



O USO DO *DESIGN* VISANDO O REDIRECIONAMENTO DE MOBILIÁRIO PARA PEQUENOS ESPAÇOS: AVALIAÇÃO DE RESISTÊNCIA MECÂNICA

Marco Antônio Guerreiro Prado Filho

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos – Mestrado Profissional, PPGEP/ITEC, da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Processos.

Orientadores: Edinaldo José de Sousa Cunha

Jorge Laureano Moya Rodriguez

Belém

Agosto de 2016

**O USO DO DESIGN VISANDO O REDIRECIONAMENTO DE MOBILIÁRIO
PARA PEQUENOS ESPAÇOS, AVALIAÇÃO DE RESISTÊNCIA MECÂNICA**

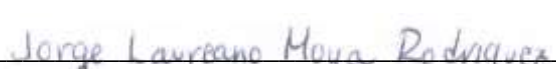
Marco Antônio Guerreiro Prado Filho

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA PROCESSOS – MESTRADO PROFISSIONAL (PPGEP/ITEC) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA DE PROCESSOS.

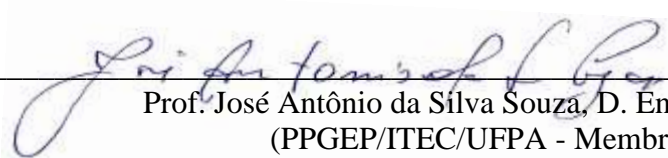
Examinada por:



Prof. Edinaldo José Sousa Cunha, D. Eng.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Orientador)



Prof., Jorge Laureano Moya Rodriguez, D. Sc.
(PPGEP/ITEC/UFPA - Coorientador)



Prof. José Antônio da Silva Souza, D. Eng.
(PPGEP/ITEC/UFPA - Membro)



Prof., Paola Souto Campos D.Sc.
(DIV-BIO-UFAM - Membro)

BELÉM, PA - BRASIL

AGOSTO DE 2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Biblioteca da UFPA

Prado Filho, Marco Antônio Guerreiro,

O uso do design visando o redirecionamento de mobiliário para pequenos espaços: avaliação de resistência mecânica/ Marco Antônio Guerreiro Prado Filho. - 2016.

Orientadores: Edinaldo José de Sousa Cunha
Jorge Laureano Moya Rodríguez

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, 2016

1. Ergonomia. 2. Cadeiras-Propriedades mecânicas. 3. Mobiliário-Projetos I. Título

CDD 22.ed. 660.82

Dedico este trabalho à Deus, a minha família, Aos meus professores e aos meus amigos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e a minha família, sem os quais eu não estaria aqui. À minha mãe Simone, que sempre me deu o suporte necessário com seu amor e suas palavras de conforto, ao meu pai Charles que sempre foi o meu maior incentivador e aos meus irmãos, Maisa e Bartolomeu, que estão sempre ao meu lado. Além dos meus avós, Graça e Adir, com o seu carinho, e aos meus tios e primos.

À orientação oportuna e inteligente do Dr. Edinaldo Cunha, a todo o seu apoio, sem a qual este trabalho não seria possível. Aos professores Jorge Moyar e Lourival Goes, que também me deram uma direção em momentos difíceis.

À Coordenação e a todos os professores do Mestrado Profissional de Engenharia de processos industriais do Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM) da Universidade Federal do Pará (UFPA).

A todos os meus amigos que me acompanharam nessa jornada e sempre me ouviram.

Resumo da Dissertação apresentada ao PPGEP/UFPA como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Processos (M. Eng.)

**O USO DO DESIGN VISANDO O REDIRECIONAMENTO DE MOBILIÁRIO
PARA PEQUENOS ESPAÇOS, AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS
ERGONÔMICOS E RESISTÊNCIA MECÂNICA**

Marco Antônio Guerreiro Prado Filho

Agosto/2016

Orientadores: Edinaldo José de Sousa Cunha

Jorge Laureano Moya Rodrigues

Área de Concentração: Engenharia de Processos

Com o avanço tecnológico cada vez mais rápido e a expansão das grandes metrópoles, é possível observar que os espaços urbanos estão cada vez menores e, conseqüentemente as pessoas necessitam de um maior espaço útil, para que isto aconteça é essencial que nem um espaço seja ocupado por algo que não esteja sendo utilizado, é fundamental que o mobiliário siga junto a evolução da tecnologia e das pessoas, podendo ser usado de diversas maneiras para diferentes fins. O atual trabalho apresenta os métodos de *design* e os processos industriais para a criação de uma cadeira modular, expondo pontos de vista ergonômicos, semióticos e de tração e flexão, para que um mobiliários e já projetado para assim suprir esta necessidade, que se apresente de forma simples e prática, adequando-a ao ritmo atual. Esta cadeira tem o desígnio de atender tais necessidades, onde foi projetada para que o usuário possa variar entre seus módulos, sua função e seus materiais, se faz dinâmica e de fácil manuseio, com materiais resistentes e *design* atemporal, para seguir o fluxo do cotidiano, podendo ser utilizada para diversos fins, de diversas maneiras e para diversos usuários. Após testes realizados por meios de elementos numéricos através do aplicativo *ANSYS* e cálculos analíticos através do *FORTRAN* foi possível averiguar que as divergências entre os resultados são mínimos, dando pequenas oscilações entre eles, sendo a tensão no acento de 0,9391 MP ano cálculo numérico e 0,9158 MPa no cálculo analítico, com deslocamento vertical Máximo (DMX) de 0,62mm e 0,48mm, respectivamente.

Abstract of Dissertation presented to PPGE/UFPA as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Process Engineering (M. Eng.)

USE OF DESIGN FOR THE REDIRECTION OF FURNITURE FOR SMALL SPACES: ERGONOMIC ASPECTS EVALUATION AND MECHANICAL RESISTANCE

Marco Antônio Guerreiro Prado Filho

August/2016

Advisors: Edinaldo José de Sousa Cunha
Jorge Laureano Moya Rodriguez

Research Area: Process Engineering

With advances in technology going faster and faster, and the expansion of big cities, you can see that urban spaces are becoming smaller and therefore people need more living space, for this to happen it is essential that not a single space is occupied for something that is not being used, it is essential that the furniture follows the evolution of technology and people, that it can be used in different ways for different purposes. The current paper presents the design methods and industrial processes for the creation of a modular chair, exposing points of ergonomic view, semiotic and tensile and bending so that a security is designed so as to attend this need, presenting itself with simple and practical form, thus adapting to the current rate. This chair has a design to fulfill such needs, which is designed so the user can vary between its modules, its function and its materials, it is dynamic and easy to use, with durable materials and timeless design, to follow the daily routine and can be used for various purposes in different ways and for different users. After tests conducted by numerical elements using Ansys and analytical calculations using Fortran was possible to verify that the differences between the results are minimal, giving small oscillations between them, and the tension on the seat of 0.9391 MP a in the numerical calculation and 0.9158 MP a in the analytical calculation, with Maxim vertical displacement (MVD) of 0,62mm and 0,48mm respectively.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS.....	1
1.1.1 - Estrutura da Dissertação.....	2
CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 - O DESIGN.....	3
2.1.1 - Função do Design.....	3
2.1.2 - Design de Objeto.....	3
2.1.3 - Design Modular.....	5
2.2 – ERGONOMIA.....	6
2.2.1 - Ergonomia no Brasil.....	6
2.2.2 - Fatores Ergonômicos Básicos.....	7
2.2.3 - Biomecânica Ocupacional.....	9
2.3 – SEMIÓTICA.....	12
2.3.1 - Signos da Semiótica.....	12
2.3.2 - Semiótica Aplicada ao Design.....	13
2.3.3 - A comunicação através da semiótica.....	13
2.3.4 - Propósito Comunicacional.....	14
2.4 - ANÁLISE DE TENSÃO.....	15
2.4.1 - Análise de stress utilizando elementos finitos.....	17
2.4.2 - Programa de Análise - ANSYS.....	18
2.4.3 - Uma Breve Reflexão Sobre Placas.....	20
2.4.3.1 - Condições de Equilíbrio com a Aplicação da Equação Diferencial de Lagrange.....	23
2.4.3.2 - Solução de Navier para Placas Simplesmente Apoiadas.....	24
CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
3.1 - COMPOSIÇÃO DA CADEIRA.....	25
3.2 - QUESTIONÁRIO SEMIÓTICO QUANTO À CADEIRA.....	32
3.3 - ANÁLISE ESTRUTURAL DA CADEIRA.....	36
3.3.1 - Propriedades das Cadeiras Adotadas para o Ensaio Numérico.....	38
3.4 - MATERIAIS EMPREGADOS.....	39
3.5 - CRITÉRIOS ESTABELECIDOS PARA O ENSAIO NUMÉRICO.....	39
3.6 - RESULTADOS OBTIDOS.....	42
CAPÍTULO 4 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	47
4.1 – CONCLUSÕES.....	47
4.2 - SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Funções Básicas.....	4
Figura 2.2	Predominância de função.....	5
Figura 2.3	Comunicação através da semiótica.....	10
Figura 2.4	Dimensionamento em Arquitetura.....	11
Figura 2.5	Comunicação através da semiótica.....	14
Figura 2.6	Exemplo de probabilidade de distribuição de tensão e força.....	16
Figura 2.7	Geometria do elemento BEAM4 – 3-D.....	18
Figura 2.8	Geometria do elemento de casca Shell 93.....	18
Figura 2.9	Fluxograma de análise numérica.....	19
Figura 2.10	Estado de tensão em um ponto da placa.....	21
Figura 2.11	Deslocamentos no Ponto P e no Plano Ox_1x_3	22
Figura 2.12	Esforços atuantes em um elemento de placa no Plano Médio dx_1 , dx_2	23
Figura 3.1	Cadeira.....	25
Figura 3.2	Vistas e medidas laterais.....	26
Figura 3.3	Vista e medida frontal.....	26
Figura 3.4	Composição da cadeira.....	27
Figura 3.5	Encaixes.....	27
Figura 3.6	Encaixes.....	28
Figura 3.7	Peças detalhadas.....	28
Figura 3.8	Parafusos.....	29
Figura 3.9	Cadeiras Coloridas.....	30
Figura 3.10	Cadeiras com módulos misturados.....	30
Figura 3.11	Duas cadeiras formando um móvel.....	31
Figura 3.12	Estante.....	32
Figura 3.13	Rack.....	32
Figura 3.14	Faixa etária.....	33
Figura 3.15	Filhos.....	33
Figura 3.16	Lugar onde mora.....	34
Figura 3.17	Acomodação.....	34
Figura 3.18	Mobiliário adaptável.....	34
Figura 3.19	Peças encaixáveis.....	35

Figura 3.20	Características da Cadeira.....	35
Figura 3.21	Vantagens de reutilização.....	35
Figura 3.22	Utilização para outros fins.....	36
Figura 3.23	Compra e aceitação da cadeira.....	36
Figura 3.24	Planta em perspectiva da cadeira.....	37
Figura 3.25	Modelo para análise desenvolvido no ANSYS.....	37
Figura 3.26	Parte superior do modelo separada e ligada rigidamente para análise desenvolvida no ANSYS.....	38
Figura 3.27	Parte inferior do modelo separada e ligada rigidamente para análise desenvolvida no ANSYS.....	38
Figura 3.28	Modelo numérico para análise com carga distribuída nos elementos discretizados.....	40
Figura 3.29	Placa retangular apoiada e sujeita a uma Carga Sinusoidal.....	41
Figura 3.30	Mapa da deformada da estrutura após a aplicação do carregamento.....	42
Figura 3.31	Mapa das tensões nas “pernas” da cadeira após a aplicação do carregamento.....	43
Figura 3.32	Mapa das tensões no assento da cadeira após a aplicação do carregamento.....	44
Figura 3.33	Mobiliário em 3D.....	45
Figura 3.34	Cadeira empilhadas.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1	Valores das tensões do Angelim definido em Norma.....	39
Tabela 3.2	Valores de deslocamento e tensão máxima no acento da cadeira.....	45

NOMENCLATURA

σ_x	Tensão na dimensão x;
σ_y	Tensão na dimensão y;
σ	Tensão;
w	Deslocamento Transversal;
D_f	Rigidez;
d	Dimensões;
ν	Coefficiente de poisson;
∇	Gradiente;
ε	Deformação específica do material;
∂	Derivada Parcial;
Σ	Somatório;
π	Pi.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 - MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS

Atualmente com o crescimento das grandes metrópoles e com o seu aumento populacional é cada vez mais comum que os imóveis fiquem menores e mais caros, levando em consideração que o perfil de família está mudando, contendo menos membros ou formada de casais sem filhos. Também considerando a atual situação econômica do Brasil, essas “novas” famílias estão preferindo imóveis menores.

Ganha importância o número de casais sem filhos e também cresce o número de pessoas que vivem sozinhas. O arranjo familiar formado por casal sem filho se tornou, nos últimos anos, o segundo em participação, chegando a 19,9% em 2014. No ano anterior, o número estava em 19,4% e dez anos antes, em 14,7%. O primeiro ainda são casais com filhos, mas houve redução na proporção: de 51%, em 2004, passou a 42,9% do total, em 2014 (G1, 2014).

Juntamente com esta diminuição no núcleo familiar cresce o valor dos imóveis e a diminuição espaços urbanos. Sem necessidade de grandes espaços e com características diferentes, estas famílias procuram menores espaços.

Segundo o Sindicato das Empresas de Compra, Venda, Locação e Administração de Imóveis Comerciais de São Paulo (SECOVI) o valor Geral de Vendas (GVV) dos imóveis de um quarto, acompanhando o aumento das vendas, registrou uma variação ainda maior, de 686,5%, ao passar de R\$ 471 milhões em 2004, para R\$ 3,7 bilhões no final de 2013 (G1, 2014).

As famílias estão menores. Está chegando ao mercado uma nova geração de compradores, com menos filhos, solteiros. Hoje, o orçamento das famílias é muito mais adequado para esses imóveis menores (G1, 2014).

Com a diminuição do espaço é cada vez mais difícil achar um mobiliário que se adapte aos novos tamanhos, apesar das famílias estarem mudando, a indústria moveleira não acompanhou o mesmo ritmo. Os móveis, mesmo que pequenos, não exercem mais de uma função e com o pouco espaço é preciso que os móveis sejam mais dinâmicos e multifuncionais.

É necessário que o mobiliário acompanhe esse novo perfil de família, se adequando à diversas necessidades, com o uso do *design* modular é possível que os móveis sejam utilizados com vários propósitos, sem depender um do outro, é possível utilizar o mesmo móvel para vários fins, dependendo do desejado. Além de se propor versátil, já que é constituído de módulos, o que facilita a troca e personalização da peça.

Neste contexto, o atual trabalho propõe-se a criar um mobiliário que se adéque a várias funções, visando a melhor utilização de espaço, podendo se adequar a pequenos cômodos e pequenas famílias.

Mais especificamente, objetiva-se:

- Desenvolver um mobiliário modular que possa ser adequável para pequenos espaços;

- Utilizar normas de ergonomia e biomecânica, para que este móvel possa atender às necessidades propostas;

- Obter fatores semióticos agregados, para que este móvel seja facilmente comercializado, agradando ao público-alvo;

- Possibilitar a troca de peças e montagem facilitada para o usuário;

- Utilizar materiais viáveis, de fácil acesso, para que este móvel seja produzido facilmente na região e no país;

- Estudar a resistência à tração e deformação deste móvel, averiguando se o material utilizado será condizente ao uso da cadeira.

1.1.1 - Estrutura da Dissertação

A Dissertação está estruturada em 3 seções: a primeira introdutória, onde consta a revisão teórica do tema e objetivos; a segunda referente a proposta de artigo composta pelo desenvolvimento da Dissertação - metodologia, resultados e discussões; e a terceira, conclusiva com uma avaliação geral da proposta e as recomendações.

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - O DESIGN

2.1.1 - Função do Design

O *design* se torna cada vez mais solicitado por empresas devido à demanda do mercado, muitas vezes por queda de vendas causada por erros em processos, altos gastos de produção, problemas estéticos, insatisfação de usuários, entre outros. O *design* a cada dia que passa se torna uma área mais fracionada, mais abrangente e dinâmica.

