

## 5 Produção dos modelos físicos para testes de uso

### 5.1.

#### Metodologia empregada na produção dos modelos físicos

Para a confecção de produtos físicos que possuem várias partes a serem montadas é necessário à utilização de um “gabarito”. Sua utilização é muito difundida na indústria e vamos primeiro começar por entender sua importância e necessidade de utilização na confecção de produtos. Os gabaritos são empregados nas mais diversas indústrias de transformação, na produção de produtos que necessitam de dimensionamento constante e preciso na montagem de partes e peças na sua confecção. Eles também são importantes na indústria para propiciar o aumento da capacidade e quantidade de confecção de produtos em uma linha de produção. Os gabaritos abrigam componentes e estruturas, que necessitam de algum tipo de intervenção mecânica de transformação, se mantenham em posição fixa, definida na fase de desenvolvimento do produto, mantendo as dimensões físicas fieis às dimensões estipuladas nos desenhos técnicos. Sua aplicação se estende a diversos ramos que vão desde a indústria do agronegócio à aeroespacial. Sua importância pode ser constatada também ao se verificar que o estudo dos gabaritos se faz presente nos conteúdos programáticos de cursos de engenharia de produção.

No Brasil temos, como exemplo, a Embraer que em 2008, foi responsável por cerca de 2% de todas as exportações do país, o que representa cerca de US\$ 5 bilhões (BRASIL, 2009).



Figura 193 - Gabarito para fabricação de cadeira estudantil



Figura 194 - Gabarito para fabricação de cadeira



Figura 195 - Gabarito para fabricação de estrutura metálica

A empresa utiliza uma metodologia de produção minuciosa e lança mão das mais modernas tecnologias que incluem a utilização de gabaritos na linha de produção. A importância do emprego de todo aparato tecnológico se intensifica pela tendência contínua e crescente da entrada da empresa em novos mercados de aviação (EMBRAER, 2008, 2009) e o lançamento de novos produtos. Nesse contexto, oportunidades para melhorar a competitividade da indústria aeronáutica brasileira são particularmente relevantes, principalmente com o ingresso de novos concorrentes diretos no mercado de aviação comercial. A importância do gabarito aumenta quanto maior for à necessidade de precisão, principalmente em produtos que necessitem de montagem por parafusos, solda ou cabos, este último método utilizado na confecção da Cadeira de Rodas *Tensegrity*.



Figura 196 - Embraer 196



Figura 197 - Gabarito do avião Embraer 190



Figura 198 - Gabarito do avião Embraer 190 - 2



Figura 199 - Linha de montagem automotiva

## 5.2

### Produção do gabarito da cadeira de rodas *tensegrity*

O gabarito da cadeira de rodas *tensegrity* foi fabricado nas oficinas de metal e madeira de Escola de Belas Artes da UFRJ (Fig. 200) e para essa etapa foi usada como base a cadeira de rodas ortostática (Fig. 201), que foi desenvolvida por cinco anos em parceria com a empresa Sportotec. A empresa, por sua vez, submetia seus projetos para avaliação dos profissionais do CVI/PUC – Centro de Vida Independente - que se dedica, entre outros benefícios, a avaliar padrões antropométricos para

proporcionar produtos adaptados aos usuários, oferecendo maior qualidade de vida. A propósito, estudos antropométricos e conceitos de usabilidade devem ser sempre apropriados à população local prevendo os padrões físicos e culturais dos usuários. Por muito tempo no Brasil se desenvolvia projetos e produtos com padrões de outros países.



Figura 200 - Oficina UFRJ

Figura 201 - Estrutura rígida e móvel da cadeira de rodas ortostática



Figura 202 - Ortostática: usuário em pé

No Brasil, na década atual, temos algumas pesquisas antropométricas da população brasileira, como as realizadas pela Petrobrás em conjunto com o INT – Instituto Nacional de Tecnologia. No anexo desse texto se encontra disponibilizado um relatório realizado pelo INT que descreve o desenvolvimento de uma cadeira de rodas onde se observa todas as questões projetuais mecânicas e ergonômicas que também foram preconizadas no desenvolvimento da cadeira de rodas ortostática. Portanto, a estrutura do encosto/assento/ apoio dos pés da cadeira de rodas ortostática foi escolhida como base no desenvolvimento do gabarito, pois é capaz de oferecer um modelo de teste seguro e apropriado ao uso, e como abordado, consagra todos os conceitos necessários de adaptação aos padrões antropométricos. Vale reforçar que a importância do modelo de testes se dá pela necessidade de realização de testes com usuários, na efetivação nos estudos de pesquisa, bem como, suporte principal na comprovação, ou não, das hipóteses colocadas e objetivos propostos dessa pesquisa. Dessa forma, a produção de um modelo de testes é essencial para o escopo e objetivo primordial dessa pesquisa.

