



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação**  
**Programa de Pós-Graduação em Design**

**APLICABILIDADE DA METODOLOGIA ECODESIGN À**  
**PRODUÇÃO DE CALÇADOS FEMININOS**

**Flávio Cardoso Ventura**

**Bauru – 2014**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação**  
**Programa de Pós-Graduação em Design**

**Flávio Cardoso Ventura**

**APLICABILIDADE DA METODOLOGIA ECODESIGN À**  
**PRODUÇÃO DE CALÇADOS FEMININOS**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Design, no Programa de Pós-Graduação em Design da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus de Bauru, linha de Pesquisa de Planejamento de Produto, sob orientação do Prof. Dr. Marco Antonio dos Reis Pereira.

**Bauru – 2014**

Ventura, Flávio Cardoso.

Aplicabilidade da metodologia ecodesign à  
produção de calçados femininos / Flávio Cardoso  
Ventura, 2014

90 f.

Orientador: Marco Antonio dos Reis Pereira

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual  
Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e  
Comunicação, Bauru, 2014

1. Design. 2. Sustentabilidade. 3. Calçados  
femininos. 4. Bambu. 5. Poliuretano à base de óleo de  
mamona. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade  
de Arquitetura, Artes e Comunicação. II. Título.

## **BANCA DE DEFESA**

Prof. Dr. Marco Antonio dos Reis Pereira  
Universidade Estadual Paulista “Julio Mesquita Filho”  
Orientador

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marizilda dos Santos Menezes  
Universidade Estadual Paulista “Julio Mesquita Filho”

Prof. Dr. Antonio Ludovico Beraldo  
Universidade Estadual de Campinas

Prof. Dr. Ivaldo de Domenico Valarelli  
Universidade Estadual Paulista “Julio Mesquita Filho”

Prof. Dr. José Carlos Plácido da Silva  
Universidade Estadual Paulista “Julio Mesquita Filho”

**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE Mestrado DE FLÁVIO CARDOSO VENTURA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN, DO(A) FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO DE BAURU.**

Aos 02 dias do mês de julho do ano de 2014, às 09:00 horas, no(a) Auditório da Secretaria de Pós-Graduação FAAC, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. MARCO ANTONIO DOS R PEREIRA do(a) Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Bauru, Profa. Dra. MARIZILDA DOS SANTOS MENEZES do(a) Departamento de Artes e Representação Gráfica / Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação de Bauru, Prof. Dr. ANTONIO LUDOVICO BERALDO do(a) Departamento de Construções Rurais / Universidade Estadual de Campinas, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE Mestrado de FLÁVIO CARDOSO VENTURA, intitulado "APLICABILIDADE DA METODOLOGIA ECODESIGN À PRODUÇÃO DE CALÇADOS FEMININOS". Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: Aprovado. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. MARCO ANTONIO DOS R PEREIRA

Profa. Dra. MARIZILDA DOS SANTOS MENEZES

Antonio L. Beraldo  
Prof. Dr. ANTONIO LUDOVICO BERALDO

## **DEDICATÓRIA**

**Dedico este trabalho aos meus pais, Ademir e Ana Maria, por me ensinarem o grande valor da educação em todos os seus aspectos, e também à minha esposa Alessandra e à minha filha Yara, por me darem forças nos momentos mais difíceis desta jornada.**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por tudo que recebo nesta vida terrena, principalmente saúde física e mental;

À minha família, pelo incentivo e apoio;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marco Antonio dos Reis Pereira, por ter me apresentado de forma brilhante às riquezas do bambu;

A “todos” os professores, desde minha infância até os dias atuais, pois sem eles não teria alcançado este objetivo;

Aos professores e funcionários do Programa de Pós Graduação em Design – FAAC – UNESP-Bauru;

Aos professores e funcionários da Fatec de Jaú;

Às empresas J.R.Pengo, Daleph Calçados e Momaque, pelos materiais e suporte técnico;

Aos colegas do mestrado, especialmente ao meu amigo Bruno, com quem muito aprendi no decorrer desta pesquisa.

## RESUMO

O aumento do consumo de recursos naturais, aliado à finitude dos mesmos e à degradação ambiental, despertam a necessidade de estudos envolvendo a utilização de materiais renováveis e a busca de sustentabilidade (ambiental, social e econômica). No design, tanto quanto em outras áreas do conhecimento, as metodologias são fundamentais, pois traçam as diretrizes para o desenvolvimento dos produtos, sendo caracterizadas por princípios e procedimentos fortemente orientados. A Análise do Ciclo Vida (ACV) de um produto deve abranger desde a extração de sua matéria-prima até o descarte após a utilização, pois em certos casos, alguns componentes utilizados na fabricação de calçados podem causar contaminação e desequilíbrio ao meio ambiente, quando descartados em lixo doméstico. Assim, a possibilidade de substituição de materiais e processos por outros menos impactantes pode originar vantagens competitivas e ambientais, devendo ser incentivada pelos vários segmentos que desenvolvem as teorias e as práticas utilizadas pela indústria calçadista. Estudou-se a aplicação da metodologia do ecodesign ao desenvolvimento de calçados femininos, por meio de materiais renováveis como mamona (poliuretano) e bambu na forma natural e laminada. Foram desenvolvidos componentes de calçados (saltos, tacões e ornamentos) com estes materiais, os quais foram submetidos a testes físico-mecânicos (NBR 7190:1997, NBR 14739:2010 e NBR 15190:2005). Após o estudo de viabilidade técnica dos componentes foram então confeccionados três protótipos de calçados, os quais foram avaliados de maneira qualitativa por fabricantes e consumidores do APL (Arranjo Produtivo Local) de Jaú. Os resultados obtidos mostraram um bom desenvolvimento técnico dos componentes, resultando em protótipos com boa aceitação pelos fabricantes e consumidores em seus aspectos técnicos, inovadores e estéticos.

Palavras-chave: Design; Sustentabilidade; Calçados femininos; Bambu; Poliuretano à base de óleo de mamona.

## **ABSTRACT**

Increased consumption of natural resources, combined with their finiteness and environmental degradation, awaken the need for studies involving the use of renewable materials and the pursuit of sustainability (environmental, social and economic). In design, as in other areas of knowledge, methodologies are crucial as they outline the guidelines for product development, being characterized by strongly oriented principles and procedures. Life Cycle Analysis (LCA) of a product should range from the extraction of the raw materials to disposal after use, because in some cases, some components used in the manufacture of footwear can cause contamination and imbalance to the environment when disposed of in household waste. Thus, the substitution of materials and processes by others less impactful can give competitive and environmental advantages, and should be encouraged by the various segments that develop theories and practices used by the footwear industry. We studied the application of ecodesign methodology to the development of women's shoes, from renewable materials such as castor (polyurethane) and bamboo in natural and laminated form. Components of footwear (heels, heels and ornaments) have been developed with these materials, which were submitted to physical-mechanical tests (NBR 7190:1997, NBR 14739:2010 and NBR 15190:2005). After the technical feasibility study of the components three prototypes of shoes were built, which were assessed in a qualitative manner by manufacturers and consumers of APL (Local Productive Arrangement) Jau. The results showed a good technical development of the components, resulting in prototypes with good acceptance among manufacturers and consumers in their technical, innovative and aesthetic aspects.

Keywords: Design; sustainability; Women's shoes; Bamboo; Polyurethane based on castor oil.

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1 - MATERIAIS UTILIZADOS NO ESTUDO</b> .....	22
<b>FIGURA 2 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NOS TESTES DE TACOS EM PU À BASE DE ÓLEO DE MAMONA</b> .....	25
<b>FIGURA 3 - SERRA CIRCULAR E SERRA DE FITA</b> .....	26
<b>FIGURA 4 – FRESA E FURADEIRA DE BANCADA</b> .....	26
<b>FIGURA 5 – DESENGROSSADEIRA E PRENSA</b> .....	26
<b>FIGURA 6 - MEDIDOR DE UMIDADE E LIXADEIRA</b> .....	27
<b>FIGURA 7 – MESA DE CORTE E PRENSA PNEUMÁTICA</b> .....	27
<b>FIGURA 8 – MÁQUINA DE CHANFRO E MÁQUINA DE PESPONTO</b> .....	27
<b>FIGURA 9 - GARRAFA TÉRMICA ALADDIN</b> .....	36
<b>FIGURA 10 - CALÇADO FEMININO DETALHADO</b> .....	39
<b>FIGURA 11 - CALÇADO SALTO ALTO</b> .....	40
<b>FIGURA 12 - SANDÁLIA COM SALTO ANABELA</b> .....	41
<b>FIGURA 13 - SANDÁLIA RASTEIRA</b> .....	41
<b>FIGURA 14 – DESENVOLVIMENTO - ESBOÇO ATÉ PLANIFICAÇÃO</b> .....	42
<b>FIGURA 15 – DESTAQUE DE PEÇAS (PROCESSO MANUAL)</b> .....	43
<b>FIGURA 16 – DESTAQUE E CORTE DE PEÇAS (PROCESSO DIGITAL)</b> .....	43
<b>FIGURA 17 – PROCESSOS DE CHANFRO E PESPONTO</b> .....	44
<b>FIGURA 18 – PROCESSOS DE MONTAGEM DO CALÇADO FEMININO</b> .....	45
<b>FIGURA 19 – ETAPAS DE FINALIZAÇÃO</b> .....	46
<b>FIGURA 20 - SIMILARES (CALÇADO SALTO ALTO)</b> .....	57
<b>FIGURA 21 - SIMILARES (SANDÁLIA RASTEIRA)</b> .....	58
<b>FIGURA 22 - SIMILARES (SALTO PLATAFORMA)</b> .....	59
<b>FIGURA 23- PEEP TOE</b> .....	61
<b>FIGURA 24- CROQUI CALÇADO SALTO ALTO</b> .....	61
<b>FIGURA 25- ETAPA DO CORTE</b> .....	62
<b>FIGURA 26 - MÁQUINA DE PESPONTO</b> .....	62
<b>FIGURA 27 - ENFACHETAMENTO PALMILHA</b> .....	62
<b>FIGURA 28 - MODELO ACABADO –SALTO ALTO</b> .....	63
<b>FIGURA 29 - PROCESSO CRIATIVO – DESENVOLVIMENTO DE SANDÁLIA RASTEIRA</b> .....	66
<b>FIGURA 30- CROQUI - SANDÁLIA RASTEIRA</b> .....	67
<b>FIGURA 31- PEÇA EM PU À BASE DE ÓLEO DE MAMONA (CORTE)</b> .....	67
<b>FIGURA 32- SANDÁLIA RASTEIRA</b> .....	68
<b>FIGURA 33 - DETALHE DO SALTO EM BAMBU LAMINADO COLADO</b> .....	68
<b>FIGURA 34 - PROCESSO CRIATIVO - DESENVOLVIMENTO DA SANDÁLIA PLATAFORMA ANABELA</b> .....	69
<b>FIGURA 35- ESBOÇO DO CALÇADO E SUA RESPECTIVA CONSTRUÇÃO</b> .....	70
<b>FIGURA 36- DESENVOLVIMENTO DO MOLDE SEGUINDO A FÔRMA</b> .....	71
<b>FIGURA 37- MOLDE PARA Prensagem a quente das lâminas de bambu</b> .....	71
<b>FIGURA 38- RECORTE DA PEÇA DE BLAC NO FORMATO DA PALMILHA</b> .....	72
<b>FIGURA 39- PLATAFORMA ANABELA EM BAMBU LAMINADO COLADO</b> .....	72
<b>FIGURA 40- SANDÁLIA PLATAFORMA ANABELA FINALIZADA</b> .....	73
<b>FIGURA 41- TESTE DE CALCE - SALTO ALTO E SANDÁLIA PLATAFORMA ANABELA</b> .....	73
<b>FIGURA 42- TESTE DE CALCE SANDÁLIA RASTEIRA – AMARRAÇÕES DISTINTAS</b> .....	73
<b>FIGURA 43- IMAGEM A = SALTO EM PU VEGETAL E B = SALTO EM PS</b> .....	78
<b>FIGURA 44 - CORPOS DE PROVA DE BAMBU LAMINADO COLADO</b> .....	81

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1 - COMPARATIVO – CUSTOS DE MATÉRIA-PRIMA.....</b>	<b>64</b>
<b>TABELA 2 - PERCEPÇÃO DAS ENTREVISTADAS AO CONTATO VISUAL E TÁTIL.....</b>	<b>74</b>

## LISTA DE QUADROS

<b>QUADRO 1</b> – CRITÉRIOS GERAIS DO ECODSIGN (SUBDIVIDIDOS EM 11) .....	37
<b>QUADRO 2</b> - AVALIAÇÃO DE SIMILARES (SALTO ALTO).....	58
<b>QUADRO 3</b> - AVALIAÇÃO DE SIMILARES (SANDÁLIA RASTEIRA) .....	59
<b>QUADRO 4</b> - AVALIAÇÃO DE SIMILARES (SANDÁLIA SALTO PLATAFORMA).....	60
<b>QUADRO 5</b> - ANÁLISE DOS PROTÓTIPOS .....	77
<b>QUADRO 6</b> – DEFORMAÇÃO DE TACOS EM PU À BASE DE ÓLEO DE MAMONA .....	79
<b>QUADRO 7</b> - TRAÇÃO NA LÂMINA DE COLA .....	80
<b>QUADRO 8</b> - CISALHAMENTO NA LÂMINA DE COLA .....	80

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>ABS</b> -	Acrinitrila, Butadieno e Estireno
<b>ACV</b> -	Análise do Ciclo de Vida
<b>APL</b> -	Arranjo Produtivo Local
<b>CAD</b> -	<i>Computer Aided Design</i> - Projeto Auxiliado por Computador
<b>CAM</b> -	<i>Computer Aided Manufacturing</i> - Manufatura Auxiliada por Computador
<b>Cr III</b> -	Cromo trivalente
<b>Cr VI</b> -	Cromo hexavalente
<b>OM</b> -	Óleo de Mamona
<b>PS</b> -	Poliestireno
<b>PU</b> -	Poliuretano
<b>SEBRAE</b> -	Serviço Brasileiro de Apoio às Micros e Pequenas Empresas
<b>SENAI</b> -	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
<b>TPU</b> -	Poliuretano Termoplástico

## **GLOSSÁRIO**

**Cabedal** – Parte superior que compõe o calçado (conjunto de peças)

**Construção** – Região inferior do calçado (palmilha, salto e solado)

**Enfachetamento** – Processo de encapar saltos/palmilhas com materiais laminados

**Fôrma** – A fôrma é a representação do pé, determinando o formato, auxiliando na confecção das peças e na montagem final do calçado.

**Modelagem** – Técnica para desenvolvimento de modelos de calçados

**Taco** – Região do salto que entra em contato com o solo

## SUMÁRIO

RESUMO	
ABSTRACT	
LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE TABELAS	
LISTA DE QUADROS	
LISTA DE ABREVIATURAS	
GLOSSÁRIO	
1. INTRODUÇÃO .....	17
1.1. Organização da Dissertação.....	19
1.2. Objetivos .....	20
1.2.1. Geral.....	20
1.2.2. Específicos.....	20
2. MATERIAIS E MÉTODOS DA PESQUISA.....	22
2.1 Materiais.....	22
2.2. Métodos .....	28
2.2.1. Etapas Metodológicas.....	28
2.2.2. Seleção dos exemplares e análise de produtos similares.....	29
2.2.3. Estabelecimento de parâmetros e critérios.....	30
2.2.4. Confecção dos protótipos .....	30
2.2.5. Teste de calce .....	31
2.2.6. Percepção por parte de consumidoras .....	32
2.2.7. Percepção por parte de empresários.....	32
2.2.8. Testes em componentes à base de óleo de mamona (Poliuretano) .....	33
2.2.9. Delimitação da pesquisa .....	35
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	36
3.1. Ecodesign .....	36
3.2. Descrição do objeto do estudo (calçados femininos) .....	39
3.2.1. Processo tradicional de fabricação de calçados femininos em Jaú .....	41
3.3. APL de Jaú.....	47
3.4. Ecodesign e calçados .....	48
3.4.1. Materiais - Ciclo de vida do produto .....	48
3.4.2. Lei de resíduos sólidos .....	49
3.4.3. A evolução da matéria-prima .....	51
3.5. Materiais alternativos .....	53
3.5.1. Óleo de mamona.....	53
3.5.2. Bambu .....	54
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	57
4.1. Análise de Produtos Similares .....	57
4.1.1 Similares - Calçado salto alto .....	57

4.1.2. Similares - Sandália rasteira .....	58
4.1.3. Similares - Sandália salto plataforma (Anabela).....	59
4.2. Confecção dos protótipos .....	60
4.2.1. Calçado salto alto.....	60
4.2.2. Sandália rasteira .....	66
4.2.3. Sandália salto plataforma (Anabela).....	69
4.3. Teste de Calce .....	73
4.4. Percepção por parte de consumidoras .....	74
4.5. Percepção por parte de empresários APL Jaú .....	75
4.6. Análise dos protótipos por parte do pesquisador .....	76
4.7. Resultados complementares – Ensaio físico-mecânicos.....	77
4.7.1. Confecção de salto de calçado feminino .....	77
4.7.2. Comparativo: Preço de compra e peso de matéria-prima .....	78
4.7.3. Comparativo de produtividade entre processos de produção .....	79
4.7.4. Determinação da deformação de tacos em PU vegetal (compressão) .....	79
4.7.5. Determinação da resistência ao desgaste de tacos em PU .....	80
4.7.6. Análise de adesivo de PU à base de óleo de mamona aplicado ao BLaC .....	80
5. CONCLUSÃO .....	82
6. DESDOBRAMENTOS.....	85
REFERÊNCIAS.....	86

## 1. INTRODUÇÃO

O crescente aumento da população tem causado impactos negativos ao meio ambiente. O ciclo produtivo da sociedade capitalista retira os insumos necessários para a produção de bens de consumos e alimentos da natureza, e esta engrenagem gera resíduos sólidos e efluentes líquidos em grande quantidade, podendo causar poluição ambiental e esgotamento dos recursos naturais.

Segundo Coral (2002), os recursos naturais não são inesgotáveis, e é impossível haver crescimento econômico desconsiderando-se a relação entre o ambiente e a sociedade, e neste caso deve-se lançar mão do Desenvolvimento Sustentável, que tem por finalidade o equilíbrio entre o crescimento econômico, a igualdade social e o meio ambiente.

Entendem-se como Análise do Ciclo de Vida (ACV) de um produto, os processos abrangendo desde a extração da matéria-prima que o originou até seu descarte após a utilização. Analisando a etapa final deste ciclo em calçados, percebe-se que alguns componentes utilizados em sua fabricação podem causar contaminação e desequilíbrio ao meio ambiente, quando descartados em lixo doméstico.

