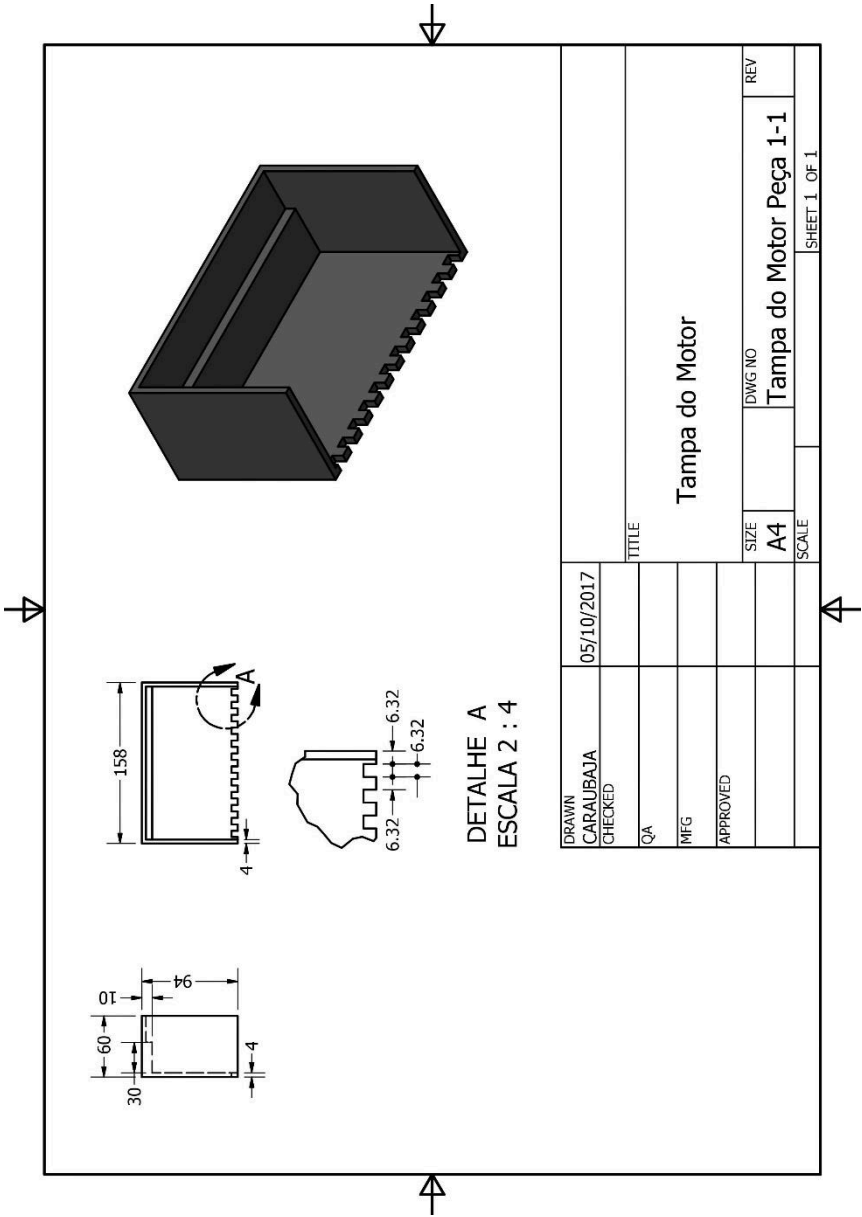
APÊNDICE A – PEÇA AUXILIAR PARA CAIXA DE DIREÇÃO