**Primeira etapa: confecção da sustentação do conjunto de uso – encosto/assento/apoio dos pés.**

Essa etapa de confecção do gabarito teve início com o aproveitamento do conjunto do encosto/assento/apoio dos pés da cadeira ortostática, que foi denominado para a pesquisa como “conjunto de uso” (Fig. 203).

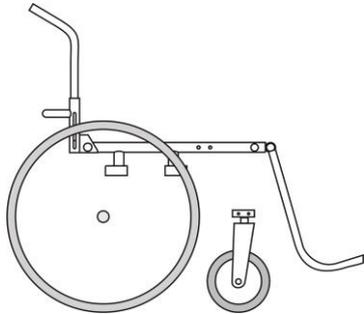


Figura 203 - Vista Lateral do conjunto de uso aproveitado da Cadeira Ortostática



Figura 204 - Conjunto de uso virtual



Figura 205 - Conjunto de uso da cadeira de rodas ortostática

Esta etapa consistiu em criar o suporte em madeira do conjunto de uso (Fig. 206). A estrutura além de ser o suporte ao conjunto de uso também é o local onde todos os artefatos da cadeira são fixados como, os apoios das rodas, tanto dianteiras quanto traseiras, freios, batentes, entre outros. Existe uma diferença do conjunto de uso projetado (Fig. 204) virtualmente com relação ao que foi aproveitado para o modelo de testes (Figs. 203 e 205). Essas diferenças são secundárias e não acarretam nenhum problema nos testes.

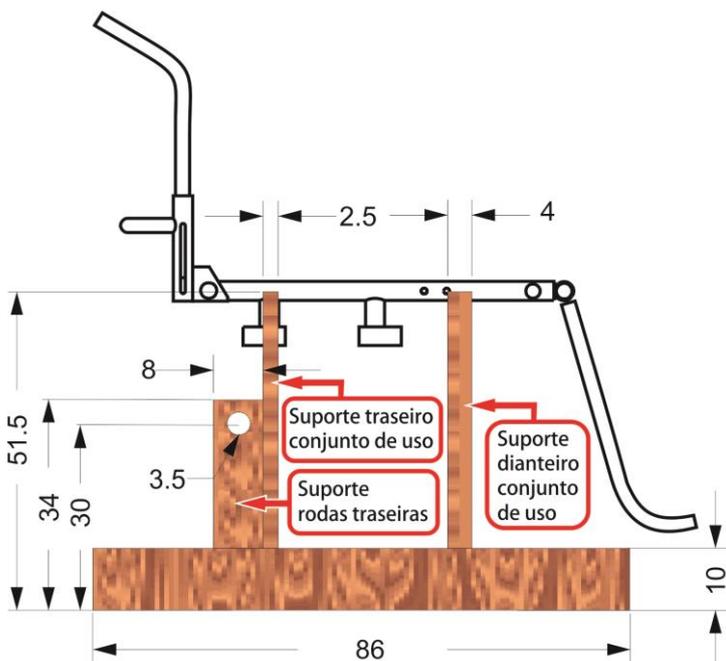


Figura 206 - Desenho técnico do gabarito para o suporte do conjunto de uso

As demais partes da cadeira ortostática, como o chassi e o sistema de elevação, que se encontram destacado em vermelho na Figura 207, não foram aproveitadas, pois exatamente a parte destacada em vermelho foi substituída pela estrutura *tensegrity* de bambu (Fig. 208).

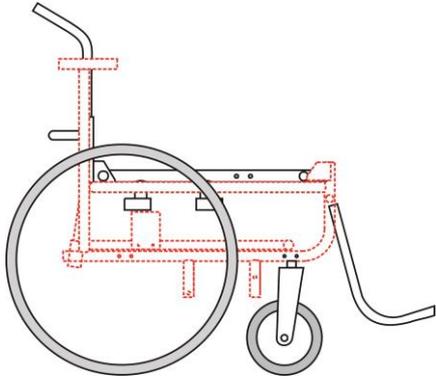


Figura 207 - Ortostática: chassi com o sistema de elevação

A produção do modelo de teste se dá inicialmente pela confecção do gabarito que é suporte na montagem das hastes de bambu mantendo a estrutura íntegra no posicionamento com dimensões adequadas no momento do cabeamento. No mesmo sentido, permite aferir os distanciamentos dos cabos de aço da estrutura *tensegrity* verificando possíveis torções e deformações da estrutura que inviabilizaria seu uso. Como se escolheu a madeira que proporciona maior facilidade de manipulação por não necessitar de alta tecnologia e grande maquinário na montagem e ajustes. A madeira proporciona também a mesma fidelidade estrutural se comparada a estruturas metálicas, por exemplo, por ser um material com alta estabilidade dimensional quando seco e sujeito a temperatura ambiente.