O *design* deve atender a problemas específicos, como, por exemplo, visualizar progressos tecnológicos, priorizar a utilização e o fácil manejo de problemas (não importa se *hardware* ou *software*), tornar transparente o contexto da produção, do consumo e da reutilização do produto e promover serviços e a comunicação, mas também, quando necessário, exercer com energia a tarefa de evitar produtos sem sentido. (BÜRDEK, 2006),

Desta maneira o *design* age de forma de observação, visando solucionar problemas, aperfeiçoar processos e contribuir com a evolução da coisa observada. Por isto o *design* se mostra de forma inovadora para quem o adere, seja em um produto, forma gráfica, no funcionamento de uma empresa, entre outros.

Este trabalho será focado no *design* quanto ao *design* de objeto, seus conceitos, funções e abrangências.

2.1.2 - Design de Objeto

Na linguagem do *Design* um dos principais conceitos ligados ao uso do produto pode ser compreendido a partir do estudo centrado na correspondência que se estabelece no diálogo entre homem e objeto. O que se observa no *design* de produto é a interação entre usuário e produto, a relação entre o usuário e a interface quanto às suas tarefas básicas, se o produto está satisfazendo as diversas necessidades que o produto propõe, sendo elas inter-relacionadas no planejamento, concepção e desenvolvimento do produto. (GOMES FILHO, 2010)

Para GOMES FILHO (2010) as funções básicas do *design* de produto (Figura 2.1) se dividem em três:

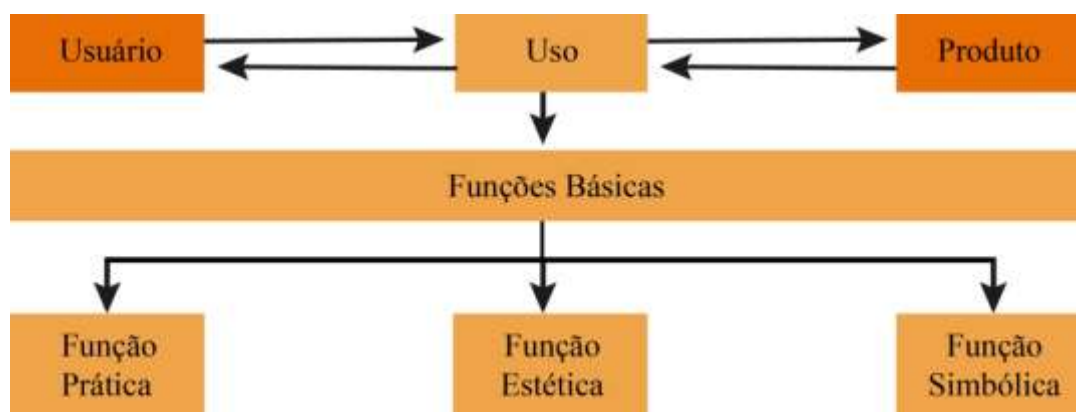


Figura 2.1 - Funções Básicas.
Fonte: GOMES FILHO (2006).

O uso é o que conecta o usuário ao produto, é preciso que o uso atenda todas as funções básicas, para que este produto atenda às necessidades do seu usuário. Estas funções básicas se dividem em função prática, teórica e simbólica, que serão explicadas a seguir.

Função Prática:

São as funções orgânicas, como o usuário se relaciona com o objeto, se esse objeto supre as necessidades fisiológicas do usuário, como o conforto, facilidade de uso, eficácia do objeto etc. Esta função está ligada diretamente com a ergonomia, com os materiais usados, fabricação e criatividade.

Função Estética:

A função estética, diferentemente da função prática, é ligada ao psicológico, tendo a função de se conectar com o usuário de forma visual, é a percepção que o usuário tem do objeto, e essa percepção leva em conta vários aspectos, tais como: aspectos sócio-culturais, experimentação estética, entre outros. Esta função abrange um cunho mais simbólico e está direta e indiretamente ligada à semiótica.

Função Simbólica:

A função simbólica é bem parecida da função estética, porém esta vai além, ela tem a função de se conectar ao usuário, dentro do seu psíquico, fazendo com que este objeto fale com o usuário, por meios sentimentais, emocionais e valores pessoais,

principalmente pelo estilo do produto, trazendo atração visual o tornando desejável. Esta função também é diretamente ligada ao uso da semiótica.

Um conceito importante a ser destacado é a predominância de uma determinada função básica sobre as outras duas (Figura 2.2). Isso acontece quando o *designer*, por qualquer razão, prioriza uma determinada função básica como sendo a mais importante para a configuração do produto. Claro que isto não impede a função prioritária de interagir com as outras duas funções básicas.

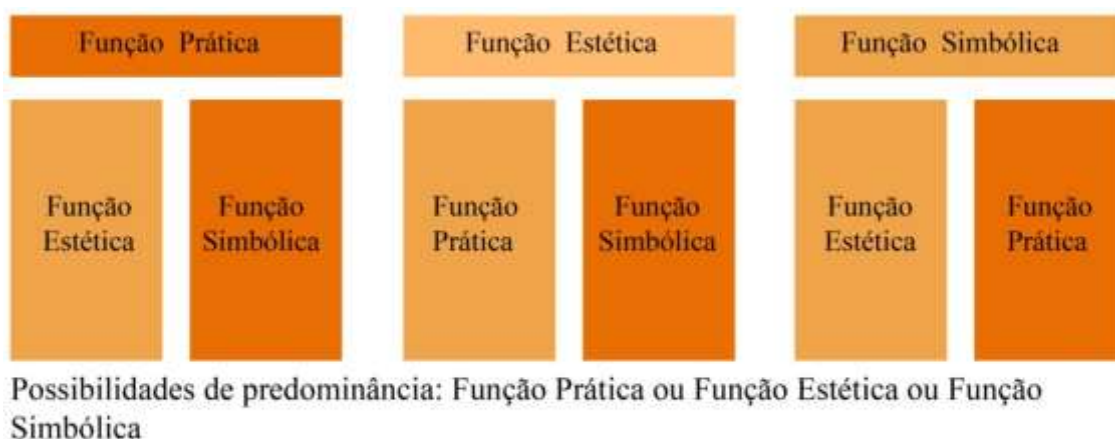


Figura 2.2 - Predominância de função.
Fonte: GOMES FILHO (2006).

2.1.3 - Design Modular

O *design* de superfície, área do *design* que permite o desenvolvimento de atributos estéticos, funcionais e estruturais direcionados para o tratamento de superfícies exerce um papel importante no beneficiamento dos materiais, pois foi através dele que foram executados os padrões modulares encaixáveis, os quais tomaram forma física a partir dos materiais selecionados. (SILVEIRA, 2011)

O *design* modular se constitui de módulos, substituíveis ou não, os quais juntos formam um produto e, dependendo do nível de modularidade, estes módulos podem formar inúmeros produtos diferentes.

Arquiteturas modulares permitem maior variabilidade de produtos, a requisito fundamental para a customização em massa. Ao substituir, acrescentando ou eliminando módulos, um alto grau de personalização pode ser conseguido. A modularidade tem sido um tema recorrente para a comunidade nos últimos anos. Pelo menos 10 estudos

têm sido apresentados nos últimos 5 anos, cobrindo um número de diferentes aspectos da modularidade. (SALONITIS, 2014)

O *design* modular é uma ferramenta útil para acompanhar a evolução dos espaços e das funções, pois é através dele que se pode obter uma maior satisfação quanto ao propósito de um produto, pois pela sua maior versatilidade um mesmo produto pode servir para diversos fins, de diversas maneiras, adquirindo várias características e proporcionando ao seu usuário uma gama de maneiras para redirecionar o mesmo produto.

2.2 - ERGONOMIA

A palavra “**ergonomia**” é de origem grega formada pelas palavras **Ergon** (trabalho) e **Nomos** (regra), então na raiz a palavra ergonomia significa “**regras para o trabalho**”. Nos Estados Unidos também se usa como sinônimo de Ergonomia o termo “**human factors**” (fatores humanos). A Ergonomia é aplicada ao projeto de máquinas, equipamentos, sistemas, tarefas e ambiente, para além de melhorar a segurança, saúde, conforto melhorar também a eficiência no trabalho. Ela focaliza o homem! Não se limita a um conhecimento específico e sim se apóia em outras áreas do conhecimento como: antropometria, fisiologia, biomecânica, psicologia, engenharia mecânica, desenho industrial, informática, eletrônica, toxicologia, etc. (LUGLI, 2010)

A ergonomia está inserida em diversas áreas disciplinares, na maioria dos objetos, desde que haja uma interação com o homem, a ergonomia está presente e se apresenta de forma crucial para a utilização de um objeto, pois é através dela que hoje é possível, por exemplo, exercer um determinado trabalho sem prejuízos a nossa saúde e sem exaustão. A ergonomia é uma ciência que está em constante evolução pois sempre existem novos objetos e novas maneiras de se usar um objeto.

2.2.1 - Ergonomia no Brasil

Foi na década de 1970 que, influenciadas pelo pesquisador francês Alain Wisner, se iniciaram as primeiras abordagens ergonômicas, o que justifica, até os dias atuais, o fato de muitos estudos ergonômicos no país seguirem a abordagem francesa do *Analyse Ergonomic Du Travail* – AET (Silva e Paschoarelli, 2010) Mas foi na década de 1990, com base em um método proposto pelas professoras Ana Maria de Moraes e

Cláudia Mont'Alvão, que novos estudos ergonômicos surgiram, ganhando força principalmente devido à descrição clara dos muitos obstáculos que surgem em um estudo ergonômico (Scott, 2009).

Porém afirmam que as primeiras vertentes de implantação da ergonomia no Brasil ocorreram juntamente às engenharias e ao *design*, sem aplicação experimental, conforme citado. Na USP de Ribeirão Preto e na FGV do Rio de Janeiro, duas novas abordagens passaram a ser aplicadas com base no enfoque da psicologia, sendo respectivamente o desenvolvimento de pesquisas experimentais sobre o comportamento de motoristas e trabalhos com ênfase nas análises sócio técnicas.

2.2.2 - Fatores Ergonômicos Básicos

Por se tratar de uma disciplina que estuda a interação entre homem+objeto+trabalho, existem inúmeros fatores a serem levados em conta na ergonomia, porém existem fatores básicos da ergonomia. Os principais fatores ergonômicos são:

Tarefa: É o que faz funcionar o sistema para se atingir um resultado pretendido. Conceitua-se o termo tarefa restrito à utilização dos objetos na sua maneira mais elementar, envolvendo mais o estudo das ações do que a descrição do procedimento de uso.

Segurança: É a utilização segura e confiável dos objetos em relação às suas características funcionais, operacionais, perceptíveis, de montagem, de fixação, sustentação, e outras, fundamentalmente contra riscos e acidentes eventuais que possam envolver o usuário ou grupo de usuários.

Conforto: É uma condição de comodidade e bem-estar. Conceitua-se, por outro lado, como a sensação de bem-estar, comodidade e segurança percebida pelo usuário nos níveis físico e sensorial. Este fator apresenta-se também muitas vezes atrelado ao fator de segurança e às condições subjetivas e tem a ver, sobretudo, com as condições físicas, psicológicas, experiência de vida e idiosincrasias do usuário do objeto, o que o torna, de certo modo, difícil de ser qualificado ou quantificado.

Estereótipo Popular: São práticas de uso consagradas, ou seja, como o movimento esperado pela maioria das pessoas, no tocante à operação de dispositivos de manejo e controle, leitura, etc. O estereótipo, por exemplo, para ligar ou aumentar o volume de um aparelho de som está associado predominantemente a um certo movimento para a direita, no sentido horário, ou para a leitura de um jornal, com o

movimento horizontal dos olhos da esquerda para a direita e percurso no sentido vertical.

Envoltórios de Alcances Físicos: É o volume espacial em que devem estar contidos, e ao alcance do usuário, os instrumentos de ação, essenciais ao funcionamento do produto agregado ao conceito de conforto, de maneira que se evite que os movimentos executados pelo usuário o obriguem a dispendar energias desnecessárias ou esforços extenuantes.

Postura: É a organização dos segmentos corporais no espaço. A atividade postural se expressa na imobilização de partes do esqueleto em posições determinadas, solidárias umas às outras e que conferem ao corpo uma atitude de conjunto. A postura submete-se às características anatômicas do corpo humano, ligando-se às limitações do equilíbrio e obedecendo às leis da física e da biomecânica.

Aplicação de Força: É a energia física ou esforço necessário para fazer alguma coisa. As forças humanas são resultados de contrações musculares. Algumas forças dependem apenas de alguns músculos, enquanto outras exigem uma contração coordenada de diversos músculos, principalmente, se envolverem combinações complexas de movimentos como tração e rotação simultânea. Os problemas ergonômicos relacionados a esse fator dizem respeito ao projeto inadequado de peças e componentes de manuseios que exijam esforços físicos incompatíveis com a capacidade física do usuário, principalmente em postos de trabalho e de atividades. Naturalmente aqui também esse fator se condiciona, fundamentalmente, às características de biótipo, sexo e idade do usuário.

Materiais: Pertence a matéria, qualquer substância sólida, líquida ou gasosa. Conceitua-se material como todo e qualquer componente do objeto. Os problemas ergonômicos no tocante a esse fator dizem respeito à não-especificação e utilização correta de materiais adequados em termos de compatibilidade com as diversas exigências técnicas, tecnológicas e de uso, em termos de durabilidade, de limpeza, de proteção e de segurança em relação à proteção da saúde do usuário.

Manuseio Operacional: É o ato de pegar, movimentar (puxar, empurrar, girar, torcer, pressionar, esfregar, etc.) ou então pôr em funcionamento, manter em funcionamento ou fazer cessar o funcionamento de um objeto. Os problemas ergonômicos relacionados a esse fator dizem respeito aos aspectos inadequados de pega, empunhadura e manipulação de elementos, e também diz respeito à operacionalidade efetiva de outros elementos (GOMES FILHO, 2007)

2.2.3 - Biomecânica Ocupacional

A Biomecânica Ocupacional estuda as interações entre o trabalho e o homem sob o ponto de vista dos movimentos músculo-esqueléticos envolvidos, e as suas conseqüências. Analisa basicamente a questão das posturas corporais no trabalho e a aplicação das forças. (IIDA, 2005) Ou seja, fica a cargo da biomecânica a tarefa de avaliar o comportamento do usuário enquanto usa o objeto, se existe algum tipo de fadiga, algum movimento repetitivo que possa ser prejudicial se feito a longo prazo, questões posturais e de conforto, etc.

Os registros biomecânicos para descrever os movimentos e atuação das forças compreendem: aspectos fisiológicos (funções orgânicas), psicofísicos (julgamento do esforço percebido) e físicos (descrição de força e movimento). Desta maneira os métodos biomecânicos se distinguem pelos enfoques específicos de cada um, como: esforço de um grupo muscular, medição de forças estáticas, definição de velocidade e direcionamento de movimentos, limites de performance do sistema músculo-esqueléticos, alcances, ângulos de movimentos articulares, etc. (FALCÃO, 2007)

Em geral, os projetos de ergonomia colocam como meta o atendimento de 90% da população, excluindo desta maneira 5% da população de menores dimensões e 5% de maiores. Para tanto, toma como base para a representação dos segmentos corporais as chamadas tabelas antropométricas que apresentam três valores para cada variável dos grupos de sujeitos do gênero masculino e feminino. Estes valores representam os percentis 5%, 50% e 90%. Além destas tabelas, o uso da antropometria em projetos está sempre condicionado a escolha de um dos seguintes princípios norteadores (FALCÃO, 2007):

Dimensionamento a partir de um dos extremos (10 princípios): usa-se como parâmetro para os projetos dimensões do corpo humano consideradas mínimas (menores) e máximas (maiores), conforme a variável limitante, ou seja, para que a maioria passe por uma porta (a altura dos transeuntes é a variável limitante) deve-se tomar por base a altura do sujeito representativo maior (percentil 95% dos homens), no caso de um painel de acionamentos (o alcance do braço é a variável limitante) deve-se ter por base a medida do sujeito representativo menor (percentil 5% das mulheres). Em alguns projetos é necessário combinar as medidas máximas (percentil 95% dos homens) como parâmetro para alguns subsistemas e mínimas (percentil 5% das mulheres) para outros.

Uso de dimensões reguláveis (20 princípios): quando algumas dimensões são reguláveis para permitir adaptação a usuários individualmente. Tal aplicação é de alto custo. Ex.: cadeiras com regulagens de altura do assento e ângulo do encosto, automóveis com regulagem de distância assento/ volante. Adaptações ao indivíduo (30 princípios): de altíssimo custo, este princípio é adotado em casos especiais. Ex.: aparelhos ortopédicos, sapatos de tamanho maior que 44, roupas de astronautas, carros de Fórmula 1. Outros dois princípios apresentados por IIDA (2005), são: dimensionamento para média da população – extremamente contestado, tendo em vista a inexistência do chamado homem médio -, e o dimensionamento para faixas de população – que é uma alternativa mais próxima do resultado gerado pelas regulagens, sendo mais barato.

