

**Guilherme
Barbosa dos Santos**



Asper

desenvolvimento e prototipagem
de um quadro de bicicleta dobrável
constituído por bambu laminado colado



Asper

desenvolvimento e prototipagem
de um quadro de bicicleta dobrável
constituído por bambu laminado colado

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação
Departamento de Design
Trabalho de Conclusão de Curso
Bacharelado em Design - Habilitação em Design de Produto
Bauru, São Paulo
Janeiro de 2018

Guilherme Barbosa dos Santos

Orientação: Luis Carlos Paschoarelli

S237a Santos, Guilherme Barbosa dos
Asper : Desenvolvimento e prototipagem de um quadro de bicicleta dobrável constituído por bambu laminado colado / Guilherme Barbosa dos Santos. -- Bauru, 2018
67 p. : il., tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Design) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design, Bauru
Orientador: Luis Carlos Paschoarelli

1. Projeto de Produto. 2. Compósitos. 3. Bicicletas. 4. Sustainable design. 5. Ecodesign. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design, Bauru. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Banca examinadora

Orientador: Prof. Dr. Luis Carlos Paschoarelli
Examinador 01: Prof. Dra. Ana Beatriz Pereira de Andrade
Examinador 02: Prof. Dra. Thaís Regina Ueno Yamada
Examinador 03: Me. Gabriel Fernandes dos Santos

Agradecimentos

Ao Estado de São Paulo por viabilizar meus estudos por meio do sistema de ensino superior público.

À gestão 2017 do Projeto Taquara, que me selecionou como membro, e assim viabilizou meu acesso ao Laboratório de experimentação com madeira e bambu, da Faculdade de Engenharia.

Ao Prof. Marco Antonio dos Reis Pereira por me inserir como bolsista de iniciação científica junto ao CNPq com o projeto de pesquisa "Design sustentável com bambu", o qual circunscreveu o desenvolvimento do presente trabalho.

À KEHL Polímeros Ltda. por ceder amostras do aglomerante biodegradável AG 201, o qual foi utilizado na prototipagem da proposta.

E especialmente ao meu pai, Genivaldo Bazílio dos Santos, por ter optado por arcar com minhas despesas, mas sobretudo me apoiar ao longo desta jornada.

Dedicatória

À minha irmã, Alana.

Sumário



Apresentação

	Lista de figuras
08	Resumo
09	Abstract
10	Introdução e objetivos

1 Embasamento Teórico

12	1.1 Design e sustentabilidade
13	1.2 Design ecológico
14	1.3 Design for disassembly
15	1.4 Materiais de baixo impacto ambiental
16	1.4.1 Bambu
17	1.4.1.1 Bambu laminado colado
19	1.4.2 Resina biodegradável
19	1.4.2.1 Aglomerante Kehl AG 201
20	1.5 Cenário mercadológico contemporâneo
21	1.6 A bicicleta na contemporaneidade
22	1.7 O design de bicicletas
24	1.7.1 Requisitos ergonômicos e de segurança em bicicletas
25	1.8 Bicicleta dobrável
25	1.8.1 Tipos de quadro dobrável

Materiais e métodos

2 Desenvolvimento

30	2.1 Planejamento de projeto
32	2.2 Projeto informacional
36	2.3 Projeto conceitual
42	2.4 Projeto detalhado

3 Materialização

47	3.1 Transformação da matéria-prima
49	3.2 Peças de bambu laminado colado
50	3.2.1 Peças comuns
52	3.2.2 Peças curvadas
56	3.3 Peças metálicas
59	3.4 Montagem

4 Resultado

61	4.1 Protótipo finalizado
----	--------------------------

5 Considerações finais

64	5.1 Conclusões
65	5.2 Perspectivas futuras

Referências

Lista de figuras e tabelas

Figura 1 - Detalhe de uma placa de bambu laminado colado.
Figura 2 - Detalhe do sistema de dobragem do modelo Vika + da marca Blix. Fonte: oregon-ebikes.com
Figura 3 - Vista lateral da Hummingbird dobrada. Fonte: deezen.com
Figura 4 - Fluxograma da etapa de planejamento de projeto.
Figura 5 - Vista lateral da Durban Bay 6. Fonte: durban.com
Figura 6 - Plano gráfico paramétrico elaborado para o projeto conceitual.
Figura 7 - Fluxograma da etapa de projeto informacional.
Figura 8 - Fluxograma da etapa de projeto informacional.
Figura 9 - Diagrama de intervenção morfológica
Figura 10 - Quatro primeiras alternativas geradas
Figura 11 - Quatro últimas alternativas geradas
Figura 12 - Fluxograma das etapas de projeto conceitual.
Figura 13 - Principais esboços e esquemas elaborados.
Figura 14 - Detalhes do modelo final.
Figura 15 - Perspectivas do modelo 3D.
Figura 16 - Vista explodida e relação de itens da proposta.
Figura 17 - Memorial descritivo da proposta
Figura 18 - Colheita de colmos na Área Agrícola da Unesp de Bauru.
Figura 19 - Processo de tratamento preservativo por imersão.
Figura 20 - Ripas de bambu após o desdobro longitudinal.
Figura 21 - Ripas laminadas de bambu prontas.
Figura 22 - Prensagem simples.
Figura 23 - Perfuração em serra copo com auxílio de gabarito.
Figura 24 - Inserção de bucha americana na peça 4.
Figura 25 - Sistema de prensagem aquecida da peça 8.
Figura 26 - Verificação da temperatura do molde com o lasergrip.
Figura 27 - Peça 8 após a prensagem aquecida.
Figura 28 - Perfuração para passagem do canote do selim.
Figura 29 - Lixamento das peças com lixadeira orbital.
Figura 30 - Aplicação de verniz sobre as peças de blc.
Figura 31 - Usinagem dos engates do quadro.
Figura 32 - Soldagem entre chapa e tubo do canote do selim.
Figura 33 - Soldagem na região posterior da dobradiça.
Figura 34 - Pinturas das peças de aço.
Figura 35 - Peças do modelo reunidas.
Figura 36 - Início do processo de montagem.
Figura 37 - Ajuste da dobradiça.

Figura 38 - Protótipo pronto para o uso.
Figura 39 - Protótipo dobrado.
Figura 40 - Protótipo em uso.
Tabela 1 - Ficha técnica da Durban Bay 6.
Tabela 2 - Triagem das alternativas pelo método de Pugh.
Tabela 3 - Dados sobre as peças da proposta.

Resumo

O pensamento ecológico representa uma questão importante à sociedade contemporânea como um todo, e assim, também ao campo de projeto de produto. Pois, frente ao crescente avanço da atividade humana no planeta, e a escassez dos recursos disponíveis, procurar outras alternativas que proporcionem relações de produção e consumo mais adequadas à capacidade ambiental corresponde a uma necessidade.

Uma das premissas do design orientado à ecologia corresponde à seleção de recursos renováveis e processos produtivos de baixo impacto ambiental ao projeto de artefatos. Para além destas diretrizes, recomendações como a desmontabilidade e o desenho pragmático de peças, figuram como aspectos importantes à delimitação de um ciclo de vida do produto mais ecológico.

Neste sentido, o presente trabalho pretende demonstrar a possibilidade de inclusão de um material de origem renovável e baixo impacto ambiental - o bambu laminado colado - em um contexto de produto não usual, a saber, em um quadro de bicicleta dobrável.

Entende-se que pelo fato deste artefato pertencer a um produto de significativa abrangência coletiva no cenário atual [de manufatura não biocompátivel], e corresponder à região que possibilita mais alterações neste produto, acaba por representar uma boa oportunidade de propor um solução mais positiva para o meio ambiente.

Pelo fato do trabalho ter seu principal objetivo atrelado ao aspecto material da proposta, foi entendido como importante abordar a execução da mesma. Assim, para além da demonstração do desenvolvimento, houve a descrição da etapa prototipagem, e a verificação da viabilidade do projeto por meio de um teste inicial de usabilidade.

Abstract

The ecological thinking represents an important issue for contemporary society as a whole, and thus also for the field of product design. For, given the increasing human activity on the planet, and the scarcity of available resources, the research for other alternatives that provide production and consumption relations more adequate to the environmental capacity corresponds to a need.

One of the premises of ecology-oriented design corresponds to the selection of renewable resources and low environmental impact productive processes in the design of artifacts. In addition to these guidelines, recommendations such as design for disassembly and pragmatic design pieces are important aspects of the definition of a greener product life cycle design.

In this sense, the present work intends to demonstrate the possibility of inclusion of a material of renewable origin and low environmental impact - glued laminated bamboo - in a context of unusual product, namely in a folding bike frame.

It is understood that because this artifact belongs to a product of significant collective scope in the current scenario [that presents non-biocompatible manufacturing], and corresponds to the region that makes possible more changes in this product, it represents a good opportunity to propose a more positive solution for the environment.

Because the work has its main objective linked to the material aspect of the proposal, it was understood as important to address the implementation of the proposal. Thus, in addition to demonstrating the development, there was the description of the prototyping step, and the verification of the feasibility of the project through an initial usability test.

Introdução e objetivos



O *Design* de produto corresponde a um *locus* científico tipicamente transdisciplinar, que ocupa-se da configuração de artefatos, os quais abastecem a sociedade, e portanto é um campo decisivo às transformações das relações materiais e culturais (FLUSSER, 2017). Por ser uma área do conhecimento determinante ao desenvolvimento tecnológico humano, ressalta o fato de que no processo de criação dos objetos faz-se presente a questão da responsabilidade, isto é, a decisão de responder por outros seres.

Na sociedade contemporânea o *Design* de produto tem seu grau de importância ampliado ao considerarmos sua relação com a grave problemática ambiental acarretada pelas vigentes relações de produção e consumo. Em contrapartida, segundo a OECD (*Organisation for Economic Co-operation and Development*), a promoção de um desenvolvimento que visa o equilíbrio entre crescimento econômico, equidade social e preservação ambiental, [o desenvolvimento sustentável] depende da implementação de novas políticas públicas integradas, mas principalmente do emprego de recursos tecnológicos. Em outros termos, pode-se dizer que o processo de subversão do cenário mencionado depende de empenhos múltiplos, a saber, partindo do nível estatal e cívico, mas especialmente de agentes associados ao setor produtivo como o designer.

Segundo Manzini e Vezzoli (2016) só é possível que exista uma sustentabilidade ambiental caso exista uma sociedade que promova valores e práticas coerentes com a capacidade dos recursos naturais. Neste tocante, cabe ao designer de produto incorporar a ecologia à prática projetiva articulando aspectos materiais e operacionais atrelados aos produtos, a fim de fomentar e consolidar novas percepções, e ou, interações humanas com artefatos que possuam ciclos de produção e consumo adequados à capacidade ambiental.

Por outro lado, sabe-se que pelo fato da discussão da sustentabilidade mobilizar eticamente os consumidores, em muitos casos, acaba sendo banalizada ao ser explorada estrategicamente pelo mercado sem que necessariamente haja o ideal compromisso com os princípios ecológicos. Portanto, o aprofundamento teórico e a revisão de aspectos técnico produtivos em diversos segmentos de produtos, incluindo aqueles percebidos como ecológicos, são amplamente fundamentais e devem ser contínuos.

Dentre os campos de caráter estratégico, e que são caros à questão da sustentabilidade no mundo contemporâneo, tem-se a mobilidade urbana, haja vista suas implicações de ordem econômica e de saúde pública nas metrópoles. Uma das principais discussões neste âmbito volta-se à amenização de poluentes no perímetro urbano, e tem como uma das soluções amplamente observadas a utilização de meios de transporte não motorizados, como por exemplo, a bicicleta. Assim, cada vez mais, políticas governamentais e de iniciativa privada potencializam o aumento da demanda e consequente expansão produtiva deste produto. Com isso emergem questionamentos sobre os impactos ambientais do mesmo, que é considerado ecológico por conta de seu uso não poluente, mas que possui um ciclo de vida caracterizado por processos associados à aplicação de polímeros e metais pesados, além de um ineficiente pós-uso dadas as suas particularidades morfológicas.

A fim de superar casos como o supracitado, coloca-se a abordagem ecológica do design, cujos conceitos compreendem medidas que favorecem a minimização de impactos ambientais através de escolhas quanto à produção e aspectos intrínsecos da configuração dos produtos. Tal abordagem está essencialmente associada à aplicação de materiais alternativos, pois geralmente estão associados a etapas produtivas ambientalmente menos degradantes.

Somado a isto, tem-se o fato de que o mercado consumidor tende a se conscientizar cada vez mais sobre o compromisso ecológico dos produtos, cristalizando as aplicações de materiais alternativos no design. Pois como defendem Ashby e Johnson (2011), a seleção de um material para o desenvolvimento de um produto não deve se limitar às propriedades físicas, mas também deve abranger soluções significativas às pessoas, que proporcionem novas experiências, e possam gerar impacto positivo na sociedade.

Diante deste panorama é que se coloca o presente trabalho, ao propor uma nova forma de concepção e produção de parte de um artefato cada vez mais pertinente ao convívio urbano, com o principal objetivo de demonstrar a viabilidade de inclusão de um material de origem renovável neste contexto.

Neste capítulo são abordados aspectos históricos e teóricos, além de dados de mercado que nortearam o desenvolvimento global do trabalho, e que portanto avalizam sua pertinência enquanto desdobramento acadêmico.

1.1 Design e Sustentabilidade

No campo do *Design*, discussões sobre aspectos ambientais datam desde a década de 1970, porém inicialmente despertaram relutância em meio à classe, compreendendo um fenômeno resultante, de acordo com Flusser (2017), do histórico foco excessivo em aspectos objetivos dos projetos em detrimento de valores dialógicos, numa aceção em que o *design* concebido com responsabilidade passava a ser visto praticamente como algo retrógrado.

Só com a intensificação dos índices de poluição ambiental global, as reivindicações por parte daqueles que defendiam o *design* ecológico passaram a ter maior aceitação. Com a percepção sobre a crise ambiental global, pelo rápido crescimento da atividade econômica e da população, além da depleção de recursos naturais, danos a ecossistemas e perda de biodiversidade, cresceu a demanda pública e privada, em todo o mundo, por produtos, sistemas e estilo de vida sustentáveis, que abordassem questões de consumo, população, tecnologia e recursos (REUBENS, 2010).

Dentre as reivindicações ecológicas, intenções voltadas para processos produtivos que poupem energia, apresentem as menores emissões tóxicas e utilizem materiais que não agredam o meio ambiente, consolidando uma ampla agenda coletiva, como aponta a CNI (2012, p.35), ao destacar que “as transformações requeridas pela agenda de desenvolvimento sustentável dependem de investimentos públicos e privados, sobretudo em inovação e em tecnologias produtivas mais limpas, além de métodos inovadores na gestão dos negócios”. Ademais, afirma que “a indústria pode contribuir para (...) uma economia efetivamente sustentável, adotando novas tecnologias que alinhem maior produtividade (...) à eficiência no uso dos recursos naturais, evitando o desperdício.

