



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

ESTHEFANI MARIA ALMEIDA CAVALCANTE

**DESENVOLVIMENTO DO TETO PARA A ESTRUTURA DO VEÍCULO
CACTUS BAJA SAE**

MOSSORÓ
2018

ESTHEFANI MARIA ALMEIDA CAVALCANTE

**DESENVOLVIMENTO DO TETO PARA A ESTRUTURA DO VEÍCULO
CACTUS BAJA SAE**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Mecânica.

Prof. Dr. Zoroastro Torres Vilar

MOSSORÓ

2018

© 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.

A167d ALMEIDA CAVALCANTE, ESTHEFANI MARIA .
DESENVOLVIMENTO DO TETO PARA A ESTRUTURA DO
VEÍCULO CACTUS BAJA SAE / ESTHEFANI MARIA
ALMEIDA CAVALCANTE. - 2018.
52 f. : il.

Orientadora: ZORRASTRO TORRES VILAR.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia
Mecânica, 2018.

1. MATERIAIS. 2. SIMULAÇÃO. 3. TETO. I. TORRES
VILAR, ZORRASTRO, orient. II. Título.

ESTHEFANI MARIA ALMEIDA CAVALCANTE

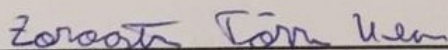
**DESENVOLVIMENTO DO TETO PARA A ESTRUTURA DO VEÍCULO
CACTUS BAJA SAE**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-árido – UFERSA, Campus Mossoró para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador (a): Prof. Dr. Zoroastro Torres Vilar – UFERSA.

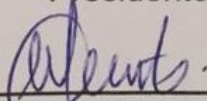
APROVADA EM 14/09/2018

BANCA EXAMINADORA



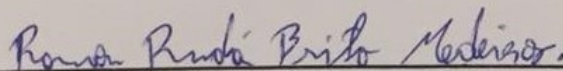
Prof. Dr. Zoroastro Torres Vilar

Presidente



Prof. Dr. Fabricio José Nobrega Cavalcante

Primeiro Membro



Prof. Ms. Ramon Rudá Brito Medeiros

Segundo Membro

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus que me deu energia e tempo para concluir este trabalho.

À minha família, que teve paciência e me aguentou em todos os momentos de crise durante o curso, principalmente, minha avó Neuman, minha mãe e minhas tias Leidinha e Marina, que sempre tiveram ao meu lado me apoiando em todas as loucuras que eu invento e a Luise por me incentivar a dar o meu máximo para ser um exemplo pra ela.

Aos meus amigos, que disseram durante todo o período que iria dar certo, mesma quando eu pensava que não daria. Aqueles que conseguiram de alguma forma de distrair e me fazer descansar. Agradeço em especial a Ione, que sem ela não haveria esse trabalho, pelas noites me ajudando a preparar molde, fibra, me acompanhando à UFERSA e me fazendo rir de qualquer besteira que passa na cabeça dela. A Malu que me apoiou e me incentivou, além de ter colocado a mão na massa comigo e ter ficado completamente colada. A Paula pela paciência quando eu falava desesperada que tudo estava dando errado, pela auxílio das simulações e as noites dedicadas a esse projeto.

Ao Jean, Natanael, Leão e Daniel por fazerem parte da panelinha me ajudando nos trabalhos enquanto eu precisava me dedicar ao projeto. Aos meus amigos Pablo e Menezes por serem meus companheiros de turma desde a minha chegada em Mossoró.

À equipe Cactus Baja pelo ensinamento durante o curso, que me fez crescer como pessoa e profissional, em especial a PC pelo desenvolvimento do design, e Klebiano pela paciência e ajuda na máquina de resistência. À Nadyla pela ajuda no desenvolvimento do Molde.

A todos os meus amigos de Pau dos Ferros, que estão comigo desde o início.

Ao meu orientar Zoroastro Torres Vilar, que me apoiou no desenvolvimento desse projeto e na minha carreira acadêmica e profissional.

Em especial eu quero agradecer e dedicar esse trabalho a duas pessoas que não terão a oportunidade de estarem aqui e me ver finalizando esse ciclo, mas onde quer que estejam sabem o quão importante eles foram para mim, pai e vovô esse projeto também é de vocês.

Resumo

Baja são veículos off-road desenvolvidos por alunos universitários, onde estes aplicando seus conhecimentos teóricos para criar o melhor protótipo, e assim competirem em escala regional, nacional e mundial. O objetivo deste trabalho foi estudar e desenvolver o teto do veículo baja da equipe Cactus Baja. Através de uma análise do conforto do veículo off-road da equipe Cactus Baja SAE, viu-se a possibilidade da produção do teto para carro, trazendo-lhe maior conforto ao piloto e acrescentando pontos de melhor ergonomia ao carro. Para a confecção da estrutura estudou-se materiais baseados nas propriedades de resistência a tração, compressão, temperatura, peso e facilidade no manuseio para determinada forma. Os compósitos com fibra de sisal, fibra de bananeira, fibra de carbono, fibra de vidro e poliméricos como o PP foram analisados devido as suas características se adequarem as necessidades do projeto e a possibilidade de desenvolver um híbrido dos compósitos, podendo assim aliar as melhores propriedades desses materiais. Com o auxílio do software CAD SolidWorks o design da estrutura foi desenvolvido de forma a melhor o rendimento da equipe nas competições. Simulações de volumes finitos foram realizadas para verificar ação da força de arrasto no veículo, para isso utilizou-se o software Ansys. Após todas as etapas de estudos bibliográficos e simulações, foram obtidas informações suficientes para a seleção do melhor design e material para a confecção. A última etapa deste trabalho era a confecção da estrutura a partir dos estudos realizados e para isso desenvolveu-se o molde, analisou a relação das resinas e catalizadores.

Palava-chave: materiais, simulação, teto.

Abstract

Baja are off-road vehicles developed by university students, where they apply their theoretical knowledge to create the best prototype, and thus compete on a regional, national and global scale. The objective of this work was to study and develop the low vehicle ceiling of the Cactus Baja team. Through an analysis of the comfort of the off-road vehicle of the Cactus Baja SAE team, the possibility of producing the roof for car was seen, bringing greater comfort to the pilot and adding points of better ergonomics to the car. For the construction of the structure, materials based on tensile strength, compression, temperature, weight and ease of handling properties were studied. The composites with sisal fiber, banana fiber, carbon fiber, fiberglass and polymeric materials such as PP were analyzed because of their characteristics to suit the needs of the project and the possibility of developing a hybrid of the composites, thus being able to combine the best properties of these materials. With the help of SolidWorks CAD software, the design of the structure has been developed to improve team performance in competitions. Finite volume simulations were performed to verify the drag force in the vehicle, using Ansys software. After all the steps of bibliographic studies and simulations, enough information was obtained to select the best design and material for the preparation. The last step of this work was the confection of the structure from the studies carried out and for this the mold was developed, analyzed the relation of the resins and catalysts.

Keyword: materials, simulation, ceiling.

Índice de Figuras

Figura 1-Veículo baby Austin	13
Figura 2- Classificação dos materiais compósitos	16
Figura 3- Fibra de aramida	18
Figura 4- Fibra de carbono	19
Figura 8- Classificação das fibras naturais	21
Figura 9- Diferentes tipos de fibras naturais.....	22
Figura 10-Folha de sisal	23
Figura 11- Fibra de bananeira	24
Figura 12- Curauá.....	26
Figura 13- Porta mala do Fox.....	26
Figura 14- Placas de Polipropileno	28
Figura 24 - Sisaltec	33
Figura 25 - Fibra de sisal para modelagem.....	34
Figura 14 - Reina e Endurecedor.....	34
Figura 15 -Desmoldante TecGlaze	35
Figura 16 - Domínio do momento	38
Figura 17 - Gráfico curva Polar de Arrasto	40
Figura 18- Modelo 1	41
Figura 19- Modelo 2	41
Figura 20- Modelo 3	42
Figura 21- Modelo 4	42
Figura 22 - Gabaritos	43
Figura 23 - Gabaritos de papelão	44
Figura 24 - Corte das laterais.....	44
Figura 25 - Corte frontal	45
Figura 26 - Aplicação do desmoldante	45
Figura 27 - Cobertura completa com fibra de sisal	46
Figura 28 - Estrutura Finalizada	47

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Tabela comparativa dos compósitos sintéticos	20
Tabela 2 - Propriedade da Fibra de sisal.....	24
Tabela 3 – Propriedade da fibra de bananeira	25
Tabela 4 - Propriedade da fibra de curauá.....	27
Tabela 5 - Propriedades do polipropileno.....	28
Tabela 6 - Custos dos materiais estudados.....	29

Índice

1.	INTRODUÇÃO	12
2.	OBJETIVOS	14
2.1	OBJETIVO GERAL	14
2.2	OBJETIVO ESPECÍFICO	14
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1	COMPÓSITOS POLIMÉRICOS	15
3.1.1	Reforço com Fibras sintéticas	16
3.1.1.1	Fibra de vidro	17
3.1.1.2	Fibra de Aramida	17
3.1.1.3	Fibra de Carbono	19
3.2.1	Reforços com Fibras Naturais	21
3.2.1.1	Fibra de Sisal	22
3.2.1.2	Fibra de Bananeira	24
3.2.1.3	Fibra de Curauá	25
3.3	POLÍMEROS	27
3.3.1	Polipropileno (PP)	27
3.4	CUSTOS	28
3.6	MÉTODOS DOS VOLUMES FINITOS	29
4.	METODOLOGIA	31
4.1	PRIMEIRA FASE	31
4.2	SEGUNDA FASE	31
4.2.1	Geração da malha	31
4.2.2	Malha utilizada	31
4.2.3	Análise Numérica	32
4.2.4	Pós-processamento	32
4.3	TERCEIRA FASE	32
4.3.1	Molde	32
4.3.2	Preparação da Fibra	33
4.3.3	Preparação da Resina	34
4.3.4	Laminação da Fibra	35
5.	RESULTADOS	37
5.1	MATERIAL	37
5.2	SIMULAÇÃO	38

5.3	CONSTRUÇÃO	40
6.	CONCLUSÃO	49
7.	REFERÊNCIAS	50

1. INTRODUÇÃO

Nos anos de 1850, na América do Norte a população se locomovia através de cavalos ou a pé, a velocidade máxima que eles chegavam era 6,4 km/h. O desenvolvimento do automóvel tornou a locomoção mais rápida, os primeiros veículos chegavam a 38,6 km/h (ESTADÃO, 2017). Ele é considerado uma das maiores invenções industriais, criado no intuito apenas de servir como um meio de transporte ele ultrapassou barreiras culturais, sociais, econômicas e políticas (JATO, 2007). O carro tornou-se um retrato do seu dono, pois a partir dele o proprietário projeta seu comportamento no modelo, ele também confere status, liberdade, independência, poder, individualidade e aceitação (ESTADÃO, 2017) e (JATO, 2007).