Porém, comumente é esse o destino dos calçados inutilizados, pois sua fabricação atual tem como método corrente o uso de adesivos, pregos e costuras, que além de problematizarem a manutenção do produto, dificultam sua desmontagem no caso de descarte e a separação de seus componentes para o processo de reciclagem ou de reutilização.

Tal questão obriga um melhor estudo sobre a produção dos resíduos do setor, com vistas à substituição dos materiais e dos processos utilizados. E essa modernização, conhecida como ecologicamente correta, além das vantagens ambientais pode gerar novos negócios, propiciando economia nos processos e redução de custos.

Diante de tal contexto torna-se imperativo lançar-se mão dos conceitos do ecodesign, que preconizam metodologias considerando as variáveis ambientais, aplicam materiais cuja extração, processamento e descarte (de matéria-prima e do produto final) tem reduzido impacto ambiental, além de desenvolverem produtos concebidos para serem montados com o mínimo de

componentes. O resultado da utilização desses conceitos tem sido: um menor número de processos e materiais, além da facilitação da manutenção dos calçados e auxílio na sua desmontagem ante o descarte. Além disso, produz resíduos compostos de peças biodegradáveis e outras que podem ser reaproveitáveis e/ou recicláveis.

Segundo Contador Junior (2004), entidades como o SEBRAE (Serviço Brasileiro de Apoio às Micros e Pequenas Empresas), o Sindicato dos Calçadistas e a própria Prefeitura Municipal de Jaú têm se mobilizado de forma articulada com o objetivo de mitigarem os impactos ambientais gerados pelo processo produtivo, ou seja, reduzirem a geração de resíduos, também tornando o produto e a indústria jauense mais competitivos.

Mas no contexto de sustentabilidade, todos os indivíduos têm grande importância. Dessa forma, o designer e o projetista devem assumir sua responsabilidade e, por que não dizer, sua capacidade transformadora. De acordo com Krippendorff (2006), os projetos modificam coisas, desenvolvem tecnologias e, geralmente, envolvem pessoas de diversas áreas com o objetivo principal de fazer do projeto um modelo do design participativo.

Então, coloca-se aqui uma questão relevante: de que forma o meio acadêmico (em especial a área de design), pode juntar-se às entidades citadas e oferecer possíveis contribuições ao manejo ecológico dos processos da indústria calçadista? Com esse intuito, o presente projeto desenvolveu propostas de construções, na parte inferior, de calçados femininos, utilizando o ecodesign, que além de poder reduzir os impactos ambientais em sua fase de elaboração, também se preocupa com a utilização e gestão de seus resíduos.

Esta situação problema foi transformada assim, no desafio de desenvolver um projeto para a implementação de tecnologia e inovações no Programa APL (Arranjo Produtivo Local) – Desenvolvimento do Setor de Calçados em Jaú<sup>1</sup>.

A substituição de materiais e processos utilizados por outros chamados ecologicamente corretos tem grandes vantagens competitivas e ambientais,

---

1- APL - Desenvolvimento do Setor de Calçados em Jaú . Público Alvo: Indústria de calçados e fornecedores (indústria de componentes e bancas de pesponto) de Jaú e região. Objetivo Geral: Aumentar o volume de pares comercializados, o preço médio de vendas e a produtividade das indústrias de calçados, aumentando sua competitividade e sustentabilidade.

devendo ser incentivada pelos vários segmentos que desenvolvem as teorias e as práticas utilizadas pela indústria calçadista.

A utilização de materiais oriundos de fontes renováveis pode auxiliar na redução da escassez de matéria-prima, e a aplicação de materiais biodegradáveis pode reduzir o impacto gerado no meio ambiente, como por exemplo, a aplicação do bambu e da mamona (como matéria-prima para o desenvolvimento do Poliuretano Vegetal), em determinados componentes de calçados femininos. É do fértil encontro que pode haver entre a produção de calçados e o ecodesign, que tratou-se este trabalho.

### **1.1. Organização da Dissertação**

Nesta dissertação, a introdução à pesquisa destaca a relevância do ciclo de vida dos produtos; em seguida, apresenta a justificativa que motivou o desenvolvimento desta pesquisa, utilizando-se materiais de fontes renováveis, por exemplo, o bambu e o poliuretano (PU) de óleo de mamona, na fabricação de calçados femininos. No primeiro capítulo, são apresentados os objetivos do estudo. No segundo capítulo, são apresentados os materiais e métodos estabelecidos para o desenvolvimento deste trabalho. No terceiro capítulo, são apresentados referenciais teóricos por meio de revisão de literatura, mais especificamente sobre calçados, ecodesign, PU de óleo de mamona e bambu.

No capítulo quatro, apresenta-se a pesquisa aplicada; primeiramente, é demonstrada a seleção e análise de produtos similares, a fim de definir parâmetros para o desenvolvimento de protótipos (calçado de salto alto, sandália plataforma Anabela e sandália rasteira), utilizando-se a metodologia do ecodesign. Apresenta-se também o desenvolvimento de protótipos (calçados) confeccionados.

Posteriormente, destaca-se o teste de calce dos protótipos desenvolvidos; em seguida, apresenta-se, sobre os protótipos, uma análise da percepção de consumidoras/usuárias de calçados femininos do APL de Jaú. E ainda, expõe uma análise de fabricantes de calçados femininos sobre os mesmos protótipos; ao final do capítulo, apresenta-se uma análise dos

protótipos confeccionados por parte do pesquisador, utilizando-se dos mesmos critérios abordados na análise de produtos similares.

Ainda no capítulo quatro, apresenta-se a análise de componentes (saltos/tacos) de calçados femininos confeccionados com PU à base de óleo de mamona, tendo sido realizados os seguintes testes:

- Confeção de saltos de calçados femininos em moldes em silicone, mais especificamente para o processo de Derramamento (Vertido);
- Comparativo: Preço de compra e peso de matéria-prima; Comparativo de produtividade em tempo;
- Determinação da deformação do taco por compressão;
- Determinação da resistência ao desgaste do taco por perda de volume;
- Testes de cisalhamento e tração na lâmina de cola em adesivo de PU à base de óleo de mamona para confecção do bambu laminado colado.

O capítulo cinco apresenta a conclusão da pesquisa e no capítulo seis apresentam-se possíveis desdobramentos da pesquisa.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Geral**

- Desenvolver calçados femininos, por meio da aplicação da Metodologia ecodesign.

### **1.2.2. Específicos**

- Pesquisar novos materiais e processos produtivos alternativos para produção de calçados;
- Utilizar materiais como poliuretano à base de óleo de mamona e bambu na forma natural e laminada para desenvolver componentes para calçados femininos;

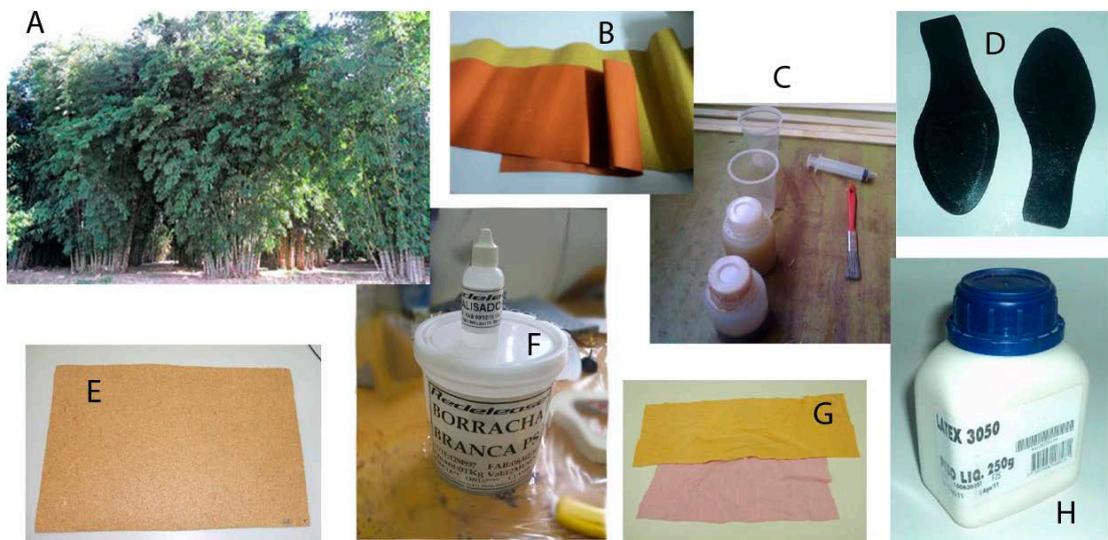
- Propor sapatos possíveis de fabricação em série a preços comerciais, reduzindo-se custos e aumentando-se os lucros através da metodologia utilizada;
- Aplicar adesivos à base de água na produção calçadista;
- Facilitar a manutenção e a reciclagem dos calçados e de seus componentes após o uso.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS DA PESQUISA

### 2.1 Materiais

Primeiramente, foram confeccionados componentes, como saltos, tacos, palmilhas e ornamentos, à base de óleo de mamona e bambu; posteriormente, produziram-se protótipos de calçados femininos, utilizando-se os componentes desenvolvidos e outros materiais encontrados no mercado e/ou produtos de pesquisas científicas, materiais apresentados na Figura 1.

**Figura 1** - Materiais utilizados no estudo



Fonte: Autor

#### Legenda:

A. Espécie de bambu / B. Couro reconstituído / C. Poliuretano à base de óleo de mamona / D. Solado em compósito de couro reciclado / E. Placa de palha de arroz / F. Borracha de silicone / G. Fibra de bambu / H. Adesivos à base d'água.

#### A. Espécie de bambu (*Dendrocalamus sp*)

Para este estudo foram utilizados colmos maduros, de 3 a 4 anos, de bambu da espécie *Dendrocalamus sp*, proveniente da coleção pertencente ao Plantio Experimental do Campus da Unesp de Bauru.

#### B. Couro reconstituído

O couro reconstituído foi desenvolvido pela Indústria Recicouro, na cidade de Novo Hamburgo, no RS. É composto por 75% de fibras de couro

bovino, 17% de ligantes e 8% de óleos vegetais, que combinados produzem um material com aparência satisfatória, apresentando flexibilidade e resistência mecânica adequadas.

O couro reconstituído reaproveita as sobras da indústria de couro (curtume), e por isso é considerado um produto ecologicamente correto, podendo ser utilizado para a produção de contrafortes, solas, materiais para a produção do cabedal e forros em geral (RECICOURO, 2012).

### **C. Poliuretano à base de óleo de mamona**

Conforme José e Beraldo (2010), o poliuretano à base de óleo de mamona (PU vegetal) foi constituído por dois componentes, sendo utilizadas duas partes do óleo de mamona (poliol) e uma parte de um reagente endurecedor denominado difenilmetano diisocianato (MDI). Estes materiais foram fornecidos pela Indústria Química JR Pengo, localizada em Jaú-SP.

### **D. Solado em compósito de couro reciclado**

O solado foi produzido a partir de uma mistura dos resíduos de couro (*wet blue* – azul molhado) moídos, com granulometria controlada, gerados pelas indústrias calçadistas e de EPI's (Equipamento de proteção individual). Esse material foi processado em uma extrusora com rosca simples para preparar compósitos com polímero termoplástico PVB (Polivinil-butiral) (AMBRÓSIO *et al.*, 2009).

### **E. Placa de palha de arroz**

A placa de aglomerado, utilizada na palmilha do calçado de salto alto e da sandália rasteira, é resultante da mistura de palha de arroz com adesivo, cola branca atóxica, (o nome do fabricante não foi divulgado). Essa mistura é prensada por meio de prensa hidráulica até atingir 3 mm de espessura. Esse compósito foi desenvolvido pelo professor Sidney Rodrigues Medeiros juntamente com alunos do SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial), na cidade de Santa Cruz do Rio Pardo-SP. Esse material pode ser aplicado para a produção de palmilhas de calçados, que além de ser

“totalmente ecológico”, segundo o autor do projeto, tem o custo final de produção 15% inferior ao das palmilhas tradicionais (FEBRACE, 2011).

No processo de confecção da placa, a palha de arroz é triturada e misturada com cola branca atóxica, sendo prensada em prensa hidráulica, com espessura pré-determinada e, em seguida, a produção do componente segue o mesmo processo das palmilhas tradicionais de calçados femininos.

#### **F. Borracha de silicone**

Para confecção dos moldes de saltos de calçados femininos, foi utilizada borracha de silicone, endurecida por meio de agente catalisador, ambos da marca Redelease.

#### **G. Malha de bambu**

O forro do calçado de salto alto foi produzido em malha de bambu, este material foi fornecido pela empresa Dublauto, localizada em Bariri-SP.

A malha de bambu é extraída de uma pasta celulósica. São naturais do próprio bambu algumas propriedades bacteriostáticas, isto é, podem inibir a ação de bactérias, e desodorantes, e a malha de bambu foi testada após várias lavagens, resultando numa taxa de morte de 70% das bactérias incubadas, sem adição de produtos químicos, evitando o aparecimento de bactérias denunciadas pelo seu odor (LOVO e ROSA, 2007).

#### **H. Adesivos à base d'água**

Para substituir o adesivo à base de solvente, usualmente utilizado nas indústrias de calçados, foram realizados testes com os dois adesivos:

- Látex 3050 à base d'água para os enfachetamentos em geral;
- Kisafix PU 14000 AD, para o cabedal e o solado.

Ambos adesivos foram fornecidos pela indústria de tintas e adesivos Killing. Segundo o fornecedor, esses adesivos possuem alto teor de sólidos, o que lhes conferem um diferencial em termos de rendimento, rendendo até três vezes mais que os adesivos à base de solventes (ADESIVOS KILLING, 2012).

## Equipamentos utilizados na fabricação de componentes e protótipos de calçados femininos

- Para a realização dos testes em componentes (tacos) em poliuretano à base de óleo de mamona, foram utilizados os equipamentos apresentados na Figura 2, disponíveis na Indústria Química Jr Pengo e no SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial), ambos localizados na cidade de Jaú-SP.

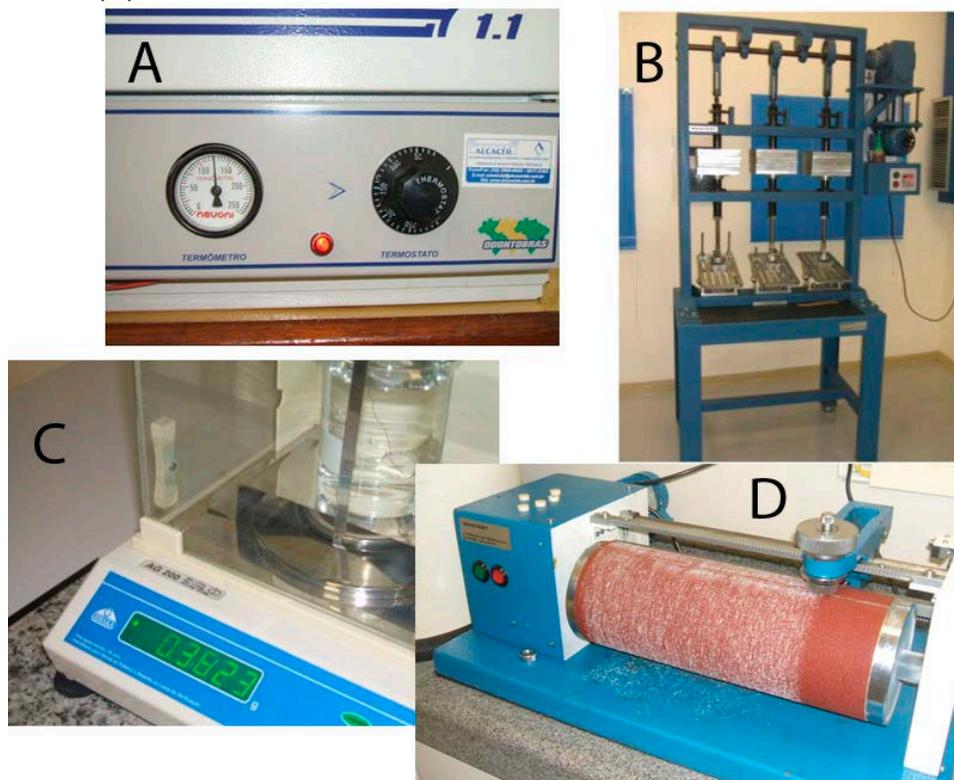
**A. Estufa**

**B. Equipamento de compressão dinâmica (MAQTEST – Trampelmaschine)**

**C. Balança (GEHAKA – AG 200)**

**D. Equipamento de abrasão (MAQTEST – DIM 53516)**

**Figura 2** - Equipamentos utilizados nos testes de tacos em PU à base de óleo de mamona



Fonte: Autor

- Para o processamento do bambu foram utilizados os equipamentos apresentados nas Figuras 3, 4, 5 e 6, disponíveis na unidade de ensino da Unesp-Bauru.

**Figura 3 - Serra circular e serra de fita**



Fonte: Autor

**Figura 4 – Fresa e furadeira de bancada**



Fonte: Autor

**Figura 5 – Desengrossadeira e prensa**



Fonte: Autor

**Figura 6 - Medidor de umidade e lixadeira**



Fonte: Autor

• Os protótipos de calçados femininos foram desenvolvidos por meio dos equipamentos apresentados nas Figuras 7 e 8, disponíveis na unidade de ensino Fatec de Jaú.

**Figura 7 – Mesa de corte e prensa pneumática (Master PPS-10)**



Fonte: autor

**Figura 8 – Máquina de chanfro (GMK) e máquina de pesponto (Lanmax LM9910-1T)**



Fonte: autor

## **2.2. Métodos**

Neste projeto, utilizou-se da metodologia proposta por Silva e Menezes (2005), a saber:

- Aplicada - por objetivar a aplicação da metodologia do ecodesign por meio da confecção de protótipos de calçados femininos;
- Qualitativa - por visar às propriedades e à natureza do problema estudado, uma pesquisa qualitativa analisou que existia uma conexão entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser quantificada.

### **2.2.1. Etapas Metodológicas**

1ª etapa: foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o tema ecodesign e materiais ecológicos (baixo impacto ambiental e/ou originários de fontes renováveis) para produção de calçados, como por exemplo, materiais como bambu e PU à base de óleo de mamona.

Esta etapa visou levantar o estado da arte sobre os temas retro citados, por meio de pesquisas efetuadas em teses, periódicos, dissertações, além de pesquisas na internet.

2ª etapa: Pesquisa Aplicada.