Neste sentido, segundo Manzini e Vezzoli (2016), o *designer*, enquanto agente associado ao setor produtivo, assume um papel relevante ao selecionar materiais e processos para produtos voltados à produção em série, posto que determinará diversas fases do ciclo de vida dos mesmos, assim afetando a biosfera. Dessa forma, é percebida a relevância do *Design* perante o ideal global sustentável, quando consideramos tal competência de impor princípios ecologicamente corretos em cadeias produtivas, de modo a escolher materiais de baixo impacto ambiental, considerando implicações desde a extração da matéria-prima até o pós-uso do produto final.

1.2 Design ecológico

Um dos primeiros termos que denominaram a combinação entre *design* e a busca pela sustentabilidade ambiental, foi o *Ecodesign*. Entendido como enfoque de projeto, o *Ecodesign* comporta uma série de princípios a serem adotados em etapas de desenvolvimento de produto, que ensejam a consciência socioambiental, constituindo uma abordagem pautada na incorporação de novas estratégias e atributos, que satisfaçam expectativas funcionais e ambientais.

De acordo com Manzini e Vezzoli (2016), trata-se de um modelo de *design* orientado por critérios ecológicos, ou seja, corresponde à atividade projetiva que associa aspectos tecnológicos aos ecológicos, e visa o desenvolvimento de soluções integradas às questões sociais, mas que sobretudo sejam plausíveis culturalmente, representando um conjunto de ações de projeto que tendem a considerar fatores ambientais a partir de aspectos do *design* dos próprios produtos, que repercutem na manufatura, no uso, mas também após o consumo, visando o estabelecimento de uma cadeia produtiva ecologicamente correta, através de uma compreensão holística do ciclo de vida do produto.

Segundo a abordagem projetual proposta por Manzini e Vezzoli (2016), o *design* do ciclo de vida (*life cycle design*), tem por finalidade a minimização do impacto ambiental relativo às etapas de transformações inerentes a um produto, isto é, pré-produção, produção, distribuição, uso, e pós-uso.

Por outro lado, ao passo que dá ênfase aos aspectos ambientais, ao pretender diminuir o desperdício e a poluição ambiental, esse tipo de abordagem acaba por favorecer a eficiência econômica de um sistema-produto, pois tem como fundamento o propósito de "minimização de recursos e operações". De fato, segundo Silva (2009), não é de se estranhar que na fase de projeto ocorram preocupações com as facilidades de montagem ou desmontagem, cujos benefícios são a facilidade no transporte do produto, bem como o resgate do maior número de componentes para reciclagem, reutilização ou substituição, fatores esses que estão diretamente atrelados aos custos de uma cadeia produtiva.

No mais, faz-se válido salientar que no *design* orientado à ecologia, a escolha de processos "limpos" e a seleção de materiais pouco poluentes, que sejam reutilizados, reciclados ou de fontes renováveis, correspondem a prerrogativas de projeto.

1.3 Design for disassembly

De acordo com Manzini e Vezzoli (2016) o *Design for disassembly* (DFD) corresponde a uma estratégia de projeto voltada à concepção de produtos que sejam fáceis de desmontar. Tal propósito fundamenta-se sob a perspectiva ambiental, mas pode representar vantagens econômicas, pois favorece a extensão das vidas do produto e dos materiais, uma vez que a separação com facilidade de componentes de um produto, acaba por facilitar a manutenção, reparação, atualização e refabricação dos produtos, mas também eventuais processos de incineração, compostagem ou reciclagem dos materiais.

Segundo os autores esta estratégia de projeto deve ser aplicada de acordo com as características do ciclo de vida de um sistema-produto. Caso o objetivo seja por exemplo o de reciclagem, faz-se necessário considerar os custos e o tempo empregado nos processos de separação, bem como de reciclagem dos componentes, para que haja conveniência econômica.

Neste sentido, Manzini e Vezzoli (2016) afirmam que para a

obtenção de alguma eficiência nos processos de desmontagem, a atenção a aspectos de projeto como a estrutura geral do produto, a forma dos componentes, e a acessibilidade dos elementos de junção torna-se decisiva. Para tanto, os autores listam dezenas de indicações sobre desenvolvimento de produto para a minimização e facilitação das operações de desmontagem, sendo algumas destas: foco em desmontagem de peças de maior valor econômico; adoção de estruturas modulares; a subdivisão do conjunto; minimização das dimensões dos componentes; predileção por morfologias simétricas; minimização do número e variantes de elementos de fixação.

1.4 Materiais de baixo impacto ambiental

Segundo Manzini e Vezzoli (2016, p.150), todos os materiais determinam um certo nível de impacto ambiental, porém para que sejam feitas comparações, faz-se necessário considerar o contexto em que os mesmos serão inseridos e quais funções exercerão. Entretanto, os autores destacam que o elevado índice de toxicidade em um material, por si só indica que o mesmo deve ser evitado. Ademais, listam uma série de indicações para a escolha de materiais de baixo impacto ambiental, como por exemplo: evitar aditivos; evitar acabamentos tóxicos; evitar materiais que estão para se exaurir; usar fontes renováveis; usar materiais provenientes de refugo.

Portanto, os materiais de baixo impacto ambiental compreendem aqueles considerados virgens de origem florestal, mas também inclui os identificados como alternativos, que geralmente consistem em compósitos de origem vegetal ou de refugo. Isto se deve ao fato de que por serem renováveis ou oriundos de reaproveitamento, possibilitam cadeias produtivas mais sustentáveis, por envolver menor emissão de poluentes em etapas de extração e processamento, quando comparadas a ciclos de materiais tradicionais, como por exemplo o de metais.

De acordo com Silvestre Filho (2001), os compósitos têm uma ou mais fases descontínuas (reforços) envolvidas por uma fase contínua (matrizes), de modo que a fase descontínua é usualmente mais rígida e mais resistente do que a fase contínua. Assim como os demais tipos de

materiais, os compósitos são classificados de acordo com suas propriedades mecânicas, que neste caso pautam-se na geometria dos reforços, já que a forma e dimensão dos mesmos são determinantes ao desempenho do material. Usualmente os reforços de compósitos encontram-se em forma de fibras ou de partículas, e por essa razão estes materiais são classificados entre os fibrosos e os particulados (SILVESTRE FILHO, 2001).

Mohanty et al. (2005) citado por Calegari (2013), afirma que os materiais compósitos constituídos por polímeros sintéticos e fibras vegetais são considerados biocompósitos pelo fato de possuírem as fibras, que são materiais naturais. Autores como Fuad-luke (2002), Silva (2002) e Teixeira e César (2006) consideram o uso de biocompósitos como uma maneira de reintegração de recursos naturais em processos produtivos e em bens de consumo, possibilitando a oferta de produtos inovadores, úteis e rentáveis, ao passo que contribuem para a preservação ambiental ao substituírem materiais sintéticos que geralmente produzem elevados índices de poluentes em etapas de pré-produção.

1.4.1 Bambu

Segundo Pereira (2012), “O bambu é uma cultura predominantemente tropical, renovável, perene, de produção anual, de rápido crescimento, com centenas de espécies espalhadas por todo o planeta e com milhares de aplicações”. De acordo com Moizés (2007), “além de ser renovável, o bambu absorve grandes quantidades de carbono (...) e se reproduz assexuadamente não necessitando de replantio”.

Beraldo e Pereira (2016) apontam que o bambu é o recurso florestal natural que em menos tempo se renova, não havendo nenhuma espécie florestal que compita com o bambu em velocidade de crescimento e aproveitamento de área. Os autores ressaltam a relevância técnica do bambu, ao citar Janssen (2000), que define as propriedades estruturais do bambu tomadas pelas relações resistência/massa específica e rigidez/massa específica, como superiores às madeiras. Ademais destacam a facilidade de

processamento para várias utilizações, considerando esta matéria-prima como uma relevante alternativa ao desenvolvimento industrial.

De acordo com van der Lugt e Vogtländer (2015), a partir de uma perspectiva global, ao considerarmos os benefícios do bambu, fica claro que o mesmo representa um contribuinte promissor para uma economia mais sustentável por: reduzir as emissões (e a perda de biodiversidade) causadas pelo desmatamento em áreas tropicais e subtropicais, por ser uma alternativa viável à madeira tropical; reduzir as emissões da queima de combustíveis fósseis; ser sequestrador de carbono através do reflorestamento de pastagens degradadas e encostas.

Segundo Beraldo e Pereira (2016, p.36), “além de ser um eficiente sequestrador de carbono (...) pode ser empregado em diversas aplicações ao natural ou após sofrer um adequado processamento”. Em todo caso, para que o bambu tenha maior vida útil, é preciso que seja submetido a algum tipo de tratamento preservativo que elimine o amido presente nas paredes dos colmos, visto que é uma substância alvo de fungos e insetos.

Como mencionado, o bambu pode ser processado, e com isso ser integrado em outras cadeias produtivas, seja em forma de partículas ou de lâminas. Para tanto, em infraestrutura de marcenaria, parte-se do desdobro longitudinal dos colmos para a extração de ripas, que em seguida devem ser aparelhadas, por exemplo em plaina ou desempenadeira, a fim da remoção da casca, além da obtenção de superfícies esquadrejadas. Estas ripas podem ser trituradas e assim servir de base para aglomerados, ou então prensadas originando placas de laminados.

1.4.1.1 Bambu laminado colado

De acordo com Beraldo e Pereira (2016), talvez este seja o derivado do bambu que gera maior valor agregado mercadológico, haja vista a possibilidade de obtenção de um bom acabamento superficial, e a singularidade da textura visual da parte lenhosa do

bambu como pode ser observado na Figura 1.



Figura 1 - Detalhe de uma placa de bambu laminado colado.

Produzido de maneira similar aos compensados de madeira, sendo baseado na distribuição e colagem de ripas de bambu laminado no sentido longitudinal, através de prensagem, o bambu laminado colado (BLC) é considerado um biocompósito fibroso.

Segundo Beraldo e Pereira (2016) é um material que pode substituir a madeira, e portanto pode constituir produtos, tais como, pisos, painéis, cabos de utensílios e ferramentas, mobiliários e componentes da construção civil.

A partir de estudos de caracterização deste material, Beraldo e Rivero (2003) afirmaram que o bambu laminado colado mostra-se mecanicamente superior a alguns tipos de madeira, como observado em ensaio de cisalhamento paralelo às fibras, onde “apresentou valores médios da ordem de 20,0 MPa, valores esses superiores àqueles de madeiras usualmente empregadas na construção, tais como, Maçaranduba (14,9 MPa), Guarucaia (15,5 MPa) e Jatobá (15,7 MPa)”. Por outro lado pode ser considerado um material leve, pois apresenta massa específica aparente situada na faixa de 0,50 g/cm³ a 0,75 g/cm³. No entanto, de acordo com os autores, faz-se válido ressaltar que tais propriedades do material, naturalmente, variam de acordo com o tipo de matriz utilizada.

1.4.2 Resina biodegradável

Classificadas como biopolímeros, as resinas biodegradáveis são substâncias poliméricas compostas, termoplásticas ou termofixas, que são sintetizadas a partir de fontes naturais. São substâncias que têm como função unir partículas, e portanto, comumente, são utilizadas como matrizes em compósitos, de modo a possibilitar diversas combinações entre reforços, viabilizando o desenvolvimento de novos materiais.

De acordo com Reinhart e Clements (1987), citado por Silvestre Filho (2001), a matriz tem a função de manter a integridade estrutural de um compósito por meio da ligação simultânea com os reforços em virtude de suas características coesivas e adesivas. As matrizes poliméricas unem partículas de resíduo formando uma massa que pode ser moldada para obtenção do produto desejado.

Atualmente muitos polímeros, como por exemplo o poliuretano, têm sido aplicados em diversos segmentos da manufatura industrial, como: setor automotivo; aeronáutico; construção civil. Este por sua vez também pode ser sintetizado a partir de fontes naturais, como por exemplo o óleo de mamona.

1.4.2.1 Aglomerante KEHL AG201

Obtido pela reação entre um poliol sintetizado a partir do óleo de mamona, junto de pré-polímeros de isocianato, este aglomerante bicomponente corresponde a um poliuretano 75% natural, segundo seu fabricante, a KEHL Polímeros Ltda.

De acordo com Cangemi *et. al.* (2010), em meio às várias características do poliuretano obtido por meio da mamona destaca-se seu caráter biodegradável em ambiente em que microorganismos presentes sejam capazes de convertê-la em uma substância mais simples existente no meio. Segundo Alves (2016) este aglomerante termofixo tem como vantagens a baixa emissão de gases e vapores, a compatibilidade com reforços vegetais, a atoxicidade, além da cura

em temperatura ambiente.

1.5 Cenário mercadológico contemporâneo

Um dos principais traços que permeiam a sociedade contemporânea consiste no consumo exacerbado. Fornasier (2012) interpreta tal fenômeno como marco das relações humanas atuais, uma vez que a mídia o fomenta, e sobretudo as pessoas o têm, psicologicamente, como parâmetro identitário.

Tal fenômeno de percepção do consumo como elemento definidor da personalidade dos indivíduos pode ser verificado na crescente propagação de maneiras alternativas de “consumo ativista” de variadas naturezas, sejam as mais recentes, como por exemplo o veganismo, que é caracterizado pelo boicote aos produtos associados a fontes ou processos que envolvam animais, assim como outras mais consolidadas, como o “consumo verde”, que preconiza por produtos que sejam mais biocompatíveis, isto é, que se integrem melhor à capacidade ambiental. Tais movimentos naturalmente possuem origens distintas, mas igualmente envolvem transformações dos valores da sociedade.

O consumo verde, por sua vez, está enraizado nos movimentos e publicações científicas que datam desde a década de 60, mas foi difundido ao longo dos anos 90 devido à ampla repercussão de episódios de degradação ambiental, como por exemplo vazamentos de óleo em costas americanas. Esses episódios despertaram ampla comoção cívica, o que fez com que os setores de marketing empresariais passassem a explorar tal sentimento coletivo, apostando em produtos ambientalmente amigáveis. Assim, o consumo verde se tornou um fenômeno popular nos países desenvolvidos já no ano 2000.

Segundo Fontenele e David (2004), citado por Bertolini *et al.* (2013), na Europa os consumidores preferem produtos ecologicamente corretos e verificam a existência de selos ecológicos nas embalagens. Em consonância, Durán e Puglia (2007) afirmam que estes clientes estão cada vez mais exigentes por produtos que não agredam o meio ambiente.