O carro conseguiu alcançar o seu atual status através do desenvolvimento de indústrias com linhas de montagem em serie, diminuindo o custo associado a produção, e fabricando em larga escala. Com o preço mais acessível o veículo automotivo alcançou o mundo todo, deixando de ser um objeto de luxo, pertencente apenas à alta classe, e tornou-se um meio de locomoção das grandes massas urbanas (JATO, 2007).

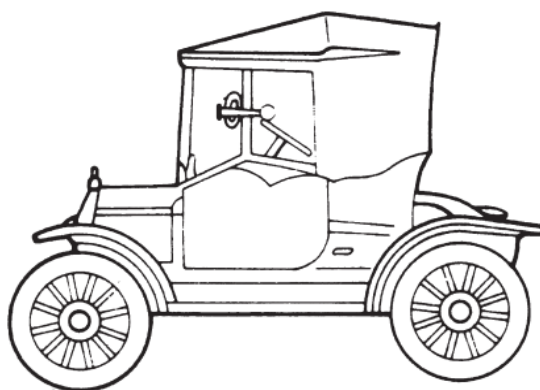
O primeiro carro com a estrutura e o motor foi construído entre 1886 e 1910, o modelo que antecedeu os nossos atuais, ele era semelhante a charretes, era construído quase completamente por madeira, o quadro do carro era feito de metal pesado e as juntas eram reforçadas individualmente. Algumas cabines eram completamente fechadas, para a estrutura se tornar solida usavam-se madeira no teto para o fechamento (Elsier Book, 2005).

Em seguida foi introduzida na estrutura um piso, na qual suportava o peso no veículo e onde os assentos dos carros estavam fixados. A fixação do piso a estrutura era feita através de placas de metal parafusadas. O painel do veículo era coberto com tecido de couro, calicô e um tecido leve. Fornecendo uma flexibilidade e um bom enquadramento, era leve e silenciosa, no entanto não apresentava uma viga útil muito longa (Elsier Book, 2005).

A evolução nos modelos dos carros tornou-se abrangente, foram desenvolvidos carros sedan, hatch, veículos para transporte pesados e veículos off-road.

O objetivo deste trabalho é estudar veículos off-road para o desenvolvimento do teto para o protótipo da Cactus Baja SAE. O teto soldado nos carros foi projetado por volta de 1920 (IN PRESS, 2013). O teto é a porção do automóvel que fica acima dos passageiros, protegendo os ocupantes do sol, vento, chuva e outros elementos externos, os primeiros carros usavam material e possuíam o design parecido com os tetos usados nas carruagens e charretes antigas como mostra a Figura 1(SCOTT, 2015).

Figura 1-Veículo baby Austin



Fonte: (Elsier, 2005).

A partir dos conhecimentos adquiridos através da análise da evolução dos veículos, viu-se a possibilidade de implementar ao veículo Baja um teto que trouxesse mais segurança e conforto ao piloto, principalmente durante a prova do enduro, cuja duração é por volta de três horas, nessas provas o piloto é suscetível as condições ambientais, pois é uma prova ao ar livre, tendo isso em consideração, o teto agregaria maior conforto e possivelmente melhores resultados para equipe, uma vez que o piloto estaria em condições melhores, no entanto é necessário o desenvolvimento de um estudo para que a implementação do teto não altere de forma significativa a aerodinâmica do veículo.

Para o desenvolvimento do teto do protótipo estudou-se compósitos poliméricos, fibras naturais e fibra de carbono, uma vez que foi necessário que o material fosse leve para não alterar a aerodinâmica do carro e apresente uma resistência adequada para ser moldado a estrutura do carro.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é desenvolver um teto para o protótipo off-road da equipe Cactus Baja SAE utilizando fibras naturais.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Realizar estudo dos materiais e estrutura que melhor se adequa aos objetivos da equipe para o veículo.

Simular em software os materiais e modelos estruturais selecionados para em seguida construir o que apresentou melhores resultados quanto a aerodinâmica do carro.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 COMPÓSITOS POLIMÉRICOS

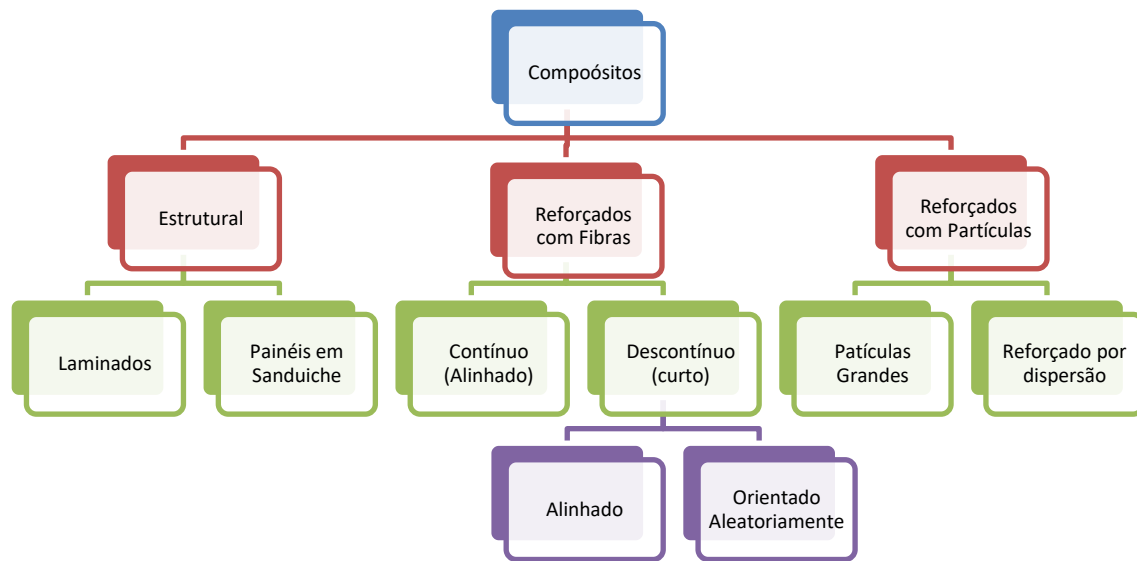
O termo material compósito surgiu no século XX como uma categoria de materiais promissores para serem utilizados pela engenharia, devido aos avanços da ciência dos materiais, estimulado pela demanda de materiais mais duráveis, leves e resistentes. Eles começaram a ser desenvolvido para indústrias aeroespacial, militar, naval, e esportiva. A indústria da construção civil começou a usa-los por volta 1990 devido a sua elevada resistência à corrosão e à fadiga (CARNEIRO e TEIXEIRA, 2008).

Compósitos são materiais que possuem dois ou mais componentes quimicamente diferentes combinados para formar um novo material, com propriedades dos elementos puros usados na sua composição em escala microscópica é possível diferenciar os materiais (GEHLEN, 2014) e (MARINUCCI, 2012).

De acordo com Gehlen (2014) compósitos são constituídos de materiais com composição única ou variada, em matrizes, fibras ou partículas que são chamadas de reforços ou cargas esses estão dispersos em um material base, conhecido como matriz ou fase continua, cuja função é proteger o reforço, a matriz e o reforço de carga são separados por uma interface, porém esta permite adesão (MARINUCCI, 2012).

A matriz além de envolver os constituintes do reforço, agrega forma à estrutura e dureza ao compósito. Sendo responsável pela impermeabilidade, acabamento superficial e a resistência química do material. Enquanto o reforço é o responsável pela resistência mecânica do compósito quando não está isolado da matriz, ele também confere rigidez a estrutura. A matriz é composta por polímeros termoplásticos ou termofixos junto agentes de cura. O reforço é formado por partículas, fibras e estruturas. As classificações dos compósitos são de acordo com a disposição das fibras e estruturas mostrado na Figura 2.

Figura 2- Classificação dos materiais compósitos



Fonte : (Adaptado Moreira,2009).

As propriedades dos compósitos dependem das matrizes e fibras combinadas, mas no geral eles apresentam uma elevada resistência mecânica, resistência a fadiga, possui estabilidade dimensional, são muito resistentes a ataque de produtos químicos, possui uma processabilidade e redução das etapas de produção além de uma alta flexibilidade de modelagem e não possuem condutividade elétrica ou magnética. No entanto eles possuem algumas restrições de uso, pois eles apresentam instabilidade dimensional devido as altos coeficientes de expansão térmica, são sensíveis a radiação e apresentam dificuldade para se trabalhar em altas temperaturas (ANDRADE, 2008) e (GEHLEN, 2014).

Os compósitos são reforçados com mais frequência por fibras naturais e sintéticas, pois elas conseguem proporcionar as alterações necessárias nos materiais.

3.1.1Reforço com Fibras sintéticas

Essas fibras são mais utilizadas devido a sua adequação com aplicações estruturas, pois possuem maior resistência mecânica, térmica e

absorvem menos água quando comparadas as fibras naturais. As principais fibras aplicadas como reforço são aramida um reforço orgânico, carbono e vidro reforços minerais (GEHLEN, 2014) e (MOREIRA, 2009).

3.1.1.1 Fibra de vidro

As fibras de vidro são as mais utilizadas no reforço de materiais compósitos. O vidro é um material formado pelas matérias primas com mais abundância no planeta, silício, representa aproximadamente 28% da crosta terrestre, encontrado na forma de sílica quando combinados com outros elementos como argila, calcário ácido bórico e carvão completam as substâncias usadas para a sua fabricação (SILVA, 2014), (MOREIRA, 2009) e (GEHLEN, 2014).