Dimensionamento para média da população (40 princípios): aplicados em produtos de uso coletivo (ex.: banco de ponto de ônibus). Trata-se de um princípio extremamente questionável visto que, na prática, uma média geral dos homens e mulheres, contempla uma faixa pequena da população.

Dimensionamento para faixas da população (50 princípios): produção de produtos em tamanhos distintos a fim de que cada tamanho contemple um grupo de pessoas. Trata-se de um recurso que não é tão dispendioso quanto o uso de sistemas de regulagens. Ex.: roupas em tamanhos P (pequeno), M (médio) e G (grande).

As variáveis antropométricas utilizadas para o dimensionamento de um posto de trabalho são classificadas em três grupos: antropometria estática, dinâmica e funcional (FALCÃO, 2007).

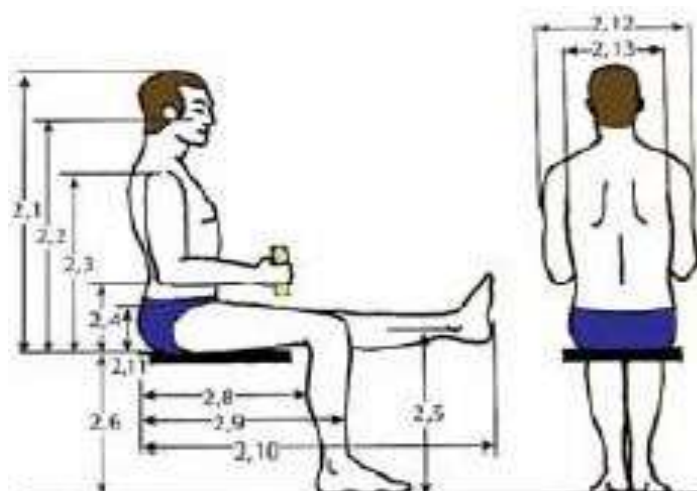


Figura 2.3 - Comunicação através da semiótica.
Fonte: IIDA (2005).

Sendo:

- 2.1 - Altura da cabeça, a partir do assento, tronco ereto;
- 2.2 - Altura dos olhos, a partir do assento;
- 2.3 - Altura dos ombros, a partir do assento;
- 2.4 - Altura do cotovelo, a partir do assento;
- 2.5 - Altura do joelho, sentado;
- 2.6 - Altura da pomplíteia (parte inferior da coxa);
- 2.7 - Comprimento do antebraço, na horizontal, até p centro da mão;
- 2.8 - Comprimento da nádega-pomplíteia;
- 2.9 - Comprimento da nádega-joelho;
- 2.10 - Comprimento nádega-pé, perna estendida na horizontal;
- 2.11 - Altura da parte superior das coxas;
- 2.12 - Largura entre os cotovelos;
- 2.13 - Largura dos quadris, sentado.

PRONK (2003) apresenta o dimensionamento de móveis para a biomecânica de forma mais simplificada, exemplificando as posições em determinadas alturas tirando o tamanho mediano da população, podendo ter variáveis (Figura 2.4).

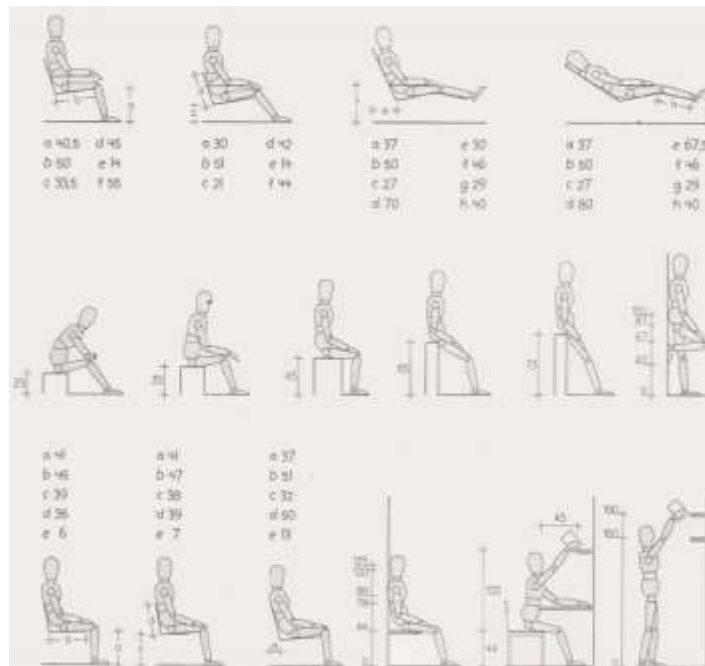


Figura 2.4 - dimensionamento em arquitetura.
Fonte: PRONK (2003).

2.3 - SEMIÓTICA

A palavra semiótica tem sua origem na expressão grega “*semeíon*”, que quer dizer “*signo*”, e “*sêma*”, traduzido por “*sinal*” ou “*signo*”(NÖTH, 2003)

O estudo das linguagens e dos signos é muito antigo. Embora a semiótica só tenha ficado conhecida como uma ciência dos signos, da significação e da cultura, no século XX, a preocupação com os problemas da linguagem já começam no mundo grego. (SANTAELLA, 2007)

Semiótica é o estudo da comunicação entre alguém e algo, é o que liga uma pessoa à coisa, neste caso o objeto ao usuário. A semiótica pode se fazer presente de diversas maneiras e transmitir diversas mensagens através dos signos, ele é encarregado de levar uma mensagem e um significado do objeto ao usuário, se apresentando de forma crucial no *design*.

2.3.1 - Signos da Semiótica

Os fenômenos culturais são abordados pela Semiótica como sistemas de signos, os quais constroem significações e vão dando sentido às coisas. Tal teoria se preocupa com qualquer sistema de signos, como a música, a fotografia, o cinema, as artes plásticas, o *design*, a moda, a mídia etc (NICOLAU, 2010).

Linguagem é a base de toda e qualquer forma de comunicação. Segundo NIEMEYER (2009), podemos categorizar as linguagens segundo a natureza dos códigos nela empregados:

- Linguagem verbal - Formada por palavras orais, ou escritas;
- Linguagem não verbal – Formada por elementos imaginéticos, gestos, sons, movimentos etc;
- Linguagem sincrética – Formada por códigos de naturezas distintas. Esta é a categoria em que se enquadra a maioria da produção do *design*.

Portanto, fica a cargo do *design* passar uma informação através de vários meios de linguagem, porém no *design* de objetos a linguagem é de forma sincrética, é preciso que o objeto transmita um tipo de linguagem ao usuário de forma subjetiva e clara, fazendo com que o usuário entenda esta mensagem quase como instantaneamente.

2.3.2 - Semiótica Aplicada ao Design

Na hora de se projetar algo (seja produto, serviço, interface) é preciso se analisar onde este produto será inserido, quais fatores externos devem ser levados em conta, fatores socioeconômicos, fatores culturais, fatores fisiológicos, fatores emocionais, etc. É necessário que o produto se adapte a esses fatores, pois dependendo de onde este produto será inserido, é possível que ele tenha um significado totalmente diferente e é aí onde entra a semiótica no projeto de *design*.

Para que algo seja produzido, empresário e *designer* se articulam e constituem o lugar que denominamos gerador. Para projetar/produzir, o gerador vai lançar mão de um conhecimento que pode acessar, seja do âmbito tecnológico seja cultural. A partir desse acervo é que o produto toma forma e carrega os elementos que viabilizarão a sua comunicação. Estes elementos serão este algo que se destina não só ao usuário, mas a todo um leque de indivíduos que não necessariamente utilizarão o produto, mas o reconhecerão e atuarão para que o produto estruture um processo de identificação. Daí que não empregamos o termo destinatário para esta instância, e sim a de interpretador, uma denominação mais exclusiva. (NIEMEYER, 2009)

Fica a cargo do interpretador passar a mensagem para o receptor final, é por ele que a mensagem será espalhada, e para que isso aconteça é preciso que no gerador sejam projetadas estratégias para que esta mensagem chegue facilmente ao interpretador, neste contexto que entram os fatores externos, pois dependendo da cultura inserida, dos fatores tecnológicos, fisiológicos e etc. a mensagem enviada pode ter um sentido completamente diferente.

2.3.3 - A comunicação através da semiótica

A mensagem tem como objetivos, em primeiro lugar, fazer crer e, em segundo, fazer o interpretador fazer algo, tomar uma decisão. Ele é crítico o suficiente para selecionar suas ações em virtude da compreensão da mensagem. O repertório é um recorte do acervo que cada indivíduo constrói no decorrer da sua vida. São todos valores, conhecimentos históricos, afetivos, culturais, religiosos, profissionais e experiências vividas. O código é o conjunto de signos que compõem a mensagem, perceptíveis ao receptor. O substrato, o meio pelo qual a mensagem é enviada chama-se canal. O gerador é responsável pela escolha das estratégias – código, mensagem e canal

para se comunicar, mas o repertório do interpretador será o fator determinante para que os objetivos do processo comunicacional sejam atingidos. Portanto é necessário que o gerador elabore a sua mensagem de forma que os elementos que ao passarem por um processo perceptivo do interpretador tenham repercussão consistente com aquela visada pelo gerador. Portanto, quanto mais o gerador tem conhecimentos do repertório do Interpretador (e os aplica) maior será a possibilidade de êxito de seu propósito comunicacional.(NIEMEYER, 2009)

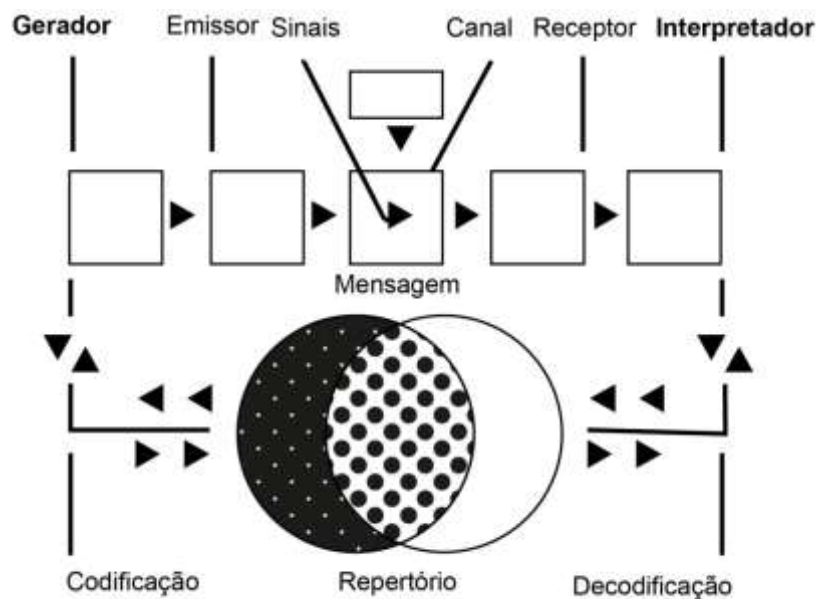


Figura 2.5 - Comunicação através da semiótica.
 Fonte: NIEMEYER (2009).

Ou seja, é preciso que a mensagem seja codificada no gerador, para que este emita os sinais, assim que ela for propagada pelos canais ela chegará ao receptor, que terá que a interpretar e decodificar através de seu repertório, esta interpretação tem o objetivo de incitar uma emoção e uma ação neste receptor, assim estabelecendo uma comunicação com ele.

2.3.4 - Propósito Comunicacional:

Após a criação da mensagem e definidos os canais e receptores é preciso que esta mensagem surta efeito, a mensagem não pode chegar de forma muito sutil mas também não pode chegar de maneira muito explícita, é necessário que esta mensagem

tenha um propósito claro e direto, a ponto de coagir o receptor a reagir a esta mensagem.

Em todo processo de comunicação há um propósito de transformação de uma situação ou estado. Do desconhecimento para o conhecimento, da junção à disjunção e vice versa. Não há comunicação inocente. Para se dar esta mudança de estado há dois tipos de processo: da persuasão e o da manipulação. (NIEMEYER, 2009)

- Persuasão

A persuasão é a estratégia utilizada pelo gerador para fazer o interpretador crer em algo. Nessa conduta, o objetivo do Gerador é que o Interpretador assuma como verdadeiro e digno de fé o que a mensagem veicula. O Interpretador da mensagem precisa estar ou se tornar predisposto à mensagem e isto só acontecerá se ele acreditar no que for apresentado. Estabelece-se assim entre as partes um contrato fiduciário, que é um acordo tácito de confiança. A efetivação da persuasão é indispensável para que o se dê um processo de transformação.

- Manipulação

No segundo momento, a mensagem comunica pela manipulação do destinatário (somente se este for persuadido). A manipulação é a estratégia utilizada pelo Gerador para que o Interpretador assuma atitudes, comportamentos, conforme a mensagem especificou. Trata-se de um fazer-fazer. Nessa conduta o objetivo do gerador é que o interpretador proceda algum tipo de ação. Há, portanto, um componente persuasivo prévio na mensagem e o estabelecimento também de um novo contrato fiduciário: o prometido vai se efetivar se as pré-condições forem atendidas

- As táticas para uma estratégia persuasiva são:
 - Intimidação, em que uma punição é vislumbrada;
 - Provocação, na qual um desafio está subjacente;
 - Tentação, quando uma premiação é acenada
 - Sedução, tática em que já a tentativa e evocação de envolvimento afetivo.

2.4 - ANÁLISES DE TENSÃO

A análise de stress é utilizada para poder detectar se um material é capaz de aguentar cargas exercidas sobre ele, para prever se haverá êxito na tarefa proposta e se a estrutura deste material está corretamente executada. É necessário que estes testes

ocorram, pois, cada material age de forma diferente, se deforma de forma diferente e suportam cargas diferentes, não é possível se produzir um objeto que resistirá certa carga ou fará certo esforço sem que antes estes testes sejam executados. Pois desta maneira é possível prever falhas estruturais, falhas materiais etc.

A forma indiscriminada em que o dano inicia e propaga em materiais compósitos requer técnicas de detecção e análise que permitem a intervenção oportuna e reparar para evitar falha de um componente. Em estruturas metálicas danos geralmente são localizados sob a forma de fendas, no entanto, em materiais compósitos os danos se acumulam em toda a estrutura. (EMERY, 2009)

Ou seja, os materiais reagem ao stress e a deformação de maneiras distintas, e por isto devem ser analisados previamente para que qualquer tipo de ajuste seja feito, com o objetivo de evitar danos maiores aos seus usuários. É primordial que todas as variações nestes testes sejam levadas em consideração, para que assim possa ser montado um padrão quanto a resistência do material.

Para a avaliação da confiabilidade de uma estrutura, um fator de segurança será utilizado empiricamente se houverem variações aleatórias de ambos, há um máximo observado quando a tensão e resistência de um material são desconhecidos. No entanto, em alguns casos, uma ou ambas delas incluirá algum grau de uma variação de uma forma aleatória e pode ser identificado (Figura 2.6). Neste caso, uma probabilidade de falha pode ser adotada como um dos critérios para avaliar a confiabilidade de uma estrutura (SAKATA, 2012).

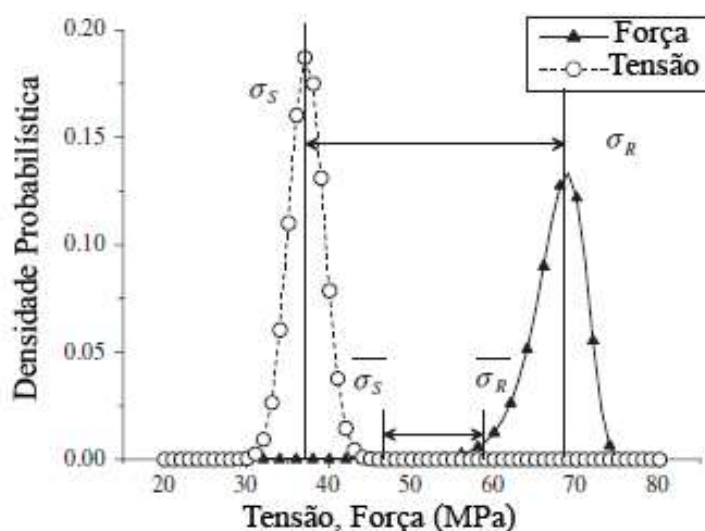


Figura 2.6 - Exemplo de probabilidade de distribuição de tensão e força.
Fonte: SAKATA (2012).