Figura 208 - Conjunto de uso com estrutura *tensegrity*

A primeira etapa da confecção do gabarito foi a criação da base em madeira (Figs. 209 e 211) nas mesmas dimensões de perímetro externo da cadeira ortostática. De forma que os suportes poderiam ser fixados alinhados aos tubos de metal do assento e demais partes.

Para essa etapa foram realizadas diversas medições (Fig. 210) para dimensionar o perímetro da base que também deve prever o espaço para o encaixe das rodas dianteiras.



Figura 209 - Gabarito: Criação da base de madeira



Figura 210 - Gabarito: Medições para confecção da base

A base em madeira foi montada e esquadrihada com todos os cantos em noventa graus e fixados por cantoneiras de metal que promoveram a unidade e integridade da estrutura, (Fig. 212). A espessura ( $e$ ) da madeira utilizada para a base foi a mesma dos tubos de duralumínio dos tubos de metal do assento, (Fig. 212). Os tubos possuem uma polegada de diâmetro ou 25,4 mm.

A posição da madeira escolhida foi a vertical, com altura ( $h$ ) escolhida de 4 polegadas, cerca de 100 mm, que proporciona maior superfície de fixação e amarração das partes de suporte que viriam a ser acopladas na base.



Figura 211 - Gabarito: Base esquadrihada



Figura 212 - Gabarito: União da base com cantoneiras

Foram definidos quatro apoios para os tubos do assento, dois na parte na parte dianteira (Fig. 213) e dois na parte traseira. Dessa forma, o conjunto do encosto/assento /apoio dos pés está bem assentado e equilibrado.

Nas extremidades superiores dos apoios dianteiros foram feitas concavidades que proporcionaram o encaixe perfeito dos tubos do

assento, conforme Figura 214. Essas concavidades evitam que os tubos se movam lateralmente, mantendo-se alinhados e facilitando a medição e aferição das partes subsequentes a serem montadas.

Nas hastes de suporte dianteiras foi acoplada uma amarração transversal na parte superior para evitar a movimentação lateral e manter o mesmo distanciamento da parte inferior evitando-se o desajuste da estrutura, conforme indicado pela seta branca na Figura 215.

Outro ponto importante de suporte que foi inserido no gabarito são os apoios das rodas traseiras, indicado com seta brancas na Figura 216.



Figura 213 - Gabarito: Apoios dianteiros do conjunto de uso



Figura 214 - Gabarito: Encaixe côncavo dos tubos



Figura 215 - Gabarito: Amarração transversal das hastes de suporte dianteiras



Figura 216 - Gabarito: Parte de sustentação das rodas traseiras

Esses apoios devem estar perfeitamente ajustados nas medidas de altura e posicionamento lateral, pois as rodas são os elementos motrizes da cadeira e seu posicionamento deve estar perfeitamente ajustado com a posição do ombro e dos braços do usuário para aumentar a performance no momento de colocar a cadeira em movimento e, principalmente, evitar lesões articulares dos ombros e dos membros superiores. A última parte que sustenta o conjunto do encosto do gabarito, fechando o apoio de quatro pontos definidos para o conjunto de uso são as duas hastes na parte traseira, conforme indicado pelas setas brancas na Figura 217.



Figura 217 - Gabarito: Apoios traseiros dos tubos do assento

Para finalizar essa etapa da confecção do gabarito da parte de sustentação do conjunto de uso foram feitas marcações de posicionamento para relacionar as partes em suas posições definidas. Assim, o conjunto pode ser removido e recolocado sempre na posição correta.

Na Figura 218 observa-se o resultado da primeira etapa. A próxima etapa é a da confecção do suporte dos bambus da estrutura *tensegrity*.