Tal tendência também vem sendo verificada no contexto brasileiro, por meio de pesquisas sobre consumo consciente, como aquelas realizadas pelo Instituto Akatu (2018). Em seu relatório mais recente, este instituto divulgou que entre 2012 e 2018 houve um crescimento significativo no segmento do consumidor “iniciante”, de 32%, em 2012, para 38%, em 2018 – o que mostra que o momento é de recrutamento dos consumidores indiferentes para hábitos mais sustentáveis de consumo. O instituto também apontou que a maior concentração da conscientização sobre o consumo é observada no contingente populacional de maior renda e escolaridade, além disso constatou um crescimento de 19% em relação à compra sustentável.

Como resultado deste panorama marcado pelas discussões e as transformações dos valores da sociedade sobre as questões ambientais, crescem as pressões do ambiente externo às organizações, fazendo com que, segundo Abreu *et al.* (2002) as mesmas tenham suas performances competitivas diretamente influenciadas no mercado consumidor. Portanto, como destaca Kiperstok *et al.* (2002), o desafio das questões ambientais para as organizações demanda o redirecionamento das ações à busca da eco eficiência.

1.6 A bicicleta na contemporaneidade

De acordo com o Boareto (2010), em relatório ao Instituto de Energia e Meio Ambiente, a construção de centros urbanos com padrões de qualidade de vida mais elevados tem como condição a adoção de meios de transporte não motorizados. Neste contexto, a bicicleta pode ser um importante elemento de reordenação e reconfiguração do espaço urbano e da lógica social, além de ser um vetor de melhoria ambiental.

Caracterizada pela não emissão de poluentes durante o uso e por favorecer a reconquista do espaço urbano, bem como a integração das pessoas, a bicicleta opõe-se ao modelo padrão de mobilidade urbana centrado nos automóveis, que é marcado pela degradação do meio ambiente e problemas de saúde pública.

Quando comparada aos veículos motorizados, a bicicleta, indiscutivelmente, representa uma alternativa mais socialmente equitativa e ambientalmente adequada. Contudo, segundo Rosenberg Associados (2015, p.21), é sabido que o impacto ambiental da bicicleta ocorre durante a sua fabricação, pois não há processo industrial completamente limpo e não-poluente.

Ademais, em estudo junto a empresas deste segmento, Carriço (2017) destaca que na indústria do ciclismo, comumente são aplicados materiais como alumínio, aço, fibra de carbono, titânio e polímeros aditivados, a exemplo da poliamida (PA) 6.6. Ou seja, materiais não renováveis e que possuem pré-produção altamente prejudicial ao meio ambiente. Segundo Ojajärvi (1992), citado por Rosenberg Associados (2015), apesar de consumir cerca de 1/70 dos recursos naturais envolvidos na produção de carros, a manufatura de bicicletas gera índices significativos de consumo e transformação de matérias-primas não renováveis e nocivas ao meio ambiente. Em contrapartida, de acordo com Mota (2003), dada a problemática ambiental do mundo moderno, as questões ecológicas consolidam uma importante vertente à concepção de novas propostas de bicicletas.

Ademais, com a expansão de políticas governamentais, como por exemplo a Lei da mobilidade urbana de 2012, que estimula a difusão desse meio de transporte no cotidiano das grandes cidades, torna-se cada vez mais pertinente a revisão dos mencionados aspectos produtivos por parte das organizações, a fim de que modifiquem seus comportamentos de abordagem com o mercado, e invistam em novos planejamentos de produto e manufaturas limpas, que sejam capazes de proporcionar ao consumidor final uma bicicleta ambientalmente mais positiva.

1.7 O design de bicicletas

De modo geral a bicicleta é percebida como um artefato simples devido à sua tradicional estruturação, que é, basicamente, composta

por quadro e garfo. Entretanto, é possível identificar certa complexidade construtiva ao considerarmos as particularidades atreladas aos supracitados sub-sistemas, assim como dos demais, a saber, o guidão, o selim, e os pedais.

Constituídos por elementos com funções diversas, tanto para fins puramente estruturais, assim como de interface ao corpo humano, estes sub-sistemas acabam integrados por vários materiais, e portanto abrangem diversas cadeias produtivas.

Dentre os componentes que constituem uma bicicleta, o quadro é aquele que possui o maior índice de massa, e portanto, assume valor crítico sobre o impacto ambiental global da manufatura do produto.

Segundo Ribeiro (2013), geralmente o design dos quadros são motivados pelo peso, rigidez e conforto do utilizador, sendo habitual incorporar materiais de engenharia de ponta, pois tanto o *design* do quadro como os materiais utilizados contribuem para o peso final do conjunto, e assim para o consumo de energia do ciclista. O autor afirma que pelo fato de no funcionamento da bicicleta a energia ser majoritariamente empregada na propulsão, a minimização da massa total da estrutura e o aumento da rigidez à flexão do quadro são essenciais. Ademais, destaca que:

“Uma das áreas mais ativas de inovação, especialmente na última década, é a seleção do material de que o quadro é construído. Existem atualmente vários materiais utilizados na construção dos quadros, entre eles incluem-se, aço, alumínio, titânio, magnésio, fibra de carbono, polímeros e até madeira ou bambu.”

Nos sub-sistemas da bicicleta voltados à interação humana direta, isto é, selim, pedais e guidão, naturalmente, predomina a aplicação de polímeros e elastômeros, dadas as propriedades de boa absorção de impacto, boa flexibilidade, e baixa condutividade térmica.

Apesar das generalidades apontadas, há diversos tipos de bicicletas, que atendem a finalidades distintas, seja para modalidades competitivas, lazer ou meio de transporte urbano. Entre as principais variantes comercializadas pode-se citar: mountain bike, speed, bmx, passeio, e dobráveis.

1.7.1 Requisitos ergonômicos e de segurança em bicicletas

Constantemente são desenvolvidos novos modelos de bicicletas, que apresentam inovadoras formas, e soluções funcionais, no entanto são mantidos alguns elementos de concepção das mesmas, que são determinantes à segurança do produto, e consequentemente à aprovação comercial.

Apesar de ocorrerem pequenas variações entre os dados estabelecidos pelos órgãos regulamentadores, as disposições normatizadas sobre projeto de bicicleta versam sobre limites dimensionais entre eixos, mas também sobre tipologia e posicionamentos de componentes.

Entre os principais requisitos de segurança, estão: distância entre os eixos da roda traseira e pedivela; comprimento do garfo; espaço entre manetes de freios e guidão; além da resistência de aros e raios.

Em âmbito internacional, a ISO oferece a norma de número 4210: 2014, a qual é composta por nove partes, e discorre sobre requisitos e testes de cada parte dos diferentes tipos de bicicletas.

Já no cenário brasileiro, segundo o INMETRO (2012), constam no catálogo da ABNT 12 normas relativas a veículos de duas rodas, sendo estas: 14714; 15444; 9295; 14732; 8023; 8024; 8691; 8692; 14713; 15557; 15966; 14868.

Todavia, para além dos requisitos de segurança, as recomendações ergonômicas também figuram como aspectos fundamentais ao sucesso de um projeto de bicicleta, pois condicionam a boa usabilidade do produto.

Há vasto conteúdo literário sobre bicicletas, disponível em bancos de dados científicos, que abrangem desde estudos como avaliações biomecânicas sobre a influência de guidões em membros superiores, até avaliações da percepção de conforto em condições experimentais de uso das bicicletas.

Autores como Pequini (2005) e , afirmam que a possibilidade de ajustes dos componentes em uma bicicleta é um dos fatores fundamentais à boa usabilidade do produto. Entretanto, há decisivas

recomendações ergonômicas que devem ser consideradas durante um processo de projeto de uma bicicleta, sendo as principais: elevação do guidão em relação ao selim; minimização da distância entre o guidão e o selim; favorecimento da angulação anterior do selim; otimização da distribuição de peso do usuário sobre o artefato. Tais indicações, em prol do conforto do usuário, favorecem maior estabilidade e a preservação da postura ereta do condutor.

1.8 Bicicleta dobrável

O conceito de bicicleta dobrável é antigo, e portanto há controvérsias sobre a autoria e local de origem em que surgiu, no entanto, segundo Silva (2012), dados históricos indicam que os primeiros modelos foram desenvolvidos entre as últimas décadas do século XIX, sendo amplamente utilizados por forças armadas na Primeira Guerra-Mundial.

Não é de se estranhar que tenha surgido neste contexto, pois corresponde a uma solução que dá ênfase ao armazenamento. É um tipo de bicicleta que pode ser compactada, o que facilita seu transporte como volume comum, viabilizando melhor integração a interiores quando comparada a modelos tradicionais.

Ao longo dos anos as bicicletas dobráveis assumiram formas mais compactas, e assim se consolidaram como o modelo mais adaptável ao contexto urbano, haja vista a tendência de redução de espaços nas grandes cidades, além da necessidade de integração com outros meios de transportes. Apesar da notável vantagem por conta de facilidade de armazenamento, estas bicicletas deixam a desejar em relação ao desempenho durante o uso, pois geralmente possuem rodas menores, o que implica em maior trabalho de propulsão por distância percorrida, e baixa absorção de vibrações, que acabam se propagando por todo o produto.

1.8.1 Tipos de quadro dobrável

Pelo fato de serem voltadas à utilização como meio de transporte

ou de lazer, as bicicletas dobráveis têm seus quadros constituídos por ligas metálicas comuns, como o aço carbono e o alumínio.

Os variados modelos deste segmento apresentam basicamente dois tipos de sistemas para a dobragem, cuja distinção consiste na orientação do funcionamento. Entre os tipos de mecanismos disponíveis no mercado, que integram estes sistemas, pode-se mencionar: dobradiça; trava magnética; trava giratória.

O sistema mais comum opera o movimento de dobragem no sentido transversal do quadro, baseando-se em uma dobradiça que divide o quadro ao meio, e possui uma alavanca de segurança para travamento lateral. Trata-se de um sistema com componentes de baixa complexidade tecnológica, o que lhe confere baixo custo, mas sobretudo praticidade de uso, dada sua intuitividade, como pode ser visto na Figura 2.



Figura 2 - Detalhe do sistema de dobragem do modelo Vika + da marca Blix. Fonte: oregon-ebikes.com

Os sistemas que funcionam no sentido longitudinal do quadro apresentam variações entre os tipos e posicionamentos dos mecanismos de dobragem. Estes sistemas comumente são integrados a modelos de extrema compactação.

A Figura 3 exibe um caso deste sistema de dobragem, cujo princípio de funcionamento baseia-se no recolhimento das hastes traseiras do quadro, que assim acaba não afetando a estrutura central, o que garante maior estabilidade ao conjunto em relação àqueles que poussem quadros que se dividem.



Figura 3 - Vista lateral da Hummingbird dobrada. Fonte: deezen.com

Apesar das significativas diferenças entre a configuração dos sistemas de dobragem, pode-se dizer que os mesmos proporcionam utilização prática, pois garantem a compactação da bicicleta em segundos.

Materiais e métodos

O presente trabalho caracteriza-se por ser experimental e exploratório, e divide-se em três etapas principais. O momento inicial do trabalho corresponde à fundamentação teórica, enquanto a segunda corresponde à demonstração do processo de desenvolvimento de produto (PDP), já a terceira corresponde à materialização da proposta. A metodologia para o PDP teve como base as propostas de Back *et al.* (2008) e Manzini e Vezzoli (2016). Assim sendo, abrangeu etapas como o planejamento de projeto, projeto informacional, projeto conceitual, projeto detalhado, numa abordagem orientada à ecologia.

No planejamento de projeto além de o escopo do trabalho, houve a definição da engenharia reversa como plano de projeto, e da confecção manual do protótipo como plano de suprimentos.

No projeto informacional ocorreu a definição do modelo Bay 6 como referência, e a respectiva medição, para a definição de parâmetros dimensionais entre outras especificações da proposta.

No projeto conceitual foram elaboradas representações gráficas, por meio do Illustrator, que foram submetidas aos métodos de Matriz morfológica e de Pugh. Com o modelo definido, foram verificados aspectos ergonômicos por meio do levantamento bibliográfico de estudos sobre bicicletas e normas ABNT.

No projeto detalhado foi realizada a modelagem tridimensional virtual dos moldes e protótipo no Solidworks 2016, a fim de refinar as peças da proposta, obter o peso do produto, quantificar os suprimentos e delinear a confecção do protótipo. Nesta etapa também ocorreu a geração de desenhos técnicos, e vistas esquemáticas. Por fim foi elaborado um memorial descritivo da proposta.

Na etapa de materialização da proposta foi abordada a pré-produção do material, com base em informações sobre a cadeia produtiva do bambu estabelecidas por Beraldo e Pereira (2016). Houve o registro de dados desde a extração da matéria-prima, passando pelo tratamento e processamento, até a transformação em componentes do artefato.

A confecção do modelo físico foi concentrada no Laboratório de experimentação em madeira e bambu, da Faculdade de Engenharia da Unesp de Bauru. Nesta etapa foi utilizada a técnica de plotagem, a

qual baseia-se na impressão de vistas em escala real das peças a serem utilizadas como gabaritos.

À confecção das peças do protótipo em bambu laminado colado, foi determinada como especificação técnica a utilização da espécie *Dendrocalamus Asper* e do aglomerante biodegradável AG 201, cedido pela Kehl Polímeros Ltda.

Para a obtenção das peças foram utilizados ferramentais e maquinários de marcenaria, com destaque para: serra tico-tico, serra circular de mesa, furadeira de bancada, sargentos barra T e lixadeira orbital. Peças prensadas em temperatura ambiente foram constituídas por lâminas de bambu com 25 mm de largura e 10 mm de espessura. Já em peças curvadas foram utilizadas lâminas com 50mm de largura e 3 mm de espessura. Peças metálicas simples como os tubos e engates foram usinadas com serras bi-metal, já as soldagens foram executadas em serralheria.

Para obtenção das peças curvadas de bambu laminado colado se deu por meio da metodologia descrita por Ramos (2014). Na construção dos moldes foram utilizadas madeira de Pinus bem como MDF (Medium density fiber), junto de chapas de alumínio. No sistema de aquecimento elétrico foram utilizadas resistências elétricas de 2,2 ohms isoladas com fitas refratárias teflon. O controle de temperatura dos moldes ocorreu por meio da regulagem de corrente elétrica através de um dimmer com potência situada entre 5500W-8000W, de modo que a verificação térmica do conjunto ocorreu por meio de um termômetro lasergríp.