2.4.1 - Análise de stress utilizando elementos finitos

Atualmente, devido à evolução tecnológica, as análises de stress estão sendo feitas utilizando elementos finitos, pois por meio delas é possível obter de forma prática e rápida um resultado desejado, evitando o gasto de materiais e dando respostas para problemas de estrutura, do mais simples ao mais complexo.

Neste método a região em estudo é modelada ou aproximada por um conjunto de elementos discretos pré-definidos. Uma vez que estes elementos podem ser colocados juntos em uma grande variedade de configurações, se podem modelar formas geométricas bastante complexas. Além disto, é possível que o projetista tenha uma grande flexibilidade na aplicação de cargas e condições de contorno, o que torna este método o mais utilizado para análises estruturais. (CARVALHO, 2007)

O método de elementos finitos tornou-se uma ferramenta poderosa para a solução numérica de uma vasta gama de problemas da engenharia. As aplicações abrangem desde a deformação e análise de tensão de automóveis, aeronaves, construção e estruturas de pontes para análise de campo de fluxo de calor, fluxo fluido, fluxo magnético, infiltração, e outros problemas de fluxo. (TANKUT, 2014)

Os modelos numéricos propostos foram elaborados a partir de quatro tipos de elementos finitos disponibilizados na biblioteca interna do código de cálculo ANSYS V12, e estão apresentados a seguir. É importante observar que os elementos adotados têm apenas três graus de liberdade por nó, referentes às translações em x, y e z (coordenadas locais), uma vez que não há o interesse na quantificação da rotação dos elementos.

Para os elementos de fixação das chapas de madeira, também em madeira, adotou-se o elemento foi o Beam4 - 3-D, existente na biblioteca (Figura 2.7).

O código de cálculo ANSYS 12.0 possibilita a consideração da não-linearidade física dos materiais, com base em alguns critérios de resistência. No modelo numérico em questão, onde o material dos elementos para a estrutura é de madeira, adotou-se o comportamento inelástico multilinear com encruamento anisotrópico o qual permite considerar a ortotropia do material. O elemento de casca Shell 93 (Figura 2.8) tem seis graus de liberdade por nó, sendo elas, três translações segundo os eixos x, y e z e três rotações em torno de tais eixos. (GOES, 2015)

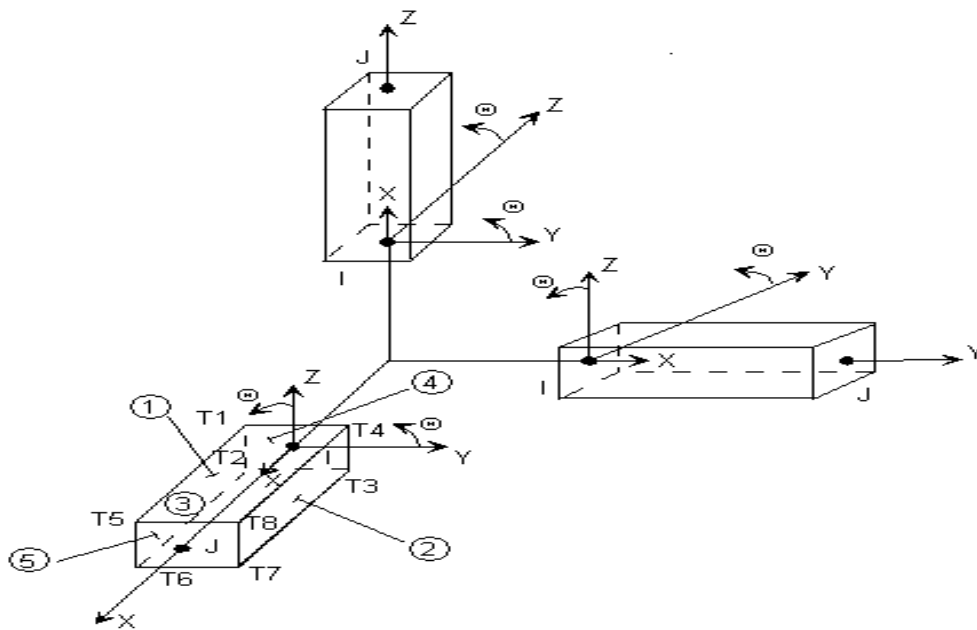
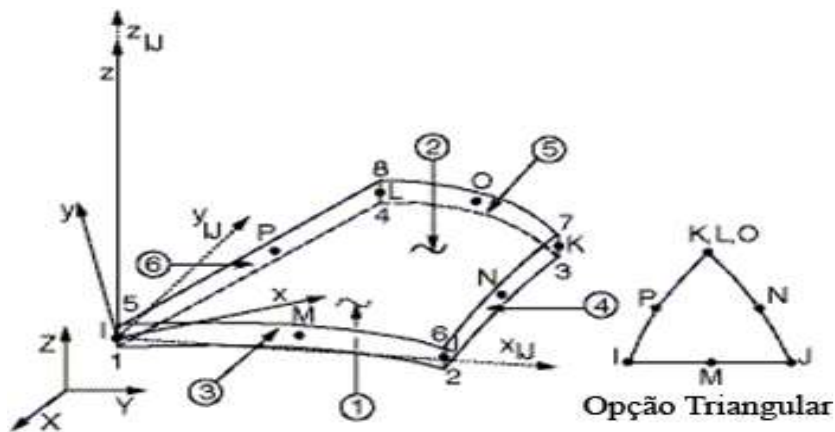


Figura 2.7 - Geometria do elemento BEAM4 – 3-D.
 Fonte: PROGRAMA ANSYS.

Para as chapas de madeira utilizadas no assento, encosto e acessórios foi adotado o elemento de casca Shell Elastic 93, constituído por seis nós (Figura 2.8).



x_U = Elemento x-axis se ESYS não for fornecida

x = Elemento x-axis se ESYS for fornecida

Figura 2.8 - Geometria do elemento de casca Shell 93.
 Fonte: PROGRAMA ANSYS.

2.4.2 - Programa de Análise –ANSYS.

Sobre o ANSYS pode-se afirmar que se trata de um abrangente programa de modelagem de elementos finitos para solucionar numericamente uma grande variedade

de problemas estruturais. Esses problemas incluem análise estrutural estática e dinâmica (tanto linear quanto não-linear), transferência de calor e fluidos, assim como eletromagnetismo e acústica. (GOES, 2015)

Ainda sobre o ANSYS pode-se dizer que é um software que existe há mais de quarenta anos e foi um dos pioneiros na aplicação de métodos de elementos finitos. O programa está dividido em três grandes etapas. As ferramentas principais são: pré-processador (*Preprocessor*), solução (*Solution*) e pós-processador (*Postprocessor*). Utilizados através de fluxogramas dos procedimentos básicos utilizados no programa ANSYS para obtenção de determinados resultados (Figura 2.9). (GOES, 2015)

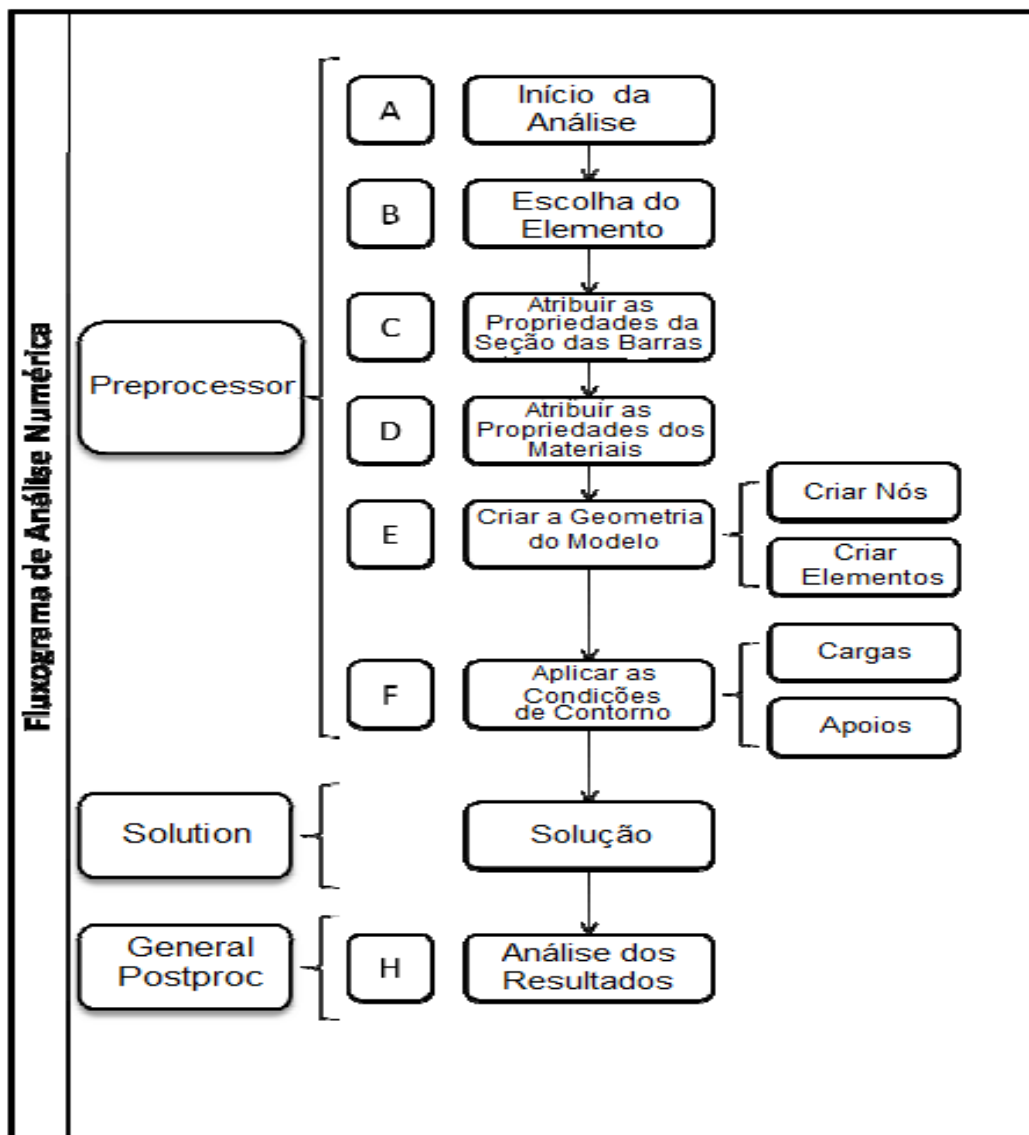


Figura 2.9- Fluxograma de análise numérica.
Fonte: PROGRAMA ANSYS.

2.4.3 - Uma breve reflexão sobre placas

Do ponto de vista da engenharia, as placas são elementos estruturais planos, submetidas a carregamentos transversais tendo a espessura muito menor que as demais dimensões. São elementos estruturais limitados por duas superfícies planas distanciadas entre si de uma grandeza designada por espessura.

No caso da dimensão da espessura ser muito menor que as dimensões das superfícies planas limitantes, as placas são designadas por placas finas. O plano equidistante das superfícies planas externas é designado por plano médio da placa.

Para a Prof^a Maria Lucia Dinis, uma grande professora e pesquisadora de placas e cascas, quando se trata de placas finas é possível estabelecer a Teoria Clássica das Placas Finas desenvolvida por Lagrange, onde são consideradas como válidas as chamadas hipóteses de Kirchhoff.

As hipóteses de Kirchhoff que são consideradas válidas para placas finas, com isotropia total e submetidas a ações normais ao plano médio, são:

- A superfície média da placa é plana e indeformável, ou seja, as deformações no plano $Ox_1 x_2$ são nulas:

$$\varepsilon_{11} = \varepsilon_{22} = \varepsilon_{12} = 0 \text{ para } x_3 = 0 \quad (2.1)$$

- Os pontos pertencentes à normal ao plano médio da placa antes da deformação permanecem na normal à superfície média flectida.
- A tensão na direção normal ao plano médio, σ_{33} é irrelevante quando comparada com as tensões σ_{11} e σ_{22} pelo que se considera:

$$\sigma_{33} = 0 \quad (2.2)$$

O tensor das tensões neste caso toma a seguinte forma:

$$\sigma_{ij} = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \sigma_{13} \\ \sigma_{12} & \sigma_{22} & \sigma_{23} \\ \sigma_{13} & \sigma_{23} & 0 \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

Como mostra na figura 2.10, num ponto a uma distância x_3 do plano médio, para um elemento de dimensões infinitamente pequenas, dx_1 dx_2 e de altura igual à espessura, sendo $\sigma_{11} = \sigma_{22} = \sigma_{12} = 0$ para pontos sobre a superfície média da placa, de acordo com a hipótese de Kirchhoff. (DINIS, 2016)

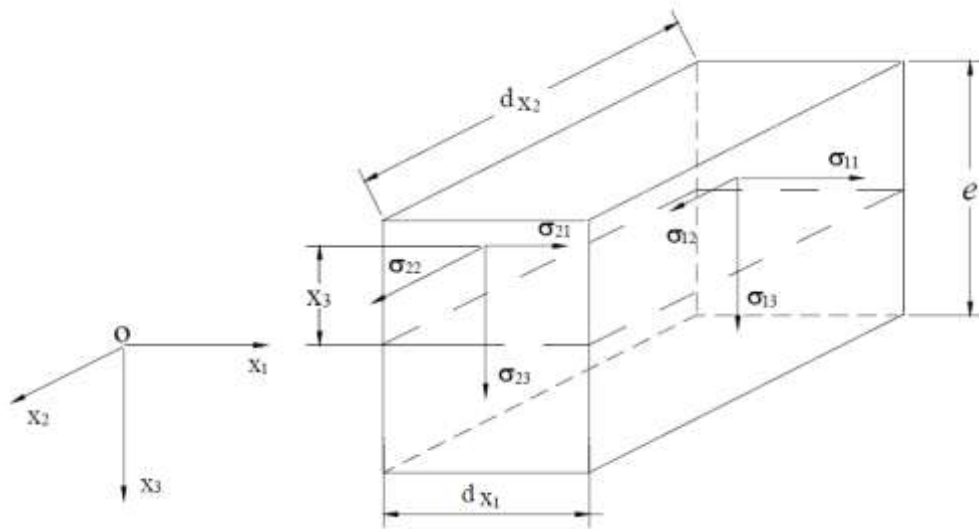


Figura 2.10 - Estado de tensão em um ponto da placa.
Fonte: DINIS (2016).

Tendo em vista as hipóteses Kirchhoff os deslocamentos, u_1 e u_2 , de um ponto **P** da placa, situado a uma distância x_3 do plano médio, podem ser calculados a partir do deslocamento transversal $\omega(x_1, x_2)$ do ponto contido na normal que passa pelo ponto e situado na superfície média. Na figura 2 representa-se, a deformada de um segmento linear sobre a normal à superfície média e o campo de deslocamentos, no plano $Ox_1 x_3$, para o ponto **P** cuja posição é sobre a normal ao plano médio antes de deformado. A consideração das hipóteses de Kirchhoff, implica que as componentes do vetor de deslocamentos, PP' , podem ser designado por $\{u_1, u_2, u_3\}$ onde:

$$u_1 = -x_3 \phi_1 = -x_3 \frac{\partial \omega}{\partial x_1}; \quad u_2 = -x_3 \phi_2 = -x_3 \frac{\partial \omega}{\partial x_2}; \quad u_3 = \omega(x_1, x_2) = \omega \quad (2.4)$$

Os deslocamentos u_1 e u_2 dependem somente da distância do ponto \mathbf{P} ao plano médio, x_3 e do deslocamento transversal, $\omega(x_1, x_2)$, da superfície média.