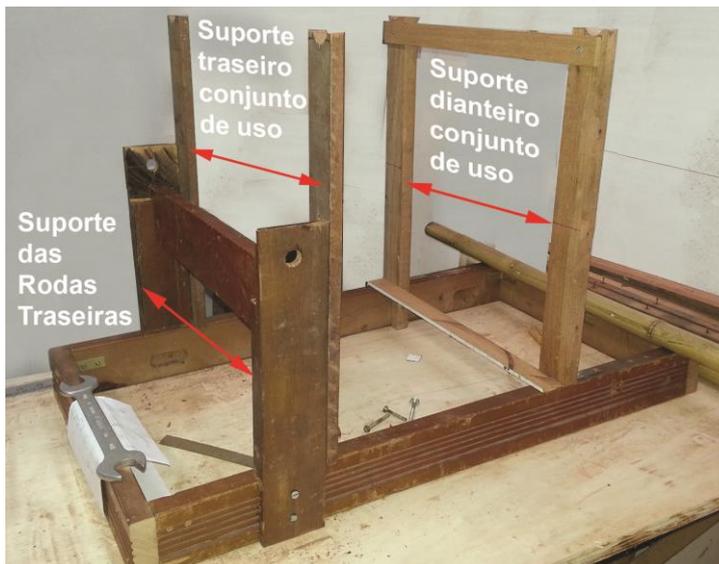


Figura 218 - Gabarito com suporte do conjunto de uso montado

Nesta etapa, diferentemente da etapa anterior que se baseou em um modelo físico, foi necessário seguir um modelo virtual 3D da estrutura *tensegrity* desenvolvida em programas computacionais gráficos CAD e de modelagem 3D como do SolidWorks e Rhinoceros. Essa tecnologia computacional permite, além de outras funções que são aproveitadas nesse projeto, converter fidedignamente todas as informações obtidas de forma virtual da estrutura em desenho técnico com medidas e posicionamentos exatos.



Figura 219 - Estrutura *tensegrity* com conjunto de uso

Abaixo, imagem da estrutura *tensegrity* criada virtualmente a ser seguida na montagem, Figura 220.

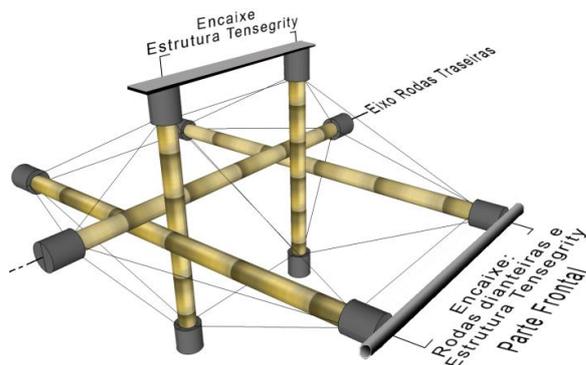


Figura 220 - Imagem virtual da estrutura *tensegrity*

O desenho técnico (Figs. 221 e 222) aliado à construção da primeira etapa, de sustentação do conjunto de uso, proporcionou o desenvolvimento da segunda etapa de confecção da estrutura *tensegrity*. O que também ratificou a importância da sequência de construção do gabarito definida no início do projeto.

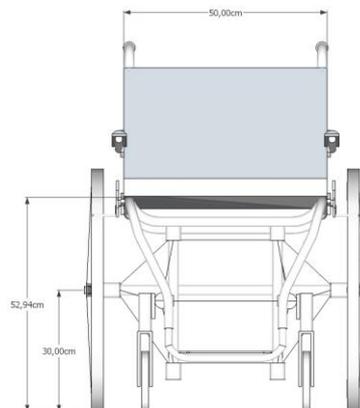


Figura 221 - Vista frontal - cadeira de rodas *tensegrity*

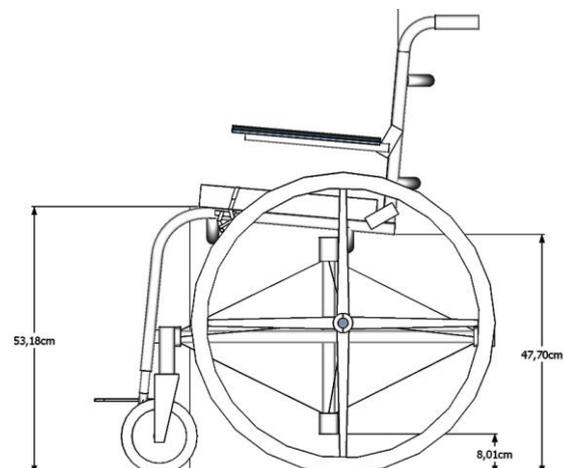


Figura 222 - Desenho técnico cadeira de rodas *tensegrity* – vista lateral

Após definidas as medidas e posicionamentos conforme o desenho técnico foi iniciado a confecção física do gabarito das partes que são os suportes dos bambus da estrutura *tensegrity*. Essa etapa antecede a montagem final dos cabos. Portanto, é extremamente importante que seja realizada dentro das especificações estipuladas.

Primeiro é necessário identificar as partes denominando-as para facilitar as explicações que se sucedem. Fig. 224.