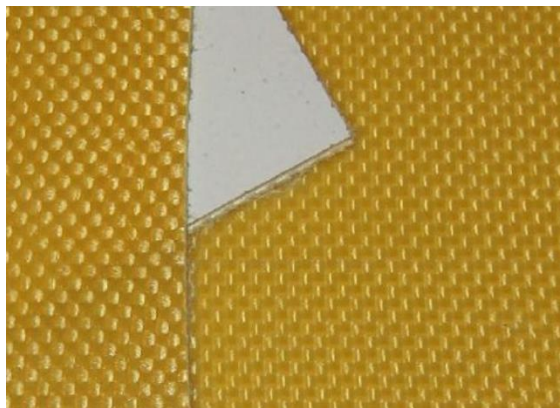
A escolha da fibra de vidro para servir como matriz do compósito apresenta inúmeras vantagens aumento da resistência a tração e compressão do material. Seu custo é mais baixo quando comparado com outras fibras que serão estudadas neste trabalho, elevada resistência a ataques químicos, uma resistência ao fogo considerável, quanto aos isolamentos ela é considerada boa isolante térmica, elétrica e acústica além de apresentar resistência a umidade. Entretanto apresenta algumas desvantagens um módulo de Young (módulo de elasticidade) reduzido, massa específica alta é sensível à abrasão e não podem ser submetidas a temperaturas consideravelmente elevadas e não são resistentes a fadiga (MOREIRA, 2009), (SILVA, 2014) e (OLIVEIRA, 2013).

3.1.1.2 Fibra de Aramida

A fibra de aramida é popularmente conhecida como Kevlar, foi desenvolvida pela E.I. du Pont de Nemours & Company em 1965. O objetivo era produzir uma nova fibra, mais resistente, leve e flexível que as desenvolvidas anteriormente. Ela pode se apresentar em diferentes formas, um uso popular dessa fibra é sua aplicação nos coletes à prova de bala. Pois devido a sua leveza permite um amplo movimento dos oficiais que a usavam (OLIVEIRA, 2013).

A fibra de aramida é utilizada em produtos de fricção, vestuário de proteção, compósitos, pneus, cordas e cabos, são usados em equipamentos de trampolim, raquetes de tênis e na substituição de amianto em freio (OLIVEIRA, 2013) e (BRUNELLI, 2014)

Figura 3- Fibra de aramida



Fonte: (BRUNELLI, 2014).

As principais características da fibra de aramida são: alta resistência a tração em baixo peso, modulo elástico elevado, baixa condutividade elétrica, alta resistência química, baixa dilatação térmica, estabilidade dimensional, resistência de corte elevado e resistência à chama. Sua resistência a tração e o modulo de elasticidade longitudinal são relativamente superiores aos de outras fibras orgânicas (MOREIRA, 2009) e (OLIVEIRA, 2013).

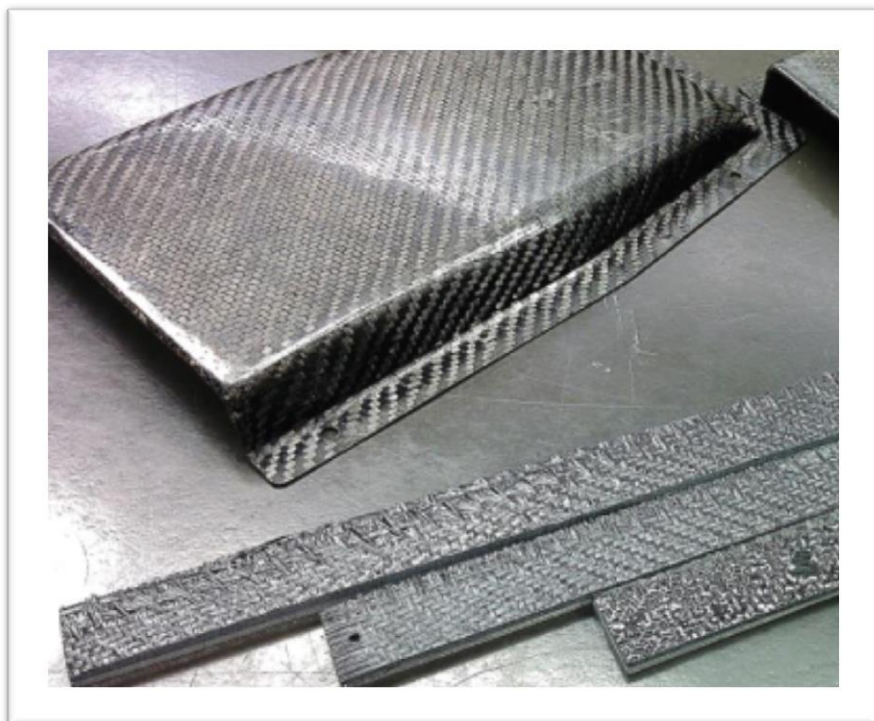
Optar pelo uso da fibra de aramida possui várias vantagens, pois ela apresenta: baixa massa específica, elevada resistência a tração, elevada resistência ao impacto, baixa condutividade térmica, elevada resistência química com exceção a ácidos e bases concentrados, elevada resistência a abrasão, resistência ao fogo e capacidade de auto extinção, excelente comportamento sob temperaturas elevadas de serviço e o laminado de aramida tem grande capacidade de absorver energia. No entanto possui algumas desvantagens baixa resistência à compressão, degradação lenta por luz ultravioleta, elevada absorção de umidade, má adesão a resinas e custo elevado (MOREIRA, 2009).

3.1.1.3Fibra de Carbono

As fibras de carbono foram um dos primeiros reforços desenvolvidos para aumentar a rigidez e resistência dos materiais, que necessitam de leveza. É utilizada nas estruturas de aeronaves, equipamentos de recreação além de possuir uma aplicação industrial. No geral fibra de carbono são filamentos compostos em sua maioria de carbono cerca de 90% (LEBRÃO, 2008).

As características mecânicas delas estão relacionadas a estrutura molecular obtida (BRONZE, 2016). Devido aos seus elevados valores de resistência mecânica, módulo de elasticidade elevado e uma massa específica pequena, elas são muito utilizadas em aplicações críticas que envolvem redução de massa. Elas podem duplicar o seu valor do módulo de elasticidade quando comparada com os reforços de aramida e vidros, além da resistência a tração se próxima ou quase superior a dos aços, a fibra de carbono é mostrada na Figura 4 (LEBRÃO, 2008).

Figura 4- Fibra de carbono



Fonte: (MOHAJMAN, WASHINGTON, *et al.*, 2014).

A fibra de carbono possui inúmeras vantagens elevada resistência a tração, elevado módulos de elasticidade longitudinal, baixa massa específica, elevada condutibilidade elétrica, elevada estabilidade dimensional, baixo coeficiente de dilatação térmica, bom comportamento quando submetida a altas temperaturas, inercia química em ambientes que não são altamente oxidantes e boas características de amortecimento estrutural. Suas desvantagens são baixa resistência ao impacto, fácil fratura, baixa deformação que antecede a fratura, baixa resistência compressão e elevado custo (MOREIRA, 2009).

A Tabela 1 compara os três tipos de compósitos sintéticos estudados.

Tabela 1- Tabela comparativa dos compósitos sintéticos

Consideração	Fibra de Carbono	Fibra de Vidro	Fibra de Aramida
Alcalinidade/ Exposição a meios ácidos	Alta resistência	Não tolera	Não Tolerar
Expansão Térmica	Próximo a zero, pode causar altas tensões de aderência	Similar ao concreto	Próximo a zero, pode causar altas tensões de aderência
Condutividade Elétrica	Alta	Excelente isolante	Excelente isolante
Tolerância ao impacto	Baixa	Alta	Alta
Fluência a fadiga	Alta resistência	Baixa resistência	Baixa resistência

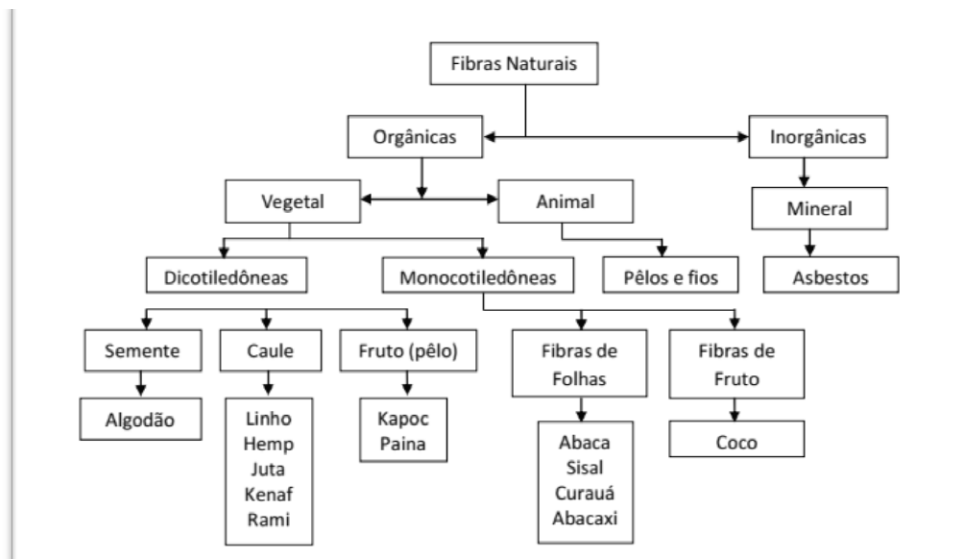
Fonte: (DIPROTEF, 2016).

3.2.1 Reforços com Fibras Naturais

As fibras naturais são obtidas em muitas regiões do planeta, principalmente em climas tropicais. Nas últimas décadas elas vêm ganhando mais destaque global devido ao seu custo reduzido, ser renovável e biodegradável, ela tornou-se uma alternativa as fibras sintéticas usadas na fabricação de compósitos com melhores propriedades físicas (LI, LI e ZHOU, 2017).

Quando comparado os dois tipos de fibras as vegetais apresentam baixo custo, fácil obtenção são muito disponíveis, há maior facilidade no seu manuseio, apresentam boas propriedades mecânicas, não produzem quantidades significativas de resíduos, a tecnologia empregada para produção é relativamente simples, entretanto ela possui mais suscetibilidade a degradação e variações dimensionais devido a mudança de umidade e temperatura. As fibras que se originam de plantas podem ser classificadas como fibras de caule, fibras de folha, fibras de semente e fibras de fruto (LI, LI e ZHOU, 2017) e (ROISEMAN e GOLDENSTEIN, 2012), como mostra a Figura 5.

Figura 5- Classificação das fibras naturais



Fonte: (NEIRA, 2011).

As principais fibras naturais são as de sisal, banana, cocó, cânhamo entres outros, no Brasil há muitos estudos sobre a fibra de curauá. Grandes

partes dos materiais compósitos desenvolvidos são utilizadas em estudos aeroespaciais e engenharia e ônibus espaciais, no entanto com o aumento de pesquisas para desenvolver métodos mais baratos de fabricação elas começam a serem aplicadas nas indústrias automotivas tornando-se uma tecnologia mais acessível (KUMRE, RANA e PUROHIT, 2016).