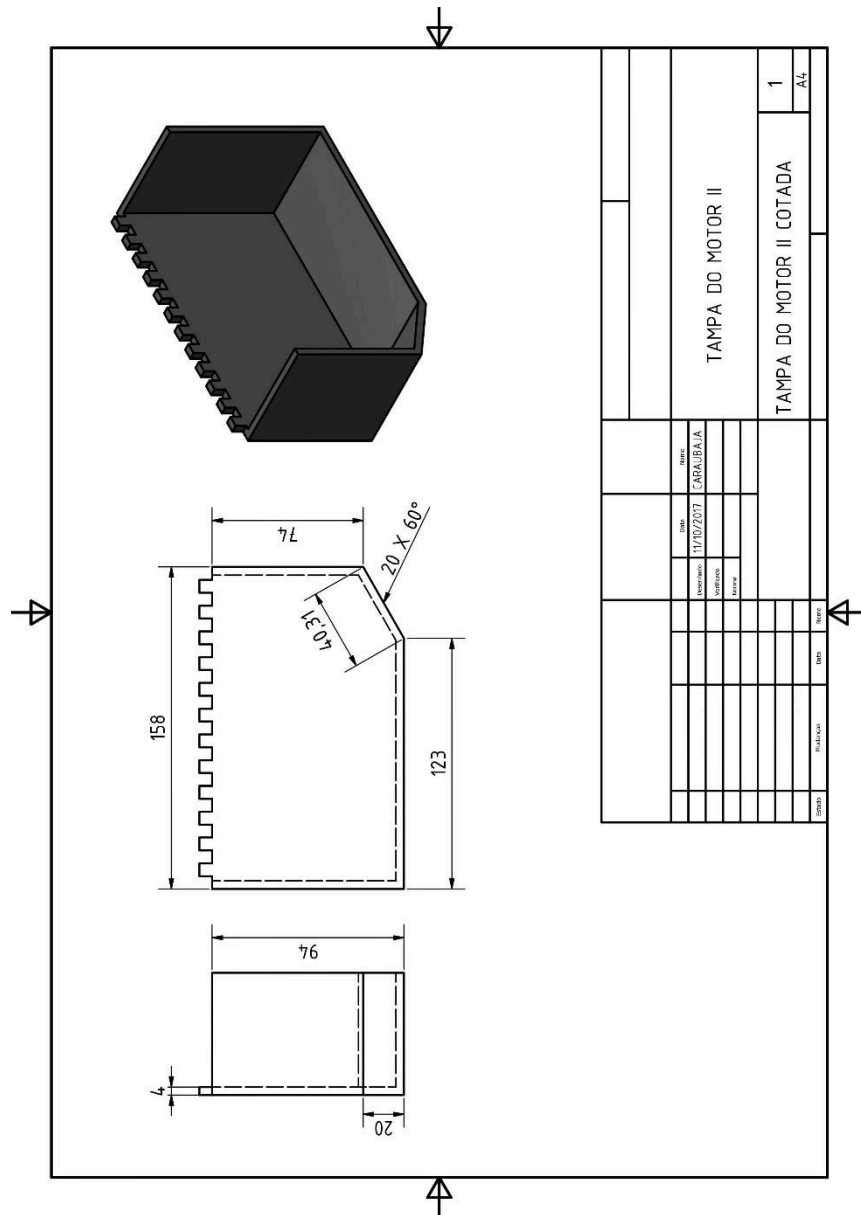
APÊNDICE B – PRESILHA PARA SISTEMA DE FREIO



APÊNDICE D – TAMPA DO MOTOR PARTE I



APÊNDICE E – TAMPA DO MOTOR PARTE II

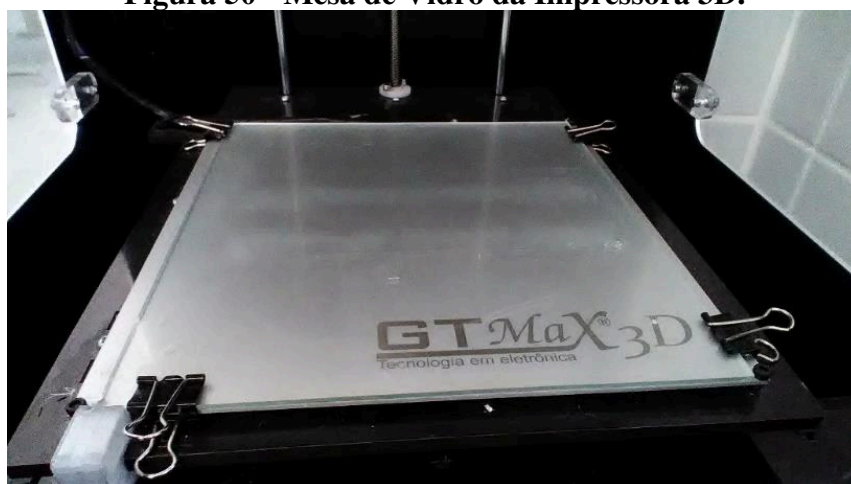


APÊNDICE F – PREPARAÇÃO DA IMPRESSORA 3D E IMPRESSÃO DAS PEÇAS

Antes de iniciar a impressão 3D é necessário montar e organizar as estruturas da impressora.

O primeiro passo é realizar uma limpeza da sua base, onde as peças serão impressas. Com um pano seco (e que não libere fiapos ou pequenos pedaços de pano) a mesa de vidro, Figura 20, é limpa. Em seguida um spray desmoldante é aplicado na mesa, com intuito de facilitar a remoção da peça quando ela estiver pronta, pois o spray cria uma camada protetora entre o vidro e a impressão realizada.