O acabamento das peças foi efetuado por meio de lixamentos com lixas de diversos grãos para madeira. Todas as peças foram seladas com verniz para madeira. À fixação do modelo foi determinado o sistema de parafusagem Allen, com porcas sextavadas e buchas americanas.

Neste capítulo são abordadas, de maneira detalhada e com preocupação didática, as fases de desenvolvimento de um quadro de bicicleta dobrável constituído por um material alternativo de baixo impacto ambiental - o bambu laminado colado.

Como base do desenvolvimento de produto, foram adaptadas etapas do modelo de metodologia de projeto proposto por Back et. al (2008). Pelo fato de o presente trabalho limitar-se à concepção e prototipagem da proposta, dado o intuito de validação do material aplicado, foram abdicadas as etapas avançadas de desenvolvimento, cujos objetivos concentram-se no delineamento da implementação, isto é, manufatura, validação e lançamento do produto.

Portanto, o percurso de desenvolvimento efetuado restringiu-se às etapas de: planejamento do projeto; projeto informacional; projeto conceitual; projeto detalhado.

2.1 Planejamento do projeto

Em face da sustentabilidade ambiental, e respectiva agenda de revisão de aspectos técnico produtivos, junto da propagação das bicicletas no cotidiano urbano, foi estabelecido o propósito de desenvolver um quadro de bicicleta dobrável mais compatível à capacidade ambiental.

Para além do caráter benéfico desta proposta de inovação tecnológica, destaca-se o diferencial mercadológico proporcionado pelo caráter ético da ecologia, o que assegura a legitimidade cultural da mesma.

Como ponto de partida foi optado pelo cumprimento de uma das principais premissas do design ecológico: a seleção de recursos renováveis.

Dessa forma, foi consolidado como escopo do projeto a aplicação de um material alternativo proveniente de fonte renovável e de baixo impacto ambiental.

Pelo fato de se tratar de um produto que envolve razoável complexidade mecânica, e assim, considerável exigência de desempenho, foi oportuno selecionar um compósito vegetal fibroso.

Assim, como principal especificação material do quadro foi determinado o bambu laminado colado, haja vista a similaridade à

madeira compensada, e a abundante presença do bambu em território brasileiro.

A fim de maximizar o sucesso da estrutura a ser projetada foi estabelecida a utilização de um modelo já comercializado como parâmetro dimensional.

Às extremidades, e regiões de interface do quadro a outros componentes, onde há elevada exigência mecânica, foi especificado o aço 1020.

A Figura 4 exibe a sequência de decisões realizadas nesta etapa.

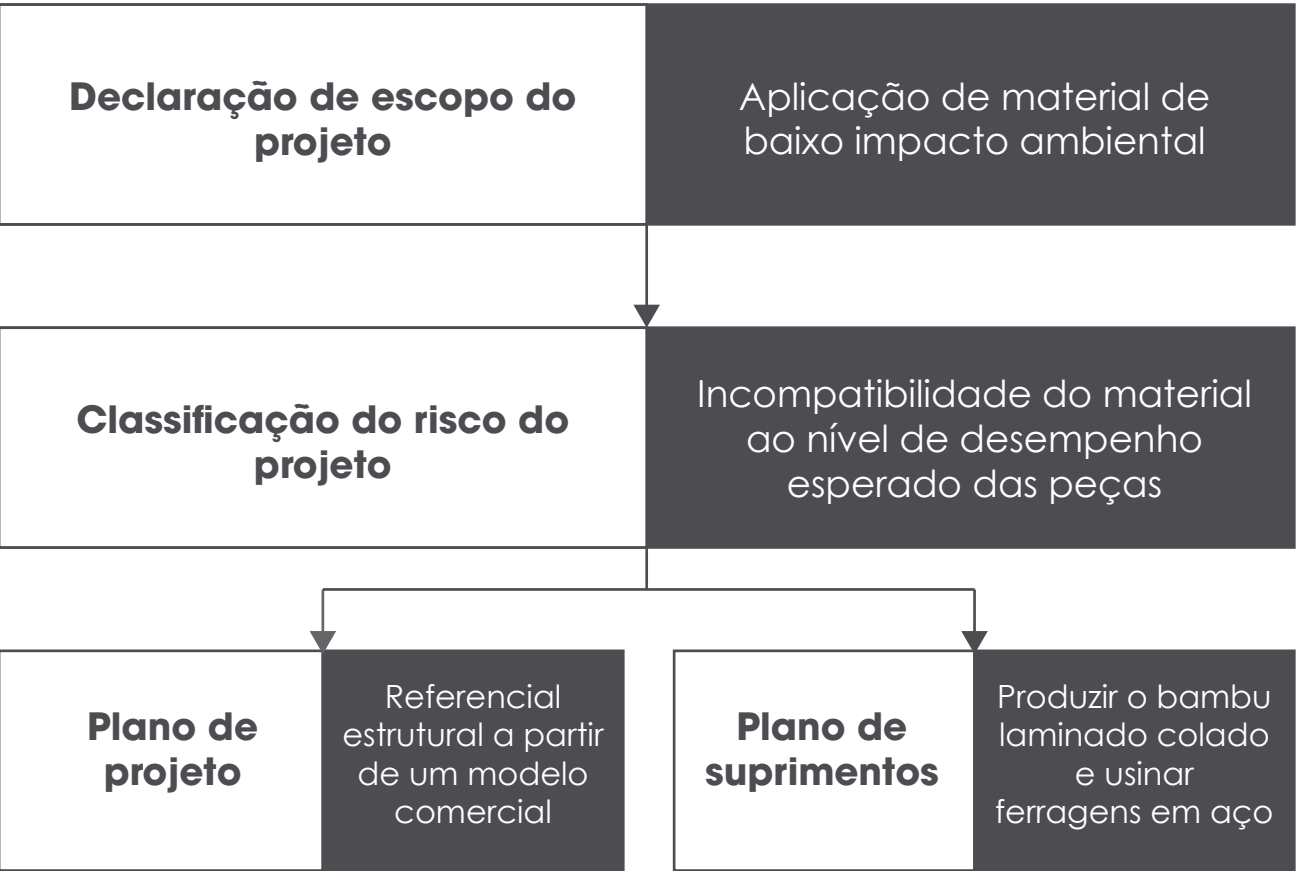


Figura 4 - Fluxograma da etapa de planejamento de projeto.

2.2 Projeto informacional

A reunião das informações críticas ao projeto, inicialmente, foi concentrada em aspectos humanos relativos à utilização do produto.

De imediato, ao considerarmos que se trata de um produto voltado a contextos dinâmicos, fica claro que fatores como a praticidade de dobragem e o peso do conjunto acabam sendo preponderantes à satisfação do usuário. Portanto, a escolha de um sistema de dobragem transversal e o projeto de peças preferencialmente reduzidas fez-se fundamental.

Outro fator importante diz respeito à durabilidade do produto, ou seja, é esperado que o mesmo suporte bem eventuais impactos sofridos e apresente baixo índice de quebras no médio prazo. Como o BLC possui capacidade de compressão inferior aos materiais tradicionais, fez-se necessária a adoção de uma estratégia de produto que compensasse eventuais falhas do artefato, dessa forma, optar pela desmontagem do quadro figurou como uma interessante alternativa já que viabilizaria a substituição de peças.

Além desta questão, o material também representa importância a outros requisitos de projeto. Como se trata de um projeto orientado à ecologia, fez-se necessário pensar no melhor aproveitamento dos suprimentos, e portanto a escolha de um tipo de bambu com alto rendimento foi fundamental. Por esta razão, foi selecionada a espécie *Dendrocalamus Asper*, haja vista seu grande porte.

Outro ponto crucial à ecologia corresponde à seleção de uma matriz polimérica de baixo impacto ambiental, portanto escolher uma resina biodegradável foi indispensável. Assim foi definida a utilização do aglomerante AG 201 - cedido pela empresa Kehl.

No mais, pelo fato de corresponder a um material compósito, o bom desempenho do bambu laminado colado depende do cumprimento das devidas condições de confecção, que neste caso referem-se ao bom estado e processo de reação da matriz polimérica, além de ajustes durante a prensagem. Segundo Ramos (2014) na prensagem aquecida é preciso submeter os moldes ao torque de 30Nm, e à incidência constante de calor na faixa de 60° a 90° C, por cerca de três horas.

Para que as peças satisfaçam as expectativas de desempenho é

preciso desenvolver geometrias com boa sustentação. Para tanto, foi definido o método de engenharia reversa, utilizando um modelo já comercializado, a fim de maior assertividade estrutural. É importante destacar que se trata de um processo lícito já que tem como princípio a extração de parâmetros básicos, e não a replicação do produto utilizado como referência.

Como modelo de bicicleta dobrável foi escolhida a Durban Bay 6 (Figura 5), um modelo de entrada considerado popular. A Tabela 1 apresenta a ficha técnica deste modelo.



Figura 5 - Vista lateral da Durban Bay 6. Fonte: durban.com

Sistema de dobragem	Transversal
Material do quadro	Aço carbono
Rodas	Aro 20" de alumínio
Carga máxima	95 kg
Tamanho dobrada	66 x 33 x 80 cm
Peso	14 kg

Tabela 1 - Ficha técnica da Durban Bay 6.

O processo de medição do quadro foi concentrado em pontos de intersecção entre os tubos, e ocorreu por meio da utilização de trena e paquímetro analógico. Com as medidas extraídas, foi possível elaborar um plano gráfico paramétrico basilar (figura 6) à conceituação da nova proposta de quadro.

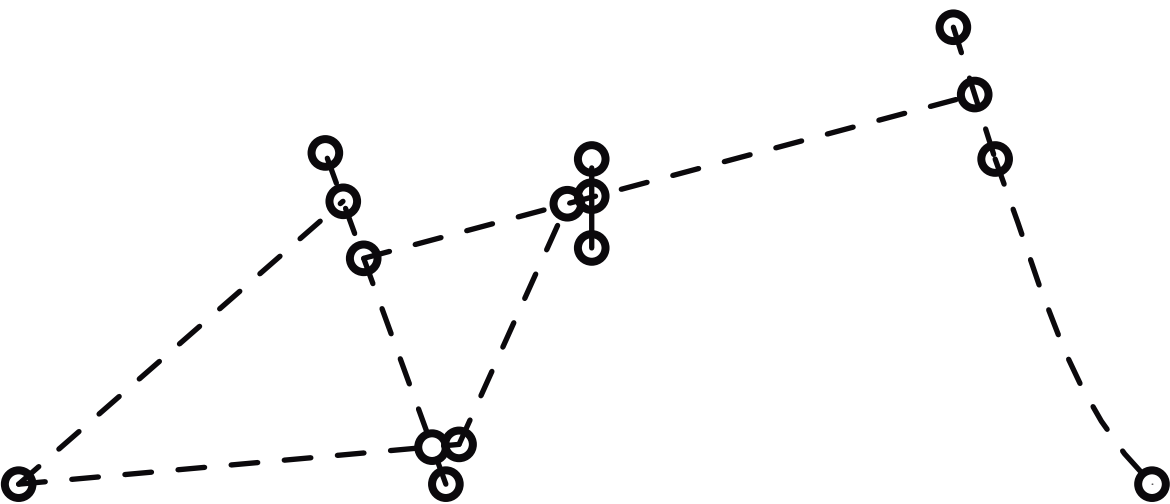


Figura 6 - Plano gráfico paramétrico elaborado para o projeto conceitual.

Este levantamento dimensional assegurou maior assertividade à nova estrutura, pois por tratar de um produto disponível no mercado, acabou por extrair dados que alinham-se aos requisitos de segurança e recomendações ergonômicas expressas na literatura.

Não obstante, estes fatores foram verificados, de modo que foi possível identificar coerência entre as principais inter-relações do quadro e as disposições normativas, destacando-se a angulação de 70° do canote do selim, como mencionado por Pequini (2005, p.xxx), e os 320 mm de distância entre o eixo traseiro e eixo de pedivela, como previsto na norma ABNT 14714.

Para além dos parâmetros sobre as inter-relações de elementos, outro fator importante a ser considerado durante o desenvolvimento conceitual consiste na área de secção dos tubos, pois corresponde a um indicador determinante à capacidade estrutural das peças.

Como o modelo Bay 6 possui tubos elípticos e circulares com secções transversais que variam entre 1,7 cm² e 14,2 cm², foi estabelecido que as secções das peças da nova proposta de quadro

deveriam ser 1/2 maior, proporcionalmente, já que as peças serão constituídas por um material de desempenho mecânico inferior. É importante reconhecer que esta medida, meramente intuitiva, torna-se válida por conta do momento inicial de projeto, mas também porque a avaliação estática de modelos considerando a anisotropia do BLC está para além do âmbito do *design*, fazendo com que otimizações matemáticas sejam reservadas a etapas avançadas de desenvolvimento de produto.

A Figura 7 exhibe a sequência de decisões tomadas nesta etapa.