Para obter melhores resultados quanto as propriedades mecânicas e custo envolvido é possível fazer a combinação de fibras naturais e sintéticas. Muitas famílias são dependentes do cultivo de fibras naturais como fonte de renda (KUMRE, RANA e PUROHIT, 2016).

Neste trabalho iremos analisar as fibras de sisal e banana para obter suas características e ver a possibilidade do seu uso para o desenvolvimento do teto do protótipo da Cactus Baja, diferentes tipos de fibras naturais são mostradas na Figura 6.

Figura 6– Diferentes tipos de fibras naturais



Fonte: (KUMRE, RANA e PUROHIT, 2016).

3.2.1.1 Fibra de Sisal

A fibra de sisal é a principal fibra dura produzida no mundo, corresponde a 70% de todas as fibras produzidas comercialmente desse tipo. É nativa do México e extraída das folhas da planta *Agave sisalana* (NEIRA, 2011) e (MARTIN, MARTINS, *et al.*, 2009).

A planta de sisal se desenvolve em inúmeros tipos de clima quente, sua colheita se dá através do corte das folhas amassadas no intuito de separar a

polpa da fibra. A planta de sisal é robusta e se desenvolve bem em uma grande variedade de climas, o rendimento em média é uma tonelada a cada hectare (NEIRA, 2011).

A região nordeste é a mais produtora de sisal com destaque para Paraíba e Bahia, pois são áreas de pequenos produtores, onde as condições climáticas impossibilitam a realização de outros tipos de cultivos (FILHO, 2012). O Brasil e a Tanzânia são os maiores produtores de fibra de sisal do mundo (NEIRA, 2011).

A fibra de sisal se destaca por apresentar alta resistência ao impacto, e boas propriedades de resistência à tração e flexão, ela apresenta os maiores módulos de elasticidade e resistência mecânica entre as fibras naturais (MARTIN, MARTINS, *et al.*, 2009).

Assim como as fibras vegetais em geral, a fibra de sisal apresenta uma estrutura porosa, com elevada capacidade de absorver água, incham quando umidecida e se retraem quando submetidas ao processo de secagem no que diminui a aderência da fibra, há inúmeras formas na qual pode se melhorar a aderência limpeza da superfície da fibra para eliminar gordura, proteger as fibras com substancias que diminuam a capacidade de absorção de agua e por fim o aumento da rugosidade superficial da fibra (FILHO, 2012), a Figura 7 mostra a folha de sisal.

Figura 7-Folha de sisal



Fonte: (NEIRA, 2011).

A característica das fibras de sisal se encontra na tabela 2.

Tabela 2- Propriedade da Fibra de sisal

Propriedades	Média
Massa Específica (g/cm ³)	0,90-1,0
Resistência à Tração (Mpa)	500-650
Módulo de Elasticidade	10-22
Deformação na ruptura (%)	2,0-3,1
Absorção de água até a saturação (%)	200-250

Fonte: (FILHO, 2012).

3.2.1.2Fibra de Bananeira

A fibra de bananeira, Figura 8, é uma fibra celulósica e é extraída do pseudocaule da planta, parta na qual não é aproveitada após a colheita do fruto. As condições climáticas do Brasil favorece a produção durante todo o ano, tornando o país um dos principais produtores mundial (CARVALHO, 2015).

Essa fibra possui propriedade mecânicas que apresentam resultados satisfatórios para sua utilização em polímeros, é um vegetal de fibra longa, possui elevado módulo de elasticidade, alta resistência a tração e rigidez. Estudo demostram o benefício dessa fibra combinada a compósitos impulsionando os métodos de extração e produção em larga escala (CARVALHO, 2015).

Figura 8- Fibra de bananeira



Fonte: (CARVALHO, 2015).

Assim como as outras fibras a de bananeira pode ser amplamente usada para materiais de engenharia devido a suas características mecânicas quando combinada com outros materiais pode-se ser amplificada e sua leveza (DHAKAL e GOWDA, 2016).

Há estudos comparando as fibras de vidro com a de bananeira em compósitos de alta densidade, a de vidro possui uma alta resistência a tração, no entanto quando a de bananeira é produzida junto ao PP ela se apresenta como uma alternativa ao uso da fibra sintética. Alguns autores comparam a de bananeira a fibra de sisal em relação as características mecânicas de resistências, flexão e impacto, na Tabela 34 encontra-se as propriedades mais importantes das fibras de bananeira (RAZERA, 2006) e (GOMES, VISCONTE e PACHECO, 2012).

Tabela 3 – Propriedade da fibra de bananeira

Propriedades	Média
Massa Específica (g/cm³)	1,0
Resistência à Tração (Mpa)	384
Módulo de Elasticidade (GPa)	20-51
Deformação na ruptura (%)	2,7
Absorção de água até a saturação (%)	407

Fonte: (SAVASTANO JUNIOR e PIMENTE, 2000)

3.2.1.3 Fibra de Curauá

O curauá é uma planta cultivada na região da Amazônia, sua fibra é caracterizada por possuir uma leveza e resistência mecânica superior a outras fibras vegetais, estando na mesma ordem de grandeza da fibra de vidro, possuindo inúmeras aplicações no setor industrial. Sua utilização vem do período pré-colombiano, era usada para fazer redes e balaios, ela é atraente do ponto de vista econômico e tecnológico, pois a mão de obra é barata e não há necessidade de muitos equipamentos tecnológicos, enquanto do ponto de vista científico a sua densidade é baixa e possui resistência mecânica elevada (SANTOS, 2013) e (GEHLEN, 2014) a planta de curauá é mostrada na Figura 9.

Figura 9- Curauá



Fonte: (GEHLEN, 2014).

Na busca por novas alternativas, a fibra se apresentou com grande potencial na substituição das sintéticas, hoje é utilizada em vários setores nas indústrias automobilísticas, geotêxtil, agrotêxtil, médico e construção civil. É uma fibra altamente resistente, com uma vida longa e grande capacidade de absorção e sustentação (SANTOS, 2013).

As indústrias automobilísticas estão substituindo a fibra de vibro pela de curauá na fabricação de painéis, friso, tampas de porta malas. A Volkswagen Corp. já vem aplicando a fibra junto a rejeitos têxtil e polipropileno nas tampas dos porta mala de alguns dos seus modelos como é ilustrado na Figura 13 (LOPES, 2011).

Figura 10- Porta mala do Fox



Fonte: (LOPES, 2011)

4. As principais propriedades da fibra de curauá são mostradas na Tabela

Tabela 4-Propriedade da fibra de curauá

Propriedades	Média
Massa Específica (g/cm ³)	0,67-1,4
Resistência à Tração (Mpa)	480
Módulo de Elasticidade (GPa)	9,7-11,8
Deformação na ruptura (%)	2,2

Fonte: (LOPES, 2011)

3.3 POLÍMEROS

A fonte de matéria prima dos polímeros é o petróleo, polímeros são macromoléculas constituídas pela união de pequenas partes (monômeros) ligada por ligações covalente. Os polímeros são classificados de inúmeras formas: quanto a sua origem que pode ser natural ou sintética, reação de preparação poliadição ou policondensação, estrutura química linear, ramificada ou reticulado, características de fusibilidade termoplástico, termofixo, heterogeneidade da cadeia homopolímero ou copolímero e comportamento mecânico plásticos, elastômeros e fibras (MORASSI, 2013). Neste trabalho o estudo é direcionado ao polipropileno devido a sua vasta aplicação.

3.3.1 Polipropileno (PP)

O polipropileno é um destaque entre os polímeros sintético sendo um dos plásticos mais produzidos mundialmente. Ele encontra aplicações em diversos segmentos na indústria têxtil, na forma de fibras, filamentos, carretéis, automobilística, chapas termoformadas e painéis, revestimento interno e peças tecnológicas. Atuam ainda em bens de consumo domestico, na construção civil, monofilamentos, tubos e chamas e em embalagens no geral (LIMA, 2015) a Figura 11 ilustra as placas de polipropileno comercializada.

Figura 11- Placas de Polipropileno



Fonte: (DAMARI, 2016).

O polipropileno apresenta uma baixa resistência ao impacto principalmente em baixas temperaturas, entretanto sua resistência a tensão é bem elevada, possui baixa permeabilidade a gases, e pouco permeável a vapores d'água. Seu enorme sucesso se deve a facilidade de acesso ao monômero propeno, obtido por meio de gás natural, às suas propriedades mecânicas, elétricas e químicas, as novas tecnologias que atuam no processo de produção tornando-o mais rápido e a produção de baixo custo da família de plásticos e sua melhor característica socioambiental quando comparados a outras famílias (MORASSI, 2013) e (LIMA, 2015).

A Tabela 5 mostra as propriedades do polipropileno.

Tabela 5-Propriedades do polipropileno

Propriedades	Média
Massa Específica (g/cm ³)	0,8-0,9
Resistência à Tração (Mpa)	27
Módulo de Elasticidade (GPa)	1,15
Deformação na ruptura (%)	20

Fonte: (LUZ, GONÇALVES e DEL'ARCO JR, 2006).

3.4 CUSTOS

Os custos dos materiais analisados desempenha um papel decisivo na seleção do material para a construção do teto do protótipo da Cactus Baja. A tabela abaixo ilustra os valores dos materiais estudados, todos os valores foram

obtidos a partir de sites de vendas online. Além do preço outro fator decisivo é a sua fácil obtenção, pois o frete do produto traria mais gastos, para a região do semi-árido nordestino próximo a Mossoró os produtos com maiores facilidades de obtenção seria a fibra de sisal e o polipropileno. Isso será levado em consideração para a seleção do material. Os custos dos materiais são exibidos na Tabela 7.

Tabela 6 - Custos dos materiais estudados

Material	Unidade	Preço
Fibra de Vidro	11m ²	R\$ 159,90
Fibra de Aramida	1,6m ³	R\$ 139,90
Fibra de Carbono	1,3m ²	R\$ 259,90
Fibra de Sisal	1kg	R\$ 16,00
Fibra de Bananeira	400m	R\$ 57,00
Fibra de Curauá	3m	R\$ 10,00
Polipropileno	2m ²	R\$ 39,75

Fonte : (Autoria Própria, 2018).