A pesquisa aplicada foi subdividida em:

1. Análise de produtos (calçados ecológicos) similares, e por meio destas informações foram estabelecidos parâmetros e critérios para o desenvolvimento dos protótipos deste estudo;
2. Desenvolvimento de três protótipos de calçados femininos (salto alto, sandália plataforma e sandália rasteira), utilizando-se, principalmente, componentes à base de bambu e de PU à base de óleo de mamona;
3. Realização de um teste comparativo de custo de matéria-prima, entre o protótipo de calçado de salto alto produzido com materiais ecológicos, e o mesmo modelo produzido com materiais tradicionais. A análise de consumo de material do cabedal foi feita

via CAD (*Computer Aided Design* – Projeto Auxiliado por Computador) no software Caligola, por meio do método Retângulo (base x altura);

4. Avaliação dos três protótipos desenvolvidos no quesito calce;
5. Análises da percepção de consumidores e de empresários do ramo calçadista de Jaú, sobre os protótipos confeccionados no presente estudo;
6. Realização de ensaios físico-mecânicos, em componentes de calçados femininos (saltos e tacões/capas), confeccionados em PU à base de óleo de mamona e bambu;
7. E por fim, apresentação das conclusões.

Obs: Os fatores abordados na análise de produtos similares, e o estabelecimento de parâmetros, assim como os critérios para o desenvolvimento dos protótipos, foram **subjetivos**, isto é, originaram-se da experiência (mais de 10 anos) do pesquisador na área de calçados femininos.

### **2.2.2. Seleção dos exemplares e análise de produtos similares**

Segundo Baxter (2008), esta etapa visa alcançar três objetivos:

- 1-Descrever como os produtos existentes concorrem com o novo produto previsto;
- 2-Identificar ou avaliar as oportunidades de inovação;
- 3-Fixar as metas do novo produto, para poder concorrer com os demais produtos.

A análise de produtos similares consiste em analisar, por meio de imagens, os produtos concorrentes, sendo os dados encontrados tratados por métodos qualitativos e quantitativos. A análise qualitativa procura detectar as características de cada produto que melhor atendam às premissas fundamentais do ecodesign. Para uma análise quantitativa são atribuídos pontos a essas características, tendo maior pontuação as características que se mostrarem ecologicamente mais corretas, no caso deste estudo a maior

pontuação estipulada foi 10, e menor pontuação as características que se apresentarem menos corretas, tratando-se deste estudo a menor pontuação foi 0.

Foram selecionadas imagens de calçados femininos confeccionados com materiais denominados ecológicos, produzidos no Brasil e no exterior. Estas imagens foram selecionadas na internet por meio de palavras-chave como: “eco-shoe”, calçado ecológico e eco calçado. Os modelos com maior quantidade de componentes ecológicos foram então selecionados.

### **2.2.3. Estabelecimento de parâmetros e critérios**

Dentre vários fatores que envolvem o ecodesign (apresentados no Quadro 1) foram selecionados três para serem os principais neste estudo:

1. Design para montagem - Verificou-se a quantidade de peças, assim como sistemas de montagem dos produtos selecionados;
2. Design para desmontagem - Averiguaram-se os sistemas de desmontagem com vistas à manutenção, a separação de componentes e as matérias-primas após o uso/descarte;
3. Matérias-primas ecológicas - Examinaram-se os materiais aplicados nos produtos ecológicos, levando-se em consideração que quanto maior fosse a quantidade de materiais ecológicos aplicados, maior seria a nota atribuída.

### **2.2.4. Confeção dos protótipos**

Após a realização de testes preliminares, em componentes de calçados (saltos e tacos/capas), confeccionados em PU à base de óleo de mamona e também utilizando-se bambu laminado colado, foram desenvolvidos três protótipos de calçados femininos, sendo: Calçado de salto alto, Sandália plataforma, e, Sandália rasteira, utilizando-se os referidos materiais.

## **Parâmetros para o desenvolvimento dos protótipos de calçados femininos**

Após a realização da confecção do primeiro protótipo (calçado de salto alto), aplicou-se a troca de materiais tradicionais por ecológicos, havendo indagação por parte do autor sobre a estética e fatores semânticos (percepção ao observar o produto).

Como no modelo calçado de salto alto, o sistema produtivo foi praticamente o mesmo utilizado nas empresas fabricantes de calçados femininos. Uma questão a ser colocada poderia ser se o ecodesign poderia ser somente a troca de matéria-prima? A estética, a forma e o processo produtivo deveriam ser projetados para apresentar novas concepções aos consumidores e fabricantes. Baseando-se nestas indagações, despertou-se o desejo pelo novo, atendendo aos seguintes fatores:

- O calçado deve ser constituído do menor número de componentes possível, facilitando a montagem, aplicado principalmente na confecção da sandália rasteira;
- O calçado deve possibilitar a desmontagem, a fim de facilitar a manutenção e a separação de materiais após o uso e descarte; este fator foi utilizado principalmente na sandália salto plataforma; e;
- Os materiais utilizados na produção do calçado feminino devem causar o mínimo de impacto ambiental possível, tanto na extração de matéria-prima, no consumo de energia e também na geração de resíduos.

Sendo assim, os demais modelos (sandália rasteira e salto plataforma Anabela) foram desenvolvidos de forma a apresentar estes novos conceitos aos fabricantes e aos consumidores.

### **2.2.5. Teste de calce**

O calce representa a adequação do calçado ao pé, por meio de um pé padrão. Segundo Rocha e Oliveira (2006), o teste de calce é uma etapa de teste de performance e teste operacional, preferencialmente devendo ser efetuado com usuários, ou seja, com o cliente final.

Dessa forma, visando ressaltar que duas das usuárias que realizaram os testes de calce, são modelos de calce em empresas do APL Jaú, portanto, são profissionais do calce de calçados femininos, o que poderia corroborar ainda mais para os prováveis aspectos positivos dos calçados propostos.

#### **2.2.6. Percepção por parte de consumidoras**

Foi realizada uma pesquisa qualitativa sobre os protótipos de calçados ecológicos, junto às consumidoras do Polo Calçadista de Jaú, mais especificamente escolhendo-se frequentadoras do Território do Calçado, situado na mesma cidade. Neste local existem mais de 180 lojas de calçados femininos.

A análise qualitativa foi aplicada por meio de entrevista semiestruturada com 30 consumidoras de calçado feminino. Primeiramente foi apresentado um Termo de Consentimento Esclarecido (Apêndice 1), que foi lido e assinado pelas participantes, o mesmo sendo feito na pesquisa com empresários, com o propósito de resguardar ambas as partes de seus direitos.

Posteriormente, os protótipos de calçado feminino eram dispostos para análise visual e tátil, e ao final do processo as entrevistadas emitiam suas opiniões sobre os modelos. Foram aplicados questionários de antônimos, com adjetivos positivos e negativos, como por exemplo, bonito/feio.

Quando é realizada uma entrevista semiestruturada, o investigador aborda questões ou tópicos para serem respondidos ou preenchidos, como forma de roteiro, ou guia. As perguntas não precisam seguir a ordem prevista, existindo certa flexibilidade, pois poderão ser formuladas novas questões no decorrer da entrevista (MATTOS e LINCOLN, 2005).

#### **2.2.7. Percepção por parte de empresários**

A fim de corroborar este estudo, os protótipos desenvolvidos foram apresentados a três empresários do APL Jauense. Nesta fase da pesquisa buscou-se a percepção dos empresários com relação aos produtos desenvolvidos. Estes empresários produzem um total de 5700 pares diários, quando somadas suas produções.

### **2.2.8. Testes em componentes à base de óleo de mamona (Poliuretano)**

#### **a) Confeção de Molde – Processo de Derramamento (Vertido)**

Primeiramente, foram realizados testes de confecção de saltos para calçados femininos em poliuretano à base de óleo de mamona.

Desenvolveu-se um molde em silicone, pois o molde em aço carbono, chamado de matriz de injeção, é utilizado para produções em larga escala. No entanto, tem um custo elevado para confecção do mesmo; já no caso de molde em silicone, sua indicação é para produção em pequena escala, pois o mesmo pode deformar-se com o uso constante.

#### **b) Comparativo de produtividade**

A fim de saber a viabilidade no processo produtivo, fez-se um comparativo de produtividade na fabricação de um salto de calçado.

O método de fabricação de saltos em PU vegetal é o processo vertido (derramado).

O processo de derramamento requer um molde com boa superfície, um misturador para fazer a homogeneização da massa e fundir a mistura. Derrama-se o líquido no molde e espera-se um tempo de cura.

A técnica empregada para a produção industrial de saltos em PS (Poliestireno) ou ABS (Acrinolitrla, Butadieno e Estireno) é a da injeção plástica. Esse processo é uma forma de moldagem que se realiza por meio de material fundido, o qual passa por uma rosca e se dirige para o interior da cavidade de um molde.

É válido destacar que, segundo o fornecedor de PU vegetal – JR Pengo, até o momento não há no mercado um material de PU à base de óleo de mamona que possibilite a injeção plástica, existindo somente um produto voltado para o processo vertido.

#### **c) Determinação da deformação por compressão**

No SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial) de Jaú, foi feito um ensaio segundo a norma NBR 14739:2010, com o intuito de comparar a

deformação de tacos confeccionados em PU vegetal com tacos produzidos em PU derivado do petróleo, especificada pela norma supracitada.

Foi confeccionada uma placa de 6 mm de espessura em PU vegetal, da qual foram cortadas três amostras de 15 mm de diâmetro. Os corpos de prova foram submetidos a testes de deformação mecânica a uma carga de 400 N em 100.000 ciclos. Este ensaio simulou o movimento de caminhar, mais especificamente o contato angular ( $10^\circ$ ) do taco do salto com o chão.

Cumprе ressaltar que não existem normas específicas para a avaliação de tacos em PU à base de óleo e mamona, existindo somente para PU derivado de petróleo.

#### **d) Comparativo: Preço de compra e Peso**

Foi realizada uma análise comparativa de preços de matéria-prima (sem impostos) entre o poliuretano (PU) vegetal, e outros materiais à base de petróleo, tais como ABS, PS e Poliuretano.

Também foi realizado um teste comparativo de peso do componente salto confeccionado em PU vegetal e o mesmo componente fabricado industrialmente em PS.

#### **e) Determinação da resistência ao desgaste por perda de volume**

No SENAI de Jaú, foram realizados ensaios recomendados pela norma NBR 15190:2.005 – Determinação da resistência ao desgaste por perda de volume.

Foram selecionados 10 corpos de prova de 15 mm de diâmetro, retirados de uma placa de PU vegetal com 10 mm de espessura. O desgaste foi determinado por meio de balança de precisão e um recipiente com água, avaliando-se os volumes dos corpos de prova antes e após ensaio.

Descrição do ensaio: Em um equipamento específico o corpo de prova é pressionado (10 N) por 40 metros lineares em uma lixa de grã 60, a fim de verificarem-se, por meio de pesagem, os desgastes ocorridos por meio de abrasão.

## **f) Possibilidade de aplicação de adesivo à base de óleo de mamona aplicado ao BLaC**

Verificou-se a utilização do adesivo de óleo de mamona na fabricação de Bambu Laminado Colado - BLaC, que posteriormente poderia ser utilizado na confecção de diversos produtos. O adesivo à base de óleo de mamona foi realizado na proporção 2:1, isto é duas partes de óleo (Poliol) e uma parte de endurecedor (MDI) (JOSÉ e BERARDO, 2010).

A espessura das lâminas de bambu foi de 5 mm, em cada uma dessas lâminas, foram utilizados entre 150 a 200 g/m<sup>2</sup> da resina de poliuretano à base de óleo de mamona, o tempo de prensagem foi de 24 horas.

Nesta etapa da pesquisa, interessou, sobretudo, as características mecânicas da cola em PU de óleo de mamona aplicada ao BLaC. Para tal, foram realizados os ensaios de tração na lâmina de cola e de cisalhamento na lâmina de cola. Os resultados obtidos foram comparados com aqueles obtidos por Pereira (2006) em corpos de prova de BLaC produzidos por meio dos adesivos Cascorez 2590 e Waterbond XB-91M1LF.

Para a confecção dos corpos de prova foram seguidas determinadas etapas, descritas em Pereira & Beraldo (2008), necessárias para obtenção das lâminas de bambu. Estas etapas, assim como a espécie de bambu escolhida, foram as mesmas utilizadas por Pereira (2006).

### **2.2.9. Delimitação da pesquisa**

O fator da moda, embora relevante principalmente no universo de calçados femininos, não foi o foco desta pesquisa. Objetivou-se estudar a aplicabilidade de materiais de fontes renováveis, mais especificamente o bambu e o PU à base de óleo de mamona, por meio da execução de testes laboratoriais e da confecção de protótipos.

Apresentou-se uma análise qualitativa destes protótipos, por parte de consumidoras e de empresários de calçados femininos de Jaú, sem considerar os custos dos processos de fabricação.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. Ecodesign

No que diz respeito ao campo do design, o conceito de ecodesign tem como objetivo o desenvolvimento ambientalmente consciente, ou seja, o que cause o menor impacto ambiental possível. Segundo Ferrão (2005), em alguns casos é mesmo possível imaginar produtos concebidos de forma a causarem um impacto positivo sobre seu meio.

Para desenvolver projetos que contemplem este caminho da sustentabilidade, deve-se considerar o ciclo de vida dos produtos, ou o design para o ciclo de vida (*Lyfe Cycle Design*). Segundo Manzini e Vezzoli (2008, pg 91), o conceito de ciclo de vida “refere-se às trocas (*input* e *output*) entre o ambiente e o conjunto dos processos que acompanham o nascimento, vida e a morte de um produto”.

Essa consideração precisa ser levada em conta desde o início do projeto, para que já se desenvolvam planos que se adaptem às premissas do caminho da sustentabilidade. Segundo Manzini e Vezzoli (2011), o design sustentável deve atuar em diversas esferas como:

- DfA (*Design for Assembly*) - Design para a Montagem: utiliza uma montagem mais fácil com menor custo de manufatura, reduzindo as despesas e melhorando as qualidades dos produtos.

Pode ser considerada como exemplo, a Garrafa Térmica Aladdin, apresentada na Figura 9, pois em seu projeto houve uma redução para quatro peças de montagem ao invés das sete tradicionais (DfA), o que reduziu significativamente os custos do processo produtivo.

**Figura 9** - Garrafa Térmica Aladdin



Fonte: [www.aladdin.com.br](http://www.aladdin.com.br)

- DfM (*Design for Manufacture*) - Design para a Manufatura: faz uma seleção de materiais, possuindo processos e projetos modulados, utilizando componentes padronizados, multiuso de engates rápidos e montagem direcionada para a minimização.
- DfS (*Design for Service*) - Design para Serviço: prevê uma vida útil maior, maior confiabilidade do produto, fácil manutenção e reparo, design clássico referente ao estilo e zelo do usuário. Oferece um serviço de manutenção durante a vida útil do produto e seu recondicionamento quando necessário.
- DfD (*Design for Disassembly*) - Design para Desmontagem: maximiza as fontes de reciclagem e minimiza a potencialidade de poluição de produtos. Tem um projeto facilitado de desmonte.

Durante a pré-produção são produzidas as matérias-primas semielaboradas. Nesta etapa ocorre a aquisição de recursos, que podem ser virgens, secundários ou reciclados. Os recursos virgens, por sua vez, podem ser de fontes renováveis ou não renováveis. Nesta fase também há o transporte e a transformação dos recursos em materiais e energia.

A forma de montagem é relevante no desenvolvimento de produtos, assim como a matéria-prima empregada e a desmontagem do produto tanto para manutenção e após o uso para o descarte.

Segundo Ferreira (2003), um produto eco-eficiente deve incorporar, por meio de projeto, requisitos especiais que apresentem uma diferenciação dos demais produtos, como em processos de fabricação, transporte, descarte e reciclagem. Esses fatores corroboram para atender critérios gerais do Ecodesign, apresentados no Quadro 1.

**Quadro 1** – Critérios Gerais do Ecodesign (subdivididos em 11)

Critérios	Ações
1) Redução do uso de recursos naturais	a) Simplificação da forma;
	b) Agrupar funções / multi-funcionalidade / multi-configuração / modularidade;
	c) Diminuir volume e peso;
	d) Diminuir uso de água;
	e) Usar materiais abundantes sem restrição de uso;
	f) Reduzir o número de tipos de materiais de fabricação.

(Continuação) **Quadro 1** – Critérios Gerais do Ecodesign

Critérios	Ações
2) Redução do uso de energia	a) Reduzir energia na fabricação; b) Reduzir energia na utilização do produto; c) Reduzir energia no transporte; d) Usar fontes de energia alternativas, renováveis e limpas.
3) Redução de resíduos	a) Usar materiais reciclados e recicláveis; b) Usar materiais compatíveis entre si; c) Usar materiais que provenham de refugos de processos produtivos; d) Evitar materiais que produzam emissões, resíduos ou efluentes tóxicos; e) Usar tecnologias e processos produtivos de baixo impacto e eco-eficientes.
4) Aumentar a durabilidade	a) Facilitar manutenção e substituição de peças; b) Incentivar mudanças culturais (p. ex: descartável x durável);
5) Projetar para o Reuso	a) Na mesma função ou em outras funções; b) Possibilidade para reconhecer peças e materiais; c) Possibilidade para um segundo ciclo de vida; d) Projeto para revenda, redistribuição.
6) Projetar para a remanufatura	a) Facilitar desmontagem; b) Possibilidade de ser recriado (re-design), sofrer adaptações melhorias e atualizações tecnológicas; c) Projetar intercâmbio das peças.
7) Projetar para a reciclagem	a) Facilitar desmontagem; b) Identificar diferentes materiais; c) Agregar valor estético aos materiais reciclados.
8) Otimizar a logística	a) Projeto para facilitar transporte e armazenamento; b) Projeto para logística reversa, facilitando a recolha e transporte do produto após o uso para reuso e reciclagem; c) Projetar para que os produtos usem menos embalagem ou mesmo não usá-las; d) Produção na exata demanda do consumo; e) Trocar produtos por serviços.
9) Planejar o final da vida útil (produtos e materiais)	a) Utilizar materiais biodegradáveis e/ou compostáveis em produtos de vida útil breve; b) Possibilidade de ser usado como matéria-prima para outros processos produtivos; c) Utilizar materiais que possam ser incinerados para a geração de energia sem que produzam emissões tóxicas;
10) Normas e Leis	a) Alcançar ou exceder metas regulatórias
11) Projetar para sustentabilidade socioambiental	a) Preservar culturas, desenvolvendo produtos que preservem os recursos culturais e naturais locais; b) Gerar trabalho e empregos; c) Buscar a manutenção de recursos humanos e econômicos nas comunidades locais, principalmente em zonas mais pobres, evitando o êxodo para zonas ricas e populosas; d) Contribuir para a educação sócio-ambiental dos usuários e seus vizinhos; e) Ser benéfico à saúde dos seres vivos e do eco-sistema.

Fonte: Adaptado de Cardoso Junior, 2008.

Utilizando-se os critérios supracitados e suas respectivas ações, foram desenvolvidos protótipos de calçados femininos, visando impactar o mínimo possível o meio ambiente.