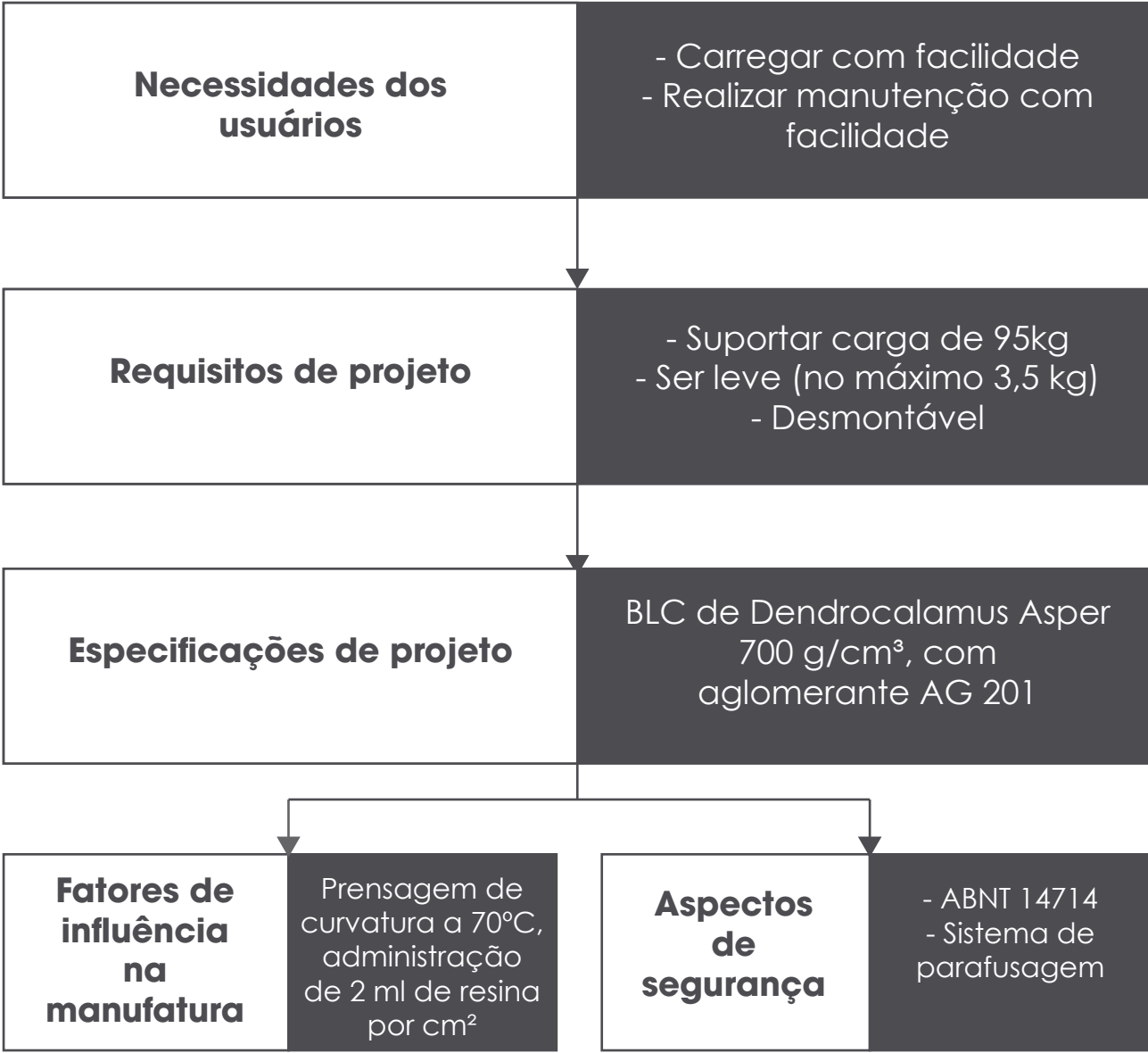


Figura 7 - Fluxograma da etapa de projeto informacional.

2.3 Projeto conceitual

A partir da identificação dos principais parâmetros de projeto do quadro, foi elaborada a estrutura de funções, cujo objetivo consistiu na denominação das áreas de intervenção formal. Trata-se de uma etapa fundamental, pois, como afirma Back et. al (2008) - à luz de Descartes - ao oferecer uma perspectiva fragmentada sobre o objeto em questão, esta técnica permite que o projetista atue de maneira pontual em um nível de complexidade inferior, assim, a geração de soluções torna-se mais eficiente.

Para tanto, foi elaborado um diagrama (Figura 8) sobre as regiões de possível intervenção formal no quadro. As categorias de modificações foram pautadas nos elos de ligação entre intersecções identificadas.

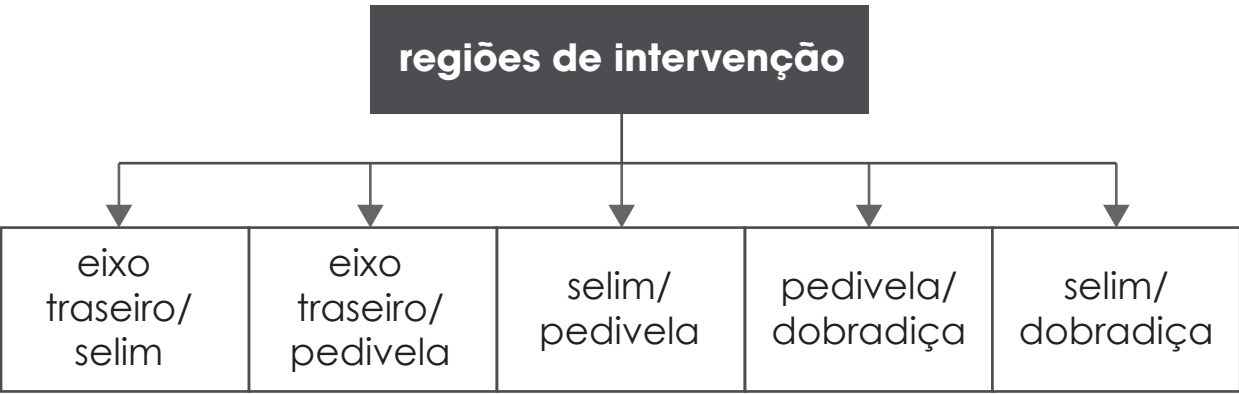


Figura 8 - Fluxograma da etapa de projeto informacional.

Após a definição do diagrama foi elaborado a matriz morfológica com duas colunas, para que o número de combinações possíveis não se tornasse alto. Com isso, foi iniciado o processo de preenchimento das categorias com representações gráficas simplificadas.

A Figura 9 apresenta a matriz morfológica elaborada e os resultados de algumas combinações.

		1	2
	Regiões	Geometrias	
A	eixo traseiro / selim		
B	eixo traseiro / pedivela		
C	pedivela / dobradiça		
D	selim / pedivela		
E	selim / dobradiça		

Figura 9 - Diagrama de intervenção morfológica

Com a tabela preenchida foram realizadas as combinações, que resultaram nas 8 alternativas possíveis. As Figura 10 e 11 apresentam as combinações geradas. Para efeito de organização do processo, foram atribuídas siglas aos cruzamentos das geometrias com as categorias de regiões de intervenção.

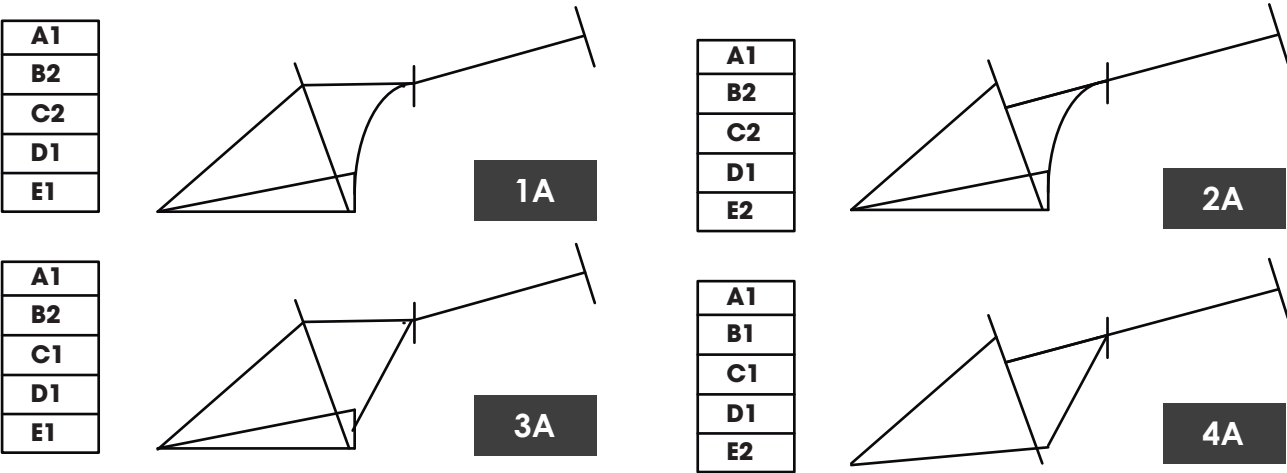


Figura 10 - Quatro primeiras alternativas geradas

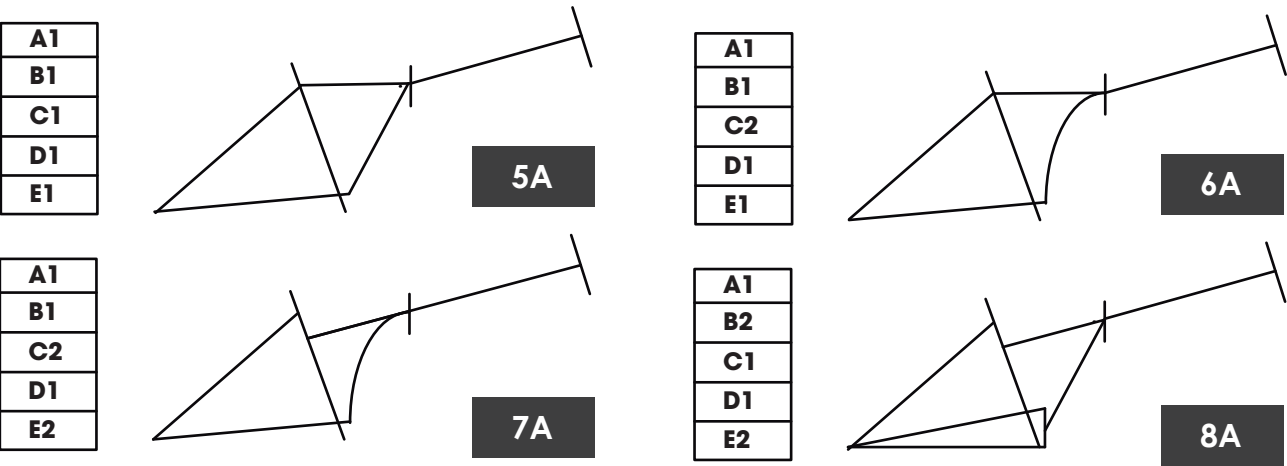


Figura 11 - Quatro últimas alternativas geradas

Adiante, dando continuidade à linha sistemática de processo, para a seleção da estrutura mais promissora foi elaborada uma matriz de triagem com base no método de Pugh (1991), descrito por Back et al. (2008). Para fim de comparação, foi utilizada como referência a Bay 6. De acordo com a proposta de Pugh, tal referência foi designada à última coluna da tabela, de modo que a cada critério da mesma foi determinado o valor zero. Ao procedimento de comparação entre cada morfologia elaborada à referência, foi atribuído zero, em situação de igualdade, o sinal positivo, caso melhor, e o sinal negativo, caso pior.

A Tabela 2 apresenta a triagem realizada.

	Critérios	Alternativas								Bay 6
		1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	
1	Viabilidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Confiabilidade	0	+	+	0	0	0	0	+	0
3	Inovação	0	0	+	0	+	+	0	0	0
4	Aparência	-	0	0	0	0	0	0	0	0
Soma de (0)		3	2	2	4	2	3	4	3	4
Soma de (+)		0	1	2	0	1	1	0	1	0
Soma de (-)		1	0	0	0	0	0	0	0	0
Resultado (+) + (-)		-1	1	2	0	1	1	0	1	0

Tabela 2 - Triagem das alternativas pelo método de Pugh.

O processo de triagem das alternativas apontou a combinação 3A como aquela que apresenta melhores indicativos qualitativos, e portanto representou a melhor opção para a sequência de desenvolvimento da proposta.

Assim, tendo um leiaute básico da estrutura foi possível iniciar o processo de concepção gráfica de soluções que definissem com maior detalhamento a volumetria da proposta.

É importante destacar que este processo ocorreu sob a ótica da ecologia e portanto privilegiou por geometrias mais pragmáticas - leia-se quadrangulares - a fim de favorecer a facilidade e baixo custo dos processo de manufatura.

Para regiões com presumível elevado grau de exigência de desempenho, foram destinadas peças curvadas, tendo em vista o ganho em resistência mecânica proporcionado.

A Figura 12 exhibe as principais decisões tomadas ao longo das etapas de conceituação da proposta.

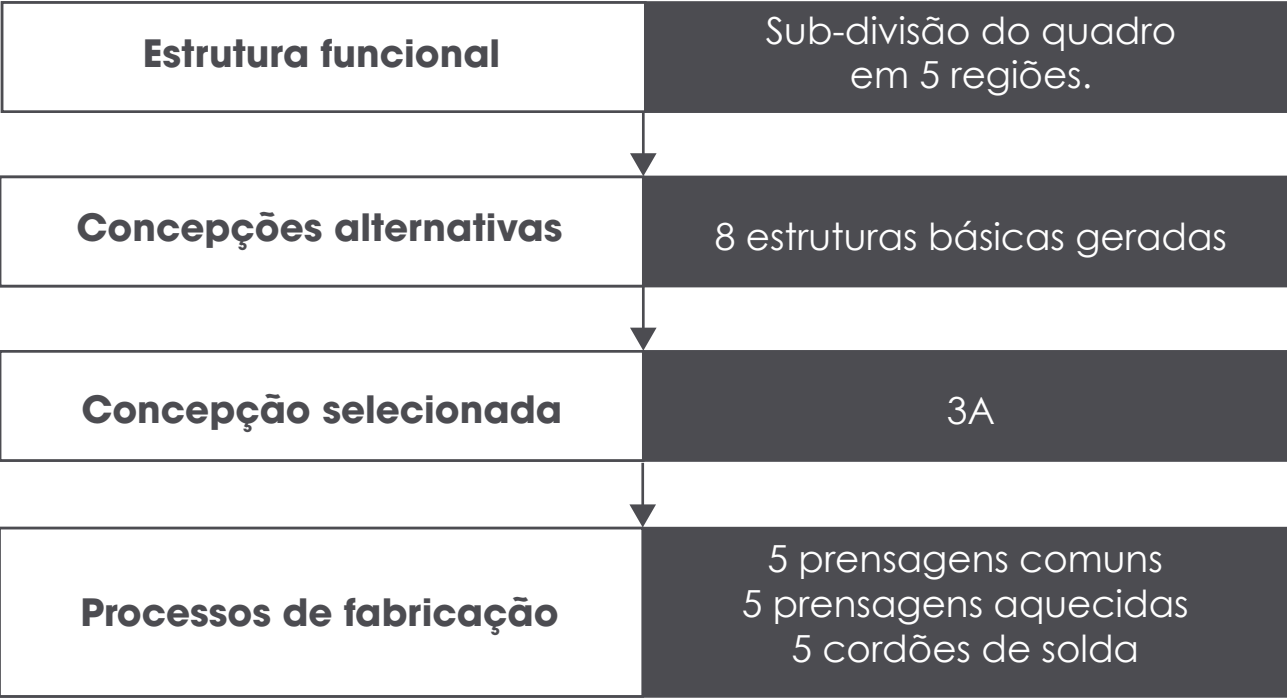
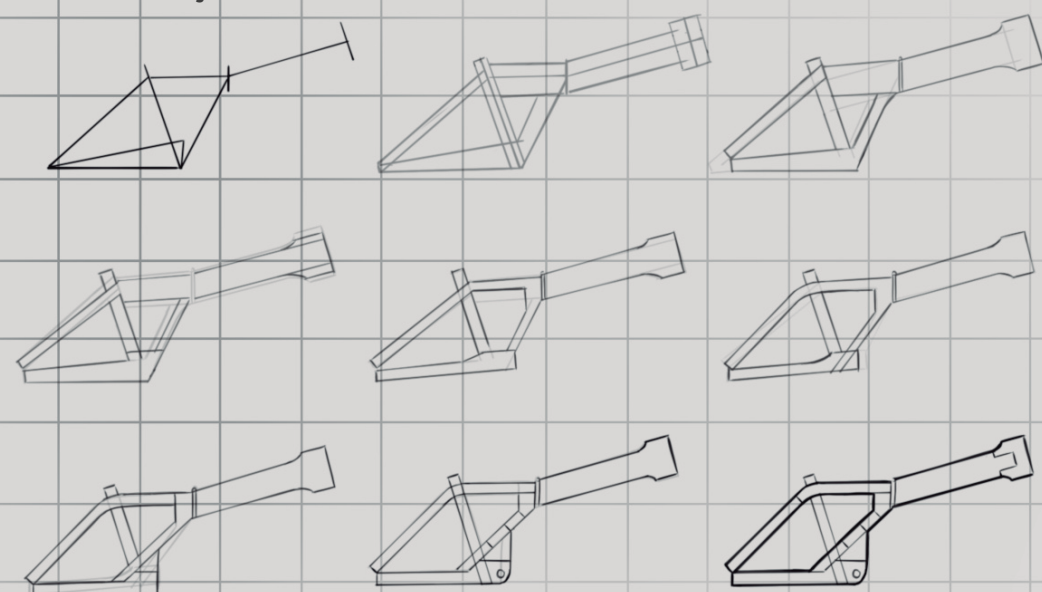


Figura 12 - Fluxograma das etapas de projeto conceitual.