3.6 MÉTODOS DOS VOLUMES FINITOS

Para o estudo de escoamento existem inúmeras metodologias, no entanto os métodos mais utilizados são os que usam desratização de equações diferenciais, estão são métodos das diferenças finitas, método dos elementos finitos e método dos volumes finitos. O mais antigo é o primeiro grupo, pouco utilizado atualmente, entretanto são utilizadas em conjunto com outras metodologias que necessitam à conservação de quantidades físicas, um exemplo disso é o método dos volumes finitos, que se inicia com a integral das equações de conservação (OLIVEIRA, 2013).

O Método dos Volumes Finitos (MVF) vem sendo amplamente utilizados em diversas áreas científicas nos últimos tempos, não apenas em áreas relacionadas a engenharia, sua aplicação é encontrada desde áreas de saúde até a aeroespacial (BEZERRA e NEVES, 2013).

Na mecânica dos Fluidos Computacional o método do volume finito é extremamente utilizado, para problemas com escoamentos incompressíveis e compressíveis, em fluidos newtonianos e não-newtonianos. Ele preserva propriedades em nível de volumes elementares, robustez, relativa facilidade de

implementação computacional e versatilidade, devido a isso se tornou popular (MUNIZ, 2003).

Ele é de fácil entendimento quando comparado com os elementos pois apresenta uma relação direta entre o conceito físico de conservação das propriedades no volume e o método de discretização, sendo esse o motivo do sucesso desse método entre os engenheiros. A aplicação do método consiste em quatro passos simples, o primeiro é identificar o domínio, em seguida discretizar ou dividir o domínio a ser avaliado, o terceiro passo é integrar a equação diferencial em cada volume de controle e por fim aplicar o método numérico de na solução (BEZERRA e NEVES, 2013) e (MUNIZ, 2003).

A vantagem desse método em relação as diferenças finitas é a conservação das propriedades em cada volume, no entanto sua desvantagem é a dificuldade de interpolação de alta ordem, como em três dimensões. Essa é a razão para necessitar de dois níveis de aproximação dos volumes finitos, a interpolação e integração (MUNIZ, 2003).

O caso estudado neste trabalho é a relação do fluido (ar) com a estrutura (teto veicular), usando no software Ansys para analisar a influência que a estrutura propiciará a força de arrasto, pois quando há um corpo imerso em um fluido sua superfície é submetida a forças dinâmicas e de cisalhamento, relacionadas a pressão, viscosidade e gradientes de velocidade, estas últimas causam forças tangenciais à superfície e a variação das pressões causam forças normais à superfície, a força total que o fluido exerce na estrutura na direção do escoamento é o arrasto. Portanto a força de arrasto é composta por duas parcelas o arrasto de atrito e de pressão, esse depende da estrutura do corpo e pode ser reduzido a partir de alterações na estrutura. O de atrito não depende significativamente da estrutura, sua maior influência é a superfície (COUTO, SANTOS, *et al.*, 2004).

A escolha do ANSYS para a análise da estrutura, deu-se pois trata-se de um programa computacional especializado em soluções através de métodos de elementos finitos, ele possui uma opção chamada de FLOTTRAN CFD (Computational Fluid Dynamics) desenvolvida para estudos de problemas que envolvem escoamentos de fluidos (COUTO, SANTOS, *et al.*, 2004).

4. METODOLOGIA

Este trabalho consistiu em três fases, inicialmente foi realizado um estudo bibliográfico para analisar, estudar e definir os materiais a serem utilizados para o desenvolvimento do teto veicular do protótipo Baja SAE, em seguida com o auxílio do software ANSYS foram simuladas as situações reais na qual o teto estará submetido no intuito de obter informações sobre o seu desempenho futuro, por fim foi realizada a construção do teto com a fibra de sisal.

4.1 PRIMEIRA FASE

A primeira fase consistiu no estudo de materiais para obtenção de informações das fibras e dos polímeros, as informações foram obtidas através de teses, artigos, livros, revistas, sites de fabricantes e dissertações.

4.2 SEGUNDA FASE

4.2.1 Geração da malha

Com auxílio de elementos de CAD gerou-se controles de tamanho da malha, de forma a refinar onde se fizesse necessário, principalmente nas regiões de camada limite.

4.2.2 Malha utilizada

Foi gerada uma malha utilizando estruturação nas zonas de camada limite de modo a ter o melhor controle da divergência numérica.

4.2.2.1 Teste de malha

O teste de malha foi feito com três malhas, alterando entre elas, o número de elementos e os outros fatores como global size fator e factor ratio, com esses parâmetros foram feitos gráficos entre o critério de convergência ao longo do número de iterações da simulação até o limite residual de 0,000001.

Esta malha também foi escolhida de acordo com o erro calculado em comparação com os valores de velocidade de projeto do veículo, com até 12% de erro.

4.2.3 Análise Numérica

A análise numérica consistiu apenas da definição das condições de fronteira do volume de controle do teto, em um domínio otimizado para obter bons resultados e menor consumo computacional.

4.2.3.1 Definição do domínio e das condições de fronteira

Definido o volume de controle, pode-se definir as condições de fronteira, para o domínio em questão foram definidas as seguintes condições:

- Velocity Inlet - Condição de velocidade do fluido (Ar) na seção de entrada do domínio
- Pressure outlet – Condição de pressão absoluta igual a 0 na saída, de forma a simular o ambiente atmosférico livre.
- Domain – Definiu-se o domínio de forma retangular e cerca de 15x maior do que o comprimento do teto.
- Wall – Condição estabelecida para a superfície do teto, para determinar onde a diferentes zonas de pressão e a formação de camada limite.

4.2.3.2 Solver

Para o solver definiu-se algumas condições como número de iterações máximas de 10000 e valor residual no critério de convergência de 0,0001.

Foram rodadas três simulações, uma para cada ângulos de inclinação diferente de forma a simular trajetos retos, de subidas e descidas.

4.2.4 Pós-processamento

No pós-processamento foram utilizados contornos, linhas de corrente e a planilha interna do CFX post results. Gerou-se então valores de forças na direção x para que fosse possível determinar o coeficiente de arrasto do formato do teto para cada uma das ocasiões.

4.3 TERCEIRA FASE

4.3.1 Molde

A fase de construção, inicialmente foi desenvolvido o modelo do protótipo com as dimensões adequadas para a criação da estrutura, essas

dimensões foram cotadas em papéis com tamanhos reais, para serem usados como gabaritos.

Em seguida a partir dos gabaritos, foram modelados em isopor as partes constituinte do teto, utilizando a resistência para o corte do isopor, foram utilizados um isopor de 200mm e outros dois 50mm, os isopores foram colados para formar a estrutura compacta a ser modelada. Com a estrutura montada colou-se os gabaritos em papelões, para auxiliar durante o corte do isopor com a resistência, foi cortada as laterais dando as dimensões requeridas e em seguida o corte foi realizado na parte frontal.

Após todos os cortes, a molde foi lixado para obter uma estrutura mais homogênea.

4.3.2 Preparação da Fibra

Para a confecção do teto do veículo baja foi utilizada a fibra de sisal fio 400, da Sisaltec Figura 12, adquirida no formato de corda, sendo necessário desenrolar os fios para obtenção da fios de sisal individualmente.

Figura 12 - Sisaltec



Fonte: (Autoria Própria, 2018).

A Figura 13 mostra os fios de sisal separados, de forma a serem utilizados para a laminação.

Figura 13 - Fibra de sisal para modelagem



Fonte: (Autoria Própria, 2018).

4.3.3 Preparação da Resina

Foi utilizada a resina Epoxi 2001, redelease, Figura 29, devida a sua característica de reagir com o material isopor. Para catalisar a resina utilizou-se o endurecedor epóxi 3149, redelease, este é a base de Amina cicloalifática modificada de baixa densidade Figura 14.

Figura 14 - Resina e Endurecedor



Fonte: (Autoria Própria, 2018).

A tabela 8 mostra as especificações da resina e do endurecedor fornecidas pelo fabricante.

Tabela 8 - Especificações Resina

Características Iniciais	Produto/ °C	
Cor	Resina	Transparente
	Endurecedor	Transparente
Proporção da mistura	Resina	100
	Endurecedor	50
Temperatura de Trabalho	Mistura	18-30°C
Tempo de uso	Mistura	10-15 min
Tempo de endurecimento	Mistura	1-3 h
Tempo de Cura	20°C	5 dias

Fonte: Redelease

Seguindo as especificações do fabricante, com o auxílio de um copo volumétrico, foi medida a relação de 100 por 50 partes por peso de resina e endurecedor.

A mistura foi homogeneizada antes de realizar a aplicação.

4.3.4 Laminação da Fibra

Inicialmente foi desposto sobre o molde seis camadas de desmoldante, Tec Glaze-N, Figura 15, de forma a segurar a retirada da mistura da fibra de sisal com a resina do molde.

Figura 15 -Desmoldante TecGlaze



Fonte: (Autoria Própria, 2018).

O desmoldante foi aplicado ao molde limpo, em movimentos circulares com o auxílio de um pano, foi repedida a aplicação 6 vezes no intervalo de uma hora e meia. Etapas recomendadas pelo fornecedor.

Logo em seguida em temperatura ambiente, foi aplicada a primeira camada da resina Epoxí, utilizando um pincel, seguida pela deposição do sisal na superfície coberta pela resina. Com o auxílio de um rolo, para melhor dispersar a resina junto ao sisal, evitando o aparecimento de bolhas. A resina foi aplicada novamente por cima da fibra de sisal, para garantir sua fixação e espessura adequada para estrutura,

Em seguida outra camada de sisal foi aplicada para preencher os espaços vazios da primeira aplicação.

Após a aplicação, a estrutura ficou em repouso por três horas, tempo de cura recomendado pelo fabricante. Após esse período a estrutura já apresenta uma certa rigidez, no entanto permanece em repouso pelo tempo necessário para a cura total.

O tempo total de cura são cinco dias, em temperatura ambiente e local seco, por fim após esse período a estrutura é considerada pronta e é retirada do molde.

5. RESULTADOS

5.1 MATERIAL

De acordo com os materiais estudados e os pontos considerados importantes para o desenvolvimento da estrutura, o material selecionado foi a fibra de sisal, pois este apresentou uma massa específica baixa, algo que não influenciaria no peso do veículo baixa o suficiente para alterar sua velocidade. Como é ilustrado na Tabela 9, onde mostra a matriz de decisão na qual o sisal apresentou as melhores características.