### 3.2. Descrição do objeto do estudo (calçados femininos)

Para os propósitos desta pesquisa, interessava, sobretudo, a aplicação de materiais originários de fontes não renováveis no setor calçadista. Esse setor produz complementos essenciais no modo de vida humano, uma vez que têm por princípio a proteção da Extremidade dos Membros Inferiores (EMI). Para melhor entendimento sobre os assuntos tratados neste projeto, apresentam-se, na Figura 10, as denominações técnicas das partes que geralmente compõem os calçados femininos.



O conjunto de componentes que compõem a parte inferior do calçado, é constituído por: sola, vira, palmilha, salto, capsa ou taco, entre outros, e determina a construção do calçado, ou seja, o tipo do calçado. A parte superior, composta por rosto (ou gáspea), biqueira, talão, contraforte, recebe o nome de cabedal, determinando o modelo do calçado.

Numa mesma construção podem-se ter vários modelos de calçados diferentes, ou seja, com o mesmo salto e formato de palmilha, fabricam-se diversos modelos diferentes, e o conjunto de modelos numa mesma construção recebe o nome de linha de modelos. Os calçados femininos são atualmente disponibilizados numa grande diversidade de formas e modelos, como, por exemplo, scarpins, botas, botinas, sandálias, chinelos, tamancos, tênis, e produzidos a partir de uma grande variedade de materiais, técnicas de confecção, acabamentos, cores, entre outros.

Dentre os diversos tipos de calçados existentes no mercado, foram definidos três modelos específicos, por se tratarem dos escolhidos para consecução deste estudo, sendo um sapato de salto alto, uma sandália plataforma Anabela e, uma sandália rasteira. A escolha dessas três construções (parte inferior do calçado) foi determinada principalmente por serem tipos de produtos comumente fabricados no APL Jaú, o que facilitou os eventuais trabalhos de campo realizados para determinação de dados primários.

Outro aspecto considerado na escolha foi a existência de equipamentos industriais próprios para estes tipos de calçados, colocados à disposição do pesquisador por meio das empresas parceiras<sup>2</sup> do projeto.

#### **Descrição das construções selecionadas:**

O calçado de salto alto, demonstrado na Figura 11, deixa o calcanhar da usuária mais elevado do que os dedos. Saltos acima de 8,5 cm são considerados altos (SCHIMIDT, 2005).

**Figura 11** - Calçado salto alto



**Fonte:** [www.net-a-porter.com](http://www.net-a-porter.com)

A construção do salto plataforma Anabela, como pode ser observada na Figura 12, tem como característica o longo comprimento da base do salto.

---

<sup>2</sup> Momaque Injetados Plásticos, Daleph Calçados Ltda e JR Pengo (Grupo Biomecânica)

**Figura 12** - Sandália com salto Anabela



Fonte: [www.net-a-porter.com](http://www.net-a-porter.com)

A sandália rasteira, apresentada na Figura 13, tem como característica principal a pequena altura do salto.

**Figura 13** - Sandália rasteira



Fonte: [www.net-a-porter.com](http://www.net-a-porter.com)

### **3.2.1. Processo tradicional de fabricação de calçados femininos em Jaú**

A fim de corroborar com o estudo se apresentam as etapas do processo de fabricação de calçado feminino, tradicionalmente realizado na cidade de Jaú. As imagens apresentadas são meramente ilustrativas, o desenho do esboço da sandália apresentada na Figura 14, não corresponde ao produto final.

Apresentam-se, na Figura 14, etapas do estilismo até a planificação do modelo.

1ª Etapa - Estilismo

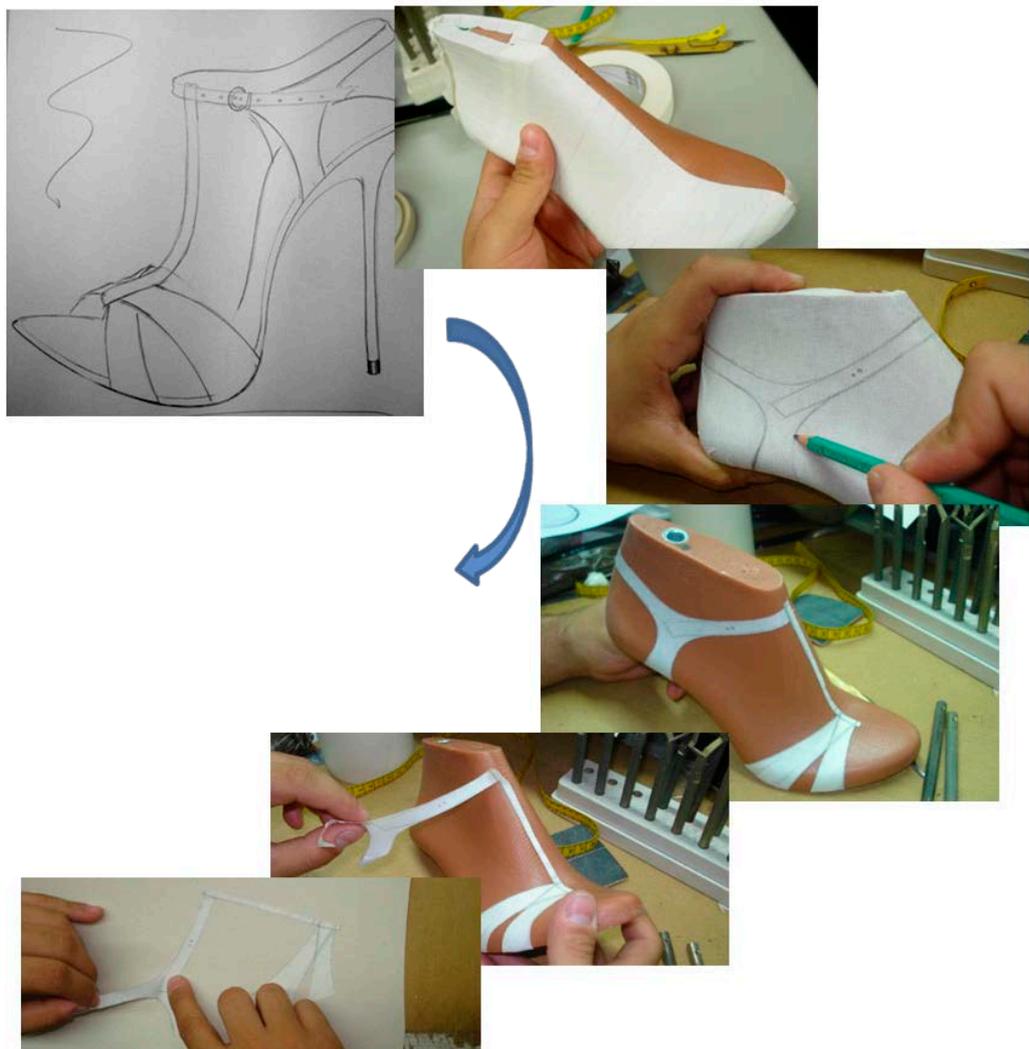
Primeiramente, foram efetuadas pesquisas sobre tendências de estilo, materiais e tecnologias envolvidas; posteriormente, foram confeccionados desenhos do modelo a ser desenvolvido (croqui).

### 2ª Etapa – Modelagem

Deve-se selecionar e encapar com fita crepe uma fôrma similar ao modelo do croqui. Após encapar a fôrma, o modelo é desenhado sobre a fita/fôrma.

Após aprovação visual, o modelo é retirado da fôrma, e posteriormente a fita deve ser planificada em uma cartolina. A planificação deve ser realizada com cuidado para não haver formação de rugas, o que pode prejudicar o desenvolvimento.

**Figura 14** – Desenvolvimento - esboço até planificação



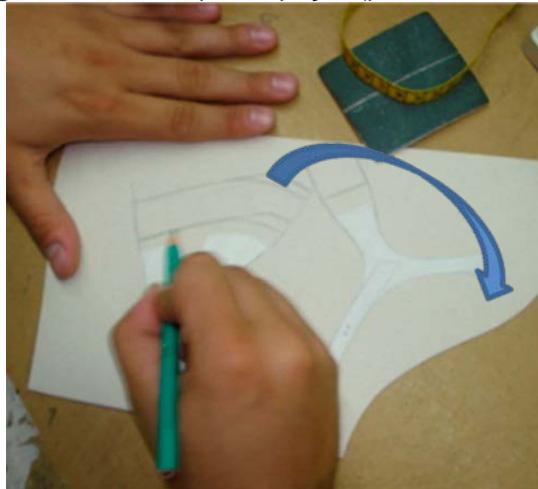
**Fonte:** autor e Luciano Soave

### 3ª Etapa – Destaque de peças e Corte

Posteriormente à planificação, inicia-se o processo de destaque de peças, isto é, são realizados aumentos e reduções nos moldes de acordo com o que foi determinado no croqui.

O destaque de peças pode ser feito manualmente, apresentado na Figura 15. Geralmente, quando há destaque de peças da forma manual, o corte destas peças também é realizado manualmente.

**Figura 15** – Destaque de peças (processo manual)

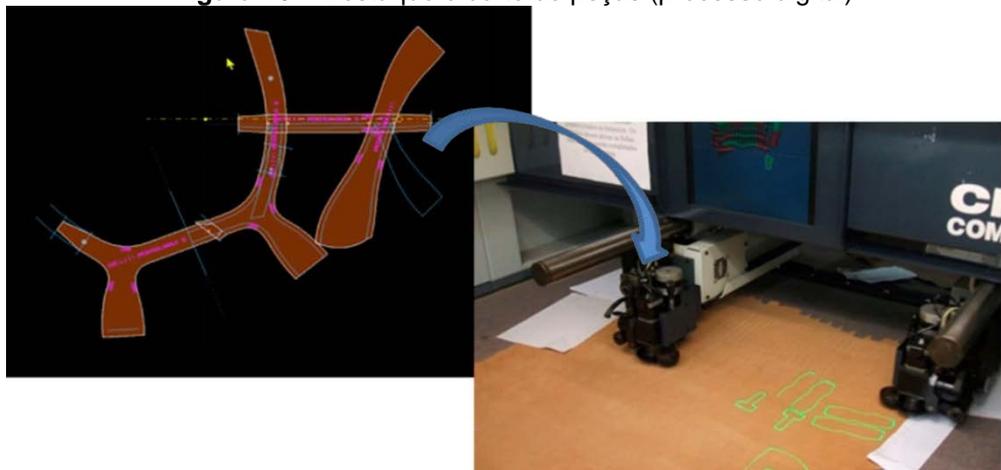


**Fonte:** autor e Luciano Soave

O modelo planificado pode ser digitalizado; neste caso, o destaque de peças foi feito via CAD (*Computer Aided Design* – Projeto Auxiliado por Computador) em softwares específicos para o desenvolvimento de calçados.

O corte pode ser automatizado via CAM (*Computer Aided Manufacturing* – Manufatura Auxiliada por Computador), sendo os processos apresentados na Figura 16.

**Figura 16** – Destaque e corte de peças (processo digital)



**Fonte:** autor e Luciano Soave

#### 4ª Etapa – Chanfro e pesponto

As bordas de algumas peças do cabedal são afinadas em máquinas de chanfro, a fim de serem obtidos determinados acabamentos, e em casos de sobreposições de peças, não haver aumento de volume. O processo de pesponto é utilizado para a união de peças do cabedal, nome dado à parte superior do calçado, sendo os processos apresentados na Figura 17.

**Figura 17 – Processos de chanfro e pesponto**



Fonte: autor

#### 5ª Etapa - Montagem

No processo de montagem do calçado são reunidos todos os componentes que compõem o produto, apresentados na Figura 18.

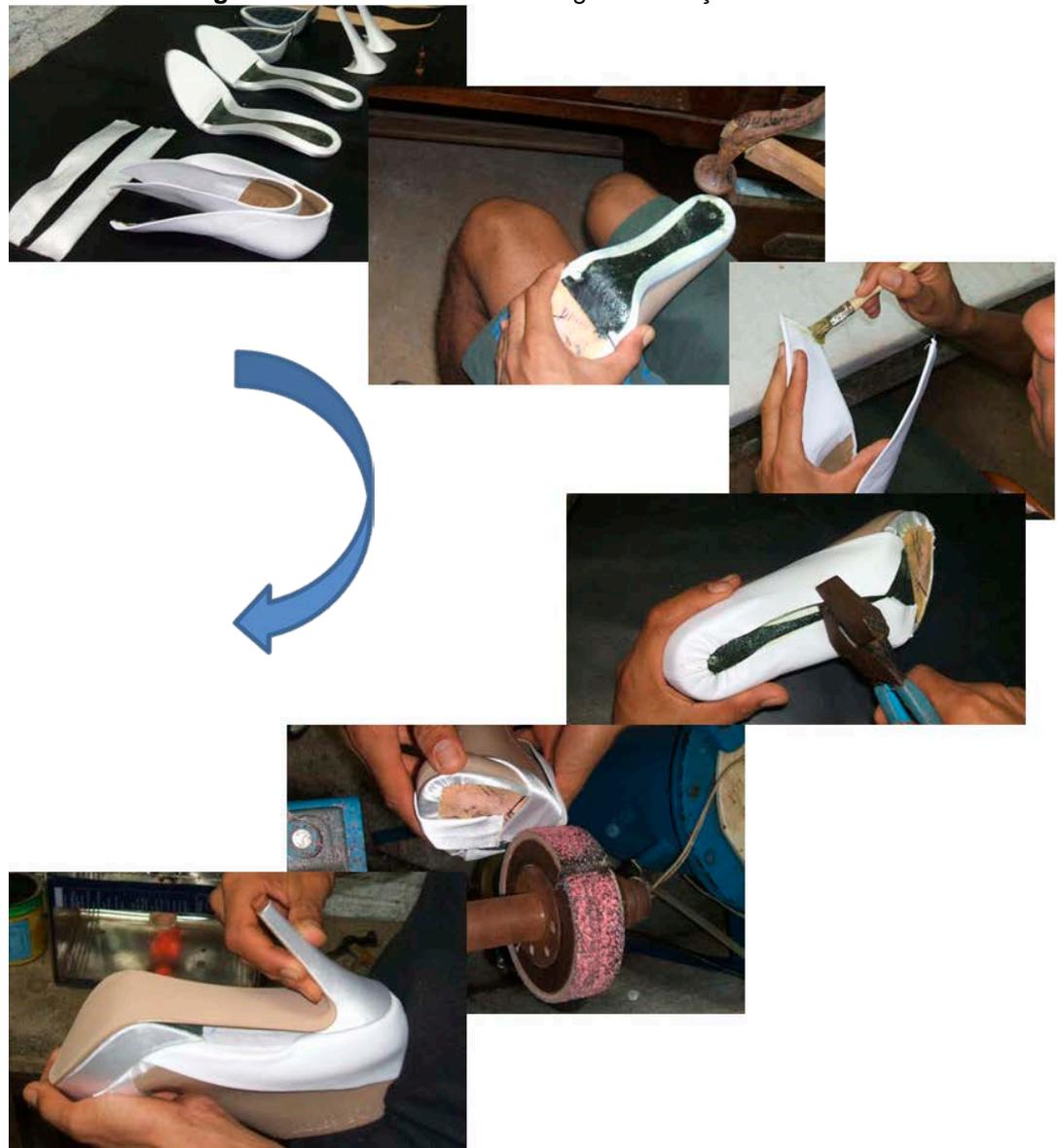
1. A palmilha é fixada à fôrma por meio de pregos;
2. O adesivo de contato é aplicado em áreas do cabedal, palmilha e solado;
3. O cabedal é unido à fôrma/palmilha por meio de ferramentas manuais.

Obs: Existem máquinas que montam a frente de calçados fechados, como por exemplo, um scarpim - estes equipamentos são denominados como máquinas de montar bico. Também existem máquinas que montam a região traseira de calçados fechados, e são denominadas máquinas de conformar traseiro.

4. Após a fixação do cabedal à fôrma, é lixada a região do cabedal que estará em contato com o solado;

5. Em seguida, o adesivo de contato é aplicado na região lixada do cabedal;
6. O adesivo aplicado no cabedal e no solado é reativado por meio de calor;
7. O solado é ajustado à fôrma.

**Figura 18** – Processos de montagem do calçado feminino



Fonte: autor

Na Figura 19, apresentam-se as etapas de finalização.

1. O solado é unido à fôrma por meio de pressão em prensa pneumática, e, posteriormente, a fixação do salto é realizada por meio de pregos em máquina de pregar saltos;
2. Após a fixação do salto, uma espuma é colada sobre a palmilha; posteriormente é colado um acabamento denominado taloneira onde consta o nome (marca) do fabricante;
3. Por fim, é realizada a revisão final; nesta etapa são dados os retoques de acabamento, apresenta-se o calçado finalizado.

**Figura 19** – Etapas de finalização



Fonte: autor

### 3.3. APL de Jaú

O Arranjo Produtivo Local (APL) de Jaú recebe, desde 2003, auxílio de um programa de desenvolvimento sustentável, organizado e coordenado pelo Sindicato da Indústria de Calçados de Jaú – SINDICALÇADOS, e tem apoio técnico e financeiro do SEBRAE-SP (Serviço de Apoio às Micros e Pequenas Empresas). Tem parceria com diferentes instituições como:

- Prefeitura Municipal de Jaú;
- SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial;
- SENAC – Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial;
- FATEC – Faculdade de Tecnologia de Jaú;
- IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo;
- UFSCar – Universidade Federal de São Carlos;
- UNESP – Universidade Estadual Paulista;
- ASSINTECAL – Associação Brasileira de Empresas de Componentes para Couro, Calçados e Artefatos;
- FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo;
- CIESP-Jaú – Centro das Indústrias do Estado de São Paulo;
- MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior.

O APL de Jaú é constituído por uma concentração de empresas produtoras de calçados femininos com especialização em produtos feitos em couro, porém, também existem empresas fornecedoras da cadeia de suprimentos, instituições de ensino, de apoio técnico e financeiro.

Atualmente o **APL** é formado por aproximadamente 650 estabelecimentos formais, no qual aproximadamente 150 são empresas fabricantes de calçados femininos, além de empresas fabricantes de partes e componentes, bancas de prestação de serviços e empresas de artefatos de couro. Possui 2 shoppings com 180 lojas de calçados. A capacidade de produção do **APL** é de aproximadamente 130 mil pares por dia, com possibilidade de aumento em 30% (SINDICALÇADOS, 2013).

Essas informações demonstram a relevância do setor calçadista na cidade de Jaú, o que corrobora ainda mais para o desenvolvimento desta pesquisa no APL Jauense.

### **3.4. Ecodesign e calçados**

#### **3.4.1. Materiais - Ciclo de vida do produto**

Um dos elementos determinantes na escolha do processo de montagem, diz respeito à matéria-prima utilizada para a confecção do produto. E é também o tipo de matéria-prima que definirá o destino do objeto descartado.