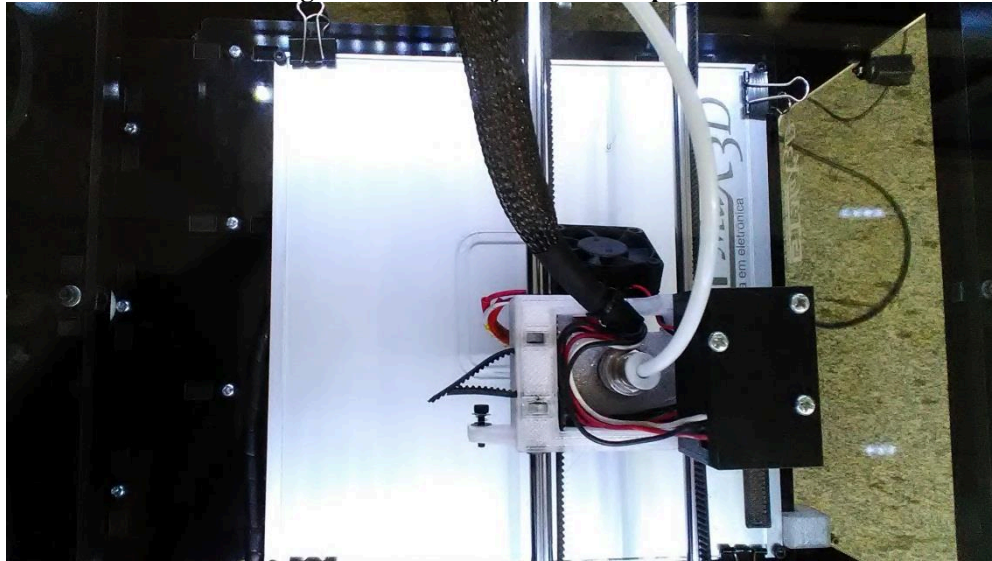
Figura 50 - Mesa de Vidro da Impressora 3D.



Fonte: Autoria Própria.

Com a limpeza da mesa realizada a próxima etapa é efetuar outra limpeza, mas dessa vez é no bico injetor ou extrusora, da impressora, que pode ser visualizado na Figura 21, com uma visão superior e na Figura 22 com uma visão lateral.

Figura 51 - Bico Injetor-Vista Superior.



Fonte: Autoria Própria.

Figura 52 - Bico Injetor-Vista Lateral.



Fonte: Autoria Própria.

Para limpar o bico é necessário remove-lo da impressora, removendo alguns parafusos, levar ele para um forno (mufla), disponibilizado pela universidade, onde será aquecido a uma temperatura acima da de trabalho para que assim resquícios de antigos materiais de impressão (ABS ou PLA) sejam fundidos e saiam da extrusora, para que assim nenhum material fique na mesma, evitando uma possível obstrução do canal por onde o ABS ou PLA irão passar durante a fase de impressão do projeto.

Depois de aquecido no forno, alguns pequenos pedaços de material de impressão ainda estão presos na parte externa do bico, próximo ao canal de deposição, para realizar a remoção deste detalhe é utilizado três materiais: Pano (podendo ser o mesmo usado na limpeza da mesa), estilete e solvente para tintas empregadas em paredes de casas. Com o estilete as partes mais espessas e aderentes no bico, são removidas. As regiões com materiais menos espessos e grudados, o pano, umedecido com solvente, é friccionado contra essas regiões e dessa forma elas são limpas. Para garantir uma limpeza ainda melhor, um pouco de solvente é colocado na extremidade superior da extrusora, onde o ABS/PLA é acoplado, e ele atravessará o bico e irá limpar algumas possíveis áreas que ainda possam ter ABS/PLA fixado nelas.

Após a secagem total desta peça, ela é montada novamente na impressora.

O próximo passo é a fixação do material utilizado na impressão das peças. A própria impressora possui este ponto de fixação, Figura 26, localizado atrás dela. Este ponto é constituído de um parafuso, que será o suporte principal de sustentação e de uma “borboleta”, indicada pela seta na Figura 23, que irá manter a sustentação do rolo de ABS/PLA controlado sua altura e seu nível de folga, pois este item fixa o rolo em outra extremidade semelhante a borboleta, controlado o seu nível de folga, devido ao fato de que os rolos muito folgados fazem o filamento de ABS ou PLA se desenrolem do rolo dificultando ou até mesmo impedindo a impressão. E caso seja apertado demais, o rolo não irá rotacionar liberando do carretel filamentos do material de impressão e da mesma forma impedindo a impressão das peças. Então um meio termo, entre apertado demais e folgado, demais deve ser alcançado antes da impressão.