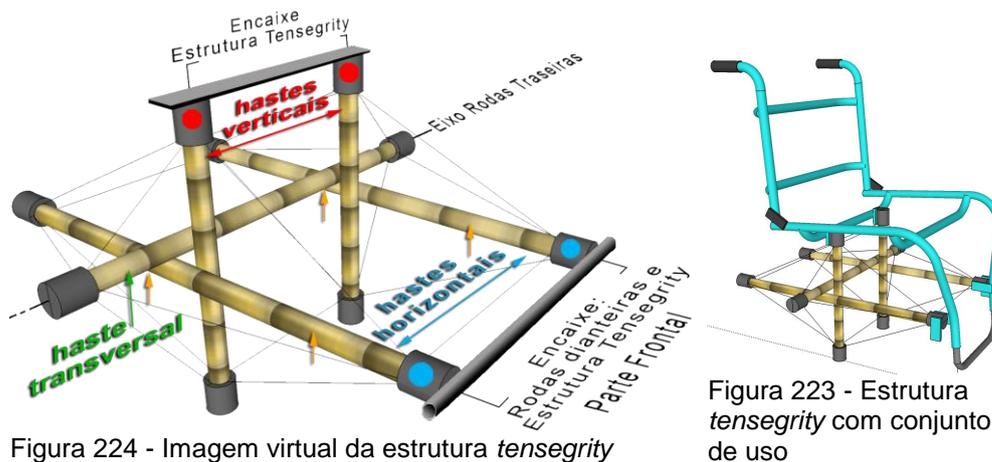


Figura 224 - Imagem virtual da estrutura *tensegrity*

Figura 223 - Estrutura *tensegrity* com conjunto de uso

O primeiro suporte para a estrutura *tensegrity* de bambu foi feito na parte frontal do gabarito, conforme indicado pela seta branca da Figura 225 e apoiam as duas hastes horizontais de bambu, que estão indicadas na Figura 225 com setas azuis. Na parte frontal das hastes horizontais também se encontram as fixações das rodas dianteiras, indicada por bolas azuis na Figura 224. O segundo suporte das hastes horizontais está na parte posterior da cadeira e indicado com a seta branca na Figura 226. A localização dos quatro suportes está indicada com setas laranja, conforme Figura 224. Este suporte posterior das hastes horizontais também serve de suporte da haste transversal.



Figura 225 - Haste horizontal



Figura 226 - Haste transversal (indicado em verde) e suporte (indicado em branco)

A haste transversal é única, ou seja, não possui duplicata paralela conforme as hastes verticais e horizontais. A haste transversal está indicada na Figura 224 pela seta verde e na Figura 226, indicada pela seta branca. Esta haste transversal possui uma função fundamental na estrutura que é servir de eixo e conexão das rodas traseiras.

Para os dois tubos restantes, que estão verticalmente situados na estrutura, foi feito um suporte com encaixe na parte inferior da base do gabarito com dois furos cilíndricos para manter as hastes em sua posição vertical, conforme indicado na Figura 227 com as setas vermelhas.

As hastes verticais também servem como conexão da estrutura *tensegrity* com o conjunto de uso que é composto do encosto/assento/apoio dos pés

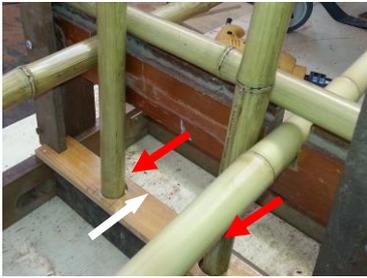


Figura 227 - Hastes verticais

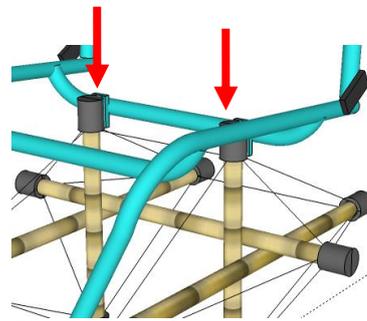


Figura 228 - Conexão estrutura *tensegrity* com conjunto de uso



Figura 229 - Gabarito pronto com as cinco hastes posicionadas



Figura 230 - Gabarito montagem



Figura 231 - Gabarito montagem 2

A partir desse momento, com as hastes posicionadas e com os suportes do conjunto de uso prontos a próxima etapa foi a confecção dos acabamentos das hastes e conexões das rodas, todos metálicos.

### 5.3

#### Produção dos acabamentos metálicos e montagem dos bambus

A estrutura *tensegrity* é composta de partes montadas que possuem finalidades e materiais diferentes. Cada um com sua função e resistência. Nas extremidades de cada haste de bambu são acoplados acabamentos metálicos que possuem algumas funções. Os acabamentos são confeccionados de tubos de aço carbono de 1' ¼" ou cerca 313 mm.