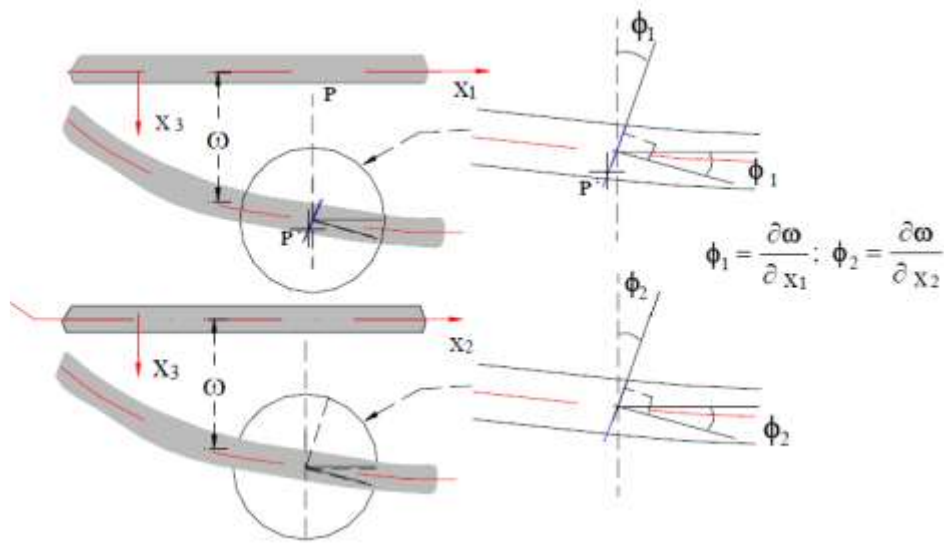


Figura 2.11 - Deslocamentos no Ponto \mathbf{P} e no Plano Ox_1x_3 .
Fonte: DINIS (2016).

As deformações no plano $Ox_1 x_2$ a uma distância x_3 do plano médio da placa atendendo às expressões (2.4) e (1.8) são:

$$\varepsilon_{11} = -x_3 \frac{\partial^2 \omega}{\partial x_1^2}; \quad \varepsilon_{22} = -x_3 \frac{\partial^2 \omega}{\partial x_2^2}; \quad \varepsilon_{12} = -x_3 \frac{\partial^2 \omega}{\partial x_1 \partial x_2} \quad (2.5)$$

Na superfície média a coordenada $x_3 = 0$, portanto temos: $\varepsilon_{11} = \varepsilon_{22} = \varepsilon_{12} = 0$

Indicando que a superfície média seja uma superfície neutra, uma vez que não sofre qualquer deformação.

As deformações nos planos paralelos ao plano $Ox_1 x_2$ variam linearmente ao longo da espessura da placa o que está de acordo com as hipóteses de Kirchhoff já mencionadas. Note-se que de acordo com o campo de deslocamentos definido, as deformações ε_{23} e ε_{13} são nulas. Esta situação não é totalmente consistente com a realidade, no entanto estas deformações poderão ser calculadas a partir dos esforços unitários. O campo de deslocamentos resultante da consideração das Hipóteses de Kirchhoff apresenta esta incongruência nas deformações de corte.

Quando se utiliza no modelo em estudo materiais anisotrópicos a Lei de Hooke generalizada fica comprometida já que sua aplicação se enquadra mais em materiais isotrópicos com comportamento linear elástico.

2.4.3.1 - Condições de equilíbrio com a aplicação da equação diferencial de Lagrange.

As equações de equilíbrio podem ser estabelecidas em termos dos esforços unitários que resultam das tensões atuantes num elemento de placa de dimensões dx_1 , segundo Ox_1 , dx_2 segundo Ox_2 e sendo Ox_3 considerado uma dimensão igual à espessura da placa. O estado de tensão no referido elemento tem as componentes (Figura 2.11) às quais correspondem esforços unitários definidos de acordo com as expressões mostradas. (DINIS, 2016)

Considere-se um elemento ABCD de dimensões dx_1 , dx_2 no plano médio do elemento de placa esforços unitários atuantes neste elemento estão representados na figura 2.6.

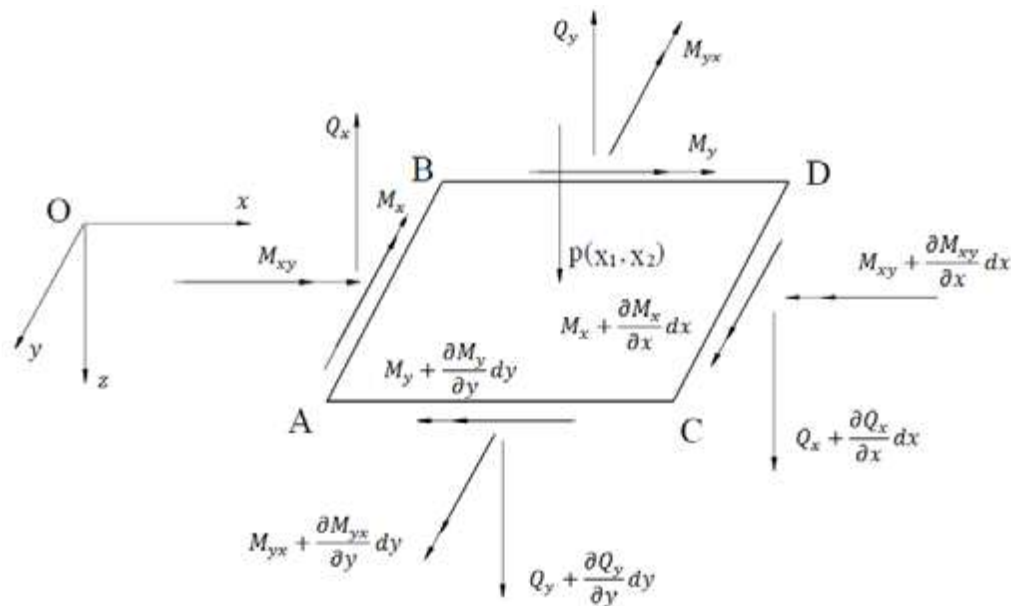


Figura 2.12 - Esforços atuantes em um elemento de placa no Plano Médio dx_1 , dx_2 .
Fonte: DINIS (2016).

A equação diferencial mostrada a seguir descreve o comportamento de uma placa e é geralmente conhecida como a Equação de Lagrange.

$$\frac{\partial^4 w(x, y)}{\partial x^4} + \frac{\partial^4 w(x, y)}{\partial y^4} + 2 \frac{\partial^4 w(x, y)}{\partial x^2 \partial y^2} = \frac{q(x, y)}{D_f} \quad (2.6)$$

Esta é equação diferencial que rege o comportamento da placa tem de certo modo uma analogia com o que se passa nos elementos de viga. A equação de Lagrange também relaciona derivadas de quarta ordem dos campos de deslocamentos transversais com a carga distribuída aplicada e com a rigidez (D_f) à flexão da placa. O parâmetro D_f é identificado como a rigidez à flexão do elemento de placa e sua expressão é dada por

$$D_f = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \quad (2.7)$$

A semelhança entre as equações da viga e da laje ainda é maior quando se escrever a equação de Lagrange na forma:

$$\nabla^4 w(x, y) = \frac{q(x, y)}{D_f} \quad (2.8)$$

$$\nabla^4 = \frac{\partial^4}{\partial x^4} + \frac{\partial^4}{\partial y^4} + 2 \frac{\partial^4}{\partial x^2 \partial y^2} \quad (2.9)$$

Para se conseguir determinar a solução para uma dada placa não basta apenas utilizar a equação de Lagrange. Para que a análise possa ser realizada, é fundamental que se estabeleça as condições de contorno do problema em questão.

2.4.3.2 - Solução de Navier para Placas Simplesmente Apoiadas

Uma solução possível para a equação de Lagrange é a chamada solução de Navier para a qual se considera ser $\omega(x_1, x_2)$ uma função tipo série dupla de senos que verifica simultaneamente a equação de Lagrange e as condições de contorno, ou seja uma função do tipo: (DINIS, 2016)

$$\omega(x, y) = -\frac{1}{D} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} W_{mn} \operatorname{sen} \frac{m\pi x_1}{a} \operatorname{sen} \frac{n\pi x_2}{b} \quad (2.9)$$

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - COMPOSIÇÃO DA CADEIRA

A idéia de projetar uma cadeira modular veio da premissa de que os espaços estão cada vez menores e também as famílias estão ficando menores, atualmente é difícil de manejar um mobiliário que ocupe um espaço enquanto não está sendo utilizado. E o que se pode ver é que apesar de existirem idéias para mobiliário para pequenos espaços, estas sempre se apresentam de forma pouco acessível e de difícil produção.

Neste caso a idéia é que a cadeira seja simples, moderna e prática, vindo desde a sua produção, passando pela montagem, uso e manejo, porém mantendo sua estética e uso agradáveis.



Figura 3.1 - Cadeira.

Esta cadeira é principalmente destinada a casais, ou pessoas que recebem os amigos e familiares, porém moram em lugares pequenos, sejam apartamentos ou casas, ela tem a intenção de ser multifuncional, onde este objeto possua mais de uma função, economizando espaço e dando outras opções para o seu uso.

O dimensionamento da cadeira foi feito de acordo com as tabelas de biomecânica, levando em consideração as normas de ergonomia e o dimensionamento em arquitetura, se baseando em Iida, Pronk e Gomes Filho.

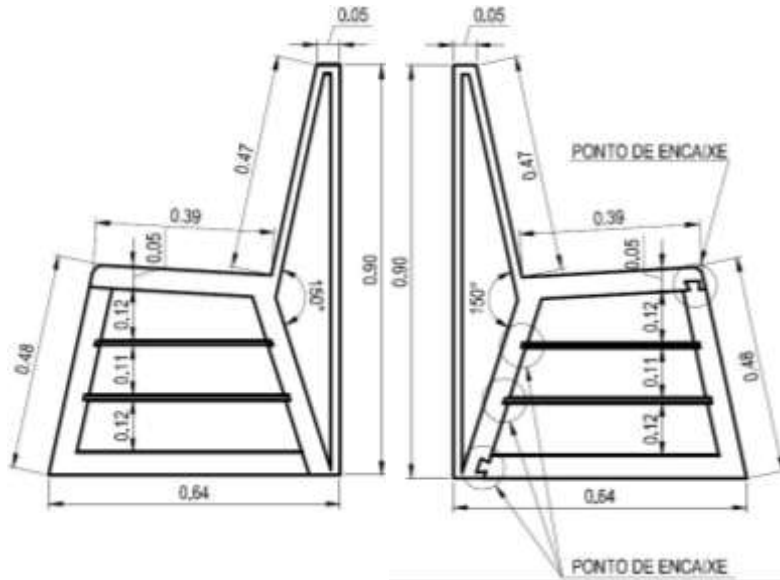


Figura 3.2 - Vistas e medidas laterais.

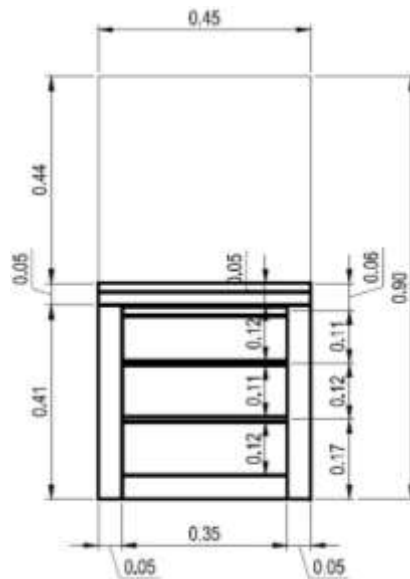


Figura 3.3 - Vista e medida frontal.

A cadeira é composta por 4 peças (Figura 3.4), uma peça principal composta pelo acento, costas e pernas traseiras (1), duas prateleiras (2 e 3) e uma quarta peça formada pelas pernas frontais e o reforço inferior (4).

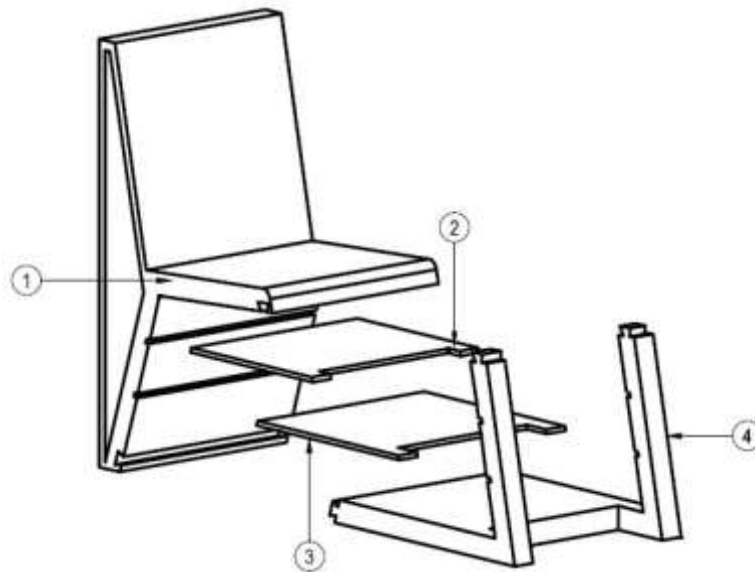


Figura 3.4 - Composição da cadeira.

Estas peças se unem de forma encaixável (Figura 3.5), proporcionando sua montagem simples, além de permitir uma personalização maior para o usuário quanto aos seus módulos, cores e materiais.

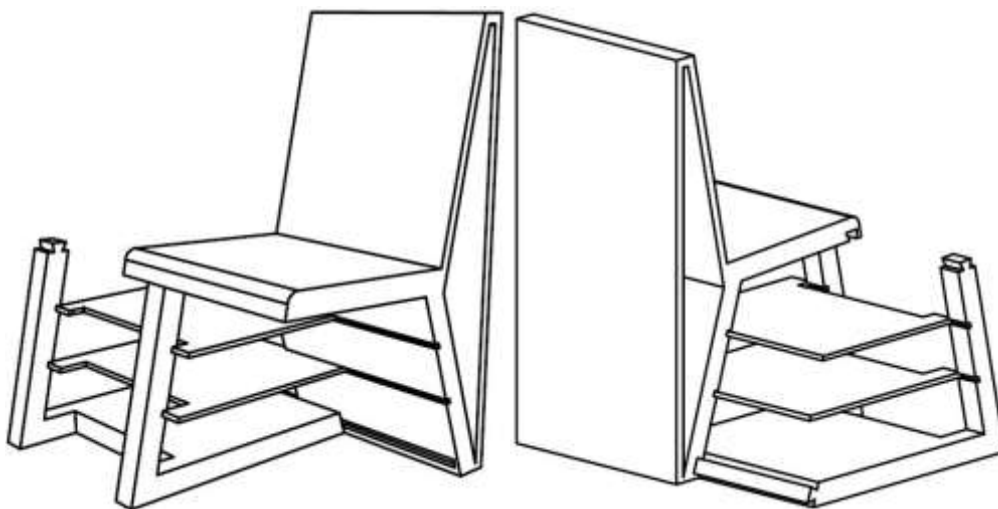


Figura 3.5 - Encaixes.

A cadeira é composta por 4 peças, uma peça principal composta pelo acento, costas e pernas traseiras (1), duas prateleiras (2 e 3) e uma quarta peça formada pelas pernas frontais e o reforço inferior (4).

Este mobiliário tem o propósito de deixar a cargo do seu usuário quantos módulos ele deseja, e, futuramente, até quais materiais ele deseja, podendo ser extremamente personalizável.

Pode ser vendida em uma única cadeira ou em módulos separados, facilitando a reposição de peças, caso estejam desgastadas ou quebrem. Esta é a maior vantagem de um mobiliário modular, pois caso uma peça quebre, é só comprar outra e substituir, e como a cadeira é encaixável o próprio usuário pode fazer a troca de peças de maneira simples, sem o auxílio de um especialista.

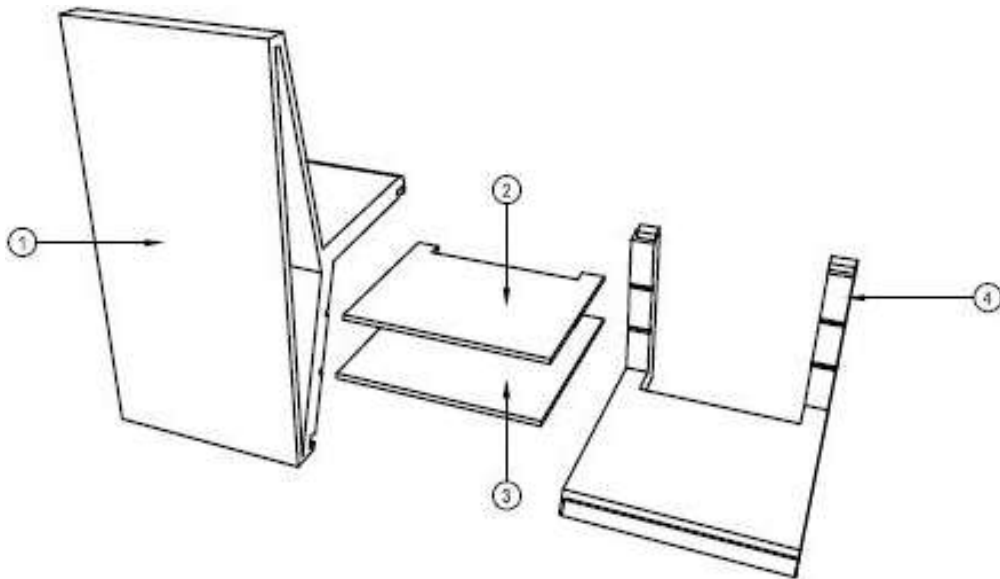


Figura 3.6 - Encaixes.