Muitas vezes os componentes utilizados para fabricação do calçado podem causar contaminações e desequilíbrios ao meio ambiente no momento do seu descarte, pois o calçado usado quase sempre é colocado junto ao lixo doméstico e este, por sua vez, na maioria das cidades, acaba sendo enviado para os chamados lixões.

Muito se tem discutido sobre a periculosidade do metal Cromo, ainda que seja um dos metais mais abundantes na crosta terrestre. Em se falando da produção de calçados de couro, há a presença do Cromo trivalente neste material, pois para tornar o couro imputrescível, de 2,5% a 6,0% do metal é utilizado em relação à sua massa (CONTADOR JUNIOR, 2004).

Mesmo utilizando o Cromo em sua forma trivalente, no processo de curtimento, precisa-se considerar que o calor provocado pelos focos de incêndio presentes nos lixões, aliado ao teor de Manganês presente no solo, contribui para a oxidação que leva o Cromo trivalente (Cr III) ao seu estado mais perigoso, o hexavalente (Cr VI). E é esta forma que acaba sendo lixiviada dos resíduos do calçado, tendo como destino certo o lençol freático (LEITE, 2000).

De acordo com a *United Nations Industrial Development Organization* – Organização de Desenvolvimento Industrial das Nações Unidas (1999) *apud* Bos (2006), alguns corantes azóicos e cromo hexavalente (Cr VI), merecem destaque no contexto dessas pressões externas para o comércio internacional.

No tocante aos resíduos sólidos em função dos expressivos volumes gerados, as preocupações são ressaltadas também devido ao seu destino final

nem sempre ser feito em aterros industriais, ou obedecendo a critérios técnicos adequados.

Segundo Bos (2006), os principais resíduos sólidos são:

- As aparas ou retalhos;
- Pó de lixadeira e lodos de cromo;
- Raspas ou farelos, e;
- Recurtimento;

Quanto aos efluentes líquidos:

- Grandes volumes de águas residuais com elevada concentração salina (sulfetos, sulfatos, cloretos) e alta toxicidade;
- Presença do curtente mineral cromo e diversos corantes azóicos, oriundos do tingimento.

Ainda segundo Bos (2006), exigências da diretiva europeia de 24/02/04 relativas a esses corantes e aplicáveis a artigos do vestuário e a artefatos de couros merecem atenção dos produtores nacionais e necessitam da capacitação dos laboratórios prestadores de serviços.

Segundo Prazeres (2003) *apud* Bos (2006), esta diretiva é um preceito técnico que é entendido como documento que contém características do produto ou de seu processo ou método de produção, cujo cumprimento é obrigatório. Cada diretiva aplica-se a todos os países da Europa, porém, cada país, individualmente, pode ter uma legislação mais restritiva que uma diretiva.

### **3.4.2. Lei de resíduos sólidos**

Tratando-se da sustentabilidade ambiental, o Brasil caminha para um controle sobre os resíduos gerados por pessoas físicas e jurídicas em geral, com o advento da Lei 12.305 de 2010:

Esta Lei institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispendo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. § 1º Estão sujeitas à observância desta Lei as pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, responsáveis, direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos e as que desenvolvam ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

De acordo com Ruiz *et al.* (2006) *apud* Bos (2006), a preocupação com as substâncias nocivas presentes em produtos desse setor produtivo e suas consequências na vida humana são ressaltadas principalmente nos países da CEE - Comunidade Econômica Europeia.

Alguns países do mundo já contam com o “selo ecológico” , *blue angel* na Alemanha, *environmental choice* no Canadá, *eco mark* no Japão e Índia, *cisne branco* nos países nórdicos, uma certificação conferida a produtos e serviços que passam por uma análise rigorosa e minuciosa de seu ciclo de vida, atestando a redução de seu impacto ambiental (NAIME, 2005).

A ISO (*International Standardization Organization*) - Organização Internacional de Padronização, por meio de suas representações locais, é quem coordena os comitês avaliadores, sendo essa representação no Brasil feita pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), juntamente a representantes governamentais (Ministérios de Ciência e Tecnologia, da Indústria e Comércio).

Segundo Archetti e Salvador (1998), estudiosos apontam como a mais grave questão ambiental dos polos coureiros-calçadistas do Brasil justamente a destinação final, um tanto irregular, desses resíduos, parte deles de difícil degradação (aparas curtidas, elastômeros e sintéticos).

Também por esta razão, projetos de confecção calçadista têm incluído cabedais (parte superior do calçado) feitos com materiais mais modernos, com a vantagem da biodegradação, com objetivo de fazer frente às outras vantagens dos couros sobre os mais variados materiais (alta capacidade de moldar-se a uma fôrma, boa resistência ao atrito e maior vida útil, aceita diversos tipos de acabamentos e permite boa transpiração do pé). A grande parte dos resíduos é produzida desde o beneficiamento do couro cru até a obtenção do *wet blue* (cerca de 85%), deste estágio até o término do processo, outros 15% se formam. O couro *wet-blue*, ou seja, “molhado-azul” em inglês, é o couro que sofreu processo de pré-curtimento e depilação no primeiro estágio de curtimento (CONTADOR JÚNIOR, 2004).

Nesta esteira de discussões, o mercado recebe materiais novos, que começam a conquistá-lo por suas grandes vantagens, tanto no uso em cabedais, como em outros componentes.

### **3.4.3. A evolução da matéria-prima**

Os materiais sintéticos, tais como a poliamida e o elastano, usualmente utilizados em forros, têm sido, por exemplo, substituídos com benefícios pela lona, brim e até mesmo pelo PET (politereftalato de etileno) reciclado, sendo que esses materiais também podem ser utilizados como cabedal. Enquanto isso, materiais frequentemente tratados como plásticos - PVC ou PU (cloreto de polivinila ou poliuretano, respectivamente), chamados de couros sintéticos, são ainda muito empregados, mas enfrentam cada vez maiores barreiras ambientais para sua exportação, principalmente para a Europa. O algodão, por sua vez, ganha valor se vier acrescido do fato de ter sido cultivado organicamente, isto é, sem a utilização de defensivos agrícolas ou fertilizantes químicos (VIEIRA e BARBOSA, 2011).

De acordo com Lovo e Rosa (2007), contrafortes e couraças, que são componentes presentes na maioria dos calçados, também têm sofrido modificações na forma como são fabricados e no material que os compõem. Na tendência de retorno a materiais mais naturais, as matérias-primas de fontes renováveis como, por exemplo, óleo de mamona, de girassol, entre outros, têm recebido atenção especial quando se trata de substituir as resinas sintéticas.

Entre as modificações que vêm sendo introduzidas, chama atenção a produção de contrafortes e couraças em sistemas fechados (com ausência de trocas de matéria e energia). Todo resíduo gerado, desde a modelagem (onde é possível se diminuir sensivelmente o consumo de matérias-primas), até o corte e a chanfração, se torna um novo componente. Por sua vez, esses componentes também podem ser produto do aproveitamento de outras matérias-primas, como a serragem de madeiras de reflorestamento (VIEIRA e BARBOSA, 2011).

Segundo Lovo e Rosa (2007), outra grande onda de valorização tem como foco a curtição e recurtição de couros ao tanino vegetal, com os couros "*free metal*" (livres de metais como cromo, alumínio, zircônio), recebendo ainda maior destaque. A utilização do glutaraldeído e de tanantes naturais apresenta grande potencial de diminuição da contaminação ambiental. No Rio Grande do Sul, estado onde a indústria coureiro calçadista é considerada a mais poluidora, o uso desses materiais fez o grau de contaminação passar de **nível**

**1- Perigoso** (são aqueles que apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente) a **nível 2 -Resíduos não-inertes** (resíduos que não apresentam periculosidade), o que significa redução significativa do impacto ambiental.

Especificamente em Jaú, entidades de classe. (SEBRAE, SENAI, FINEP, CCDM/UFSCar – NIT, FATEC) e instâncias responsáveis pelo Programa APL – Desenvolvimento do Setor de Calçados em Jaú, têm se juntado para a procura de soluções direcionadas ao viés ecológico. Em pesquisa, tendo como título “Desenvolvimento de Compósitos de Couro Reciclado com Termoplásticos em Extrusora com Rosca Simples”, os autores Ambrósio *et al.*, (2009), chegaram a um material reciclado, com alta resistência à tração, rasgo, abrasão e dureza. De uma forma geral, todos os resultados obtidos com os compósitos PVB (resina polivinilbutiral)/Couro, e em alguns casos também compósitos PVC poli(cloreto de polivinila)/Couro, foram superiores às duas amostras comerciais de solado à base de borracha SBR (borracha de butadieno estireno). Os materiais utilizados nesse estudo foram resíduos de couro do tipo “*wetblue*” moído com granulometria controlada, PVB reciclado e dois tipos de PVC.

Atualmente os saltos para calçados femininos são fabricados utilizando-se de materiais como ABS (resinas termoplásticas constituídas de acrilonitrila, butadieno e estireno) e o PS (poliestireno); já os tacões, no processo injetado, usualmente são produzidos em TPU (poliuretano termoplástico) e PU (poliuretano), todos derivados de fonte não renovável – o petróleo.

Uma das maiores preocupações do mundo contemporâneo é com a intensidade de poluentes lançados na atmosfera e na superfície terrestre. Os polímeros sintéticos, que foram responsáveis por muitos avanços tecnológicos como a obtenção de materiais plásticos, também são responsáveis por grandes problemas com o meio ambiente. Muitos polímeros não são recicláveis e alguns materiais sintéticos derivados de petróleo demoram mais de 100 anos no processo de biodegradação (FRANCHETTI e MARCONATO, 2006).

Segundo Marques e Martins (2009), o poliuretano à base de óleo de mamona pode ser considerado um polímero biodegradável, e ainda, as aplicações do óleo são inúmeras, podendo ser utilizado na fabricação de tintas e isolantes, como lubrificante na aeronáutica, como base para cosméticos e drogas farmacêuticas, para fabricação de corantes, anilinas, desinfetantes,

germicidas, colas e aderentes, base para fungicidas e inseticidas, vernizes, nylon e outras matérias plásticas podendo ser usado também para produção de cimento ósseo para próteses humanas. Conhecido como petróleo verde, pode ser empregado como fonte de energia renovável, em substituição ao óleo diesel, e também é considerado como matéria-prima do futuro, visto que a mamona é uma planta comum em todo Brasil.

A versatilidade desse óleo vegetal despertou interesse no desenvolvimento de estudos sobre possíveis aplicações de derivados de óleo de mamona, na produção de componentes (saltos, solados, tacões, cabedais e ornamentos) de calçados ecologicamente corretos.

### **3.5. Materiais alternativos**

#### **3.5.1. Óleo de mamona**

O óleo de mamona é um líquido monocomponente, e endurece por meio de reações químicas, quando entra em contato com determinadas substâncias (inclusive a água causa a reação de expansão do volume e posteriormente o endurecimento). Esse óleo possui excelentes propriedades, sendo de uso medicinal e utilizado também para a iluminação nos tempos mais antigos. Atualmente a cultura desperta interesse comercial, em virtude do aumento dos preços e o desenvolvimento das indústrias beneficiadoras (COELHO, 1979 *apud* COSTA, 2006).

A mamona é utilizada praticamente em sua totalidade para a produção do óleo e tem como subproduto a torta de mamona. O óleo pode ser extraído da semente completa (sem descascar) ou da baga (sementes descascadas por máquinas apropriadas). Obtém-se o óleo por meio de extração a frio ou a quente, ou pela ação de solventes. O principal constituinte da semente da mamona é o óleo, tendo como maior componente o ácido ricinoléico (COSTA *et al.*, 2004).

Também conhecido como óleo de rícino, e internacionalmente com *castor oil* (Costa, 2006), o óleo de mamona contém 90% de ácido graxo ricinoléico, o que lhe dá características singulares e versáteis, proporcionando uma vasta gama de utilização industrial com propriedades só comparáveis com a do

petróleo. Apresenta como vantagem o fato de ser um produto renovável e barato, o que faz com que a cultura tenha um importante potencial econômico e estratégico para o Brasil (BARROS JUNIOR *et al.*, 2007).

O óleo de mamona possui elevado valor estratégico, motivado pelo fato de não existir substitutos à altura de suas aplicações e pela sua versatilidade industrial (COSTA, 2006).

Dentre os diversos produtos à base de óleo de mamona é válido destacar o poliuretano.

#### 3.5.1.1. Poliuretano à base de óleo de mamona

O óleo de mamona é utilizado na obtenção de um polímero com boas propriedades conhecido como poliuretano e, segundo Cangemi (2006), tem como característica ser biodegradável, diminuindo os problemas causados pelo lixo, pois os plásticos em geral possuem um longo período para degradação. Testes feitos comprovam a boa biodegradação desse polímero na presença de microrganismos originários de agentes biológicos que degradam gorduras. Por ser obtido de óleo vegetal, sua degradação se assemelha a de outros tipos de gorduras.

Além do óleo de mamona ser matéria-prima de fonte renovável, o bambu também apresenta excelentes propriedades como recurso natural e de crescimento rápido, possibilitando a utilização de mão de obra familiar, ou após rápida capacitação, além de ser um ótimo sequestrador de carbono. Com base na versatilidade do bambu e em suas características ecológicas, iniciou-se nesta pesquisa um estudo sobre tal material e suas possíveis aplicações na indústria calçadista.

### **3.5.2. Bambu**

#### 3.5.2.1. O bambu no Brasil e no mundo

O bambu pode ser considerado uma matéria-prima renovável e condizente com o desenvolvimento sustentável. Os produtos em bambu tendem a possuir abertura no mercado brasileiro, já sendo uma realidade no

mercado internacional. Na China, por exemplo, existem mais de 100 fábricas de pisos em BLaC (Bambu Laminado Colado), produzindo cerca de 10 milhões de m<sup>2</sup> por ano, que são exportados para os EUA, Europa, Japão e diversos países incluindo o Brasil. Para suprir esta demanda de produtos são cultivados na China 3,8 milhões de hectares de floresta de bambu (MURAKAMI, 2007).

Murakami (2007) comenta que o bambu em substituição à madeira, pode suprir pelo menos 25% das suas necessidades e poupar 11 mil hectares de florestas, além de poder gerar 1,2 mil novos empregos para populações de baixa renda. Também aborda os aspectos favoráveis do piso de BLaC, como o baixo custo, textura atrativa, alta resistência a riscos, e eficácia no isolamento acústico. A tecnologia de produção com BLaC proporciona o desenvolvimento de diversos tipos de produtos além de pisos, como por exemplo, painéis, móveis, utensílios, ferramentas e tantos outros que podem ser incorporados à economia de mercado, ao desenvolvimento social e à preservação ambiental.

O bambu é uma matéria-prima muito utilizada em diversas partes do mundo para os mais variados fins. Sua grande utilização ainda é maior em culturas orientais que utilizam o bambu há milênios, porém no Ocidente suas potencialidades ainda são desconhecidas e por isso ainda é subutilizado como matéria-prima (PRESZNHUK, 2004).

Por ser uma alternativa viável de material sustentável, para a aplicação ao design industrial, significa que pode ser produzido de maneira ecológica e com responsabilidade socioeconômica, estando inserido no conceito de ecodesign. O bambu, além de suas adequadas propriedades físicas e mecânicas, é um ótimo exemplo de material alternativo, pois possui diversas aplicações possíveis e ainda pouco exploradas no design de produtos (AMÉRICO, 2009).

Embora essa matéria-prima abra uma série de possibilidades para substituição de materiais, no entanto, a maioria dos produtos feitos com o bambu é produzida de forma artesanal e com pouco valor agregado. No intuito de explorar as potencialidades do bambu, novas iniciativas já vêm sendo tomadas, procurando incluir o bambu em projetos inovadores.

Segundo Barelli (2008), cada vez mais os produtos que fazem parte de uma produção sustentável estarão em destaque e com eles os diversos

produtos que podem ser fabricados em BLaC e que fazem parte desse segmento.

Sendo uma matéria-prima renovável, de baixo custo, com diversas possibilidades de uso, o bambu vem sendo utilizado cada vez mais na conservação ambiental.

#### 3.5.2.2. Resistência mecânica do bambu

O bambu apresenta excelentes propriedades mecânicas, as quais são influenciadas pela densidade, teor de umidade, idade do colmo e posição da amostra ao longo da altura.

O bambu alcança sua maturidade com cerca de três anos e, a exemplo das madeiras, na condição seca, a resistência mecânica do colmo é maior do que na condição verde (HIDALGO LOPEZ, 2003 *apud* PEREIRA E BERHALDO, 2008).

Segundo Hidalgo Lopez (2003) *apud* Pereira e Beraldo (2008), cada espécie apresenta características mecânicas, físicas e anatômicas próprias, dependendo dos fatores ambientais nos quais os colmos se desenvolveram, tais como:

- Clima, tipo de solo e constituição química;
- Altitude e condições topográficas locais;
- Fator idade do colmo; e;
- Partes do colmo que foram amostradas.

Devido à essa variabilidade torna-se muito difícil a extrapolação dos dados e utilização para diferentes locais e para espécies variadas.

A alta produtividade é um diferencial para o bambu quando comparado a outros materiais vegetais estruturais. Dois anos e meio após o plantio o bambu apresenta resistência mecânica estrutural (PEREIRA e BERHALDO, 2008).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Análise de Produtos Similares

A fim de obter informações relevantes para o desenvolvimento dos protótipos, primeiramente foi realizada uma análise de produtos similares disponíveis no mercado.

#### 4.1.1 Similares - Calçado salto alto

Pode-se dizer que poucos calçados são confeccionados com materiais 100% ecológicos, pois muitos deles são fabricados com um ou mais materiais sustentáveis e são vendidos como produtos ecológicos, mesmo que as demais matérias-primas possam causar danos ao meio ambiente, como por exemplo, derivados de petróleo que demoram muitos anos para que ocorra a biodegradação.

Os modelos apresentados na Figura 20 foram confeccionados com: Polímeros reciclados, solados em pneu, couro curtido com óleos vegetais, microfibras sintéticas, fibra de bambu, algodão orgânico, entre outros.

Figura 20 - Similares (calçado salto alto)



Fonte: Autor

Observa-se que os exemplares selecionados possuem partes de sua construção (sola e salto) provenientes de fontes não renováveis, sendo assim, as características analisadas no quesito Matéria-prima no Quadro 2 referem-se ao cabedal.

**Quadro 2 - Avaliação de Similares (Salto Alto)**

Similares										
<b>Modelo do Calçado</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Design para Montagem	7	6	6	5	5	8	6	6	5	5
Design para Desmontagem	2	2	2	2	2	10	2	2	2	2
Matérias Primas ecológicas	2	7	7	7	7	8	7	7	7	7
Total	11	15	15	14	14	26	15	15	14	14

**Fonte:** Autor - Foram atribuídos pontos de 0 a 10 para cada característica avaliada.

O modelo 06 obteve maior pontuação por ser constituído em materiais ecológicos tanto na construção quanto no cabedal.