Figura 232 - Corte dos tubos de 1' ¼"



Figura 233 - Tubos cortados



Figura 234 - Tubos conexão com tampas soldadas

A primeira etapa é a de corte dos tubos (Fig. 232) que dependendo da extremidade e função possui uma dimensão e forma diferente (Fig. 233) e a segunda etapa é a soldagem (Figs. 234 e 235). Das dez conexões, quatro são menores e possuem as funções de batente e acabamento dos bambus (Fig. 235) e estão indicados com setas vermelhas na Figura 236.

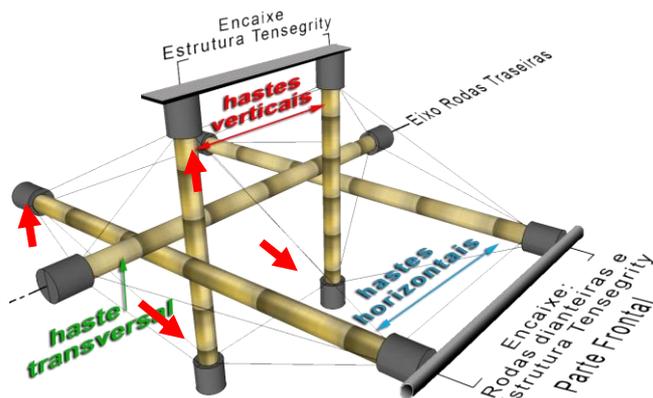


Figura 236 - Imagem virtual da estrutura *tensegrity*



Figura 235 - Conexão dos cabos

As quatro conexões menores, indicadas com setas vermelhas na Figura 236, possuem quatro pequenas chapas metálicas, que são as presilhas de engate dos cabos de aço. As conexões possuem duas funções, uma de revestimento e proteção das extremidades das hastes de bambu e outra de conexão dos cabos tensionados.

Os demais acabamentos, além dessas funções acima citadas, possuem outra função como as conexões das extremidades da haste transversal que são também encaixes das rodas traseiras. Estas são alongadas para melhor acoplamento ao bambu e com furos para engate com os eixos das rodas traseiras (Fig. 237).

Como todos os acabamentos esses das rodas traseiras possuem quatro pequenas chapas com furo para engate dos cabos. Além disso, possuem dois terminais aparafusados que prendem os encaixes dos eixos das rodas traseiras, indicados com a seta branca na figura 237.



Figura 237 - Conexão da roda traseira



Figura 238 - Conexão da roda dianteira

Nas extremidades frontais das hastes horizontais estão os encaixes das rodas dianteiras e também os encaixes entre a estrutura *tensegrity* e o conjunto de uso em duralumínio, conforme Figuras 239 e 240. Assim, para essas extremidades foram feitos acabamentos para encaixe com as rodas dianteiras por chapas metálicas soldadas, conforme Figura 238.



Figura 239 - Acabamento das hastes horizontais com encaixe do conjunto de uso



Figura 240 - Acabamento das hastes finalizado

Agora nas extremidades das hastes verticais estão os encaixes com a estrutura do conjunto de uso, Figura 242. Esses encaixes estão no centro gravitacional da cadeira e recebem diretamente o peso do usuário. Mesmo o peso sendo dividido e absorvido pela estrutura *tensegrity* esse local é o mais vulnerável no primeiro momento de uso e teve uma atenção especial para evitar algum problema com relação a segurança do usuário.

Esse acabamento sofreu uma mudança formal em relação ao modelo virtual devido a configuração do assento usado ser diferente do projetado, conforme Figura 243, não acarretando nenhum problema com relação à segurança da estrutura.

Essas hastes também são alongadas para acoplar o bambu com justeza evitando-se desarranjos na estrutura que poderiam causar prejuízos nos ajustes finos prejudicando os testes e causando problemas de segurança ao usuário, vide setas vermelhas na Figura 241. Os acabamentos que unem a estrutura *tensegrity* ao conjunto de uso de duralumínio, que estão na parte superior das hastes verticais (Fig. 244) e na parte frontal das hastes horizontais (Fig. 245), foram soldados distanciadores para manter a estrutura estável e aumentar a segurança dos usuários nos testes práticos.



Figura 243 - Acabamento das extremidades das hastes verticais



Figura 244 - Distanciador das hastes verticais



Figura 245 - Distanciador das hastes horizontais



Figura 246 - Gabarito montado com hastes e conexões de metal

Essa fase da fabricação do gabarito foi concluída com sucesso. Todas as hastes de bambu posicionadas e todos os acabamentos finalizados e posicionados, a estrutura *tensegrity* está pronta para ser cabeada. (Fig. 246)