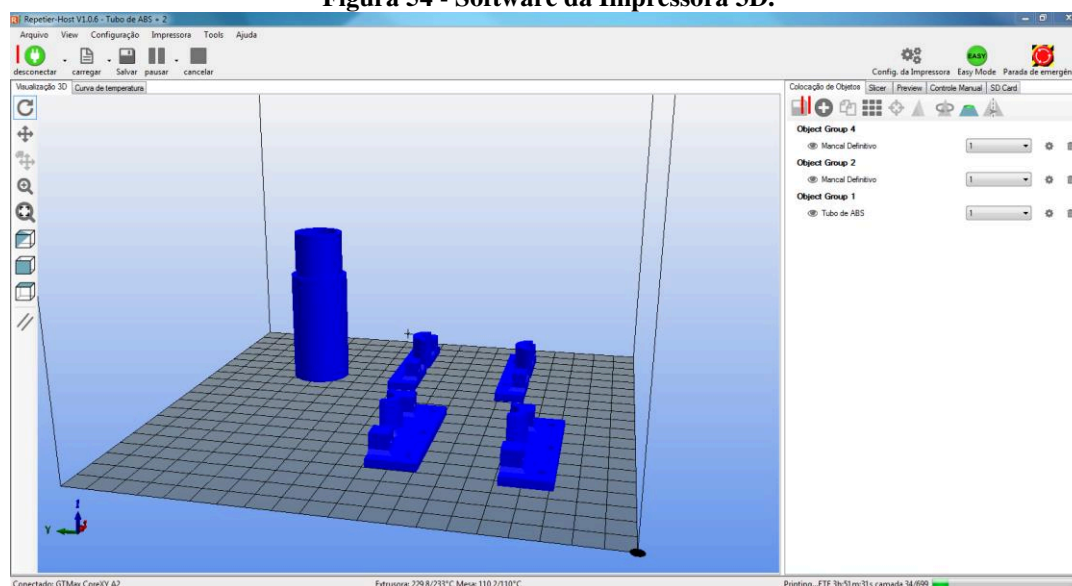
Figura 53 - Ponto de Fixação com Rolo de PLA encaixado.



Fonte: Autoria Própria.

Após a fixação, o software da impressora, Repetier-Host V1.0.6, deve ser inicializado, Figura 24, para fazer com que a impressora se conecte com o computador e dessa forma ler os arquivos que serão impressos. A conexão é feita, além de cabos conectados da impressora para o computador, apertando o botão conectar, indicado a esquerda pelo Número I na Figura 24.

Figura 54 - Software da Impressora 3D.



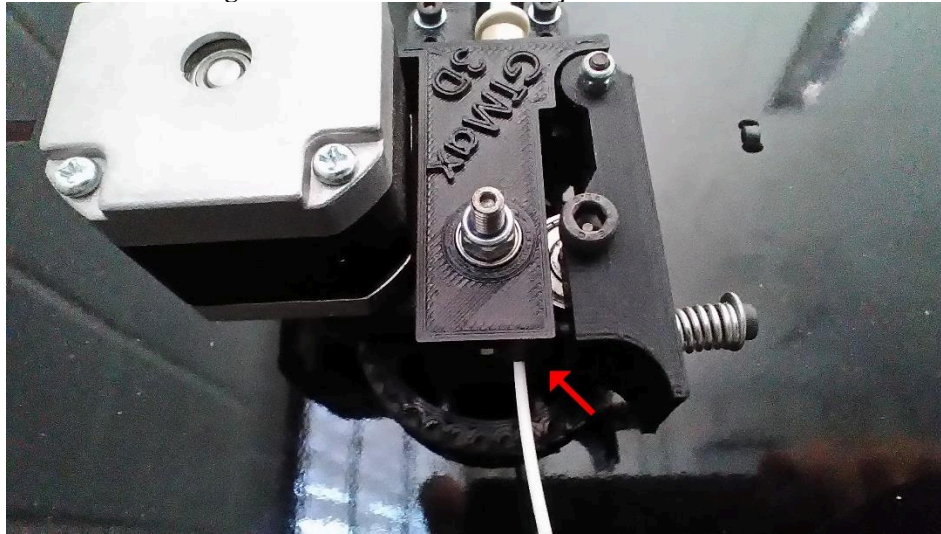
Fonte: Autoria Própria.

Essa conexão é obrigatória, pois sem ela a impressora não receber nenhum comando do software e dessa forma não poderá imprimir. Com a conexão estabelecida a etapa seguinte é acoplar o filamento de ABS/PLA na impressora.