Neste trabalho o material escolhido para a composição da cadeira será a madeira Angelim araroba, porém pela versatilidade da cadeira ela poderá ser feita em diversos materiais, podendo ser feita de forma moldada, injetada etc., podendo mudar a forma de composição das peças, no caso da madeira ela se juntará a diversas chapas para poder compor as peças modulares. Na figura abaixo (Figura 3.7) é possível ver as peças de forma mais detalhada:

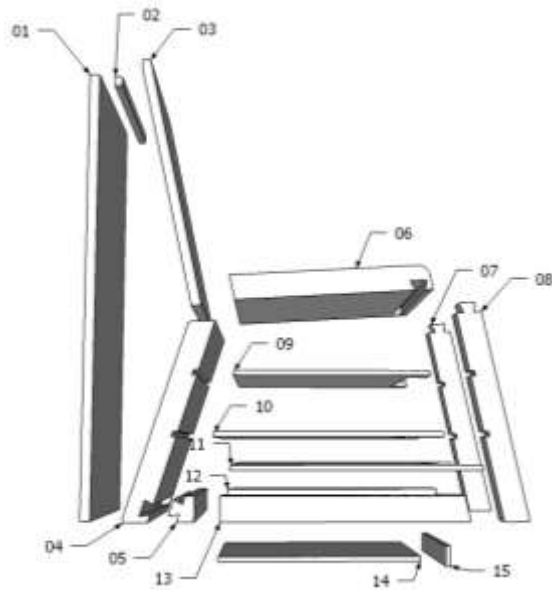


Figura 3.7 - Peças detalhadas.

A peça principal que é composta pelo acento, costas e pernas traseiras são caracterizadas pelas peças 01, 02, 03, 04, e 06, as duas prateleiras (peças 09 e 10) e a peça formada pelas pernas frontais e o reforço inferior compostas pelas peças 05, 06, 07, 08, 11, 12, 13, 14 e 15.

Estas peças serão unidas por parafusos de três tamanhos, um de 30 mm para peças onde não haja tensões significantes, um de 50 mm onde as peças tenham tensões de média intensidade e um de 80mm para peças que precisem de um suporte maior e sofram maiores tensões.

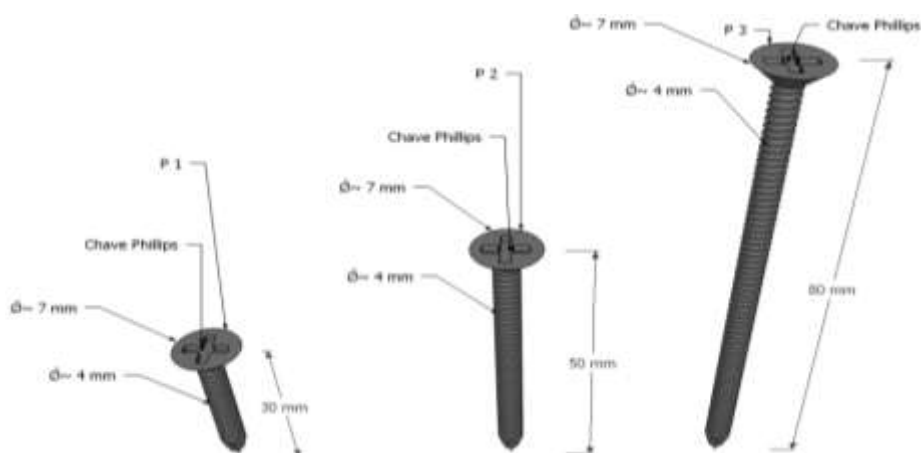


Figura 3.8 - Parafusos.

Quanto a sua parte estética, a cadeira se apresenta de forma prática, com *design* clean e moderno, de formas geométricas e precisas se direcionam para pessoas que se

importam com a funcionalidade, mas sem deixar de lado o estilo. Seu público-alvo são as pessoas mais modernas e jovens, porém sem excluir a parcela mais clássica, pois seu *design* abrange vários nichos.

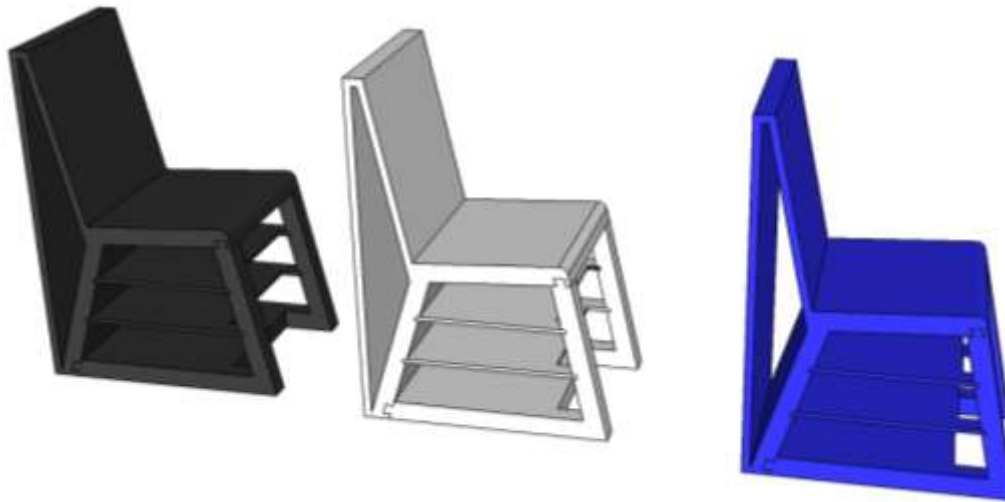


Figura 3.9 - Cadeiras Coloridas.

A ideia é produzi-la tanto em seu estado natural (no caso, madeira) quanto em várias cores, e, futuramente, em vários materiais e estampas, para que assim o usuário possa misturar as cores e materiais, podendo sempre apresentar uma cadeira diferente quando mudar a decoração do ambiente etc.

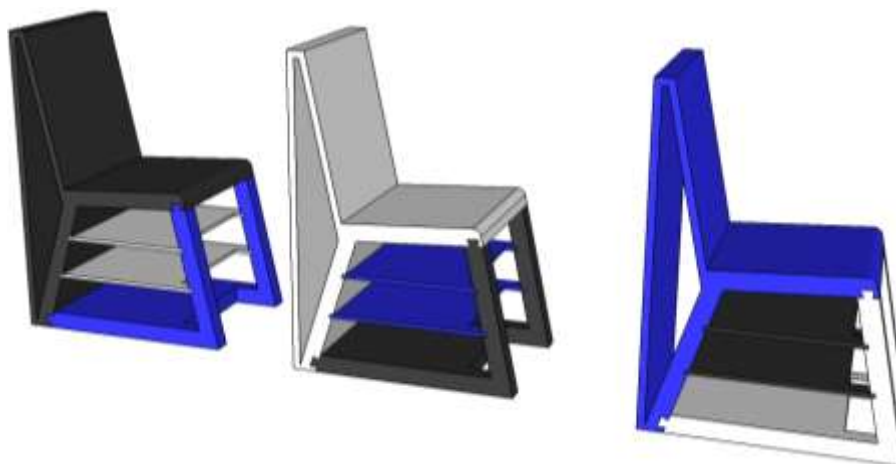


Figura 3.10 - Cadeiras com módulos misturados.

A principal função da cadeira é de se adaptar ao espaço que está inserida, podendo se tornar outro mobiliário enquanto não estiver sendo usada como cadeira, se tornando outro móvel ao se juntar a outras cadeiras, para que isso aconteça é necessário que se utilize um sistema de *rapport*.

Para a realização do *rapport*, é necessário o estudo das composições com repetição, as composições desenvolvidas neste projeto têm como base as classificações. O significado de *rapport* (palavra em francês) é "encaixe" ou "relação", em estamperia pode ser definido como "módulo de repetição". Ou seja, é preciso ter uma noção específica de composição e organização do desenho para que, na repetição de modo contínuo, os encaixes não sejam distinguidos, configurando-se desta maneira um padrão.

Para a obtenção de um *rapport* é necessário que o desejo de encaixe perfeitamente um ao outro, tanto verticalmente quanto horizontalmente, para que assim, ao serem repetidas, formem um padrão perfeito.

Utilizando este sistema de *rapport* e se unindo à duas ou mais cadeiras é possível que este móvel se torne outros móveis como outro móvel (Figura 3.11), uma estante (Figura 3.12) ou um rack (Figura 3.13).

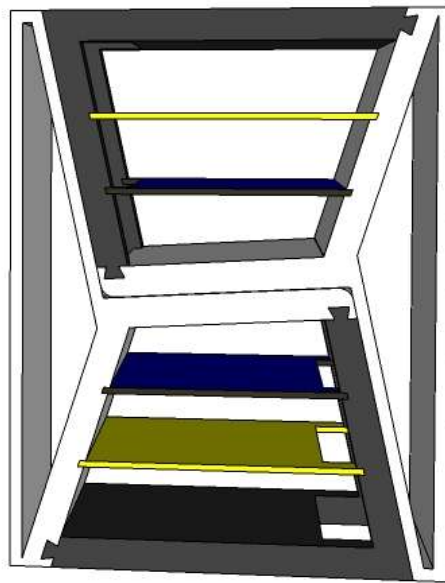


Figura 3.11 - Duas cadeiras formando um móvel.

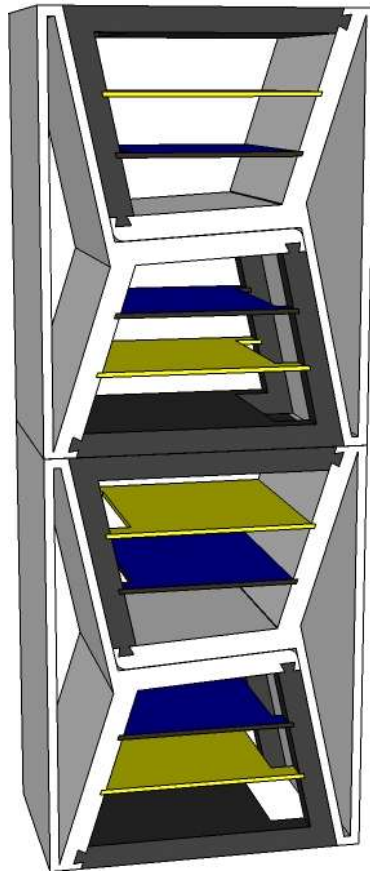


Figura 3.12 - Estante.

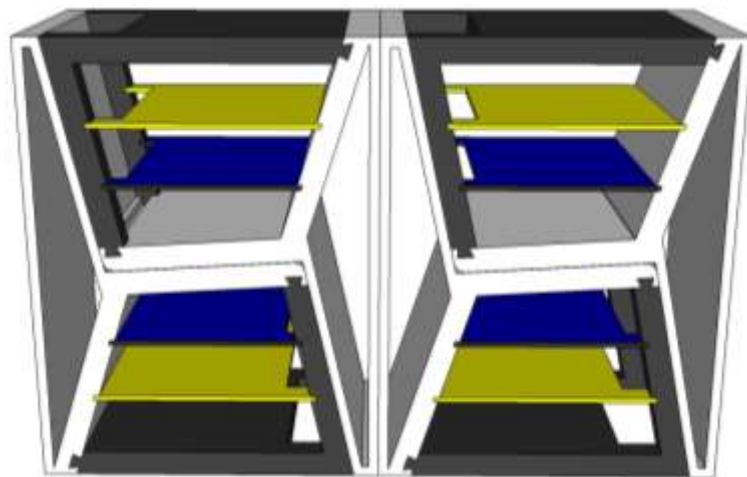


Figura 3.13 - Rack.

3.2 - QUESTIONÁRIO SEMIÓTICO QUANTO À CADEIRA

Para a realização de um estudo semiótico aplicado a cadeira foi feito um questionário para a melhor validar os valores semióticos aplicados a cadeira quanto ao seu público alvo e aos seus possíveis usuários.

O atual questionário foi feito por meio online, através da ferramenta Google Docs, foram coletadas as respostas de 25 jovens casais ou pessoas solteiras, com e sem filhos.

As primeiras perguntas foram de cunho antropológico, como faixa etária e se possuíam ou não filhos. A maioria está entre 20 a 30 anos, e não possuem filhos.

Qual a sua faixa etária (25 respostas)

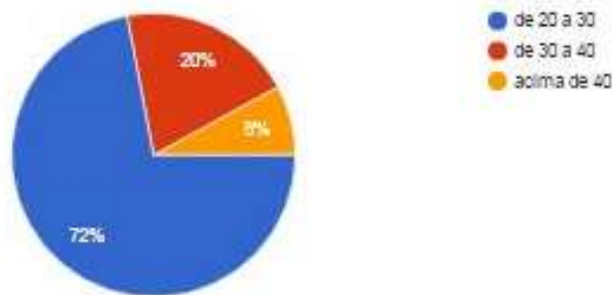


Figura 3.14 - Faixa Etária.
Fonte: GOOGLE DOCS.

Você Possui filhos? (25 respostas)

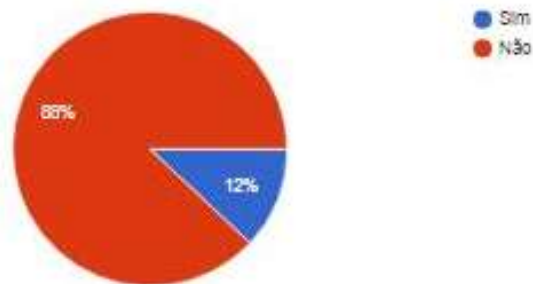


Figura 3.15 - Filhos.
Fonte: GOOGLE DOCS.

Logo após foram feitas perguntas quanto aos logradouros e quanto a acomodação de visitas, uma pequena maioria considera suas respectivas casas pequenas e ficam sem ter onde acomodar suas visitas

Você considera o lugar onde mora um lugar pequeno? (25 responses)

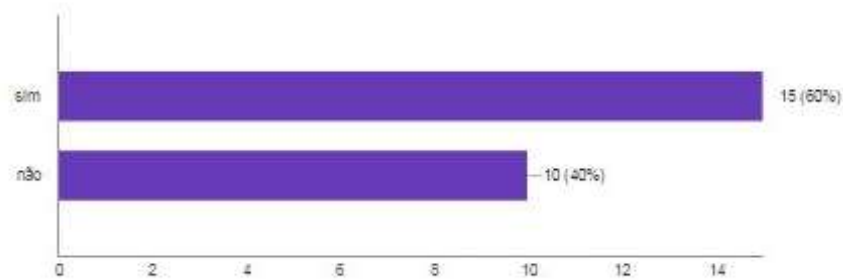


Figura 3.16 - Lugar onde mora.
Fonte: GOOGLE DOCS.

Ao receber visitas, você geralmente fica sem ter onde as acomodar? (25 responses)

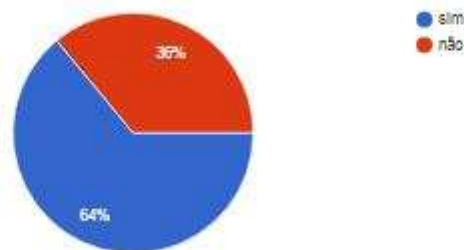


Figura 3.17 - Acomodação.
Fonte: GOOGLE DOCS.

Após estas perguntas, foram feitas perguntas para a aceitação de um mobiliário modular, a grande maioria se mostrou receptiva a ideia.

Você gostaria de um mobiliário que se adaptasse ao seu espaço útil? podendo ser utilizado para outra função? (25 responses)



Figura 3.18 - Mobiliário Adaptável.
Fonte: GOOGLE DOCS.