#### 5.4.

### Cabeamento e finalização do modelo de testes da cadeira de rodas *tensegrity*

Com todos os componentes montados no gabarito a etapa final de cabeamento foi iniciada, que consiste em ligar as extremidades por cabos de aço para tensionar toda a estrutura, obtendo-se um sistema capaz de sustentar pesos e resistir a esforços mecânicos que foi o objetivo da investigação, tanto para a avaliação dos testes práticos quanto para comprovar a utilidade da estrutura *tensegrity* como elemento físico capaz de substituir uma estrutura rígida soldada de duralumínio ou aço. O cabo de aço (Fig. 248) definido tem espessura de 1/16" (polegadas) ou 1,59 mm, é galvanizado e apropriado para funções que exijam atritos. Para se estimar a carga de ruptura do cabo foi utilizada a fórmula ( $P=A \cdot \sigma$ ) que calcula a carga pela relação entre as propriedades mecânicas do material, onde A é a área da seção transversal do cabo, dada por  $(\pi \cdot d^2/4)$  e  $\sigma$  é a tensão limite à tração igual a 5000 kgf/cm<sup>2</sup>, segundo o manual Cimaf.

A saber:

$$A = \pi \cdot d^2 / 4;$$

Cálculo:

$$\Sigma = 5000 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$A = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot 0,588^2 / 4 = 1,98 \text{ mm}^2$$

$$P = \Sigma \cdot A = 5000 \cdot 1,98 = 9900 \text{ N ou}$$

$$P = 99 \text{ kgf.}$$



Figura 247 - Cadeira de rodas *tensegrity*



Figura 248 - Cabo de aço laçado com esticador

Os mosquetões (Fig. 249) foram utilizados para dar versatilidade e agilidade no cabeamento. Com eles é possível desmontar a estrutura muito mais fácil e com muito mais rapidez. Os mosquetões proporcionam engate rápido, ágil e seguro e são utilizados por alpinistas, exatamente por essas qualidades.



Figura 249 - Mosquetão

Do mesmo modo foi inserido no cabeamento o esticador de cabo de aço (figs. 250 e 251). Os esticadores possuem um sistema com dois ganchos em suas extremidades que agem como parafusos, sendo que um parafuso trabalha como rosca e o outro como contra rosca. Dessa forma, ao girar a peça central no sentido horário os parafusos convergem para o centro do esticador dando tração no cabo (Fig. 250). De forma contrária, ao girar o corpo central do esticador para no sentido anti-horário os parafusos se distanciam diminuindo a tensão no cabo (Fig. 251). Assim foi possível realizar o ajuste fino de cada trecho do cabeamento, ajustando-se perfeitamente todo o sistema *tensegrity*, fornecendo-se maior ou menor rigidez ao sistema *tensegrity*, de acordo com o aperto dado pelo esticador.

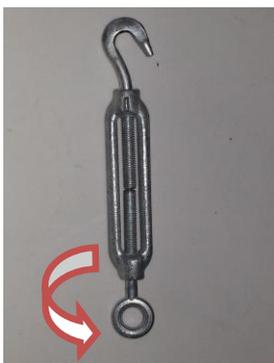


Figura 250 - Esticador de cabo girado no sentido horário



Figura 251 - Esticador de cabo girado no sentido anti-horário

**Os esticadores são fundamentais, pois com eles não há necessidade de se ter uma medida predefinida dos cabos, de forma que quando estes são acionados é possível se obter a posição definida pelo gabarito.**

Para completar o conjunto de aparatos do cabeamento foram usadas presilhas que são travas que fixam os cabos na estrutura de forma bem simples, mas muito eficaz (Fig. 252), sendo que esses componentes são utilizados em larga escala na indústria.

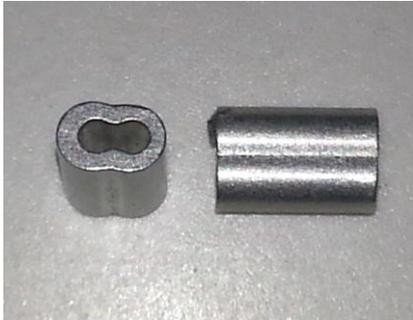


Figura 252 - Presilha do cabo de aço

Existem vários tipos de presilhas, as mais comuns são de alumínio e aço, e cada uma delas é dimensionada ao seu uso e à bitola do cabo de aço.

O processo de travamento é bem simples, primeiro se passa o cabo por dentro da presilha e em seguida laceia-se a peça a ser presa. Depois se retorna o cabo por dentro presilha, no outro sentido, deixando transpassar aproximadamente 15 mm (Fig. 254). Ao final a presilha deve ser esmagada com um alicate especial na sua parte de maior área para travar o cabo evitando-se que se solte (Fig. 253).



Figura 253 - Cabo de aço travado



Figura 254 - Sistema de passar cabo

Para cada terminal de acabamento de metal nas pontas das hastes de bambu são presos quatro (4) trechos de cabeamento. Cada trecho de cabeamento pode ter uma composição diferente conforme sua função, comprimento, e principalmente, necessidade de ajuste de tensão.