A seguir, em formato de painel (Figura 13), são exibidos os principais esboços e esquematizações da proposta. Nele constam a evolução volumétrica do quadro, assim como detalhes de fixações e definições formais das peças, entre outras designações.

Evolução volumétrica da estrutura básica:



Coluna do selim:

foi definida a soldagem de duas placas ao tubo. Uma na extremidade inferior e uma intermediária.

Placas do canote:

ambas possuem dois furos cegos

Região do pedivela:

a esse conjunto foi determinada a fixação por meio de de 3 parafusos

Esboço final:

O modelo expressa a preocupação com soluções pragmáticas sob o ponto de vista da produção

Caixa de direção:

houve a necessidade de individuar esta peça em função do diâmetro do tubo do garfo.

Dobradiça:

A fixação ocorre tanto na região superior como interna das peças. A fixação dos parafusos ocorre junto a buchas americanas.

Topo:

houve o prolongamento da peça, incluindo uma curvatura a fim de obter maior resistência.

Vista anterior:

Peças curvadas foram incluídas nas hastes da região anterior do quadro, com vistas ao tamanho do aro - 20".

Suporte de freio:

foi definida a inserção de peças metálicas

Engate:

foi definida a utilização de engates sem envólucro

Figura 13 - Principais esboços e esquemas elaborados.

2.4 Projeto detalhado

A partir das dimensões pré-definidas da estrutura básica junto às vistas elaboradas durante a etapa conceitual, foi possível iniciar a modelagem tridimensional da proposta. Tal processo ocorreu por meio do software paramétrico Solidworks 2016, onde foi possível gerar desenhos técnicos, efetuar a vista explodida do modelo, e obter outros dados específicos. Já as renderizações foram realizadas no Keyshot 6.0.

Além de possibilitar a pré-visualização da proposta, este processo foi, principalmente, importante para o delineamento do processo de prototipagem, uma vez que possibilitou a quantificação dos suprimentos a serem utilizados para a confecção de moldes e de todas as peças do modelo em escala real. A Tabela 3 concentra informações sobre o material, a quantidade e a massa de peças que compõem a proposta, com base no Solidworks.

Nº	Título	Material	Massa	Qtd.
01	Caixa de direção	BLC	256g	01
02	Travessa	BLC	556g	01
03	Topo do canote	BLC	223,5g	01
04	Base da dobradiça	BLC	99g	01
05	Base do canote	BLC	109,5g	01
06	Suporte do eixo central	BLC	138,6g	01
07	Haste inferior	BLC	130,8g	02
08	Haste superior	BLC	74,5g	02
09	Canote	Aço 1020	335,6g	01
10	Dobradiça	Aço 1020	438,5g	01
11	Alavanca	Liga de alumínio	23g	01
12	Engate	Aço 1020	101,9g	02

Tabela 3 - Dados sobre as peças da proposta.

Pelo fato de se tratar de um desenvolvimento experimental, naturalmente, não foi analisada a viabilidade econômica da proposta, pois a lâmina avulsa de bambu laminado, que é o principal insumo material, sequer possui preço de mercado, e o aglomerante utilizado tem seu preço definido por grandes volumes. No entanto, apesar do pouco aprofundamento em relação à manufatura final, é possível afirmar que o quadro proposto envolve predominantemente processos simples e de baixo custo, uma vez que sua execução se limita à infraestrutura de marcenaria, e a pouquíssimas soldas. Ademais a montagem é feita por parfusagem.

Em relação às peças de BLC, o custo mais elevado está associado àquelas que são curvadas, e portanto exigem a confecção de sistemas de prensagem aquecida. Neste projeto de quadro, para as cinco peças deste tipo, foram projetados três moldes do tipo macho-fêmea, como pode ser observado na Figura 14.

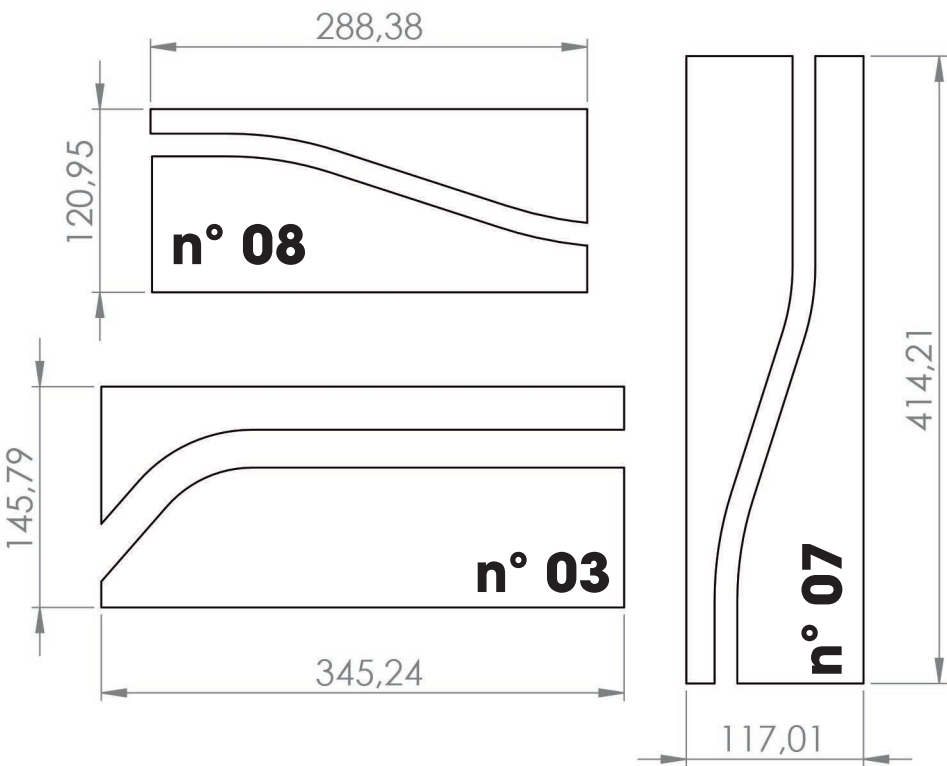
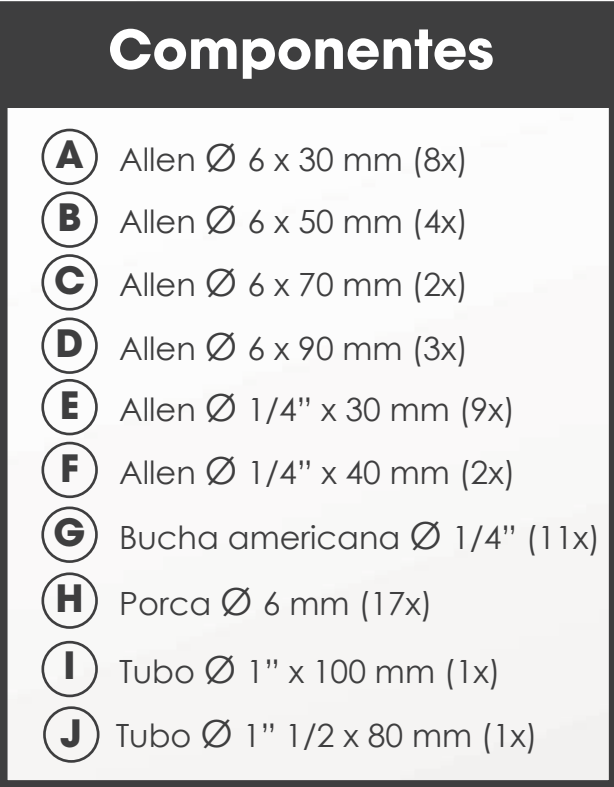


Figura 14 - Detalhes do modelo final.

Nas próximas páginas são apresentadas em forma de painéis (Figura 15; Figura 16; Figura 17) perspectivas do modelo tridimensional e peças, assim como um memorial descritivo que sintetiza a proposta.



Figura 15 - Perspectivas do modelo 3D.



- 1 Caixa de direção (1x)
- 2 Travessa (1x)
- 3 Topo do canote (1x)
- 4 Base da dobradiça (1x)
- 5 Base do canote (1x)
- 6 Suporte do eixo central (1x)
- 7 Haste inferior (2x)
- 8 Haste superior (2x)
- 9 Canote (1x)
- 10 Dobradiça (1x)
- 11 Alavanca (1x)
- 12 Engate (2x)

Chave Allen Ø 5 mm

Chave Allen Ø 5/32"

Chave de boca

Figura 16 - Vista explodida e relação de itens da proposta.

Asper

É **dobrável**, pois a metrópole exige compactação.
É **desmontável**, pois o pós-uso deve ser facilitado.
É mais **renovável**, pois pretende ser perpétuo.

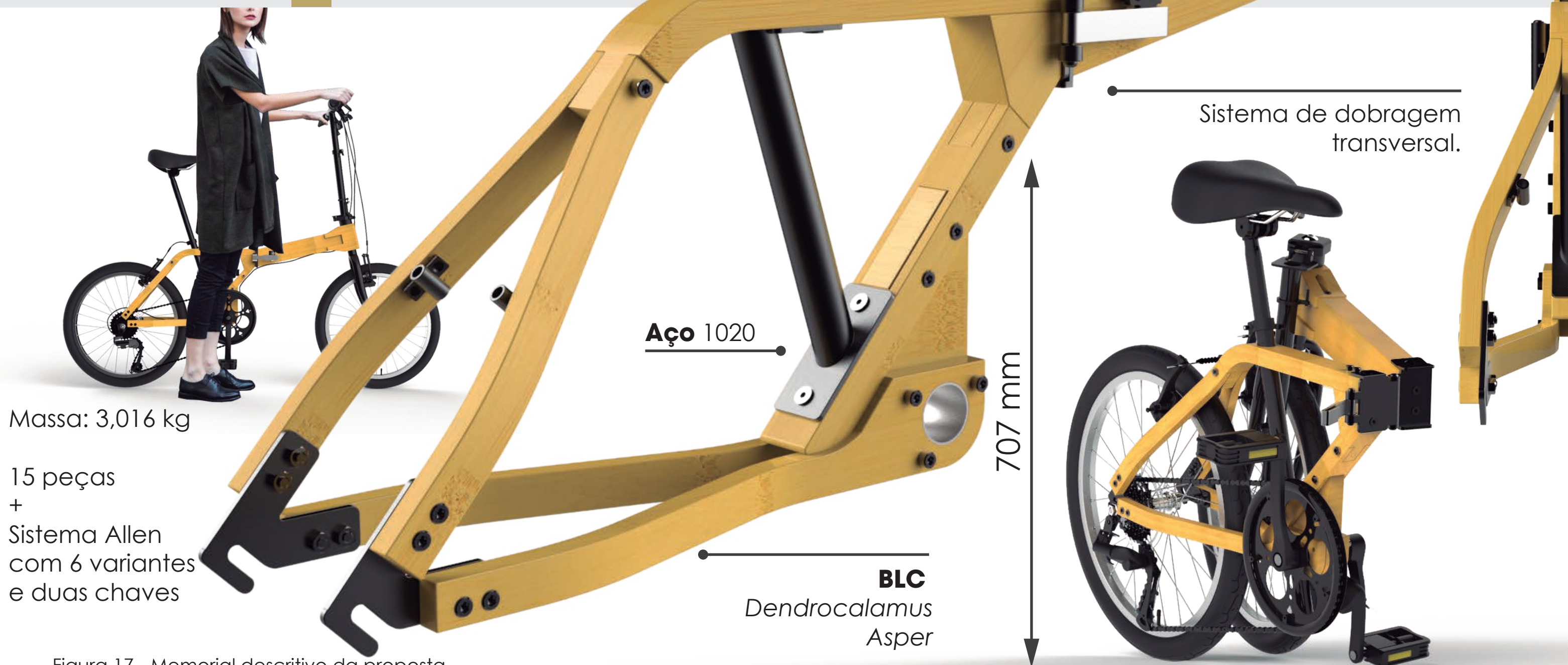


Figura 17 - Memorial descritivo da proposta

Materialização

Este capítulo abrange, brevemente, os momentos de confecção e montagem do protótipo da proposta de quadro. Assim, inclui etapas desde a obtenção da matéria-prima, até a transformação em peças, apresentando descrições sobre os processos envolvidos.

3.1 Transformação da matéria-prima

Como mencionado nos capítulos anteriores, neste trabalho foi especificada a utilização da espécie de bambu denominada *Dendrocalamus Asper*. Esta espécie foi introduzida com sucesso no Brasil, e entre outras localidades pode ser encontrada no Área Agrícola do Campus da Unesp de Bauru. Além de ter sua anatomia caracterizada pelo grande diâmetro dos colmos, esta espécie também pode ser identificada pela grande saliência das regiões dos nós. Ademais, por possuir paredes espessas, com mais de 5 cm, sua colheita torna-se mais trabalhosa, quando comparada à maioria das espécies de bambu, e por esta razão faz-se conveniente utilizar instrumentos como moto-serras, como pode ser observado na Figura 18.