Na sua mesma face, onde o rolo é posicionado existe um mecanismo, Figura 28, por onde o filamento de 1,75mm de diâmetro irá ser encaixado. Existe um pequeno furo na parte inferior por onde o filamento atravessa e é puxado por dois rolamentos pequenos, um deles pode ser visto também na Figura 25, esses rolamentos irão fazer pressão no filamento e conseguirão puxá-lo do rolo para a impressora. Mas esses rolamentos só trabalham em dois momentos:

- Quando um projeto está sendo impresso;
- Ou quando ativado manualmente através do software da impressora.

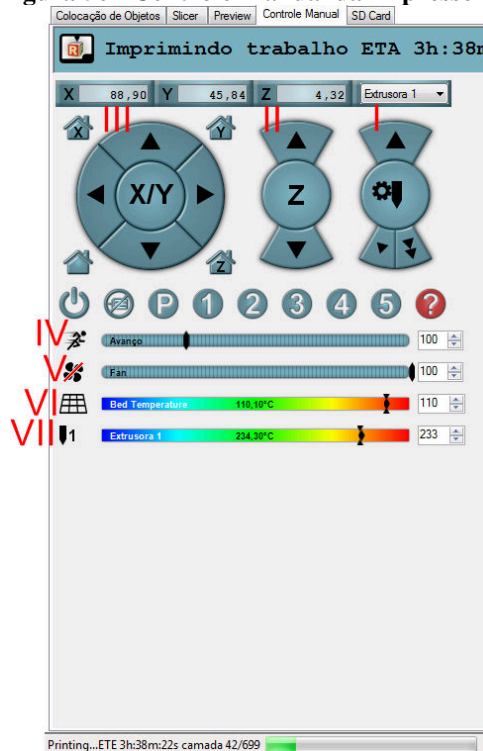
Figura 55 - Mecanismo de Fixação do Filamento.



Fonte: Autoria Própria.

Então para fixar o filamento entre os rolamentos é necessário rotacionar os mesmos pelo software, a Figura 26 – Número I está indicado o comando a ser pressionado para fazer com que os rolamentos girem e dessa forma o filamento possa ser puxado e assim não necessitar mais de intervenção do operador para esta etapa de fixação.

Figura 56 - Controle Manual da Impressora.

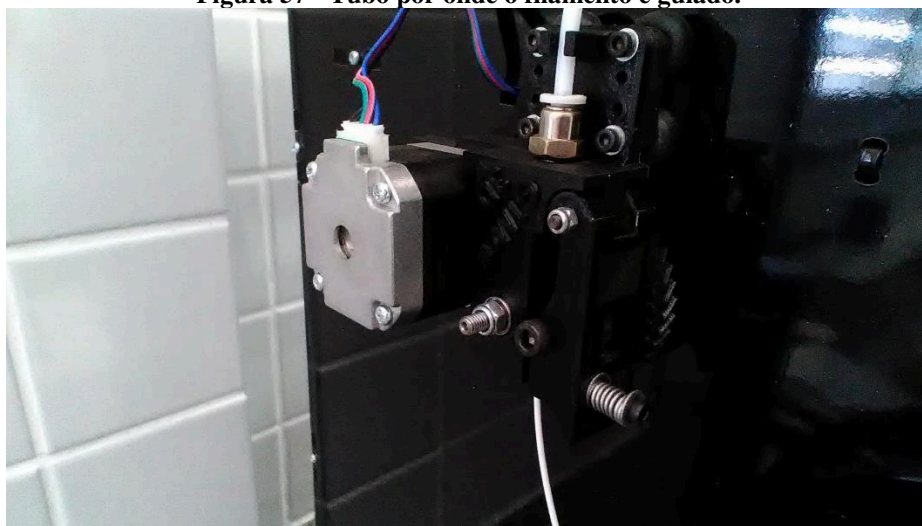


Fonte: Autoria Própria.

Logo após o filamento entra em contato com os rolamentos e ser puxado, ele atravessa um pequeno tubo de cor branco, que pode ser observado tanto na Figura 21 como na Figura 27. O comando realizado para encaixar o filamento nos rolamentos deve ser repetido até quando o mesmo alcançar o bico injetor, após isso este comando não deve mais ser executado.

O Número II da Figura 26 ele controla a movimentação da mesa no Eixo Z, erguendo ou abaixando a mesa de impressão. Já o Número III ele movimenta a extrusora nas direções dos Eixos X e Y. O símbolo do ser humano (Número IV) correndo está determinando a velocidade com que a extrusora está se movendo, velocidades muito altas deixam as peças impressas com um acabamento indesejado, pois como a velocidade é alta a precisão da mesma acaba sendo um pouco afetada, então para peças as quais são desejadas melhores precisões e detalhes a velocidade deve ser menor. A simbologia do ventilador (Número V) está indicando tanto se o pequeno cooler, localizado próximo ao bico injetor e com seu vento gerado direcionado tanto para o bico como para a peça, está ligado ou não como também o controle de sua velocidade. Enquanto que os Números VI e VII estão a indicar as temperaturas da mesa de impressão e do bico injetor, respectivamente, juntamente com o controle das mesmas.