Para a montagem propriamente dita, nos segmentos que possuem distanciamento constante e ortogonal, ou seja, paralelos ou verticais ao solo, utilizou-se o conjunto de cabo/presilhas/mosquetões. Os segmentos descritos estão destacados com setas em vermelho e azul na Figura 255.

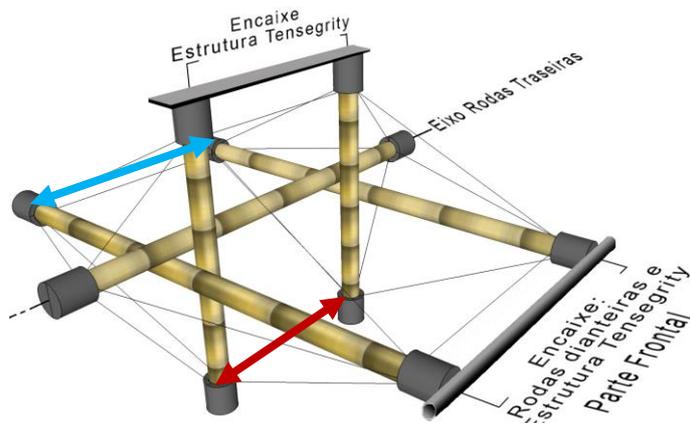


Figura 255 - Imagem virtual da estrutura *tensegrity*

Para a ligação das hastes verticais, segmento indicado em vermelho na figura 4, não há necessidade de esticadores, já que necessitam apenas manter as hastes de bambu paralelas (Fig. 256). Sendo assim, devem ter medidas exatas não necessitando de ajuste fino na tensão. O mesmo procedimento foi realizado para a ligação das hastes horizontais com o cabeamento um pouco maior (Fig. 257).



Figura 256 - Conjunto do cabeamento hastes horizontais



Figura 257 - Conjunto do cabeamento hastes verticais

Para o cabeamento das ligações oblíquas, ou seja, inclinadas, foi definida a utilização do conjunto cabo/presilhas/mosquetões/esticador (Fig. 258). Essas ligações são as que possuem maior comprimento e necessitam de ajuste fino de tensão (Fig. 260). Elas são fundamentais por tracionarem a estrutura nos três (3) eixos dimensionais (x,y,z), conforme Figura 259.



Figura 258 - Destaque conjunto cabeamento ligações oblíquas



Figura 259 - Parte traseira montada e cabeada

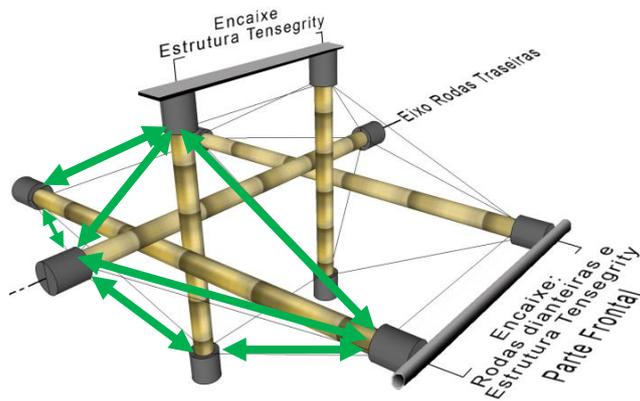


Figura 260 - Imagem virtual da estrutura *tensegrity*

Após dois meses do início da confecção do gabarito a Cadeira de Rodas *Tensegrity* estava totalmente montada e apta a permitir a nova etapa da pesquisa, ou seja, de testes práticos com os usuários. Em tempo, a cadeira participou da exposição em comemoração aos vinte anos da Pós-graduação em Design da PUC-Rio.



Figura 262 - Orientador da pesquisa testando a cadeira *tensegrity*



Figura 261 - Cadeira de Rodas *Tensegrity* em exposição na PUC-RIO

A próxima etapa da pesquisa é a utilização desse modelo por usuários de cadeiras de rodas para testes de uso, auxiliado pelos profissionais do CVI/PUC-Rio. Os testes são fundamentais para a conclusão da pesquisa que são parte principal do capítulo 6, “Análise da aplicação dos testes da cadeira de rodas *tensegrity* aos usuários”.

A finalização e o sucesso dessa etapa foram fundamentais para comprovar uma das hipóteses da tese, que é a utilização do *tensegrity* em objetos de utilidade e também propiciar, por meio de testes práticos percorridos no capítulo 6, a comprovação da outra hipótese, ou seja, de que uma cadeira de rodas com estrutura *tensegrity* seja capaz de proporcionar sensações de uso melhores que uma cadeira de rodas convencional.