Tratando-se dos calçados ecológicos avaliados no Quadro 2:

- Os modelos 01 e 06 destacaram-se no design para montagem (DfA) por serem constituídos de poucos componentes;
- O modelo 06 destacou-se no quesito design para desmontagem (DfD), pois sua forma de montagem facilita a desmontagem.

Em grande parte dos produtos analisados o cabedal, parte superior do calçado, foi fabricado com materiais ecológicos, porém, a parte inferior do calçado, denominada construção, geralmente produzida com materiais provenientes do petróleo.

#### 4.1.2. Similares - Sandália rasteira

Na Figura 21, apresentam-se os modelos selecionados para análise de produtos similares (sandália rasteira)

**Figura 21 - Similares (sandália rasteira)**

**Fonte:** Autor

No Quadro 3, pode-se avaliar que o modelo de sandália rasteira n° 08 alcançou pontuação superior aos demais, nos quesitos design para montagem e design para desmontagem.

**Quadro 3 - Avaliação de Similares (sandália rasteira)**

Similares										
<b>Modelo do Calçado</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Design para Montagem	9	8	7	7	7	9	9	9	6	5
Design para Desmontagem	9	7	9	6	5	7	8	10	5	5
Matérias Primas ecológicas	5	7	10	5	5	5	6	6	5	4
Total	23	22	26	18	17	21	23	25	16	14

**Fonte:** Autor - Foram atribuídos pontos de 0 a 10 para cada característica avaliada.

O modelo de sandália rasteira n° 03 alcançou maior pontuação na utilização de matérias-primas ecológicas, sendo este produto produzido com resíduos de pneus de automóveis. Esta etapa serviu de parâmetro para o desenvolvimento de novos calçados femininos ecológicos.

#### 4.1.3. Similares - Sandália salto plataforma (Anabela)

Os modelos ecológicos do modelo sandália salto plataforma apresentam-se na Figura 22.

**Figura 22 - Similares (salto plataforma)**



**Fonte:** Autor

Os modelos foram analisados de forma quantitativa, atribuindo-se pontos às características fundamentadas no ecodesign (Quadro 4):

**Quadro 4 - Avaliação de Similares (sandália salto plataforma)**

Similares										
Modelo do Calçado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Design para Montagem	7	10	7	7	5	7	7	5	7	7
Design para Desmontagem	5	10	6	5	6	5	5	5	5	5
Matérias Primas ecológicas	6	8	6	6	6	6	6	6	5	5
Total	18	28	19	18	17	18	18	16	17	17

**Fonte:** Autor - Foram atribuídos pontos de 0 a 10 para cada característica avaliada

Pode-se avaliar que o modelo de Sandália Salto Plataforma nº 02 alcançou pontuação superior aos demais. Os principais conceitos apresentados pelo modelo 02 foram então utilizados no desenvolvimento do salto Plataforma.

Baseando-se nos fatores supracitados, iniciou-se o processo de verificação da aplicabilidade de materiais de fontes renováveis, como poliuretano à base de óleo de mamona e bambu, na confecção de calçados femininos.

## 4.2. Confecção dos protótipos

### 4.2.1. Calçado salto alto

A seguir, serão descritos os processos do desenvolvimento do calçado de salto alto. É válido ressaltar que para o desenvolvimento do primeiro protótipo desta pesquisa, optou-se principalmente pela troca de matérias-primas usualmente utilizadas na indústria calçadista por outras denominadas ecológicas. Com o propósito de não alterar o processo produtivo tradicional, com isto, pôde-se realizar um comparativo de custos entre o calçado tradicional (materiais como couro e derivados de fontes não renováveis) e o protótipo ecológico (materiais como palha de arroz e à base de PU de óleo de mamona). O modelo baseou-se numa releitura do *peep toe* clássico dos anos 1930 e 1940, apresentado na Figura 23.

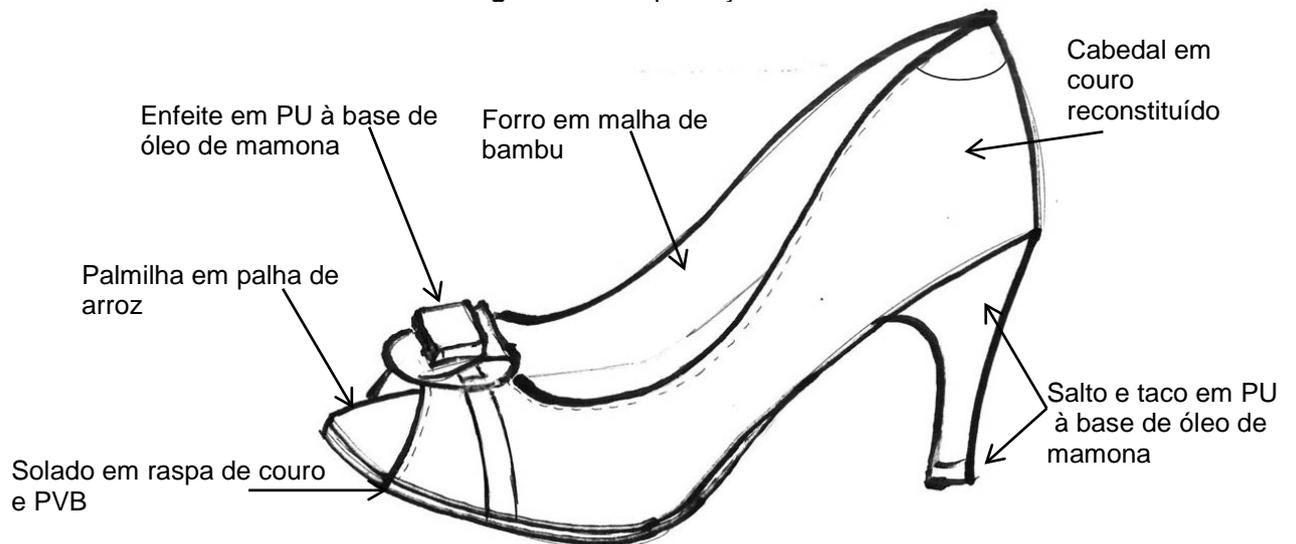
Figura 23- Peep toe



Fonte: Adaptado de Garcia, Buzarinho e Nascimento, 2010

O modelo escolhido para a prototipagem foi um *peep toe* (dedos de fora) e com salto fino (Figura 24).

Figura 24- Croqui calçado salto alto



Fonte: Autor

#### 4.2.1.1. Processos de Fabricação

Os materiais selecionados foram submetidos aos processos de fabricação para a transformação da matéria-prima em produto final.

A seguir, será comentado cada processo e apresentado o resultado do material durante a produção.

**1º Corte** → Nesta etapa foram cortados os moldes do modelo (Figura 25), e o couro reconstituído foi utilizado na parte do cabedal e nas fasetas (capas) dos saltos e palmilhas; já a malha de bambu foi utilizada na parte do forro. Ambos não apresentaram problemas durante esta etapa.

**Figura 25- Etapa do corte**



**Fonte:** Autor

**2º Pesponto**→As peças foram pespontadas (Figura 26).

**Figura 26 - Máquina de pesponto**



**Fonte:** Autor

**3º Preparação**→Na preparação foi aplicado o adesivo à base d'água nas partes superior (cabedal) e inferior (palmilha) do calçados. Também foram enfachetados (encapados) palmilha e saltos, apresentados na Figura 27.

**Figura 27 - Enfachetamento Palmilha**



**Fonte:** Autor

**4º Montagem** → Na montagem, foram unidos cabedal e palmilha, utilizando-se uma fôrma (representação do pé). Neste caso a montagem foi feita manualmente.

**5º Salto e solado** → Nesta etapa, foi aplicado o solado feito com raspa de couro reciclado, observando-se que o componente apresentou boa colagem e resistência mecânica adequada.

Posteriormente, o salto produzido com PU à base de óleo de mamona foi fixado à palmilha por meio de pregos, optando-se por utilizar pregos para avaliar o comportamento do componente (salto) nos processos produtivos atuais, ou seja, o mesmo processo utilizado para a fixação de saltos produzidos com derivados de petróleo.

**6º Acabamento** → Esta foi a etapa final, onde foram feitos os retoques, e a taloneira (sobrepalmilha) foi colada. O resultado final do projeto, apresentado na Figura 28, foi a construção de um modelo de calçado feminino com matérias ecológicas.

**Figura 28** - Modelo acabado –Salto alto



**Fonte:** Autor

Após a confecção do modelo, optou-se por realizar uma análise comparativa de custos entre o modelo ecológico (confeccionado com materiais

alternativos), e o mesmo modelo sendo confeccionado com materiais tradicionais utilizados pelas indústrias coureiro-calçadistas de Jaú.

#### 4.2.1.2. Análise comparativa entre os custos de componentes Ecológicos e Tradicionais

A Tabela 1 apresenta comparativo de custos de materiais ecológicos (cabedal em couro reconstituído, forro em malha de bambu) e componentes tradicionais (cabedal em couro bovino e forro em laminado sintético).

**Tabela 1 - Comparativo – Custos de matéria-prima**

LINHA REF. MODELO REF. FORMA	Peep Toe Eco/Trad. JL9 2953			Relação Eco/Trad. %
		Ecológico	Tradicional	
MATERIAIS				
CABEDAL 1		2,33	3,34	69,93
CABEDAL 2		0,81	1,17	69,93
CABEDAL 3		0,25	0,36	69,93
FACHETA SALTO		0,65	0,94	69,93
FACHETA PALMILHA		1,13	1,62	69,93
FORRO		0,53	0,93	56,21
SOBREPALMILHA		0,62	0,89	69,93
SUADOR		0,63	0,90	69,93
ESPUMA		0,02	0,06	32,63
PALMILHA		1,35	1,59	85,00
SALTO		1,55	0,39	395,43
TACO-		1,56	1,48	105,71
SOLA		0,44	1,11	39,47
CONTRAFORTE		0,70	0,62	114,29
INSUMOS		2,64	2,64	100,00
<b>TOTAL R\$</b>		<b>15,23</b>	<b>18,03</b>	<b>84,47%</b>

Valores em R\$ e sem impostos

Fonte: Autor

Observações relevantes:

Os valores são referentes apenas às matérias-primas, sendo que os custos dos processos de fabricação não fizeram parte da análise. Porém é válido ressaltar que, salvo o tacão e o salto, os processos utilizados foram os mesmos adotados para os calçados/componentes apresentados.

Os tempos envolvidos nos processos não foram computados, porém o tempo do processo de aplicação de adesivos à base de solvente é inferior

àquele necessário para o adesivo à base de água; no entanto, esse último tem melhor rendimento, segundo o fornecedor do adesivo Killing.

a) Fatores favoráveis (Custos)

- O cabedal em couro reconstituído apresentou-se 30,07% mais barato que o cabedal em couro bovino curtido em cromo;
- O custo do forro em fibra de bambu foi 43,79% inferior ao do forro em laminado sintético;
- A espuma à base de soja apresentou um valor de 67,37% inferior que o valor da espuma tradicional (Látex);
- A palmilha em palha de arroz apresentou um preço 15% inferior que a palmilha tradicional em papelão;
- A sola em raspa de couro apresentou um custo quase 60% inferior do que o da sola tradicional confeccionada em termoplástico micro (nome comercial);
- A cola à base d'água, apesar de mais cara, tem um rendimento superior à cola à base de solvente, tornando-se equivalente na relação custos x rendimento ( $R\$/m^2$ ), segundo o fornecedor do adesivo Killing.

b) Fatores desfavoráveis (Custos)

- A matéria-prima do salto em PU à base de óleo de mamona apresentou-se 295,43% mais elevada que a matéria-prima do salto em ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno);
- A matéria-prima do taco em óleo de mamona revelou-se 5,71% superior que o valor da matéria-prima do taco em Poliuretano (Petróleo), mas é válido ressaltar que este fator poderá ser compensado, devido a uma diferença no processo de produção, pois para o derivado de petróleo é necessária a utilização de estufa. O fabricante optou por não informar o tempo, pois se trata de um segredo industrial. Já para a fabricação do salto/tacão em PU à base de óleo de mamona o processo se dá em temperatura ambiente, em aproximadamente 4 horas;

- O Contraforte em óleo de mamona apresentou custo mais elevado (14,29%) do que o contraforte tradicional, e além de não ter sido rígido o suficiente para exercer a função.

#### 4.2.2. Sandália rasteira

A palmilha da sandália rasteira foi produzida com material à base de palha de arroz, e cordões de amarração em algodão. Os adornos e o salto foram desenvolvidos em bambu, e ainda, a sobrepalmilha e o solado foram confeccionados com PU à base de óleo de mamona. No entanto, com maciez maior, sendo a sobrepalmilha mais macia do que o solado para aumentar a sensação de conforto.

No desenvolvimento da sandália rasteira, o fator principal foi a redução no número de componentes entre solado e cabedal (DfA – *Design for Assembly* – Design para Montagem). Para atender a este quesito desenvolveu-se um monobloco entre o solado e o cabedal, ou seja, os dois componentes formavam uma peça única, produzida em poliuretano à base de óleo de mamona. Na Figura 29, pode-se observar o processo de geração de ideias.

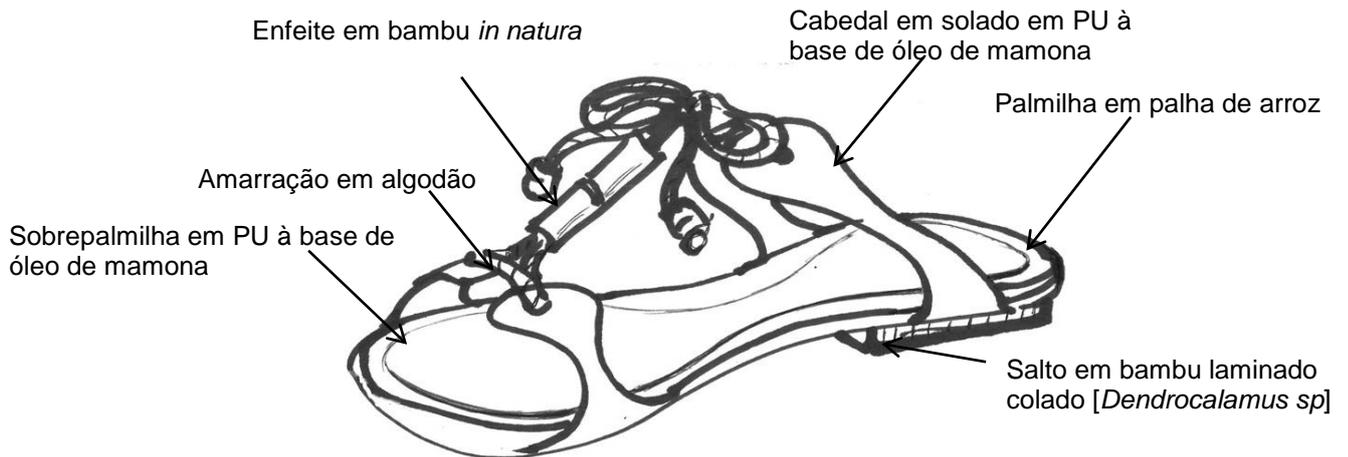
**Figura 29** - Processo Criativo – Desenvolvimento de Sandália Rasteira



Fonte: Autor

Baseando-se no processo criativo, apresentado na Figura 29, foi proposto o desenvolvimento da sandália rasteira confeccionada com materiais alternativos, cujo croqui é apresentado na Figura 30.

**Figura 30-** Croqui - Sandália Rasteira



**Fonte:** Autor

A fôrma (representação do pé) foi encapada e o modelo foi desenhado sobre a mesma. Após esta etapa, o modelo foi planejado e utilizado para corte em placa de poliuretano à base de óleo de mamona, como pode se observar na Figura 31:

**Figura 31-** Peça em PU à base de óleo de mamona (Corte)



**Fonte:** Autor

Houve aproveitamento de material já existente na empresa JR Pengo, pois a placa circular, ilustrada na Figura 31, fazia parte de pesquisa realizada

pela própria empresa, sobre a aplicabilidade do PU à base de óleo de mamona, em mesas para corte de calçados.

**Observação importante:** Para uma produção em escala industrial deverá ser desenvolvido um molde no formato final da peça, dispensando-se o processo do corte, podendo assim reduzir o desperdício de material.

A palmilha foi unida ao solado por meio de adesivo à base d'água, (Kisafix PU 14000 AD - Killing). O sistema de fixação do pé ao calçado, apresentado na Figura 32, foi realizado por meio de um cordão de algodão, detalhe (enfeite) em bambu natural,. Apresenta-se, na Figura 33, o detalhe do salto em bambu laminado colado.

**Figura 32-** Sandália rasteira



**Fonte:** Autor

**Figura 33 -** Detalhe do salto em bambu laminado colado



**Fonte:** Autor

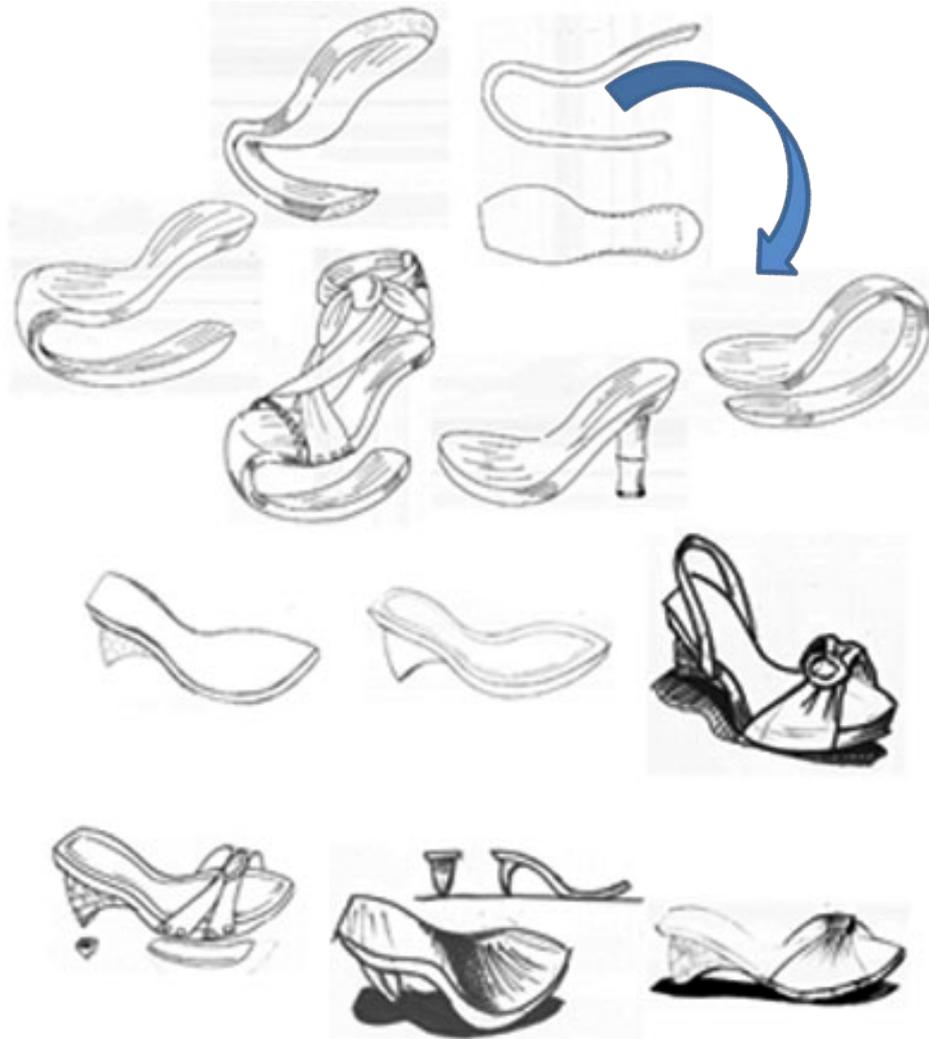
Iniciou-se o estudo do desenvolvimento da sandália plataforma (Anabela), com enfoque no design para desmontagem; neste caso, tanto a

palmilha quanto o salto foram desenvolvidos em bambu laminado colado, e a união entre o salto e a palmilha deu-se por meio de parafusos.