Tabela 9 - Matriz de decisão

Matriz de Decisão								
		Materiais						
Propriedades	Pesos	Fibra de Carbono	Fibra de Vidro	Fibra de Aramida	Fibra de Sisal	Fibra de Bananeira	Fibra de Curauá	Polipropileno
Massa específica	2	2	1	3	4	4	3	4
Resistência a tração	3	5	2	4	1	1	1	1
Módulo de elasticidade	2	5	3	4	1	2	1	1
Deformação na ruptura	4	1	3	2	4	4	5	5
Custo	3	1	1	1	5	3	3	2
Soma Total		36	29	37	44	40	40	39

Fonte: (Autoria Própria, 2018).

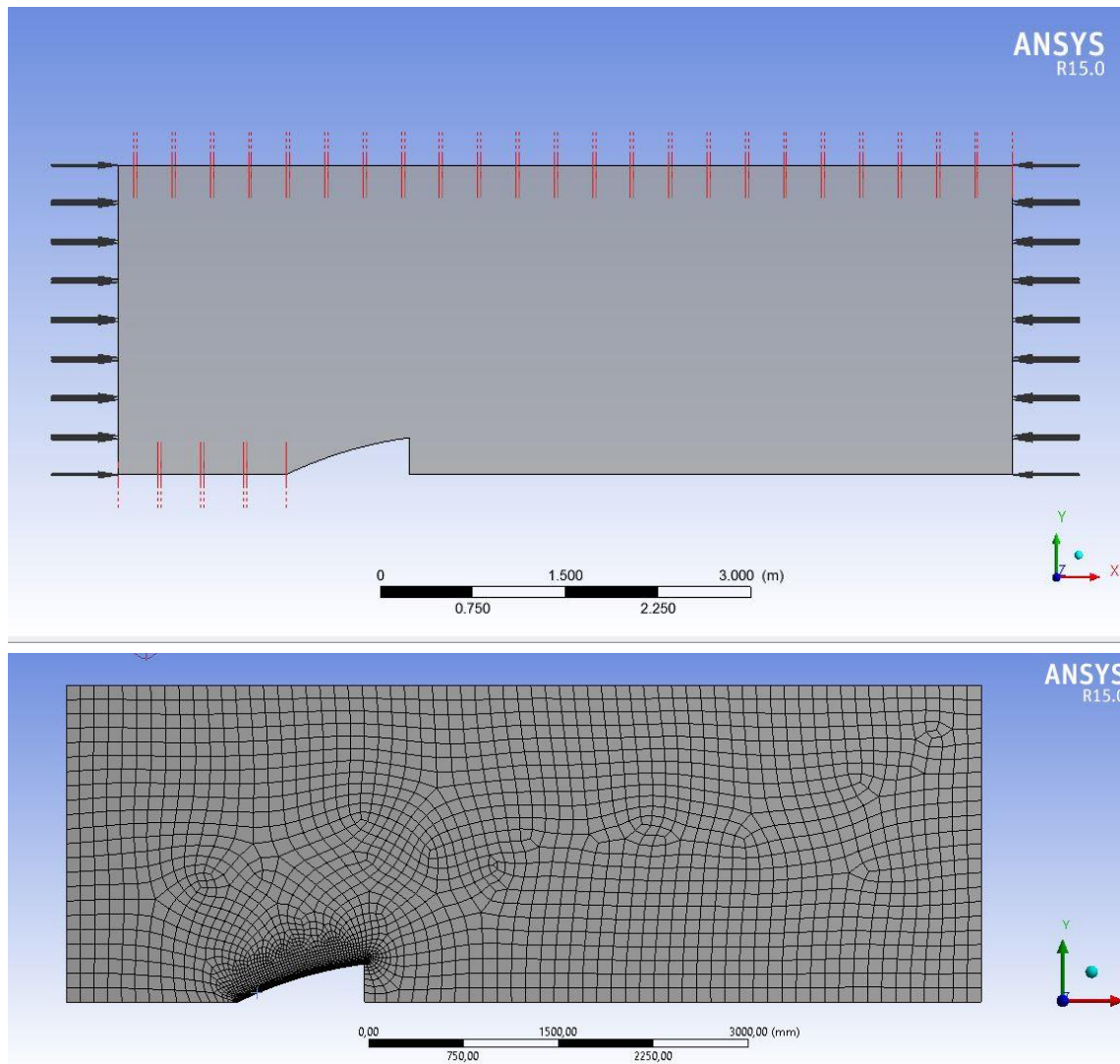
Possui resistência a tração, deformação na ruptura e módulo de elasticidade, adequados para as necessidades do carro e do teto, durante situações mais críticas, como em competições, assim como a massa específica, essas propriedades foram semelhantes a outras fibras naturais. Quando comparada com as fibras sintéticas, a de sisal não apresenta as melhores características, mas o fator decisivo para a sua seleção foi o custo e a sua abundância na região de Mossoró.

Fibras com melhores propriedades como de carbono, vidro e aramida apresentam custo muito elevado para o desenvolvimento de projeto.

5.2 SIMULAÇÃO

Através da simulação descrita na metodologia foi desenvolvidas as malhas mostradas na Figura 16 mostra o domínio do momento em que toda as condições de contorno foram aplicadas.

Figura 16 - Domínio do momento



Fonte: (Autoria Própria, 2018).

A partir das simulações desenvolvidas na metodologia, foi possível plotar o gráfico de curva polares de arrasto. Onde o C_d (coeficiente força de arrasto) mínimo foi de 0,04, e o máximo de 0,12.

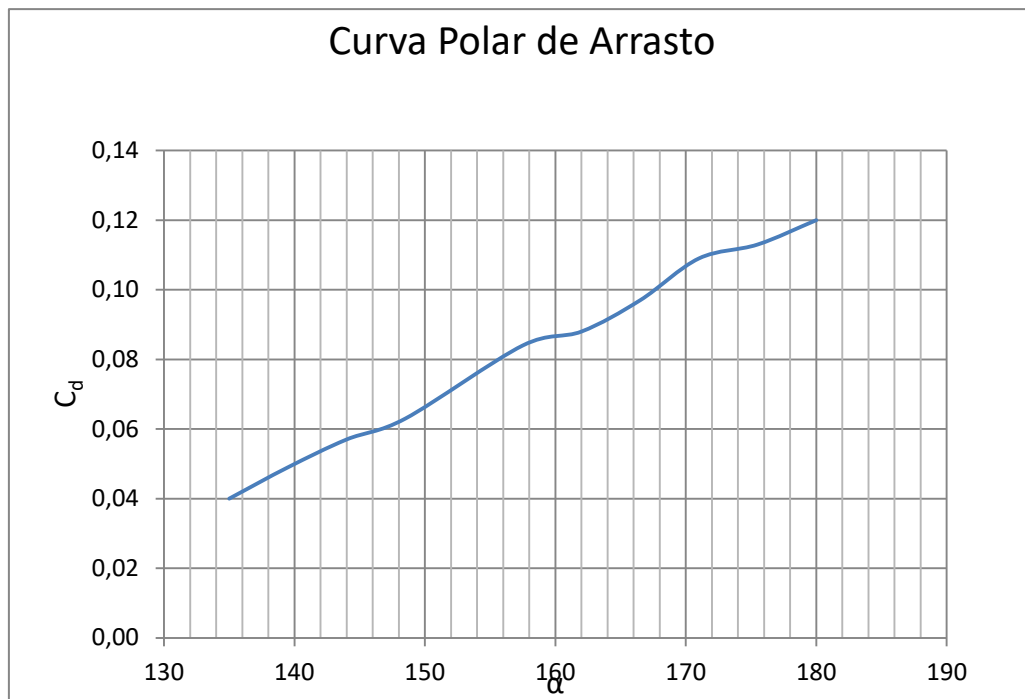
A curva apresenta a variação do coeficiente de arrasto em função da angulação do veículo, uma vez que este é submetido a inúmeras inclinações durante a competição. Ao analisar a curva de arrasto, percebe-se a ausência do arrasto parasita, isso é devido a não existência de forças de sustentação, presentes no estudo da aerodinâmica de aviões.

Segundo Çengel e Cimbala (2015) o coeficiente de arrasto é usado em várias áreas, os fabricantes automobilísticos enfatizam o baixo coeficiente de arrasto em seus veículos. Quanto mais robusto for o automóvel maior será o coeficiente de arrasto. O coeficiente pode ser relacionado ao consumo do carro, para veículos com carenagem há uma redução de vinte por cento do arrasto, resultando em uma redução de consumo de dez por cento.

Os coeficientes variam de acordo com o tamanho do carro, para veículos grandes como carretas é aproximadamente 1,0 para minivan 0,4 e carros de passageiros 0,3. Para comparar o estudo com o veículo Baja é preciso fazer algumas considerações. Primeiramente tomando como base o carro urbano com coeficiente de 0,3 iremos considerar o Baja como metade deste último, portanto apresentando um coeficiente de 0,15 (ÇENGEL e CIMBALA, 2015).

A partir dessa consideração, analisamos que a simulação apresentaria um erro de 20%, sendo este um valor aceitável para estudo, onde não é exigindo uma máxima precisão, uma vez que a estrutura do teto não causará grande influência no desenvolvimento do veículo. E para análise de volumes finitos precisões até 15% são consideradas boas, portanto é possível considerar o erro de 20% aceitável em virtude da situação estudada, onde simplificações foram realizadas para facilitar a obtenção de resultados significativos a partir dos equipamentos disponíveis, a Figura 17, mostra o gráfico curva polar de arrasto.

Figura 17 - Gráfico curva Polar de Arrasto

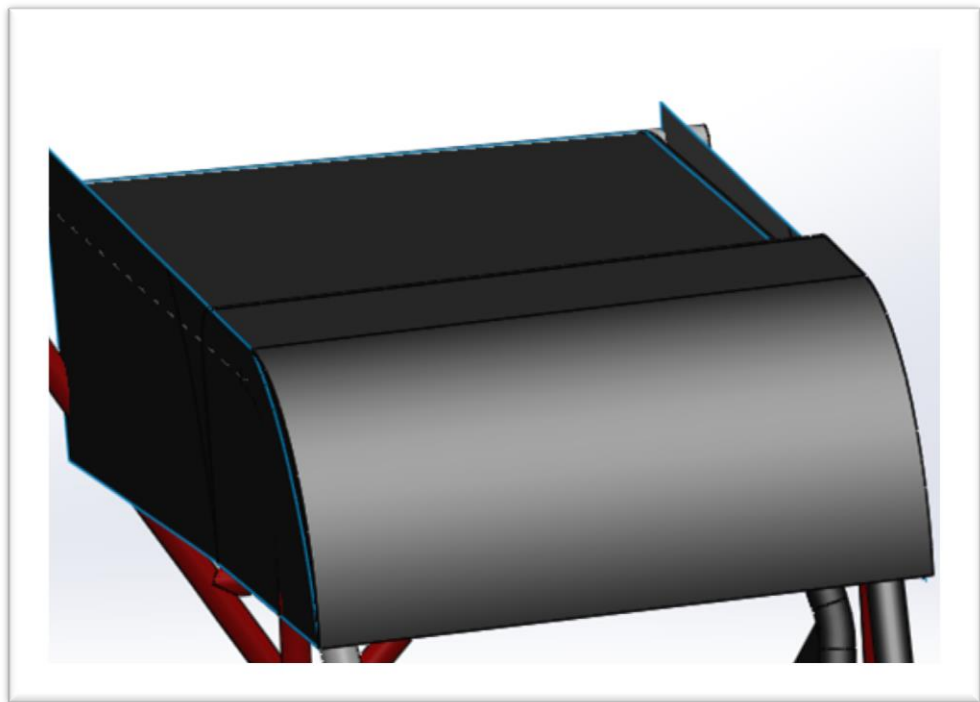


Fonte: (Autoria Própria, 2018).