Figura 18 - Colheita de colmos na Área Agrícola da Unesp de Bauru.

Depois de colhidos os colmos devem passar por tratamento de imunização contra fungos e insetos. Neste trabalho foi utilizado o método de imersão em Octaborato de sódio (Figura 19), por cerca de 24h.



Figura 19 - Processo de tratamento preservativo por imersão.

Em seguida os colmos permaneceram em processo de secagem pelo mesmo período, para que então pudessem ser fragmentados longitudinalmente em serra circular dupla. O resultado desse processo pode ser observado na Figura 20.



Figura 20 - Ripas de bambu após o desdobro longitudinal.

Para serem transformadas em lâminas aproveitáveis aos processos produtivos, este material deve passar por processos que removam a casca do colmo, e produzam superfícies esquadrejadas. Esta etapa pode ocorrer em maquinário específico, como por exemplo a Super Taquara, mas também em outros mais comuns como desempenadeira e desengrossadeira. O resultado desta adequação pode ser observado na Figura 21.

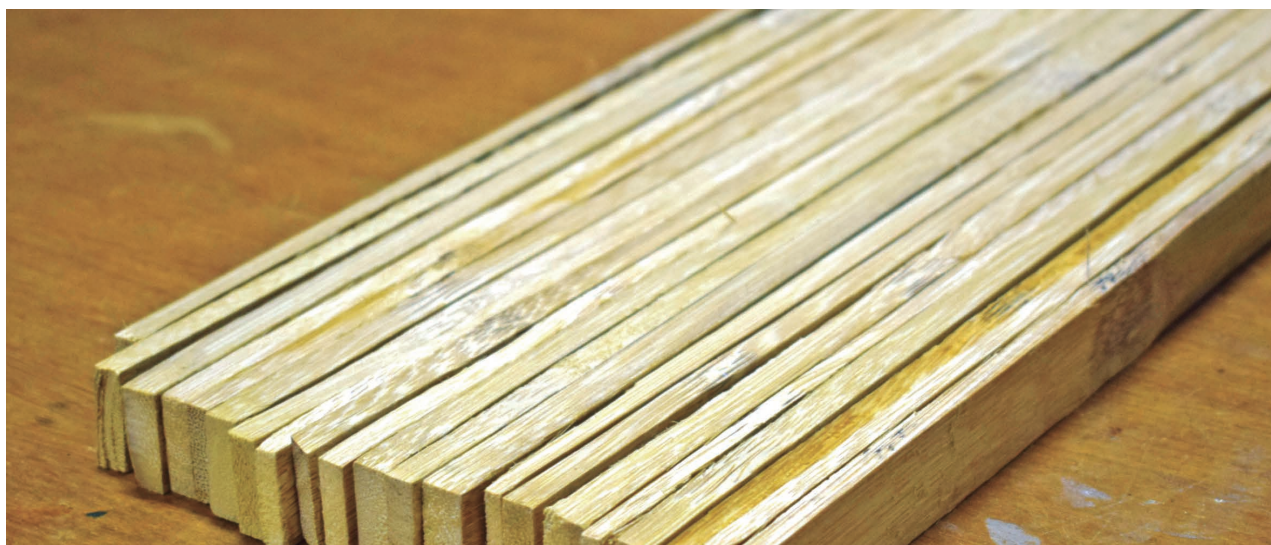


Figura 21 - Ripas laminadas de bambu prontas.

3.2 Peças em bambu laminado colado.

O BLC é um material obtido a partir de processos de prensagem, entretanto, por ter como insumo um reforço fibroso lignocelulósico, possibilita além de placas prensadas de maneira comum, a obtenção de peças com curvaturas, através de prensagens sob incidência de temperaturas elevadas.

Peças comuns prensadas em temperatura ambiente exigem apenas a utilização das ferramentas de prensagem, já peças a serem curvadas exigem a utilização de moldes do tipo macho fêmea, que devem estar associados a sistemas de aquecimento, pois sem o calor as peças não se estabilizam no formato desejado.

Neste trabalho houve a adoção do modelo metodológico para curvatura do bambu laminado colado proposto por Ramos (2014),

porém foram impostas modificações em relação às configurações de interface do sistema descrito.

3.2.1 Peças comuns

Para as cinco peças, a saber, de número 1, 2, 3, 4 e 6, foi definida a utilização de ripas com 25 mm de largura e 10 mm de espessura, afim de melhor rendimento entre reforços e a matriz. Este processo envolveu, basicamente, a utilização de dois sargentos barra T junto de escoras, a fim de evitar desvios nas placas confeccionadas, como pode ser observado na Figura 22.



Figura 22 - Prensagem simples.

Depois de curadas, estas placas foram submetidas à desengrossadeira, a fim da adequação superficial, para que então pudessem ser prensadas entre si. Este processo foi repetido diversas vezes até o preenchimento da volumetria necessária a cada uma das peças.

De modo geral, a obtenção destas peças foi concentrada na utilização de serras como a circular de mesa, e a tico tico, junto de furadeira de bancada. Todavia, para a usinagem daquelas como a de número 5, que possuem especificidades como furos inclinados, houve a necessidade de elaboração de gabaritos que garantissem a devida angulação projetada, para a correta perfuração. Tais gabaritos foram confeccionados com retalhos de madeira. A Figura 23 exibe tal situação, onde é possível observar a fixação do gabarito à peça por meio de fitas adesivas.



Figura 23 - Perfuração em serra copo com auxílio de gabarito.

Às peças como a caixa de direção (1) e o suporte do pedivela (6) foram inseridos tubos de aço com 1"1/2 e 1" de diâmetro, respectivamente, uma vez que por estarem associadas a outros elementos metálicos, como o garfo e o eixo central do quadro, acabam exigindo superfícies com índice de dureza similar para que haja o pleno funcionamento entre tais peças.



Figura 24 - Inserção de bucha americana na peça 4.

3.2.2 Peças curvadas

Na proposta elaborada as peças curvadas foram direcionadas à região anterior do quadro, consistindo nas hastes superior e inferior, além da peça de topo associada ao canote do selim. Para a confecção das mesmas foi definida a utilização de lâminas com 50 mm de largura e 3 mm de espessura, pois como demonstrou Ramos (2014), a minimização da espessura das lâminas favorece o processo de prensagem, já que reduz as chances de fraturas do material e, simultaneamente, facilita a execução dos procedimentos por conta de maior maleabilidade proporcionada.

Como mencionado no capítulo anterior, para a obtenção destas peças, foram utilizados moldes do tipo macho fêmea, como mostra a Figura 24. Nesta imagem também é possível identificar os componentes do sistema de aquecimento, destacando-se o dimmer na cor preta e a resistência que percorre os moldes.

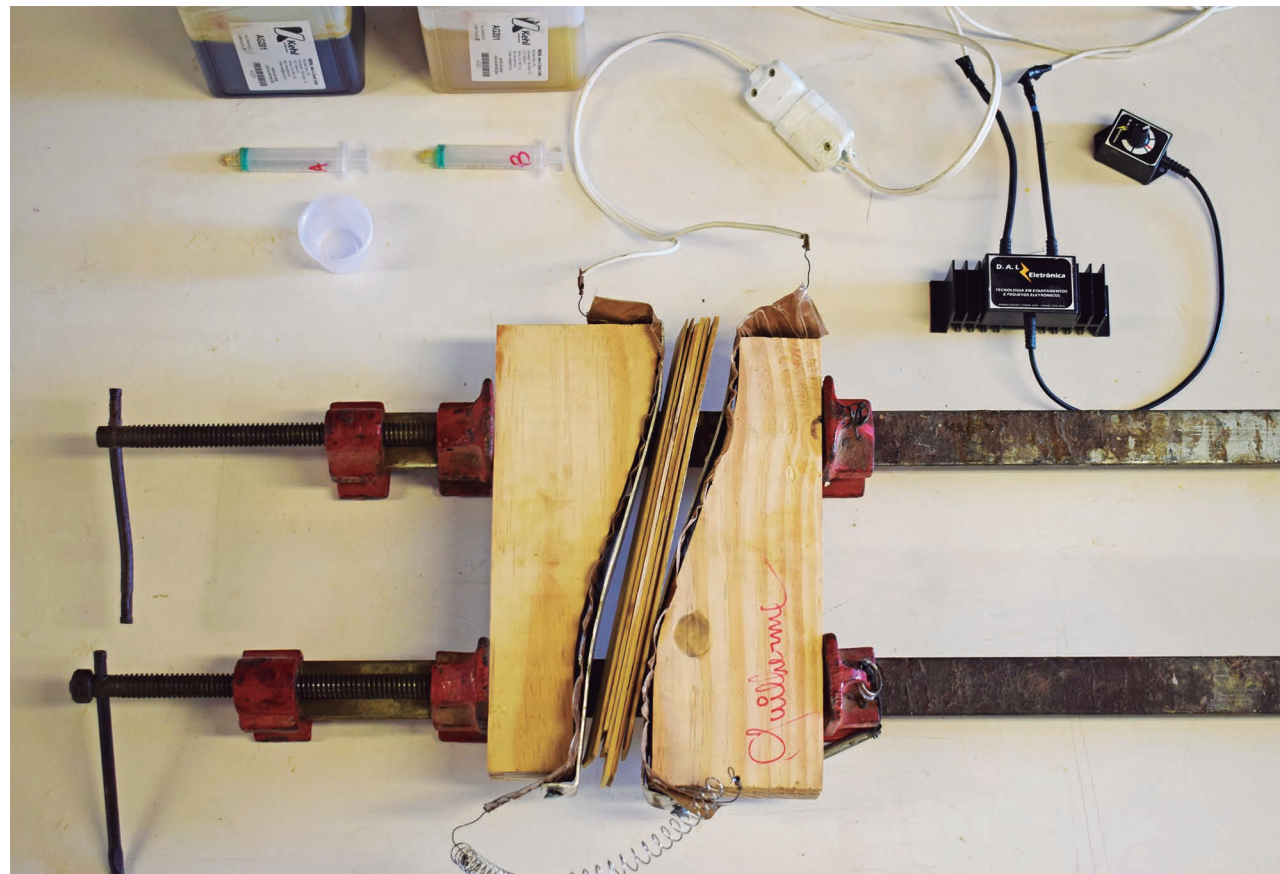


Figura 25 - Sistema de prensagem aquecida da peça 8.

Pelo fato de o dimmer utilizado ser genérico, e portanto não oferecer mostrador sobre o nível de energia/calor controlado, foi necessário utilizar um termômetro para verificar a temperatura do molde, e assim encontrar um nível de regulação correspondente aos 70 °C - temperatura de transição vítrea da lignina. Neste trabalho foi utilizado um termômetro do tipo lasergríp, como mostrado na Figura 26.

Por conta do elevado torque (30Nm) empregado na prensagem ocorre o transbordamento da resina aplicada entre as lâminas de bambu, comprometendo o resultado da prensagem. A Figura 27 mostra em detalhe o aspecto da peça após este processo.

Portanto, em seguida foi necessário realizar lixamentos intensivos, com lixadeira orbital, utilizando lixas de diversos grãos para madeira, uma vez que este material tem características superficiais similares.



Figura 26 - Verificação da temperatura do molde com o lasergríp.



Figura 27 - Peça 8 após a prensagem aquecida.

Apesar da devida e contínua verificação de temperatura dos moldes, durante alguns processos de prensagem ocorreram rompimentos em trechos das fitas refratárias, o que permitiu a incidência excessiva de calor em pontos específicos das peças, resultando em queimaduras superficiais. Contudo, não houve significativo prejuízo em relação à resistência das peças.

Após a remoção dos resíduos de resina, foram iniciados os principais procedimentos de usinagem com os mesmos maquinários utilizados para as peças comuns. Cortes foram realizados com serra tico-tico, e perfurações em furadeira de bancada, como mostrado na Figura 28.



Figura 28 - Perfuração para passagem do canote do selim.

Tendo os procedimentos de usinagem finalizados, então foram realizados os procedimentos finais de lixamento, como pode ser observado na Figura 29. Para correções formais em regiões estreitas foram utilizadas ferramentas como formão, e diversos tipos de grosas e limas.

Todas as peças foram submetidas a jatos de ar comprimido para que todo os resíduos fossem removidos, e por fim, receberam verniz para madeira como acabamento final, como mostra a Figura 30.



Figura 29 - Lixamento das peças com lixadeira orbital.

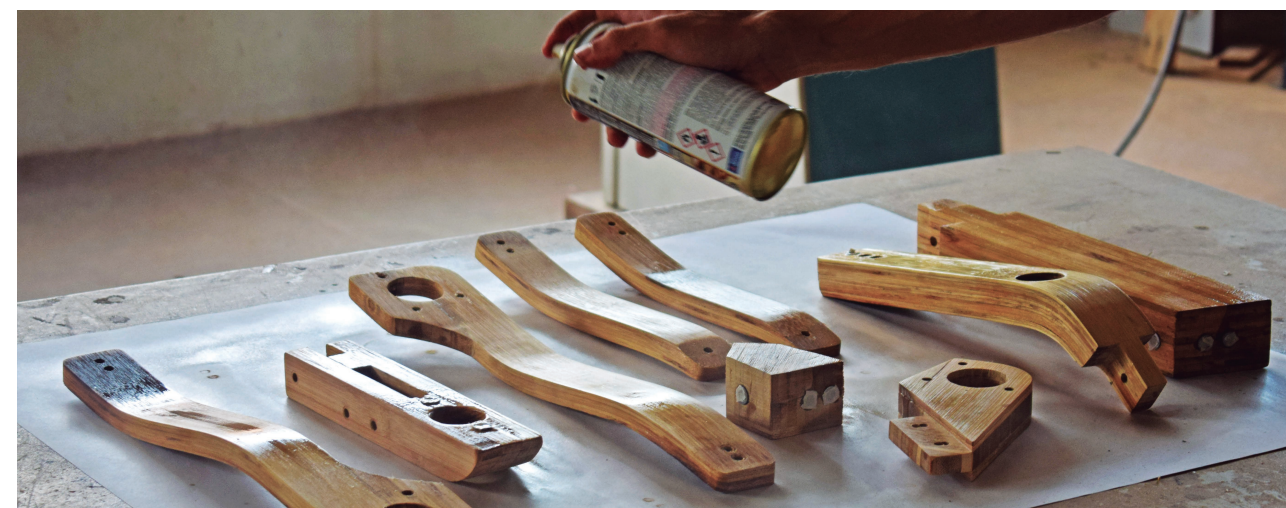


Figura 30 - Aplicação de verniz sobre as peças de blc.