Figura 57 - Tubo por onde o filamento é guiado.



Fonte: Autoria Própria.

Com o bico injetor sendo tocado pelo filamento o processo de impressão está mais perto de ser inicializado, mas algumas outras etapas devem ser realizadas antes disso. Uma dessas etapas é aquecer a mesa de impressão, processo esse realizado ao apertar um botão

localizado na lateral da impressora, Figura 28. Com esse botão acionado a mesa começa a ser aquecida. A impressão só irá ser iniciada após a mesa atingir a sua temperatura de trabalho, uma faixa entre 230 a 240°C, mesmo a extrusora estando aquecida, pois a mesma deve também ser aquecida, até sua temperatura de trabalho que é 110°C a impressão não terá início e vice versa. Todos os parâmetros devem ser atendidos para que a impressão tenha início. A temperatura da extrusora pode variar de acordo com o tipo de filamento que está sendo impresso, pois cada empresa determina uma melhor temperatura de impressão para seus rolos de materiais.

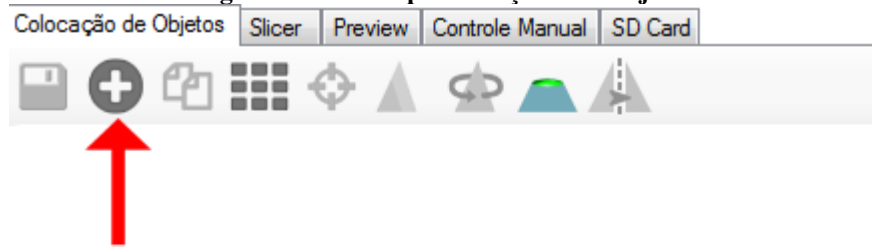
Figura 58 - Botão para ligar a Mesa de Impressão.



Fonte: Autoria Própria.

Após o aquecimento da mesa ser iniciado ao ativar o seu botão, o próximo passo a ser seguido é a conversão do arquivos CAD que são salvos pelo AutoDesk Inventor no formato .DWG para a extensão .IPT, pois o arquivo .DWG não é reconhecido de forma certa pela impressora 3D, ocorrendo um erro de redução nas medidas do projeto original. Mas o próprio inventor possui a opção de salvar com a extensão .IPT, facilitando a impressão da peça, pois não é necessário a intervenção de outro software para realizar a conversão. Conversão realizada vem à etapa de adicionar as peças no software da impressora, a Figura 29 aponta qual botão deve ser pressionado para realizar essa adição.

Figura 59 - Painel para Adição dos Projetos.



Fonte: Autoria Própria.

O próximo passo é o Slicer, Figura 30, passo onde os parâmetros são definidos:

- Qualidade da impressão;
- Impressora a ser escolhida;
- O filamento que está sendo usado para a impressão.

Figura 60 - Slicer.

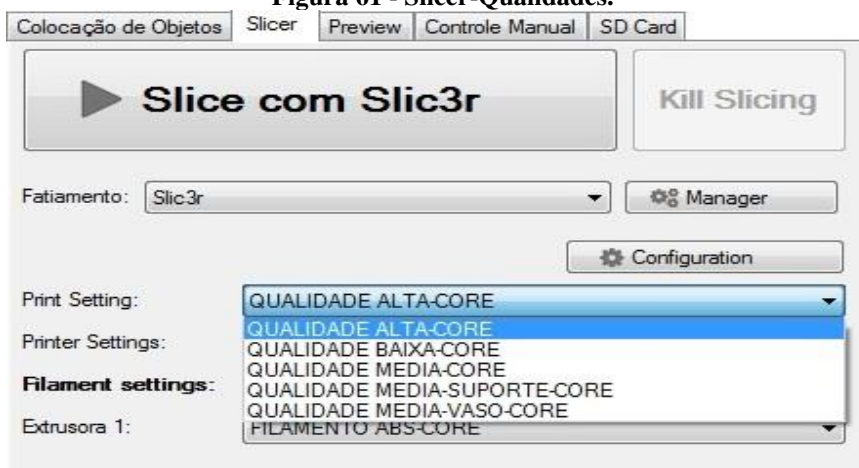


Fonte: Autoria Própria.

As qualidades que a impressora GTMAX3D COREXY A2 estão listadas abaixo e demonstradas na Figura 31.

- Qualidade Alta-Core;
- Qualidade Baixa-Core;
- Qualidade Media-Core;
- Qualidade Media-Suporte-Core;
- Qualidade Media-Vaso-Core.