Você gostaria de um mobiliário o qual você pudesse trocar as peças, quando elas estiverem gastas ou quando você trocar de decoração, podendo mudar as cores e os materiais?
(25 respostas)

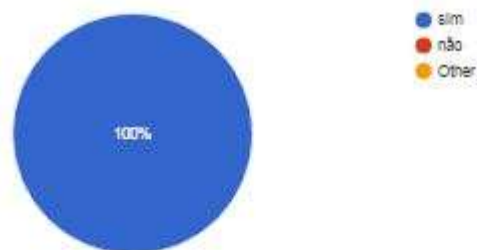


Figura 3.19 - Peças Encaixáveis.
Fonte: GOOGLE DOCS.

Após estas foram feitas perguntas de cunho semiótico, foram colocadas opções das características predominantes da cadeira, a grande maioria respondeu com o design moderno do mobiliário, seguindo da sua praticidade, cores e elegância.

ao olhar para o mobiliário acima, quais características você nota primeiro?
(25 respostas)

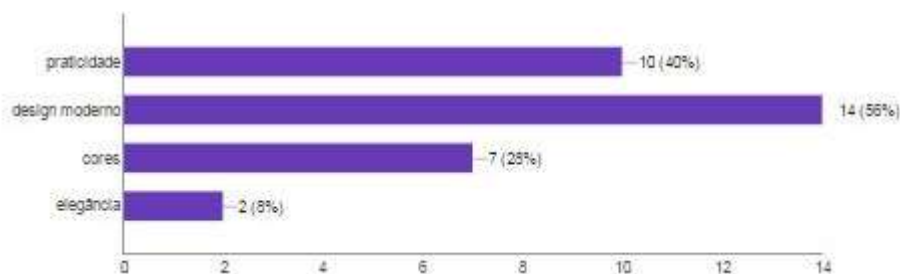


Figura 3.20 - Características da Cadeira.
Fonte: GOOGLE DOCS.

Você acha uma vantagem elas poderem ser reutilizadas para outros fins, dependendo da sua montagem?
(25 respostas)

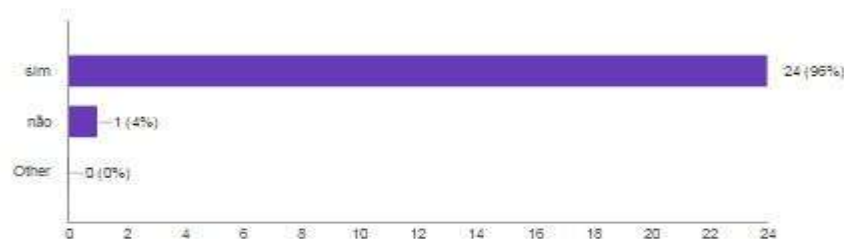


Figura 3.21 - Vantagens de reutilização.
Fonte: GOOGLE DOCS.

Você as utilizaria para outros fins? (25 responses)

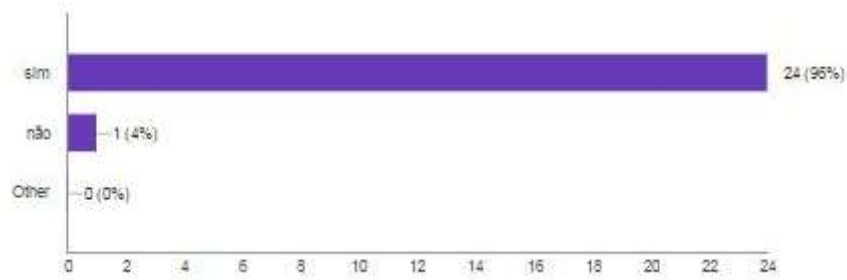


Figura 3.22 -Utilização para outros fins.

Fonte: GOOGLE DOCS.

E por fim foi feita a pergunta sobre a possível compra da cadeira, a grande maioria respondeu que compraria sim a cadeira.

Você compraria esta cadeira? (25 responses)

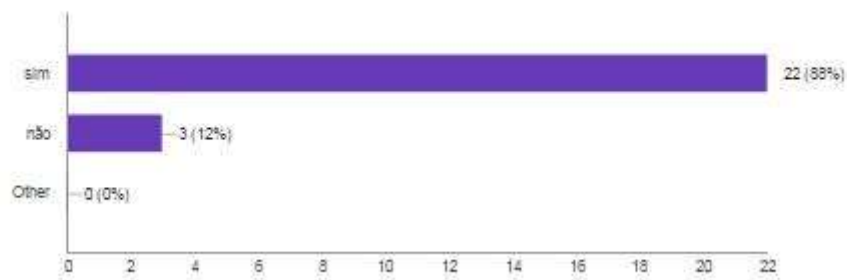


Figura 3.23 - Compra e aceitação da cadeira.

Fonte: GOOGLE DOCS.

3.3 - ANÁLISE ESTRUTURAL DA CADEIRA

A análise do comportamento estrutural da cadeira ficou restrita as deformações e tensões advindas de carregamento estático sob o assento. O modelo computacional desenvolvido para a análise estrutural através do ANSYS foi baseado no projeto da cadeira (Figura 3.14).

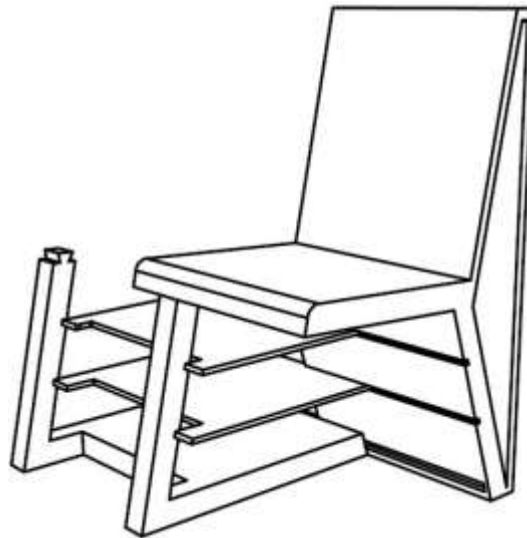


Figura 3.24 - Planta em perspectiva da cadeira.

Para o desenvolvimento do modelo numérico experimental é necessário que se faça algumas considerações fundamentais para que o resultado seja o mais próximo da realidade. Entre estas considerações é do tipo da madeira a ser adotada assim como as características geométricas de cada elemento constituintes da cadeira. O modelo computacional desenvolvido no ANSYS (Figura 3.15) foi desenvolvido de acordo com as características geométricas da cadeira e propriedade física da madeira adotada.

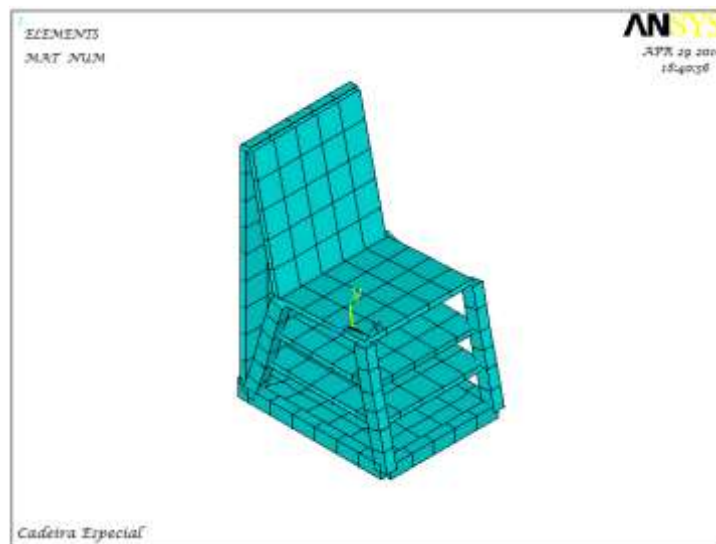


Figura 3.25 - Modelo para análise desenvolvido no ANSYS.

Como a cadeira apresenta dupla funcionalidade as partes do modelo podem ser separadas do todo (Figura 3.26). Do ponto de vista estrutural os encaixes funcionam como apoio do segundo gênero.

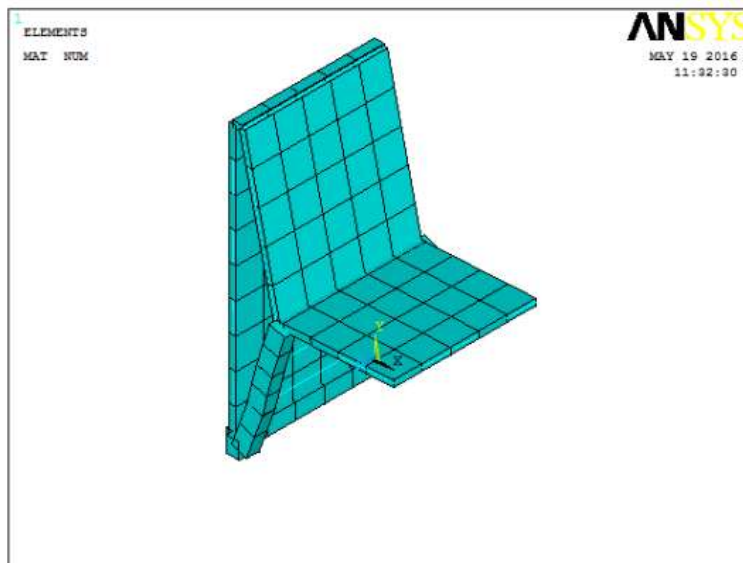


Figura 3.26 - Parte superior do modelo separada e ligada rigidamente para análise desenvolvida no ANSYS.

A parte inferior do modelo de cadeira já discretizada pelo programa de análise (Figura 3.27). Esta separação é condicionada pela própria concepção da cadeira.

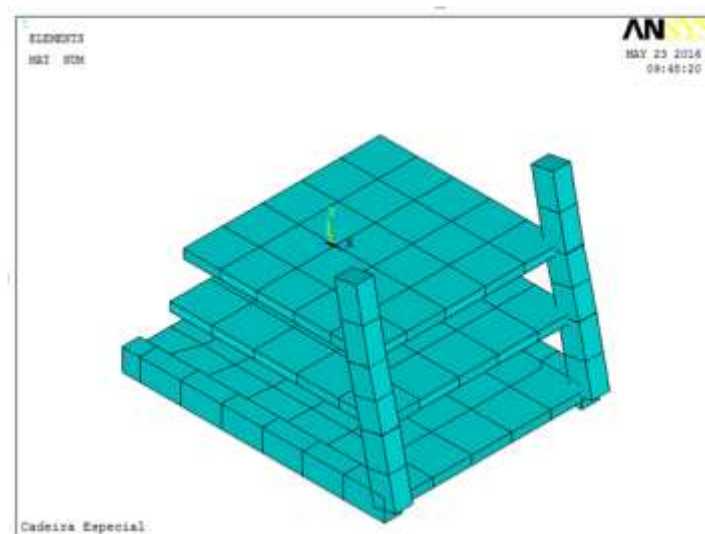


Figura 3.27 - Parte inferior do modelo separada e ligada rigidamente para análise desenvolvida no ANSYS.

3.3.1 - Propriedades da cadeira adotadas para o ensaio numérico

A Norma enfatiza que as propriedades da madeira são condicionadas por sua estrutura anatômica, devendo-se distinguir os valores correspondentes à tração dos correspondentes à compressão, bem como os valores correspondentes à direção paralela às fibras dos correspondentes à direção normal às fibras.

Para o desenvolvimento do modelo numérico é necessário definir as propriedades mecânicas e geométricas dos elementos que compõem a estrutura da cadeira.

As propriedades da madeira utilizada no projeto da cadeira ficaram condicionadas ao estabelecido na Norma 7190/97 – Projeto de estruturas de madeira - da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

3.4 - MATERIAIS EMPREGADOS

Para o ensaio numérico adotou-se o Angelim Araroba (Tabela 3.1). A escolha entre os três tipos de Angelim mostrados na tabela é devido ao seu baixo módulo de elasticidade se comparado aos outros dois tipos de Angelim. A densidade da madeira, também mostrada na tabela 3.1, refere-se à madeira seca.

As informações sobre a capacidade de carga da cadeira são obtidas através das provocações de esforços sobre o modelo estrutural da cadeira. As propriedades mecânicas conhecidas da madeira são as responsáveis pelas respostas quando solicitadas pelas ações externas.

Tabela 3.1 - Valores das tensões do Angelim definido em Norma.

Valores médios de madeiras dicotiledôneas, nativas e de florestamento.								
Nome comum (dicotiledôneas)	Nome científico	$\rho_{AP}(12\%) \text{Kg/m}^3$	f_{c0} MPa	f_{t0} MPa	f_{90} MPa	f_v MPa	E_{c0} MPa	n
Angelim araroba	Vataireopsis araroba	688	50,5	69,2	3,1	7,1	12.876	15
Angelim ferro	Hymenolobium spp	1.170	79,5	117,8	3,7	11,8	20.827	20
Angelim pedra	Hymenolobium petraeum	694	59,8	75,5	3,5	8,8	12.912	39

Fonte: Adaptado da NBR 7190:1997.

A madeira de angelim é muito utilizada nos pequenos, médios e grandes mercados madeireiros, porém, é nos pequenos comerciantes que está sua maior importância, pois é comum ver-se nas pequenas marcenarias nas ruas, margens de estradas etc., o uso da madeira, principalmente na confecção de móveis. (FERREIRA, 2004)

3.5 - CRITÉRIOS ESTABELECIDOS PARA O ENSAIO NUMÉRICO.

O carregamento estático adotado para a análise leva em consideração o peso de 1.200N (120 kg), correspondente a um indivíduo sentado confortavelmente na cadeira.

No ensaio numérico experimental o peso foi distribuído na superfície do assento. Para a análise numérica a carga foi aplicada e distribuída em elementos discretizados no acento.

Abaixo (Figura 3.18) mostra as áreas do carregamento distribuído aplicado sobre o assento da cadeira, identificadas pelos retângulos em vermelho. Esta simulação é a que se aproxima do modelo real da cadeira.

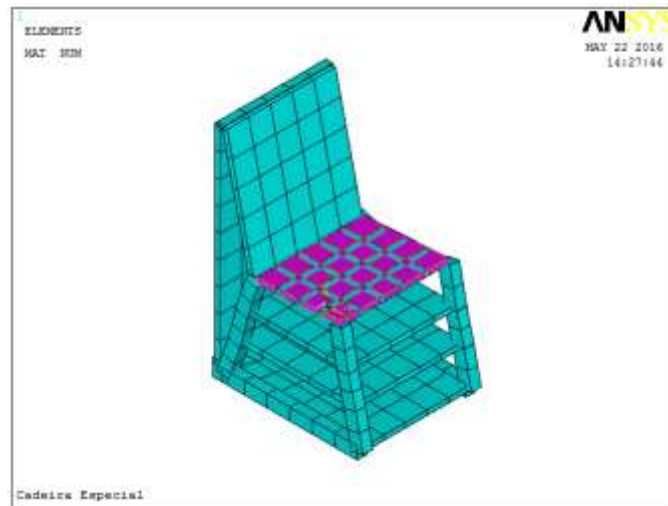


Figura 3.28 - Modelo numérico para análise com carga distribuída nos elementos discretizados.

Fonte: PROGRAMA ANSYS.

Foram também feitos cálculos analíticos, através do programa FORTRAN 99, a fim de comparar os resultados dados pelo ANSYS. Para análise comparativa considerou-se uma placa retangular de dimensões a e b simplesmente apoiada ao longo do contorno exterior (Figura 3.19). A placa está sujeita a uma carga distribuída com a forma sinusoidal. Para o sistema de eixos representado na figura esta carga é da forma: $p = p_0 \sin. \pi x / a \sin \pi y / b$, onde p_0 representa a intensidade da carga no centro da placa.

O objetivo é determinar os esforços de flexão e os deslocamentos em determinados pontos da placa, sobretudo no centro da placa.

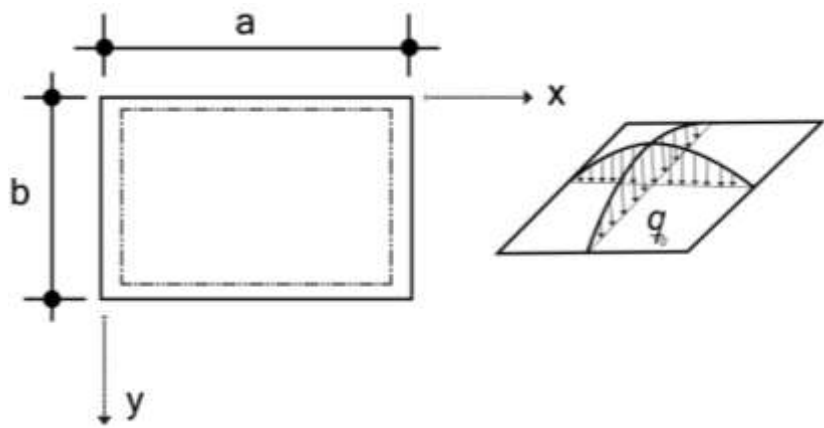


Figura 3.29 -Placa retangular apoiada e sujeita a uma Carga Sinusoidal.