3.3 Peças metálicas

Com exceção da alavanca associado à dobradiça, as demais peças de aço foram usinadas e soldadas manualmente. A Figura 31 mostra um dos momentos de usinagem em lixadeira de disco. Foram adquiridas ferragens de aço, sendo, especificamente, chapas de 3 mm de espessura e tubos com parede de 1,5 mm de espessura. Processos de usinagem como cortes e perfurações foram efetuados pelo autor do presente trabalho, já soldagens foram realizadas em serralherias fora do âmbito universitário.



Figura 31 - Usinagem dos engates do quadro.

Entretanto, houve o acompanhamento integral dos processos, de modo a auxiliar o operador através de impressões, em escala real, dos desenhos técnicos das peças. As Figuras 32 e 33 mostram em detalhe momentos de soldagem do canote do selim, assim como da dobradiça do quadro.



Figura 32 - Soldagem entre chapa e tubo do canote do selim.

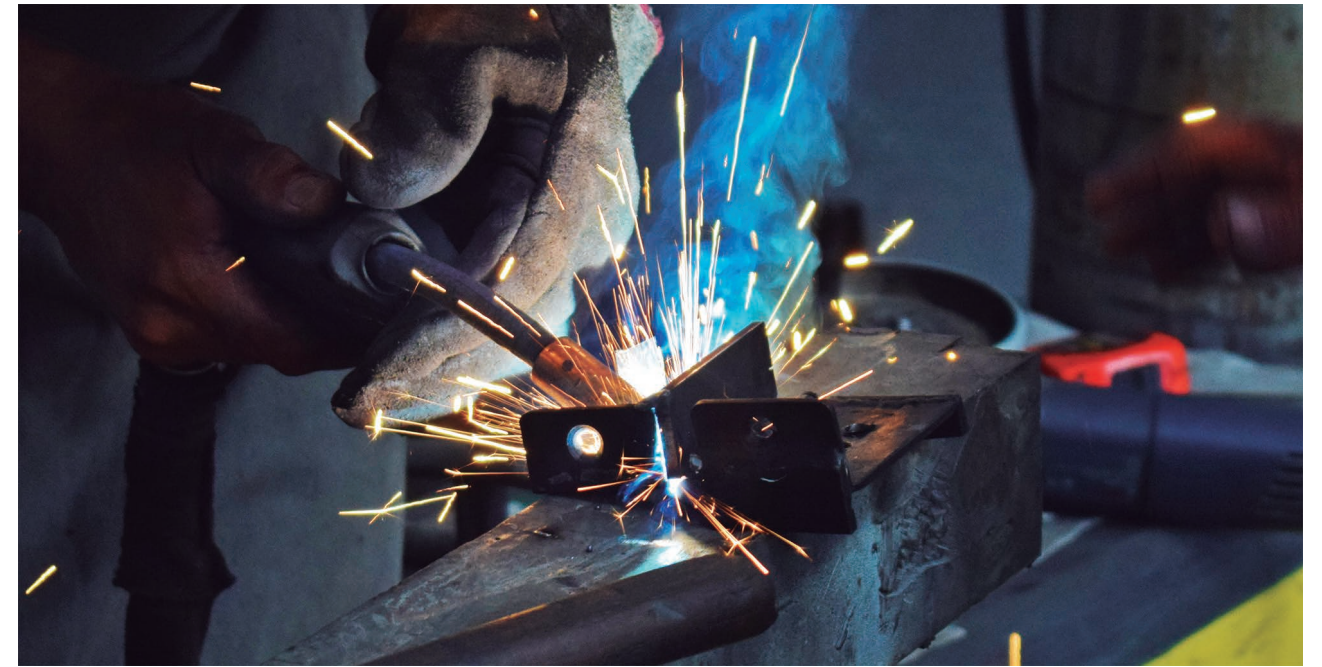


Figura 33 - Soldagem na região posterior da dobradiça.

Para o acabamento das peças, foi aplicado como fundo o primer spray para uso geral, e em seguida a tinta spray fosca, como pode ser observado na Figura 34.



Figura 34 - Pinturas das peças de aço.

3.4 Montagem

A montagem do protótipo pode ser realizada de maneira individual, e ocorre de maneira prática, uma vez que é realizada com apenas dois tipos de Chave Allen, junto de peças com conexões intuitivas como pode ser observado na Figura 35.

Para a montagem do quadro não é obrigatório iniciar o procedimento por uma região específica, no entanto, faz-se conveniente começar pelo arranjo entre as hastes inferiores, uma vez que permitem o apoio do conjunto, como pode ser observado na



Figura 35 - Peças do modelo reunidas.

Após estabilizar o conjunto fixando as extremidades com os engates, o processo ganha fluidez e pode ser encerrado com facilidade ao fixar a dobradiça entre a porção traseira do artefato e a travessa que está associada à caixa de direção, como mostra a Figura 37.



Figura 36 - Início do processo de montagem



Figura 37 - Ajuste da dobradiça.

4.1 Protótipo finalizado

Como o presente trabalho tem por objetivo a verificação inicial de inclusão do material utilizado no contexto produtivo da bicicleta dobrável, foi entendida como necessária a inclusão do protótipo junto dos demais sub-sistemas do modelo dobrável, com a finalidade de realizar um teste de usabilidade preliminar. Os itens utilizados foram retirados do modelo utilizado como base ao processo de engenharia reversa, que ocorreu na etapa do projeto informacional.

Analisando, visualmente, o protótipo montado (Figura 38) foi constatado o desalinhamento entre a caixa de direção e a porção traseira do quadro. Isto implicou em uma significativa inclinação entre os eixos, e consequentemente às rodas, sendo confirmado comprometimento da estabilidade da bicicleta durante o uso.



Figura 38 - Protótipo pronto para o uso.

Além disso, outro problema identificado consistiu na baixa eficiência de travamento do sistema de alavanca implementado na dobradiça, pois de acordo com irregularidades do pavimento percorrido, este sistema tendia a abrir levemente, prejudicando a condução. Contudo, o funcionamento do mesmo em relação à dobragem do quadro ocorreu de maneira prática como esperado, como mostra a Figura 39.



Figura 39 - Protótipo dobrado.

Apesar dos problemas mencionados, foi possível pedalar de maneira razoável. Portanto, o principal objetivo do trabalho foi cumprido, pois todas as peças de bambu laminado colado suportaram as cargas durante a utilização, de modo que nenhuma apresentou falhas – fraturas, rachaduras ou trincas.

A Figura 40 mostra um registro de utilização do protótipo.



Figura 40 - Protótipo em uso.



5.1 Conclusão

Este trabalho demonstrou a possibilidade de inclusão de um material de origem renovável e baixo impacto ambiental, no desenvolvimento de parte de um artefato de interesse coletivo, abordando etapas do desenvolvimento de projeto de produto, bem como da cadeia produtiva do material aplicado.

A prototipagem da proposta permitiu a verificação prática da amplitude do pensamento ecológico no âmbito de projeto, uma vez que a estratégia definida não se limitou à seleção do material renovável e dos respectivos processos de baixo impacto ambiental, pois incluiu estratégias de concepção que prolongam o uso, e facilitam processos de pós-uso de determinado produto, como o design para desmontagem, assim como diretrizes de desenho orientadas ao pragmatismo produtivo.

Foram confirmadas as relevâncias técnica e ambiental do bambu laminado colado como uma opção promissora ao design no segmento de produto em questão, por apresentar qualidades técnicas, como a leveza e resistência, mas sobretudo ser um compósito fibroso que pode ser construído com matriz plástica de origem renovável. Pelo fato de apresentar características similares à madeira, pôde-se verificar similaridade de processamento, o que promove este material a outras aplicações industriais.

Quanto ao percurso projetivo demonstrado, constata-se que a adoção de uma abordagem ecológica, e portanto que tenha como escopo recursos limpos, processos pragmáticos e poucas operações, impõe significativas limitações à elaboração estética do artefato. Entretanto, apesar disto, entende-se que foi possível conciliar objetivos de uso do produto às restrições materiais presentes.

O protótipo possibilitou a obtenção de resultados satisfatórios, no que se refere ao cumprimento de pré-requisitos de desempenho durante o uso em uma primeira teste de usabilidade, o que indica o cumprimento do objetivo auto proposto de verificação do material.

4.1 Perspectivas futuras

Entende-se que pelo material e as estratégias de design atenderem aos pré-requisitos de desempenho estabelecidos, o projeto apresenta potencial de desenvolvimento industrial. Todavia, faz-se necessário o replanejamento de projeto do quadro, de modo a incluir métodos atentos aos princípios da Teoria da sintaxe visual, em prol de soluções também comprometidas com a dimensão estética do artefato, desde a gênese do desenvolvimento.

No mais, faz-se válido salientar que apesar do sucesso estrutural, são indispensáveis estudos estáticos sobre a volumetria projetada. Acredita-se que a partir de procedimentos desta natureza será possível aperfeiçoar, matematicamente, a estrutura, possibilitando a redução de material empregado, ou até mesmo obter subsídios para novos arranjos constituídos por um número menor de peças.

Como a dobradiça, e mais especificamente a alavanca, consistiu no ponto crítico do projeto, conclui-se que tais estudos mecânicos devem se concentrar, principalmente, neste sistema de travamento. Algumas das soluções já identificadas consistem na implementação de mais superfícies ao redor da dobradiça, a fim de um travamento mais possante, além da inclusão de um mecanismo de pressão atrelado à alavanca, a fim de evitar deslocamentos após a operação de travamento.

Referências

Abreu, M. C. S.; Figueiredo Junior, H. S.; Varvakis, G. (2002). Modelo de avaliação da estratégia ambiental: os perfis de conduta estratégica. REAd – Edição Especial 30, v. 8, n. 6, nov-dez.

ALVES, Ana Laura. Antonia: sustentabilidade e design de produto : inserção de aglomerado de bambu na joalheira contemporânea. 2016. 106 p. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Design de Produto) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, 2016.

BACK, N. et al. Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem. Barueri, SP: Manole, 2008.

BERALDO, A. L.; PEREIRA, M. A. R.; Bambu de Corpo e Alma. 352p. 2ª edição Editora Canal 6, São Paulo, 2016

BERALDO, A. L.; RIVERO, L. A. Bambu laminado colado (BLC). Floresta e ambiente. v. 10, n. 2, p. 36-46, 2003.

BOARETO, R (Org) A bicicleta e as cidades: como inserir a bicicleta na política de mobilidade urbana. 2. ed. – São Paulo: Instituto de Energia e Meio Ambiente, p. 83, 2010.

CALEGARI, E. P. Estudo da aplicação de compósitos biodegradáveis à base de biopolímero e fibras de curauá no design de produto. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Design. UFRGS. Porto Alegre. 2013.

CANGEMI, J. M.; SANTOS, A. M.; CLARO NETO, S. A revolução verde da mamona. Química nova na escola, vol. 32, n.1, p. 03-08, 2010.

Carriço, F. A. Desenvolvimento de componentes de bicicleta em contexto industrial. Dissertação (mestrado). Universidade de Aveiro, 2017.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. CNI. A Indústria Brasileira no Caminho da Sustentabilidade. Brasília: CNI, 2012. 47 p.

Durán, O.; Puglia, V. B. (2007). Scorecard ambiental: monitoração dos custos ambientais através da web. Revista chilena de ingeniería. Vol. 15, n. 3, p. 291-301.

FLUSSER, V. O mundo codificado: por uma filosofia do design e da comunicação. 224p. Ubu Editora, São Paulo, 2017.

FORNASIER, M. O. Consumismo e a nova ética ambiental: Uma conflituosa relação - Veredas do Direito, Belo Horizonte, v.9 n.18 p.189-208 - Julho/Dezembro de 2012.

FUAD-LUKE, A. Manuel de diseño ecológico. Un catálogo completo de mobiliário y objetos para la casa y oficina. Editorial Cartago: Palma de Mallorca, 2002.

INMETRO. Requisitos de avaliação da conformidade para componentes de bicicletas de uso adulto. Portaria 656 de 2012, 1ª. Edição, 2012.

INSTITUTO AKATU. Pesquisa Akatu 2018: Panorama do consumo consciente no Brasil. 2018. 64 slides. Disponível em: <https://www.akatu.org.br/arquivos/Pesquisa_akatu_apresentacao.pdf>. Acesso em: 13 de agosto de 2018.

Kiperstok, A.; et al. (2002). Inovação como requisito do desenvolvimento sustentável.

REAd – Edição Especial 30, v. 8, n. 6, nov-dez.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2016.

MOIZÉS, Fábio Alexandre. Painéis de bambu, uso e aplicações: uma experiência didática nos cursos de Design em Bauru, São Paulo. 113f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, 2007.

Mota, L. M. G. D. C. (2003). A bicicleta como um caso de design industrial. Dissertação(mestrado). Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2003.

PEREIRA, Marco Antonio dos Reis. Projeto bambu: introdução de espécies, manejo, caracterização e aplicações. 200 f. Tese (livre-docência) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, 2012.

Ramos, B. P. F. Metodologia de curvatura de bambu laminado colado (BLAC) para fabricação de mobiliário: diretrizes para o design. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, 2014.

REUBENS, R. Bamboo in Sustainable Contemporary Design. INBAR Working Paper, Beijing, nº 60, 2010.

Ribeiro, P. M. T. Análise dinâmica de um quadro de bicicleta. Dissertação (mestrado). Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013.

ROSENBERG ASSOCIADOS; O uso de bicicletas no Brasil: qual o melhor modelo de incentivo? 2015.

SILVESTRE FILHO, G. D. Comportamento do poliuretano derivado de óleo de mamona reforçado por fibra de carbono: contribuição para projeto de hastes de implante de quadril. São Paulo, 2001. Dissertação de mestrado – Universidade de São Paulo, 2001.

SILVA, A. C. Estudo da durabilidade de compósitos reforçados com fibras de celulose. USP. São Paulo, 2002. Dissertação de mestrado.

Silva, Patrícia A. A., 2009. Desenvolvimento e Aplicação de Compósitos ao Design de Mobiliário. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Design Industrial, Departamento de Engenharia Eletromecânica, Universidade da Beira Interior, Covilhã.

SILVA, Ricardo Jorge Perdigão da. Mobilidade urbana: a bicicleta como meio de transporte diário. Dissertação (Mestrado em Design Industrial). Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. set. 2012.

TEIXEIRA, M. G; CÉSAR, S. F. Produção com resíduo de madeira no contexto da ecologia industrial. Anais do 10º encontro brasileiro em madeira e estruturas de madeira – EBRAMEM. São Pedro, 2006.

VAN DER LUGT, P.; VOGTLÄNDER, J. The Environmental Impact of Industrial Bamboo Products – Life-Cycle Assessment and Carbon Sequestration. INBAR Technical Report, Beijing, nº 35, 2015.