5.3 CONSTRUÇÃO

Para atender as necessidades da equipe referentes ao baixo peso, elevada resistência a tração e compressão, design inovador que não alterasse significativamente a aerodinâmica do veículo. Para atender essas necessidades foram desenvolvidos quatro modelos básicos, dentre os quais o selecionado foi aprimorado e desenvolvido para enfim ser utilizado no protótipo da equipe. A arte dos modelos deverão ser melhor elaboradas quando a carenagem do protótipo for desenvolvida. Os modelos desenvolvidos são mostrados nas Figuras 18,19, 20 e 21.

Figura 18- Modelo 1



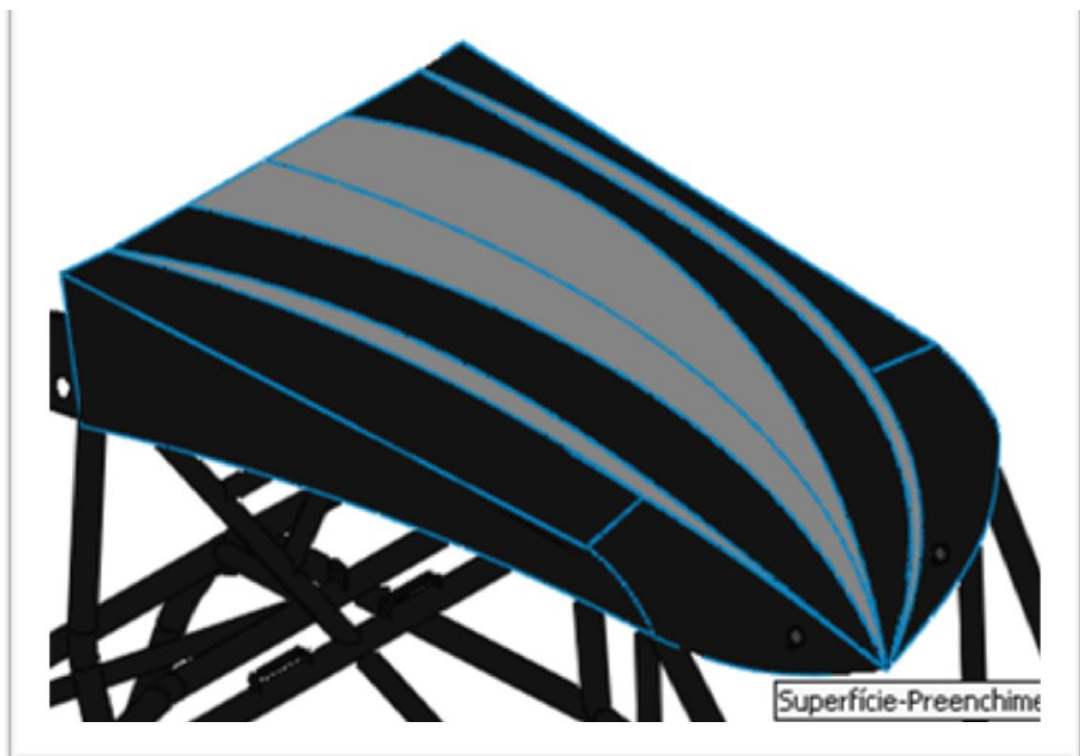
Fonte : (Autoria Própria, 2018).

Figura 19- Modelo 2



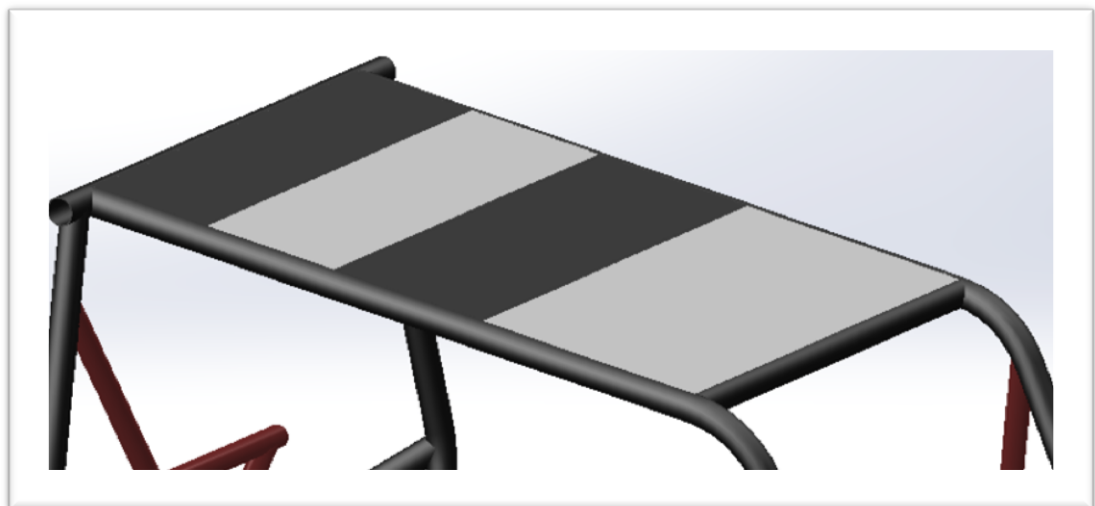
Fonte : (Autoria Própria, 2018).

Figura 20- Modelo 3



Fonte : (Autoria Própria, 2018).

Figura 21- Modelo 4



Fonte : (Autoria Própria, 2018).

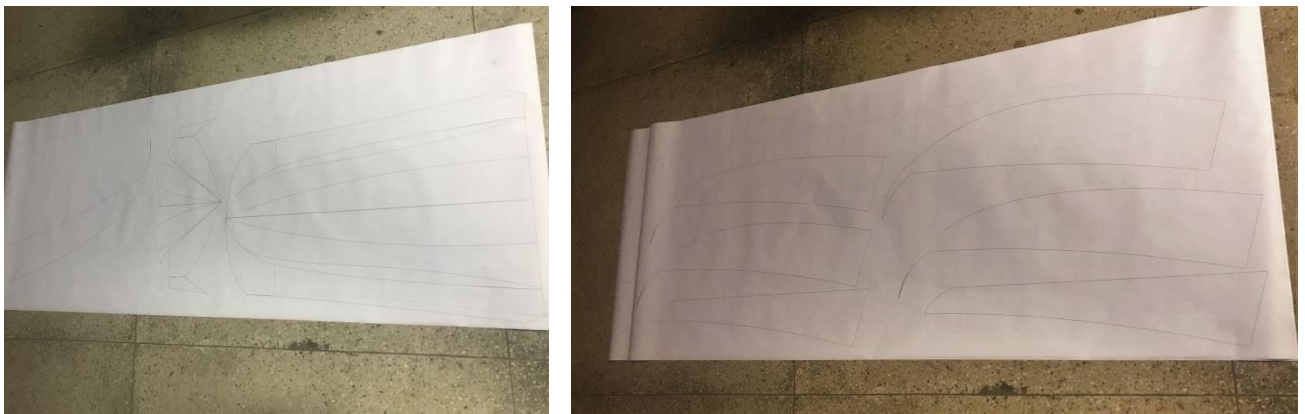
Dentre os modelos desenvolvido o quarto apresenta uma peculiaridade por se tratar de um teto que retrocederá podendo não ser utilizado, para ilustrar isso na Figura 21 suas partes são mostradas com cores alternadas.

O modelo selecionado foi três, uma vez que este apresentou o design mais inovador, e suas características mecânicas não diferiam muito dos outros modelos, além de se adequar aos requisitos impostos pela equipe.

O molde desenvolvido tomou como base as dimensões usadas na simulação, uma vez que o desenho original apresentavam curvas com características difíceis de serem reproduzidas usando a resistência para o corte do isopor. O ideal seria usar um molde de madeira, ou plástico utilizando processos como estampagem ou impressões em 3D. No entanto o uso desses processos acarretaria em custos mais elevados, não disponíveis para a confecção da estrutura.

Os gabaritos foram gerados através de software CAD e impressos em folhas A0, como mostra a Figura 22.

Figura 22 - Gabaritos



Fonte: (Autoria Própria, 2018).

Para obter a rigidez necessária para cortar o isopor os gabaritos de papel foram colados em papel como mostra a Figura 23.

Figura 23 - Gabaritos de papelão



Fonte: (Autoria Própria, 2018).

Após a preparação os cortes no isopor foram realizados como mostra a Figura 24 e 25.

Figura 24 - Corte das laterais



Fonte: (Autoria Própria, 2018).

Figura 25 - Corte frontal



Fonte: (Autoria Própria, 2018).

Antes da aplicação da resina e da fibra o desmoldante foi aplicado como mostra a Figura 26.

Figura 26 - Aplicação do desmoldante



Fonte: (Autoria Própria, 2018).

Seguindo as recomendações bibliográficas descritas na metodologia, foi possível obter um teto com uma estrutura compacta através da mistura de fibra de sisal com resina epóxi, apresentando uma resistência adequada para ser fixada a estrutura do veículo baixa a Figura 27 mostra o molde com a resina e a fibra.

Figura 27 - Cobertura completa com fibra de sisal



Fonte: (Autoria Própria, 2018).

No entanto não foi possível a sua retirada do molde, uma vez que não apresentou uma espessura grande o suficiente para sua retirada sem acarretar em danos para a estrutura. O ideal seria a aplicação de mais camadas de mistura para obter uma espessura suficientemente grossa, pois mesmo com o auxílio do desmoldante é necessário forçar a estrutura para sua retirada completa do molde.