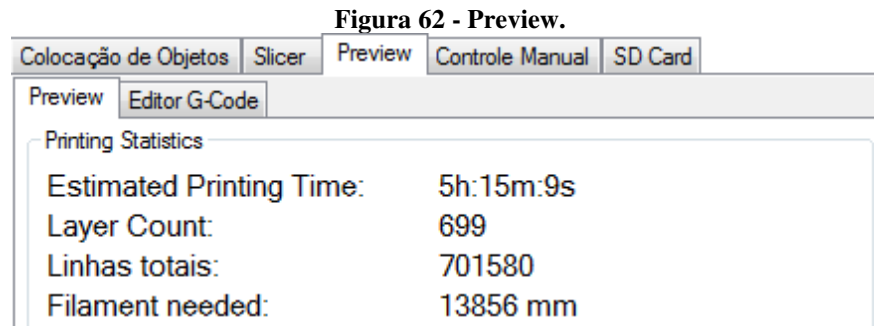
Figura 61 - Slicer-Qualidades.



Fonte: Autoria Própria.

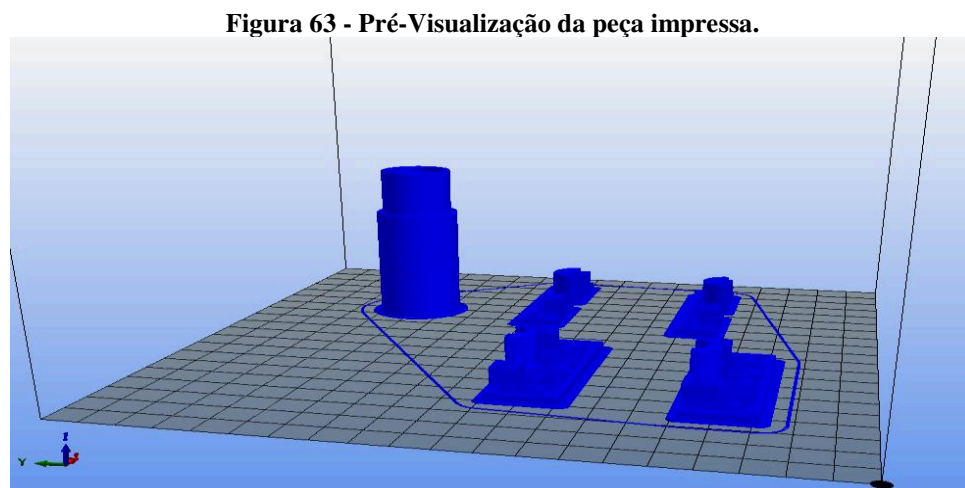
Cada qualidade possui seu tempo de impressão, quanto melhor a qualidade, mais tempo ela irá consumir para imprimir a peça. A qualidade Media-Suporte-Core, é utilizada para projetos que necessitam de suporte na hora da impressão, caso contrário o projeto não saíra como o desejado, perdendo assim a peça, o desenho da peça para a caixa de direção se fez necessário a utilização deste tipo de qualidade.

Definida a qualidade de impressão pressiona-se o botão “Slice com Slic3r” (que pode ser visto na figura acima), ao ser apertado o software irá calcular o tempo de impressão para a peça, a quantidade de filamento necessário para a impressão, Figura 32.



Fonte: Autoria Própria.

E com uma pré-visualização da peça impressa, Figura 33.

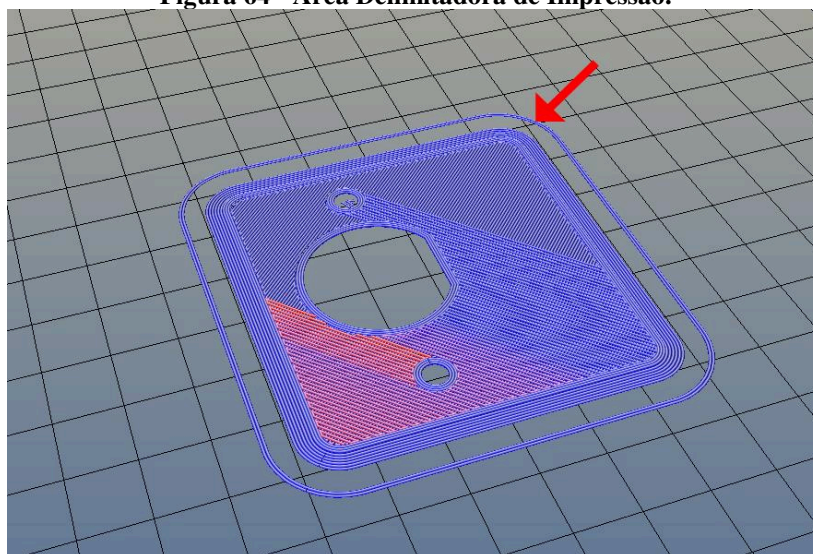


Fonte: Autoria Própria.