#### 4.2.3. Sandália salto plataforma (Anabela)

A seguir, serão descritos os processos do desenvolvimento do calçado denominado “sandália plataforma (Anabela)”. A Figura 34 apresenta o processo criativo da sandália plataforma Anabela.

**Figura 34** - Processo criativo - Desenvolvimento da sandália plataforma Anabela

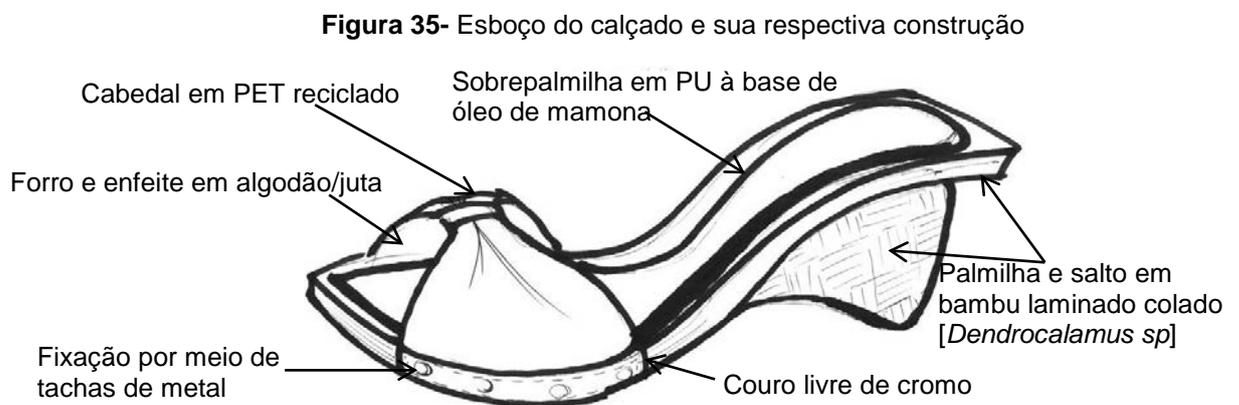


**Fonte:** Autor

Em substituição ao PU de óleo de mamona como material principal para confecção da construção do salto plataforma, iniciou-se um estudo sobre a possibilidade de utilização do bambu, apresentado na Figura 35. Ao tratar-se

de materiais alternativos, o bambu apresenta excelentes propriedades, é natural e renovável, e é um ótimo sequestrador de carbono possibilita a utilização de mão de obra familiar, ou de rápida capacitação.

Embora os principais materiais utilizados na confecção de saltos plataformas sejam derivados de petróleo, é válido ressaltar que a madeira também é utilizada na confecção dos mesmos elementos. O processo utilizado na fabricação do salto em BLaC é semelhante ao empregado no processamento da madeira, no qual é utilizado maquinário de marcenaria tradicional.



Fonte: Autor

A seguir, apresenta-se o descritivo do calçado completo apresentado na Figura 35:

- Palmilha em BLaC em formato bico folha;
- Salto em aproveitamento do resíduo da palmilha BLaC, unindo-se por meio de parafusos formando um monobloco com a palmilha, resultando em um salto plataforma confeccionado em BLaC;
- Enfeite em BLaC;
- Cabedal em PET reciclado;
- Sobrepalmilha em PU à base de óleo de mamona;
- Capa e sola em PU à base de óleo de mamona.

Para esse desenvolvimento foram seguidas as etapas necessárias para obtenção das lâminas de bambu, descritas em Pereira & Beraldo (2008).

Para a prototipagem do salto em BLaC, foi necessário o desenvolvimento de um molde (Figura 36) adaptado à curvatura do pé. Este molde foi desenvolvido por meio de uma fôrma nº 35, utilizada na linha de produção da Daleph Calçados, indústria pertencente ao APL de Jaú- SP.

**Figura 36-** Desenvolvimento do molde seguindo a fôrma



**Fonte:** Ventura *et. al.* (2012)

Para a curvatura do bambu laminado, foi necessário o desenvolvimento de um molde macho-fêmea aquecido, como visto na Figura 37.

**Figura 37-** Molde para prensagem a quente das lâminas de bambu



**Fonte:** Ventura *et. al.* (2012)

Após a prensagem, as peças foram unidas com auxílio de cavilhas, coladas e prensadas com grampos manuais. Na peça resultante da prensagem

foi feito o desenho da palmilha e sucedeu-se o processo de marcenaria, envolvendo corte e lixamento (Figura 38).

**Figura 38-** Recorte da peça de BLaC no formato da palmilha



**Fonte:** Ventura *et. al.* (2012)

Para confecção da parte inferior do salto plataforma foi realizado um trabalho de marchetaria com pequenas peças de BLaC, refugo das colagens das peças da palmilha, para formar uma superfície apresentando diversas texturas do material.

A parte da palmilha foi fixada ao salto, por meio de parafuso, e o protótipo recebeu acabamento com verniz PU à base de óleo de mamona para proteção contra ação de fungos e umidade. A plataforma do protótipo é apresentada na Figura 39 e o protótipo finalizado é apresentado na Figura 40.

**Figura 39-** Plataforma Anabela em bambu laminado colado



**Fonte:** Ventura *et. al.* (2012)

**Figura 40-** Sandália plataforma Anabela finalizada



Fonte: Autor

### 4.3. Teste de Calce

Os testes de calce dos modelos de calçado de salto alto e sandália plataforma são apresentados na Figura 41. O teste de calce da sandália rasteira é apresentado na Figura 42; neste modelo, foram realizados dois tipos de amarrações.

**Figura 41-** Teste de Calce - salto alto e sandália plataforma Anabela



Fonte: Autor

**Figura 42-** Teste de calce sandália rasteira – amarrações distintas



Fonte: Autor

As três consumidoras de calçados femininos que realizaram os testes de calce atestaram ausência de desconforto, isto é, consideraram como confortáveis os protótipos apresentados (calçado de salto alto, sandália plataforma e sandália rasteira).

É válido ressaltar sobre um comentário feito por uma das usuárias, com relação à sandália plataforma Anabela, segundo ela o “modelo em bambu é muito, muito mais leve que os calçados tradicionais, produzidos em plataforma de madeira”.

Após a realização dos testes de calce, iniciou-se uma análise da percepção de 30 consumidoras do Território de Calçados de Jaú.

#### 4.4. Percepção por parte de consumidoras

Segundo 75% das entrevistadas o bambu apresenta características estéticas únicas, naturais, além da vantagem de ser mais leve do que a madeira. Quando as entrevistadas foram questionadas sobre a percepção ao observar o calçado, responderam como apresentado na Tabela 2:

**Tabela 2** - Percepção das entrevistadas ao contato visual e tátil

Descritor	Consumidoras	%
Bonito	10	33
Exótico	8	27
Inovador	8	27
Feio	2	6
Desinteressante	2	7

Fonte: Autor

O consumidor está se conscientizando da relevância das questões sobre a sustentabilidade do planeta, e uma parcela do mercado, denominada Eco consumidora, está disposta a pagar mais pelos produtos ecológicos, ou seja, que causem menor impacto ambiental.

Tratando-se dos modelos apresentados no estudo: 63% das entrevistadas afirmaram que gostariam de comprá-lo; 20% pagariam até 20% mais caro por determinados produtos ecológicos; e ainda, 15% questionaram sobre os custos do protótipo.

Os fatores positivos na percepção das entrevistadas foram superiores aos fatores negativos. Os materiais de fontes renováveis, como bambu e PU à base de óleo de mamona, foram aprovados tanto na estética como no fator de inovação. Este é outro fator positivo, pois o Brasil tem grande potencial no plantio da mamona e na produção industrial de seus derivados, o mesmo valendo para o bambu.

#### **4.5. Percepção por parte de empresários APL Jaú**

Um empresário que produz cerca de 1000 pares diários acredita que o bambu possa vir a ser a “madeira do futuro”, pois existe um mercado que procura plataformas em madeira e também enfeites naturais. O bambu pode vir a ser a solução, pois a madeira está cada dia mais escassa e cara, e o bambu tem rápido crescimento e alta resistência mecânica. Esse mesmo empresário ressaltou a existência de um mercado mais “naturalista”, que pode pagar um pouco a mais pelo produto, se o mesmo causar um menor impacto ao meio ambiente.

Outro empresário, que produz cerca de 3000 pares diários, questionou o custo, e se o país dispõe de tecnologia para se produzir estes modelos (principalmente o salto plataforma em bambu) em escala industrial, pois o mesmo gostaria de inserir tal modelo em sua linha de produção.

O mesmo fabricante acredita que este tipo de desenvolvimento poderá ser visto nas ruas em aproximadamente 10 anos - “é uma pesquisa para o futuro, se hoje temos tantas alternativas para os produtos de uso é porque ocorreram pesquisas e planejamento no passado”, afirmou o empresário.

Segundo um empresário responsável pela produção de 1700 pares por dia, “o futuro é a sustentabilidade”, e ainda complementou que “os protótipos apresentados enchem os olhos”. Em relação aos materiais que mais se destacaram, apresentam-se o bambu e o PU à base de óleo de mamona. Ainda, segundo esse empresário, seria interessante uma abordagem de custo, tanto de matéria-prima como do processo produtivo em escala industrial.

O bambu inspira uma estética atual, muito natural, e é interessante por que não precisa haver padrão industrial, segundo o empresário supracitado, atualmente prega-se a não igualdade entre os pares de calçados. Este fato

pode ser visualizado na Copa do Mundo de 2014, realizada no Brasil. Com relação ao PU à base de óleo de mamona chamou-lhe a atenção o fato desse material poder ter diferente densidade, um mais macio para sobrepalmilha e outro mais rígido para solado.

Interessante... quando apertado ele suporta uma carga x e após alguns segundos ele amortece, é diferente da espuma atualmente utilizada, este (o óleo de mamona) parece-me realmente um amortecedor (Empresário durante entrevista).

#### Observações:

Quando indagados sobre o motivo da não utilização de adesivos à base d'água em suas empresas os três empresários entrevistados foram unânimes:

- Segundo os empresários, o principal motivo é a falta de mão de obra qualificada;
- Atualmente há dificuldade no treinamento, na capacitação da mão de obra, e há necessidade de uma mudança cultural;
- O tempo no processo produtivo (secagem) do adesivo à base d'água é superior ao tempo do adesivo à base de solvente.

Por exemplo:

O sistema de aplicação do adesivo à base de solvente é diferente daquele à base d'água, sendo necessária uma adequação de uma mão de obra que produz praticamente da mesma forma há mais de 50 anos. Este treinamento implica em mudança nos processos de colagem e isto leva tempo, mas um empresário comentou que acredita que este fator (adesivo à base d'água e produtos menos impactantes ao meio ambiente) são caminhos sem volta.

#### **4.6. Análise dos protótipos por parte do pesquisador**

Após a confecção dos protótipos, a aplicação dos testes de calce e avaliação dos protótipos por parte de empresários e de consumidores do APL de Jaú, realizou-se uma análise dos protótipos, apresentado no Quadro 5, sob os mesmos parâmetros utilizados na análise de produtos similares:

**Quadro 5 - Análise dos Protótipos**

<b>Modelo do Calçado</b>	<b>Salto alto</b>	<b>Salto Plat. Anabela</b>	<b>Sandália rasteira</b>
Design para Montagem	6	8	9
Design para Desmontagem	2	9	8
Matérias Primas ecológicas	7	9	9
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>26</b>	<b>26</b>

Fonte: Autor

Obs: Os critérios de design para montagem/desmontagem, e matérias-primas ecológicas foram abordados na revisão bibliográfica.

Pode-se avaliar no Quadro 5 que o modelo sandália rasteira alcançou pontuação superior aos demais. Em sua construção forma-se um monobloco entre solado e cabedal, reduzindo-se assim o número de componentes, e além do material utilizado nesse monobloco ser de fonte renovável e biodegradável.

O modelo sandália plataforma Anabela destacou-se no design para desmontagem, pois a união do salto com palmilha é feita por meio de parafusos. Além disso, o cabedal foi unido por meio de tachas, a fim de facilitar a desmontagem tanto para manutenção quanto para reciclagem de seus componentes após o uso.

O modelo calçado de salto alto utilizou-se dos mesmos processos produtivos de um calçado tradicional, tendo sido alteradas apenas as matérias-primas aplicadas.

#### **4.7. Resultados complementares – Ensaio físico-mecânicos**

Foram realizados ensaios físico-mecânicos a fim de verificar a aplicabilidade técnica de:

- componentes (saltos e tacos) confeccionados em PU à base de óleo de mamona, e ainda,
- adesivo em PU à base de óleo de mamona para confecção de bambu laminado colado.

##### **4.7.1. Confecção de salto de calçado feminino**

O resultado estético do salto foi satisfatório, pois, o componente, apresentado na Figura 43, exibiu boa aparência em forma e brilho.

**Figura 43-** Imagem A = salto em PU vegetal e B = salto em PS



Fonte: Autor

#### **4.7.2. Comparativo: Preço de compra e peso de matéria-prima**

Para melhor entendimento será descrito como termoplástico o material utilizado no processo de injeção plástica, e PU (Poliuretano) o polímero utilizado no processo por derramamento (vertido).

O preço do PU à base de óleo de mamona é muito superior ao dos polímeros termoplásticos, embora, tenha se mostrado compatível com o preço do PU à base de petróleo, para o processo derramado.

- |                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| • ABS – termoplástico (virgem)    | R\$ 6,70  |
| • ABS – termoplástico (reciclado) | R\$ 4,00  |
| • PS – termoplástico (virgem)     | R\$ 2,90  |
| • PU – petróleo                   | R\$ 24,00 |
| • PU – vegetal                    | R\$ 24,00 |

O salto (ref. 14449) confeccionado com PU à base de óleo de mamona apresentou um peso 26% superior ao mesmo salto confeccionado em PS.

- Salto em PS = 25 g
- Salto em PU vegetal = 31,5 g

#### 4.7.3. Comparativo de produtividade entre processos de produção

Para a realização do ensaio com PU à base de óleo de mamona, pelo processo de injeção, seria necessário realizar o derramamento da resina num recipiente, e após a cura seria necessária a trituração do polímero para poder ser termo ativado na injetora.

Esse processo tornou-se inviável, portanto, os testes foram realizados por derramamento. Nota-se que a produtividade não é elevada, pois o processo de derramamento realizou-se em 900 segundos, enquanto o processo de injeção de um salto em PS realizou-se em 35 segundos.

#### 4.7.4. Determinação da deformação de tacos em PU vegetal (compressão)

Segundo a norma NBR 14739:2010, a máxima deformação de tacos em PU após o ensaio é de, no máximo, 10%. Ainda segundo a norma, a deformação após 24 h de descanso é de, no máximo, 5%. No Quadro 6, apresentam-se os resultados dos ensaios:

**Quadro 6** – Deformação de tacos em PU à base de óleo de mamona

Amostra	Deformação (%) logo após teste	Deformação (%) após 24 h de descanso
1	15,75	6,1
2	14,46	4,4
3	14,37	6,0

Fonte: Autor

Com respeito à norma 14.739:2010, observa-se, no Quadro 9, que a deformação após 100.000 ciclos encontra-se acima da permitida pela norma de ABNT. Além disso, a deformação após 24 h de descanso também se encontra acima do desejável, porém, próxima do padrão estabelecido pela norma supracitada.

Como intuito de avaliar a aplicabilidade do PU à base de óleo de mamona em componentes para calçados, optou-se por verificar também o desgaste por abrasão sofrido pelo material.

#### 4.7.5. Determinação da resistência ao desgaste de tacos em PU

Após os testes realizados, a abrasão por desgaste foi de, aproximadamente,  $550 \text{ mm}^3$ , sendo que este número se mostrou acima do estipulado pela norma de referência. Segundo a norma, tacões e materiais para tação fabricados com composições à base de Poliuretano PU, com carga sobre os corpos-de-prova, durante o ensaio de 10 N, são considerados, quanto ao desgaste por abrasão:

- **Muito Bom:** Quando apresentarem um resultado de **até  $70 \text{ mm}^3$** ;
- **Bom:** Quando apresentarem um resultado de **até  $80 \text{ mm}^3$** ;
- **Suficiente:** Quando apresentarem um resultado de **até  $130 \text{ mm}^3$** ;
- **Não utilizar:** Quando apresentarem um resultado **superior a  $130 \text{ mm}^3$** .

Pode-se avaliar que os corpos de prova confeccionados em PU à base de óleo de mamona apresentaram desgaste por abrasão superiores ao padrão considerado suficiente pela norma NBR 15190:2.005 – DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO DESGASTE POR PERDA DE VOLUME.

#### 4.7.6. Análise de adesivo de PU à base de óleo de mamona aplicado ao BLaC

Os resultados dos ensaios de tração e cisalhamento (PU à base de óleo de mamona), foram comparados com aqueles obtidos por Pereira (2006), apresentados nos Quadros 7 e 8.

Pereira (2006) realizou ensaios utilizando-se Adesivos como: Cascorez 2590 e Waterbond.