Para obter uma estrutura com características mais homogêneas poderia ser utilizado a manta de sisal, uma vez que essa é de fácil aplicação e dispersão da resina, entretanto na região de Mossoró não foi possível obter o sisal na forma de manta.

A Figura 28 mostra o resultado obtido através da laminação da fibra de sisal e a resina epóxi, para validar os resultados da simulação seriam necessários testes usando túnel de vento para garantir as condições adequadas impostas no projeto, no entanto, a universidade não dispõe de um túnel de vento, e o mais próximo a região de desenvolvimento do estudo encontra-se a 400 km, na cidade de Natal, impossibilitando a validação dos resultados.

Figura 28 - Estrutura Finalizada



Fonte: (Autoria Própria, 2018).

O estudo desenvolvido neste trabalho foi prévio, sendo possível realizar estudos mais aprofundados sobre o tema, uma vez que o estudo de materiais apresenta uma infinidade de possibilidades para obter as características desejadas, para estudos futuros pode-se alterar as características do modelo

desenvolvido, além de alterar as frações dos constituintes dos compósitos e a combinando mais de um tipo de fibra para assim avaliar a relação do peso e da resistência da estrutura.

6. CONCLUSÃO

Foram estudadas inúmeras fontes bibliográficas para determinar quais materiais se adequariam nas necessidades impostas pela equipe. O estudo se deu com embasamento na massa específica, resistência a tração e compressão, pois essas propriedades poderiam acarretar mudanças prejudiciais ao veículo durante as competições, a seleção do sisal foi devido a sua fácil obtenção na região, seu preço e suas propriedades físicas.

Foram desenvolvidas quatro tipos de estrutura e teto selecionado foi o que apresentou um perfil com o melhor design e inovação. No entanto durante sua confecção surgiram dificuldades para executar seu perfil detalhadamente.

A simulação foi realizada na estrutura selecionada e apresentou as características esperadas para o perfil utilizado, mostrando coeficientes de arrasto semelhantes ao esperado pela teoria.

Assim foi construído o teto do veículo Baja usando fibra de sisal. O trabalho desenvolvido apresentou estudos em diferentes pontos para a o desenvolvendo do teto, podendo ser utilizado com fonte para aprimorar a construção e uma futura implementação no veículo.

7. REFERÊNCIAS

ANDRADE, S. **Compósitos I: Materiais, Processos, Aplicações, Desempenhos e tendências**. [S.l.]: Ed. ABMACO, 2008.

AZEVEDO, Á. F. M. **MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS**. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2003.

BEZERRA, Y. S. D. F.; NEVES, E. MÉTODO DOS VOLUMES FINITOS: UMA ABORDAGEM PRÁTICA E APLICAÇÃO EM PROBLEMAS DE DIFUSÃO TÉRMICA COM MATLAB. : **Revista Cultura e Científica do UNIFACEX**, v. 11, 2013. ISSN ISSN.

BRONZE, R. A. **ESTUDO COMPARATIVO: USO DO SISTEMA DE FIBRAS DE CARBONO E SISTEMA CONVENCIONAL PARA REFORÇO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

BRUNELLI, D. D. **Materiais Compositos Polímericcos**. São José dos Campos : ITA, 2014.

CARNEIRO, L. A. V.; TEIXEIRA, A. M. A. J. **Propriedades e características dos materiais compósitos poliméricos aplicados na Engenharia de Construção**. São Paulo: CT , 2008.

CARVALHO, A. C. **Fabricação e caracterização de compósitos à base de resina epóxi e fibras de bananeira**. São João do Del-Rei: UFSJ, 2015.

CARVALHO, R. M. D.; KUBOTA, L. T.; ROHWEDDER, J. J. Fibras de carbono: aplicações em eletroanalítica como material eletródico. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, Agosto 1999. ISSN 4.

ÇENGEL, Y. A.; CIMBALA, J. M. **Mecânica Dos Fluidos - Fundamentos e Aplicações**. 3ª. ed. [S.l.]: Bookman, 2015.

COUTO, S. M. et al. Determinação da força de arrasto e da velocidade terminal de frutos de café pela técnica de elementos finitos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, p. 274-283, Fevereiro 2004.

DAMARI. Polipropileno. **Damari**, 2016. Disponível em: <<http://www.damari.com.br/placa-polipropileno>>. Acesso em: 24 Março 2018.

DHAKAL, S.; GOWDA, K. B. S. **An Experimental Study on Mechanical properties of Banana Polyester Composite**. Mysore: Elsevier, 2016.

DIPROTEF. Fibra de Carbono. **Diprotec**, 2016. Disponível em: <<http://www.diprotec.com.br/produto/fibra-de-carbono/>>. Acesso em: 15 Março 2018.

FILHO, J. D. A. M. **DURABILIDADE QUÍMICA E TÉRMICA E COMPORTAMENTO MECÂNICO DE COMPÓSITOS DE ALTO DESEMPENHO REFORÇADOS COM FIBRAS DE SISAL**. Rio de Janeiro: COPPE, 2012.

GEHLEN, L. R. **EFEITO DA UTILIZAÇÃO DE FIBRAS LIGNOCELULÓSICAS (AÇAÍ E CURAUÁ) EM COMPÓSITOS COM MATRIZ DE RESINA POLIÉSTER INSATURADO**. Curitiba: UFPR, 2014.

GIACCHINI, B. L. **Uma breve introdução ao Método dos Elementos Finitos**. Belo Horizonte: UFMG, 2012.

GOMES, H. C. **Métodos dos Elementos Finitos com Fronteiras Imersas aplicado a Problemas de Dinâmica dos Fluidos e Interação Fluido-Estrutura**. São Paulo: USP, 2013.

GOMES, T. S.; VISCONTE, L. L. Y.; PACHECO, E. B. A. V. **Substituição da Fibra de Vidro por Fibra de Bananeira em Compósitos de Polietileno de Alta Densidade. Parte 1. Avaliação Mecânica e Térmica**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2012.

KUMRE, A.; RANA, R. S.; PUROHIT, A. Review on mechanical property of sisal glass fiber reinforced polymer composites. **5th International Conference of Materials Processing and Characterization (ICMPC 2016)**, Bhopal, n. Elsevier, 2016.

LEBRÃO, G. W. **FIBRA DE CARBONO**. Mauá: Revista Plástico Sul, 2008.

LI, Q.; LI, Y.; ZHOU, J. **A micromechanical model of interfacial debonding and elementary fiber pull-out for sisal fiber-reinforced composites**. Shanghai: Elsevier, 2017.

LIMA, A. F. **SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE POLIPROPILENOS MODIFICADOS COM DIOLEFINAS**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2015.

LOPES, F. P. D. **ESTUDOS ADICIONAIS DOS COMPÓSITOS POLIMÉRICOS REFORÇADOS POR FIBRAS DE CURAUÁ**. CAMPOS DOS GOYTACAZES: UENF, 2011.

LUZ, S. M. D.; GONÇALVES, A. R.; DEL'ARCO JR, A. P. Microestrutura e propriedades mecânicas de compósitos de polipropileno reforçado com celulose de bagaço e palha de cana. **Rio J.**, Rio de Janeiro, v. 11, 2006. ISSN 02.

- MARINUCCI, G. **Materiais Compósitos Poliméricos: Fundamentos e Tecnologia**. São Paulo: Artliber Editora: [s.n.], 2011.
- MARINUCCI, G. **Desenvolvimento e inovação em materiais compósitos poliméricos**. São Paulo : IPEN/USP, 2012.
- MARTIN, A. R. et al. **Caracterização Química e Estrutural da Fibra de Sisal da Variedade Agave Sisalana**. São Carlos: Polímero: Ciência e Tecnologia, v. 19, 2009.
- MOHAIMAN, et al. **Carbon Fiber Reinforced Polymer**. Santa Rosa : anta Rosa Junior College, 2014.
- MORASSI, O. J. **Polímeros termoplásticos, termofixos e elastômeros**. São Paulo: Conselho Regional de Química, 2013.
- MOREIRA, A. M. **Materiais Compositos**. Tomar: Instituto Politécnico de Tomar, 2009.
- MOREIRA, A. M. **Materiais de Construção I: Materiais Compósitos**. Tomar: Departamento de Engenharia Civil, Instituto Politécnico de Tomar., 2009.
- MUNIZ, A. R. **Desenvolvimento de um Método de Volumes Finitos de Alta Ordem para a Simulação de Escoamentos de Fluidos Viscoelásticos**. Porto Alegre: UFRS, 2003.
- NEIRA, D. S. M. **DESENVOLVIMENTO DE UM COMPÓSITO DE ESPUMA RÍGIDA DE POLIURETANA DE MAMONA E FIBRAS DE SISAL PARA ISOLAÇÃO TÉRMICA**. Natal: UFRN, 2011.
- OLIVEIRA, J. F. D. S. **Plásticos Reforçados a Base de Tecidos Híbridos: Efeits da Anisotropia e Gerometria Normativa na Caracterização Mecânica e da Fratura**. Natal: UFRN, 2013.
- PINHO, F.; OLIVEIRA, P. J. **A METODOLOGIA DOS VOLUMES FINITOS APLICADA À REOLOGIA COMPUTACIONAL: I- INTRODUÇÃO**. Porto: [s.n.], 2001.
- RAZERA, I. A. T. **Fibras lignocelulósicas como agente de reforço de compósitos de matriz fenílica e lignofenólica**. São Carlos: USP, 2006.
- ROISEMAN, P. L.; GOLDENSTEIN, P. N. **Estudo de Materiais Alternativos para Utilização como Novos Materiais Geotécnicos - Aplicabilidade de Fibras Naturais de Curauá como Reforço de Solo**. Rio de Janeiro: Puc Rio, 2012.
- SANTOS, F. R. S. D. **Desenvolvimento e aplicação de compósitos à base de matriz polimérica reforçado com fibras de curauá (Ananás erectifolius) e resíduos de madeiras amazônicas**. Manaus: UFAM, 2013.

SAVASTANO JUNIOR, H.; PIMENTE, L. L. **VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE FIBRAS VEGETAIS PARA FINS DE OBTENÇÃO DE MATERIAL DE CONSTRUÇÃO**. Campina Grande : UFCG, 2000.

SCREMIN, A. **Apostila Elementos Finitos**. Curitiba: UFPR, 2017.

SILVA, H. P. D. **COMPORTAMENTO MECÂNICO DE COMPÓSITOS DE FIBRA DE VIDRO/EPOXY NANO-REFORÇADOS**. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2014.