Com tudo definido a última etapa é iniciar a impressão e aguardar enquanto o projeto é impresso.

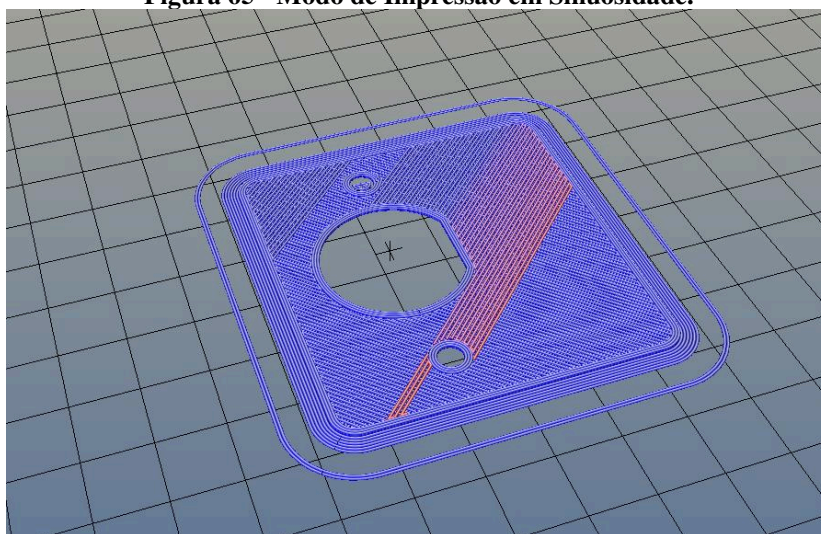
O modo como as impressões funcionam consiste na deposição de materiais, através de pequenos filamentos, fundidos, do material de impressão. A impressora traça uma área maior, representada pela Figura 37 indicada por uma seta, que delimita a sua área de impressão, que neste caso é menor. O bico injetor vai depositando esse filamento fundido na forma de sinuosidade e em sentidos diferentes, demonstrados nas Figuras 34 e 35.

Figura 64 - Área Delimitadora de Impressão.



Fonte: Autoria Própria.

Figura 65 - Modo de Impressão em Sinuosidade.

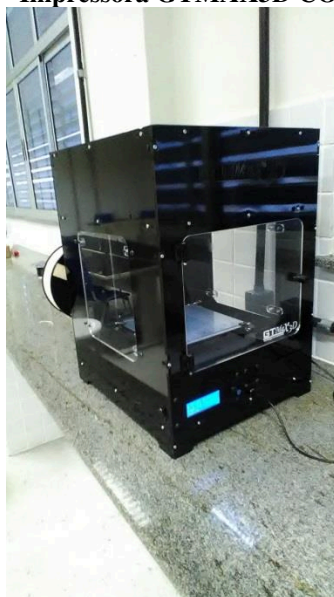


Fonte: Autoria Própria.

Essas imagens representam a impressão da peça para a caixa de direção. As linhas mais avermelhadas representam as regiões mais quentes, ou seja, que a pouco tempo eles foram depositados naquele local.

A impressão pode ser vista em tempo real tanto no software que mostras exatamente onde os filamentos estão sendo depositados como pela impressora, pois algumas partes de suas paredes é construída de acrílico, Figura 36, permitindo assim a visualização da impressão.

Figura 66 - Impressora GTMAX3D COREXY A2.



Fonte: Autoria Própria.

Para realizar a troca de um rolo de material para outro, ou seja, um rolo de ABS para um rolo de PLA se ver a necessidade de retomar os passos realizados para adicionar o filamento nos rolamentos novamente, mas antes disso o antigo filamento dentro da impressora deverá ser removido. Essa remoção é feita de forma semelhante para adicionar o filamento, pois se têm um botão para puxar o filamento e têm outro para remover o filamento. Enquanto filamento é removido o seu rolo deve ser enrolado (pelo operador da impressora), evitando que o filamento fique folgado no rolo e possa acabar se soltando do mesmo. Quando o novo filamento atinge o bico injetor é necessário realizar uma nova “limpeza”, pois resquícios do antigo filamento pode ainda estar dentro do bico, então com o bico aquecido ao ponto de fusão do material de impressão, o botão de puxar o filamento é pressionado para assim o novo material sair pela extrusora eliminando possíveis resíduos do antigo material de impressão. Com isso a nova impressão pode ser realizada.