Partindo da consideração de que o carregamento atuando sobre a placa retangular e apoiada é análoga ao acento da cadeira em estudo (Figura 3.19) é possível estabelecer um comparativo entre os esforços obtidos analiticamente e os obtidos através do programa ANSYS.

Considerando ainda que o carregamento atuante mostrado na figura 3.19 é dado pela equação 3.1

$$q = q_0 \operatorname{sen} \frac{\pi x}{a} \operatorname{sen} \frac{\pi y}{b} \quad (3.1)$$

Após a substituição na equação de Lagrange assume a expressão 3.1

$$\frac{\partial^4 w(x, y)}{\partial x^4} + \frac{\partial^4 w(x, y)}{\partial y^4} + 2 \frac{\partial^4 w(x, y)}{\partial x^2 \partial y^2} = \frac{q(x, y)}{D_f} \operatorname{sen} \frac{\pi x}{a} \operatorname{sen} \frac{\pi y}{b} \quad (3.2)$$

Para o caso particular de uma placa retangular é necessário que se estabeleça as condições de contorno a fim de atender a solução da placa. Com as devidas considerações e após definir as constantes de integração na equação diferencial com as devidas substituições obteve-se para os deslocamentos a seguinte expressão:

$$w = \frac{q_0}{\pi^4 D \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} \right)^2} \operatorname{sen} \frac{\pi x}{a} \operatorname{sen} \frac{\pi y}{b} \quad (3.3)$$

A flecha máxima ou deslocamento vertical ocorre exatamente no centro da placa e seu valor pode ser determinado pela expressão abaixo.

$$w = \frac{q_o}{\pi^4 D_f \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} \right)^2} \quad (3.4)$$

Os momentos fletores também podem ser determinados conforme as equações 3.5 e 3.6 a seguir.

$$M_x = \frac{q_o}{\pi^4 D_f \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} \right)^2} \left(\frac{1}{a^2} + \frac{\nu}{b^2} \right) \text{sen} \frac{\pi x}{a} \text{sen} \frac{\pi y}{b} \quad (3.5)$$

$$M_y = \frac{q_o}{\pi^4 D_f \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} \right)^2} \left(\frac{\nu}{a^2} + \frac{1}{b^2} \right) \text{sen} \frac{\pi x}{a} \text{sen} \frac{\pi y}{b} \quad (3.6)$$

Os momentos máximos ocorrem no centro ($x=a/2$ e $y = b/2$).

3.6 – RESULTADOS OBTIDOS

Através da modelagem numérica, foram obtidos os resultados em termos de tensão e deformação para a estrutura, conforme a deformada da cadeira (Figura 3.30), através o ANSYS, e os valores apresentados (Tabela 3.2) comparados com os valores experimentais com carregamento.

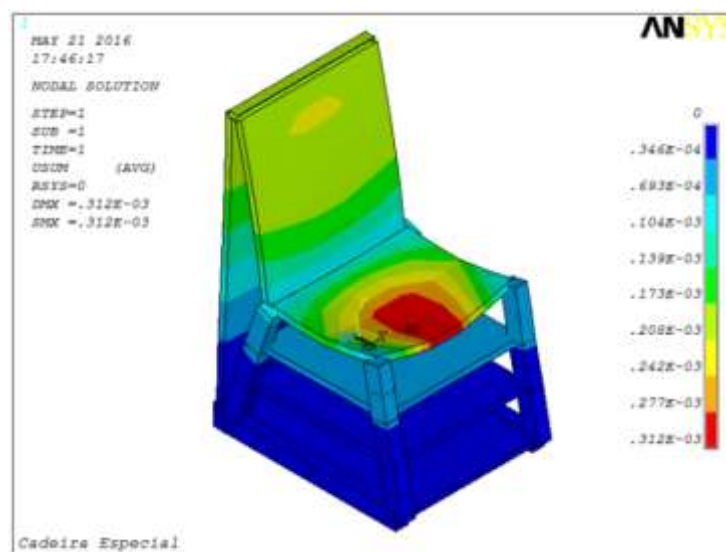


Figura 3.30 - Mapa da deformada da estrutura após a aplicação do carregamento.
Fonte: PROGRAMAS ANSYS.

Quanto às tensões é importante fazer referência aos elementos da cadeira que estão submetidos a tensões máximas. Neste caso deve-se focar aos esforços atuando nas pernas da cadeira e na placa que recebe diretamente os esforços. Neste caso trata-se da placa de assento da cadeira.

A área em vermelho é a que mais sofre com a tensão, as partes em laranja, amarelas e verdes sofrem de uma forma considerável com o uso, já as partes em azul são as que menos sofrem com a tensão.

Abaixo é mostrado o diagrama das tensões atuando nas pernas da cadeira com os respectivos valores em N/m^2 (Figura 3.31).

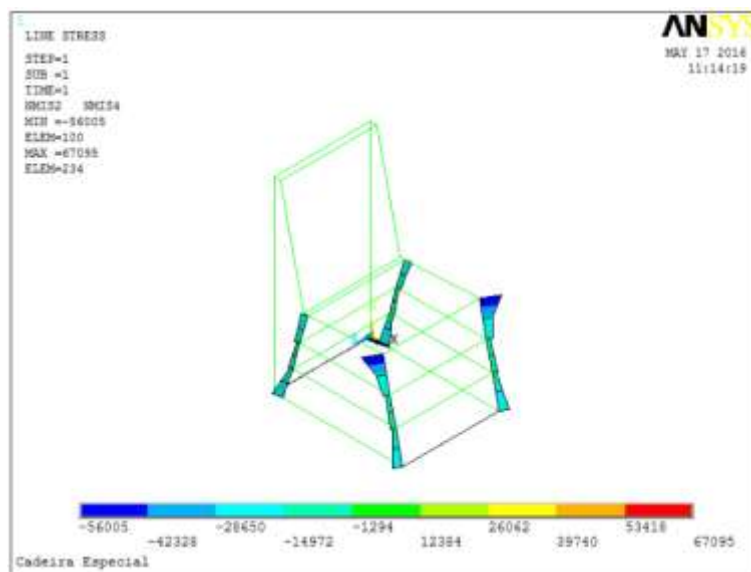


Figura 3.31 - Mapa das tensões nas “pernas” da cadeira após a aplicação do carregamento.

Fonte: PROGRAMAS ANSYS.

Os valores são comparados com a capacidade de resistência média de carga da madeira adotada na fabricação da cadeira. Abaixo (Figura 3.32) mostra o diagrama das tensões atuando na placa de assento da cadeira com os respectivos valores em N/m^2 .

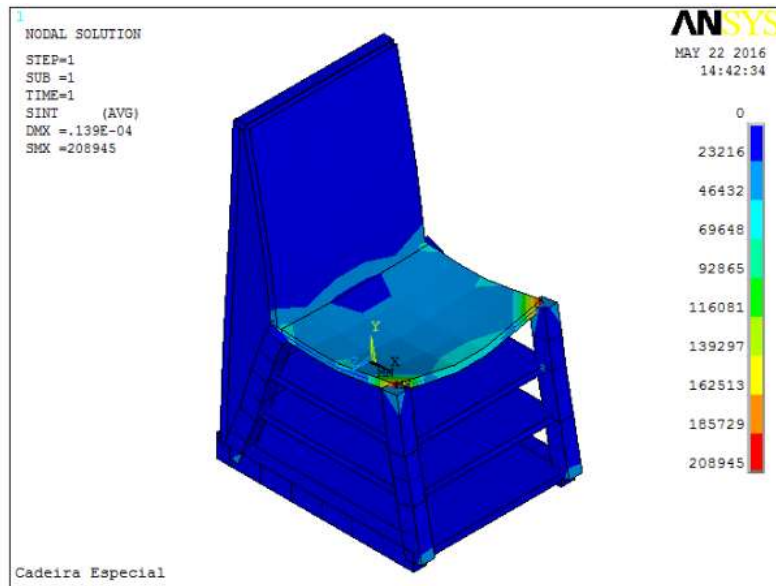


Figura 3.32 - Mapa das tensões no assento da cadeira após a aplicação do carregamento.
Fonte: PROGRAMAS ANSYS.

Com a obtenção dos esforços seccionais mostrada anteriormente é possível determinar as tensões normais nas direções x e y conforme as equações 3.7 e 3.8.

$$\sigma_x = \frac{E z}{1 - \nu^2} \frac{M_x}{D_f} \quad (3.7)$$

$$\sigma_y = \frac{E z}{1 - \nu^2} \frac{M_y}{D_f} \quad (3.8)$$

Substituindo-se D_f de seu valor mostrado na equação 2.7 obtêm-se a

$$\sigma_x = \frac{12M_x}{h^3} z \quad \sigma_y = \frac{12M_y}{h^3} z \quad (3.9)$$

Eq. 3.9

Os valores das tensões e deslocamentos no centro do acento da cadeira foram obtidos através das fórmulas analíticas e do método numérico através do programa ANSYS conforme tabela 3.2.

Tabela 3.2- Valores de deslocamento e tensão máxima no acento da cadeira.

Carga Distribuída aplicada no assento (N/m ²)	Deslocamento vertical máximo (mm)		Tensão no acento (MPa)	
	Analítico (Fórmula)	Numérico (ANSYS)	Analítico (Fórmula)	Numérico (ANSYS)
0,762	0.48	0,62	0,9158	0,9391

É possível ver que as diferenças entre os resultados obtidos tanto pelo Ansys quanto pelo Cálculo Analítico são bem pequenas, dando divergência de 0,14 mm quanto a deslocamento e 2,33 N/cm² quanto à tensão.

Quanto ao design e ao que se propôs, o mobiliário se apresenta de forma prática e inovadora, além de ter um design agradável e dinâmico. Com suas angulações é possível transformar a cadeira em um rack, estante de livros, aparador, enfim, em vários outros mobiliários



Figura 3.33 - Mobiliário em 3D.

É possível que esta cadeira se redirecione para outros propósitos facilmente, apenas empilhando uma na outra, facilitando a vida de quem a utiliza e sendo útil no espaço inserido.



Figura 3.34 - Cadeira Empilhadas.

CAPÍTULO 4

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

4.1 - CONCLUSÕES

A elaboração do projeto da cadeira se apresentou viáveis para suprir às necessidades propostas nas objetivações, após estudos de *design* resistência pôde-se constatar que a cadeira possui características modulares capazes de se adequar a diferentes espaços e funções.

Através das normas de ergonomia e biomecânica pôde se obter um design confortável e de uso adequado, atendendo às necessidades de seus usuários e os proporcionando conforto. Além de ter um *design* agradável, podendo ser utilizada em diversas cores e possibilitando diversas combinações, devido às suas peças serem montáveis, o que possibilita a fácil montagem e troca de peças, onde o usuário pode fazer a própria instalação da cadeira e a substituição de suas peças. Se adequando a vários tipos de usuários com diferentes gostos, e atendendo às suas necessidades.

Através do questionário com o público-alvo foi possível se obter uma melhor resposta quanto à percepção dos usuários em potencial, podendo se verificar se os valores semióticos agregados tiveram êxito quanto a sua mensagem.

O material utilizado é uma madeira característica do Brasil, facilmente encontrada na Amazônia e na região norte, o que possibilita a produção nesta região, não tendo que importar materiais e incentivando o comércio local.

Após os estudos de tração e deformação pôde se averiguar que o material resiste ao uso e suporta 1.200N, equivalentes a 120kg, e que não sofre grandes deformações, podendo ser utilizado para produzir o móvel. Após testes realizados por meios de elementos numéricos através do Ansys e cálculos analíticos através do Fortran foi possível averiguar que as divergências entre os resultados são mínimos, dando pequenas oscilações entre eles, sendo a tensão no acento de 93,91 N/cm² no calculo numérico e 91,58 N/cm² no cálculo analítico, com deslocamento vertical Maximo (DMX) de 0,62mm e 0,48mm, respectivamente.

4.2 - SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base nas propostas da cadeira, sugere que se façam testes com diferentes materiais, afim de descobrir quais se adequarão para a produção da cadeira.

A produção de um protótipo para que sejam feitos testes tanto de ergonomia, quanto de semiótica.

Fazer o uso de novos materiais, como compósitos mistos, fibras naturais etc.

Pesquisar dentre os usuários melhorias quanto ao design e a funcionalidade de seus módulos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANSYS. **ANSYS User's Manual: Theory, Vol.IV**. Swanson Analysis Systems, Inc, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de Madeira, NBR – 7190**. Rio de Janeiro, 1997.

BÜRDEK, B. **História, teoria e prática do design de produtos**, Edgar Blücher, São Paulo, 2006.

CARVALHO, M. P. **Análise de tensões e deformações em estruturas termoplásticas usando o método de elementos Finitos**, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

EMERY, T. R. **Thermoelastic Stress Analysis of damage mechanisms in composite materials**, Composites: Part A 41 pp. 1729–1742, 2010.

DINIS, L. M. de J. S. **Como Placas e cascas**. Aulas 2 e 3,[201-?]. Disponível em:<<https://web.fe.up.pt/~ldinis/placasecascastexto.htm>>Acesso em: 6 de Jun. 2016.

FALCÃO, F da S. **Métodos de avaliação biomecânica aplicados a postos de trabalho no Pólo Industrial de Manaus (AM): uma contribuição para o design ergonômico**.Universidade Estadual Paulista. São Paulo, 2007.

G1, 2014, Em 10 anos, vendas de imóveis de 1 dormitório crescem em 400%. **G1**, São Paulo.Disponível em: <http://g1.globo.com/economia/noticia/2014/06/em-10-anos-vendas-de-imoveis-de-1-dormitorio-crescem-400.html>. Acesso em: 8 de Fev. 2016.

G1. 2014, Casais sem filho são quase 20% dos arranjos familiares no país, diz IBGE. **G1**,São Paulo.Disponível em:<http://g1.globo.com/bemestar/noticia/2015/12/casais-sem-filho-sao-quase-20-dos-arranjos-familiares-no-pais-diz-ibge.html>Acesso em: 8 de fev. 2016.

GOES, L. P. de. **Estudo do comportamento Estático de Estrutura Metálica Tracionada para Cobertura com Telhas Plásticas de PET**. Universidade Federal do Amazonas. Amazonas, 2015.

GOMES FILHO, J. **Design do Objeto: Bases Conceituais, Escrituras**. São Paulo, 2007.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. 2.ed., Edgard Blücher, São Paulo, 2005.

SILVEIRA, F. L. da. **Uso de usinagem por jato d'água, usinagem por controle numérico computadorizado e corte a laser no design de superfícies tácteis a partir de padrões modulares encaixáveis em ágata e cedro**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, 2011.

LUGLI, D. **Ergonomia**. Colégio Rio Branco, Rio Branco, 2010.

NICOLAU, M. **Comunicação e Semiótica: Visão geral e introdutória à semiótica de Pierce**. Temática, nº 8, 2010.

NIEMEYER, L. **Elementos de semiótica: aplicados ao design**. 2AB, Rio de Janeiro, 2009.

NÖTH, W. **Panorama da semiótica: de Platão a Peirce**. Annablume, São Paulo, 2003.

PRONK, E. **Dimensionamento em Arquitetura**, 7ª Ed., Editora Universitária, João Pessoa, 2003.

SAKATA, S. *et al.* **A Microscopic failure probability analysis of a unidirectional fiber reinforced composite material via a multiscale stochastic stress analysis for a microscopic random variation of an elastic property**. Computational Materials Science 62pp.35–46, 2012.

SANTAELLA, L. **Semiótica Aplicada**. São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2005.

SALOTINIS, K. **Modular design for increasing assembly automation**. Manufacturing Technology, Bedford, n.63, pp.189–192, 2014.

SCOTT, P. A. **Ergonomics in Developing Regions: Needs and Applications**. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2009.

SILVA, J. C. P.; PASCHOARELLI, L. C. **A evolução histórica da ergonomia no mundo e seus pioneiros**. Cultura Acadêmica, pp.103, São Paulo, 2010.

TANKUT, N. **Finite Element Analysis of Wood Materials**. drvna industrija, n.65 pp. 159-171, 2014.