**Quadro 7 - Tração na Lâmina de Cola**

Amostra	Cascorez 2590	Waterbond	Óleo de mamona
Média (MPa)	2,82	1,62	2,21
Desvio Padrão (MPa)	0,47	0,28	0,31
Coef. de variação (%)	16,7	17,2	14,29

Fonte: Adaptado de Pereira (2006)

**Quadro 8 - Cisalhamento na Lâmina de Cola**

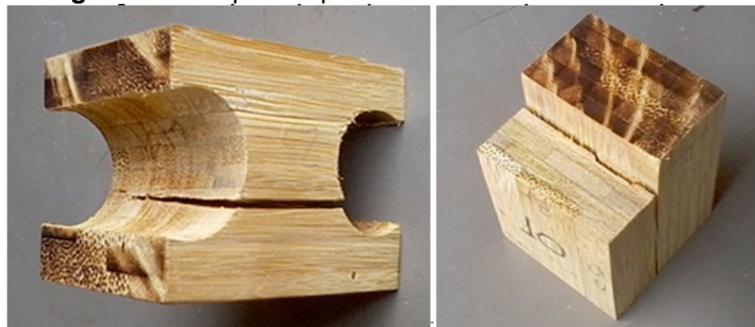
Amostra	Cascorez 2590	Waterbond	Óleo de mamona
Média (MPa)	8,11	7,03	4,87
Desvio Padrão (MPa)	1,20	0,74	1,49
Coef. de variação (%)	14,50	10,50	30,70

Fonte: Adaptado de Pereira (2006)

É válido destacar que fatores como: tempo de prensagem; gramatura do adesivo; temperatura e pressão podem influenciar os resultados, portanto, fica difícil a comparação entre os adesivos em questão.

A Figura 44 apresenta o padrão de rompimento observado nos corpos de prova testados, notando-se que o rompimento ocorreu próximo à linha do adesivo e com deslocamento do material bambu, provavelmente pelo esforço atuante na linha de adesivo (interface com o bambu).

**Figura 44** - Corpos de prova de bambu laminado colado



**Fonte:** Autor.

Um possível fator que pode ter influenciado os resultados no ensaio de cisalhamento na lâmina de cola, contribuindo para seu resultado inferior em relação aos outros dois adesivos, foi a não utilização de um torquímetro para uniformizar a pressão de colagem durante as prensagens do BLaC, o que pode ter afetado a colagem das lâminas dos corpos de prova.

## 5. CONCLUSÃO

Este estudo desenvolveu calçados femininos por meio da aplicação da Metodologia Ecodesign, tendo sido aplicados novos materiais no processo produtivo calçadista, como por exemplo, PU à base de óleo de mamona e bambu laminado colado.

Os componentes, à base desses novos materiais (PU vegetal e Blac), foram confeccionados por meio de processos produtivos diferentes dos tradicionais utilizados pela indústria calçadista.

Com o propósito de facilitar o entendimento, esta conclusão foi subdividida em: Confeção dos protótipos; Comparativo de custo do modelo de salto alto; Confeção de componentes em PU à base de óleo de mamona; e por fim; Considerações sobre o adesivo à base de PU vegetal aplicado ao Blac.

### **Confeção dos protótipos**

No caso do desenvolvimento do calçado de salto alto, a troca de materiais tradicionais, provenientes de fontes não renováveis, por materiais oriundos de fontes renováveis e recicladas, apresentou estética satisfatória.

O Design para desmontagem (DfD) pôde ser visto no sistema de união entre a palmilha e o salto da plataforma em bambu; o mesmo foi feito por meio de parafuso, o que possibilita a desmontagem, e ainda, o cabedal foi fixado à palmilha por meio de tachas, a fim de facilitar a desmontagem, tanto para manutenção quanto para reciclagem de seus componentes após o uso. O salto plataforma confeccionado em bambu laminado colado apresentou-se leve e confortável, segundo a opinião de modelos de calce.

A aplicação do design para montagem (DfA) foi maior no modelo sandália rasteira, pois a união entre o solado e cabedal resultou em um monobloco, tendo se reduzido a quantidade de componentes, embora seja válido destacar que o sistema de união entre as peças, palmilha e solado/cabedal, foi o colado por meio de adesivo de contato, sendo o mesmo processo utilizado na fabricação tradicional de calçados femininos.

### **Custo do calçado salto alto, mais especificamente o efeito da troca de matéria-prima (tradicional x alternativa):**

As aplicações do ecodesign, utilizando materiais ecológicos na produção de calçados, demonstraram alguns ganhos possíveis de mensuração na fabricação de calçados e que são significativos em termos econômicos, sociais e ambientais. Os não mensuráveis, são os prejuízos ambientais e de saúde ocupacional que se acumulam diariamente e acabam inibindo o desenvolvimento sustentável.

Por meio da análise entre os custos de todas as matérias-primas tradicionais e ecológicas, apurou-se que o custo com matéria-prima do calçado feminino ecológico foi 15,43% inferior ao custo do mesmo calçado confeccionado com materiais tradicionais. É válido ressaltar que os processos produtivos adotados na fabricação dos calçados ecológico e tradicional foram os mesmos.

### **Ensaio aplicados em componentes de calçados desenvolvidos em PU à base de óleo de mamona:**

1. O PU à base de óleo de mamona apresentou aparência satisfatória para confecção de saltos, valendo ressaltar que o processo produtivo, tido como derramamento, é lento comparado ao processo de injeção. Além disso, o salto confeccionado em PU vegetal mostrou-se 26% mais pesado do que o salto produzido em derivado de petróleo Poliestireno, sendo este um fator negativo, pois, segundo a Norma NBR 14835:2008, quanto maior o peso do calçado, maior o desconforto do mesmo.
2. O preço do PU à base de óleo de mamona é muito superior dos termoplásticos provenientes do petróleo, embora, tratando-se dos tacões confeccionados pelo processo por derramamento, pode-se avaliar que o custo da matéria-prima seja similar entre o PU de petróleo e vegetal no processo vertido. Os primeiros testes realizados em corpos de prova produzidos com o PU vegetal resultaram num grau de deformação após 24 h muito próximo do padrão estipulado pela norma NBR 14739:2010.

3. Com relação ao desgaste por abrasão pode-se afirmar que serão necessárias novas formulações em PU à base de óleo de mamona, e até mesmo devendo ocorrer a mistura de materiais de reforço no composto, como por exemplo, raspas de bambu.

É válido ressaltar que não existem normas técnicas específicas para o PU à base de óleo de mamona, tendo sido os dados coletados nos ensaios físico-mecânicos comparados à Norma Regulamentadora para o material poliuretano, porém para derivados do petróleo.

**Observação importante:** Uma vez estes materiais testados, se houver interesse por parte das indústrias, outras normas e certificações deverão ser testadas antes de entrar em produção de alta escala, sendo válido ressaltar que este não foi o objeto deste estudo.

#### **Ensaio aplicado em adesivo em PU à base de óleo de mamona e Bambu laminado colado:**

O Laminado produzido com PU à base de óleo de mamona demonstrou boa resistência mecânica com relação ao teste de Tração na Lâmina de Cola, apresentando resultados superiores ao adesivo Waterbond e ligeiramente inferiores ao adesivo Cascorez 2590. Com relação ao Cisalhamento na Lâmina de Cola, o adesivo em PU à base de óleo de mamona apresentou valores inferiores aos demais adesivos utilizados para comparação. Além dos resultados mensuráveis apresentados nos testes, a ruptura na lâmina observada nos corpos de prova confirma a existência de ligação eficiente bambu-adesivo, pois em algumas peças a ruptura ocorreu na lâmina de bambu e não na lâmina de adesivo.

Os resultados, ainda preliminares, sugerem a possibilidade de utilização do adesivo (PU) à base de mamona para a confecção do BLaC, justificando a continuidade dos estudos com este adesivo.

## 6. DESDOBRAMENTOS

Este estudo apresentou a aplicabilidade do ecodesign à produção de calçados femininos, objetivando despertar interesse em uma aplicação industrial de tacos/saltos confeccionados à base de PU (óleo de mamona). Para tal será necessário o desenvolvimento de um termoplástico, de forma que o material possa ser processado em equipamentos convencionais tais como injetora e extrusora, podendo assim aumentar a capacidade produtiva de componentes fabricados em PU à base de óleo de mamona em caso de processo industrial. Este material deverá ser um compósito de PU à base de óleo de mamona, ou seja, uma mistura de materiais que aumente a resistência à abrasão e diminua o peso do objeto confeccionado com este compósito.

O contraforte, produzido em poliéster e PU vegetal, apresentou-se muito flexível, porém, segundo o fornecedor do poliuretano à base de óleo de mamona, podem ser realizadas outras formulações mais rígidas, e ainda, a malha de poliéster pode ser substituída por uma malha em juta natural. Ainda sobre o PU vegetal, novos estudos deverão ser aplicados no quesito resistência à flexão, a fim de evitarem-se rupturas. Cumpre ressaltar que o desenvolvimento de novos materiais não foi foco deste estudo.

Poderão ser confeccionados, por meio de usinagem, saltos e ornamentos em bambu laminado colado. Este processo pode garantir uma padronização nas peças, e ainda, podem-se carbonizar determinadas lâminas de bambu, tornando-as marrom, fazendo um laminado composto por cores escuras e claras, podendo apresentar estética diferenciada. No entanto, é válido ressaltar que serão necessários testes de tração, a fim de verificarem-se possíveis sistemas de fixação, entre palmilha e salto, por meio de parafusos.

## REFERÊNCIAS

ADESIVOS KILLING. **Adesivos à base de água**. Disponível em: <http://www.killing.com.br> Acesso em: 09 nov 2012.

ALADDIN GARRAFAS TÉRMICAS. **Garrafa Térmica Aladdin**, 2011. Disponível em: [http://www.aladdin.com.br/sites/default/files/imagecache/listagem/caixas/image\\_m/03506-01.jpg](http://www.aladdin.com.br/sites/default/files/imagecache/listagem/caixas/image_m/03506-01.jpg). Acesso em 13 set 2011.

AMBRÓSIO J. D.; COSTA L. C.; MARINELLI A. L.; OTAGURO H; Contador Jr O. **Desenvolvimento de compósitos de couro reciclado com termoplásticos em extrusora com rosca simples**. In: Anais do 10º Congresso Brasileiro de Polímeros, Foz do Iguaçu, Out, 2009.

AMÉRICO, L. Ecodesign e a utilização dos materiais alternativos renováveis: O Bambu e a sua inter-relação com o design. In: **Anais do 2º Simpósio Brasileiro de Design Sustentável (II SBDS)**, Rede Brasil de Design Sustentável – RBDS, São Paulo, 2009.

ARCHETTI, E. M. E. ; SALVADOR, N. N. B. Minimização dos resíduos industriais em Franca. In: Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental – Gerenciamento de resíduos e certificação ambiental, 2, 1998, Franca. **Anais...**Franca: [s.n.],1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 7190: **Projeto de Estruturas de Madeira**. 1997.

\_\_\_\_\_, NBR 10455: **Climatização de materiais usados na fabricação de calçados e correlatos**. 2006.

\_\_\_\_\_, NBR 14737: **Determinação da densidade**. 2001.

\_\_\_\_\_, NBR 14739. **Determinação da massa do calçado**. 2010.

\_\_\_\_\_, NBR 14835. **Determinação da massa do calçado**. 2008.

\_\_\_\_\_, NBR 15190: **Determinação da resistência ao desgaste por perda de volume**. 2005.

BARELLI, B.G.P. **A Tecnologia na Confecção de Protótipos em Bambu Laminado Colado na Unesp Bauru**. 2008. 122 f. Design Arte e Tecnologia – Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Design, Unesp - Bauru, 2008.

BARROS JUNIOR, G.; GUERRA, H. O. C.; CAVALCANTI, M. L. F.; LACERDA, R. de. **Consumo de água e eficiência do uso para duas cultivares de mamona submetidas a estresse hídrico**, 2007. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v12n4/v12n04a03.pdf>>. Acesso em: 28 Abr. 2011.

BAXTER, M. **Projeto de Produto: Guia prático para o design de novos produtos**. – 2ª Edição –São Paulo: Blucher, 2008 260 p.

BOS, A. **Barreiras técnicas ao comércio internacional de couros e calçados**. 2006. 174 f. Dissertação apresentada ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, para obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental, São Paulo, 2006.

BRASIL. Decreto-**Lei** nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, Art. 1º, 2 ago. 2010. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm). Acessado em: 17/09/2013.

CALÇADOS. **Chinelo ou rasteira**, 2013. Disponível em: <[www.net\\_a\\_porter.com](http://www.net_a_porter.com)> . Acesso em 29/08/2013.

\_\_\_\_\_, **Tamanco com salto anabela**, 2013. Disponível em: <[www.net\\_a\\_porter.com](http://www.net_a_porter.com)> . Acesso em 29/08/2013.

\_\_\_\_\_, **Salto alto**, 2013. Disponível em: <[www.net\\_a\\_porter.com](http://www.net_a_porter.com)> . Acesso em 29/08/2013.

\_\_\_\_\_, **Calçado feminino detalhado**, 2012. Disponível em:<[www.salto15.com.br](http://www.salto15.com.br)>. Acesso em 15/03/2012.

CANGEMI, J. M. **Biodegradação do poliuretano derivado do óleo de mamona**. 2006. 142 p. Tese de Doutorado – Instituto de Química de São Carlos, da Universidade de São Paulo. 2006. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75132/tde-26042007-091940/publico/JoseMarceloCangemi.pdf> > Acesso em 11/03/2012

CARDOSO JUNIOR, M. L. **Recomendações para projetos de piso de bambu laminado colado – BLC**. 2008. 163 f. Dissertação de Mestrado – Engenharia Ambiental Urbana – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.

CONTADOR JÚNIOR, O. **Tecnologia e Proteção Ambiental nas indústrias de couro e calçados da região de Jaú – SP**. 2004. 178 f. Dissertação de Mestrado - Centro Universitário de Araraquara, Araraquara, 2004.

CORAL, E. **Modelo de Planejamento Estratégico para a Sustentabilidade Empresarial**. 2002. 233 f. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis – SC, 2002.

COSTA, H. M. da; RAMOS, V. D.; ABRANTES, T. A. S.; CASTRO, D. F. de; VISCONTE, L. L. Y.; NUNES, R. C. R., FURTADO, C. R. G. **Efeito do Óleo de Mamona em Composições de Borracha Natural Contendo Sílica**, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/po/v14n1/19869.pdf>>. Acesso em: 28 Abr. 2011.

COSTA, T. C.. **Características Físicas e Físicoquímicas do óleo de duas cultivares de mamona**, 2006. Disponível em: <<http://www.deag.ufcg.edu.br/copeag/dissertacoes2006/DISSERTACAO%20COMPLETA%20-%20Ticianiana%20Leite%20Costa.pdf>> Acesso em: 04 Abr. 2011.

FEBRACE, **Palmilha em palha de arroz**, projeto premiado na 9ª Feira Brasileira de Ciência e Engenharia da POLI-USP - SP, 2011.

FERRÃO, P. **Introdução às estratégias de ecodesign**. 2005. Disponível em: <[www.ecodesignarc.info/servlet/is/522](http://www.ecodesignarc.info/servlet/is/522)>. Acesso em: 06 mar 2010.

FERREIRA, M. dos S. **A função design e a corrente da sustentabilidade: eco-eficiência de um produto**. 2003. Disponível em: <http://webmail.faac.unesp.br/~paula/Paula/funcao.pdf>. Acesso em: 12/09/2012

FRANCHETTI, S. M. M. e MARCONATO, J. C. Polímeros biodegradáveis – Uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos. **Quim. Nova**, Vol. 29, No. 4, 811-816, 2006 Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v29n4/30263.pdf>> Acesso em 10/08/2011.

GARCIA, A. P, BUZARANHO, A, NASCIMENTO, T, R. **Ecodesign: Componentes Ecológicos para Calçados Femininos** – In: Feira Tecnológica do Centro Paula Souza, 5, 2011, São Paulo. **Anais...São Paulo**, [s.n.], 2011.

JOSÉ, F. J; BERALDO, A. L. Tableros de partículas de bambú (*Bambusa vulgaris* Schrad) y resina poliuretana a base de aceite de rícino (*Ricinus communis* L.). **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 259-266, out./dez. 2010. Disponível em <<http://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/download/11416/10592>> Acesso em 24/07/2014

KRIPPENDORFF, K. **The Semantic Turn - a new foundation for design**. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2006. 349 f. ISBN 0-415-32220-0, 2006.

LEITE, T. M. M. **Estudos de Classificação de Resíduos Sólidos Industriais Apresentado na NBR 1004**. Centro Nacional de Tecnologia em Calçados. Franca, 2000.

LOVO, E. e ROSA, T. M - **ECODESIGN: O CALÇADO ECOLÓGICO ECONOMICAMENTE VIÁVEL**. Feira SENAI Paulista de Inovação Tecnológica - Inova SENAI. Escola SENAI “Márcio Bagueira Leal”. Franca, 2007

Disponível em: <

<http://revistaeletronica.sp.senai.br/index.php/seer/article/view/58/35>> Acesso em 12/03/2011.

MANZINI, E; VEZZOLI, C. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis - os requisitos ambientais dos produtos industriais**. São Paulo: Universidade de São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2011.

MARQUES, B. R.; MARTINS, L. J. R. **Poliuretano derivado do Óleo de Mamona: De Meio Ambiente à Biocompatibilidade**. Lins, SP, 2009.

Disponível em <

<http://www.unisalesiano.edu.br/encontro2009/trabalho/aceitos/CC36939464859.pdf>> Acesso em 23/08/2012.

MATTOS, P.; LINCOLN, C. L.: A entrevista não estruturada como forma de conversação: razões e sugestões para sua análise. **Rev. Adm. Pública**; v39, nº 4:823-847, jul.-ago. 2005

MINISTÉRIO DA SAÚDE (BR). Conselho Nacional de Saúde. Diretrizes e normas regulamentadoras sobre pesquisa envolvendo seres humanos. **Resolução 196**. 1996. Brasília: CNS; 1996.

MURAKAMI, C. H. G.. **Bambu: matéria-prima do futuro**. In Boletim Florestal: Informativo Florestal do Norte Pioneiro, ed. 6, ano 1, dez. 2007. p. 5. Disponível em <[www.forestbrazil.com.br](http://www.forestbrazil.com.br)>. Acesso em 27 set. 2012.

NAIME, R. **Diagnóstico ambiental e sistemas de gestão ambiental**. Novo Hamburgo: Feevale, 2005.

PEREIRA, M. A. dos R. **Projeto Bambu: Manejo do bambu gigante (Dendrocalamus giganteus) cultivado na Unesp/Campus de Bauru e determinação de suas características físicas e de resistência mecânica**. Relatório de Pesquisa Fapesp Processo nº 2003/04323-7, 276p. 2006.

PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. L. **Bambu de corpo e alma**. Bauru: Canal 6, 2008, 240 f.

PRESZNHUK, R.A.O. **Estudo da viabilidade do filtro de carvão de Bambu como pós-tratamento em estação de tratamento de esgoto por zona de raízes: tecnologia ambiental e socialmente adequada**. 2004. 110 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - Pós-Graduação em Tecnologia, Centro Federal de Educação e Tecnologia do Paraná. Curitiba, 2004.

RECICOURO. **Couro reconstituído**. Disponível em:<<http://www.recicouro.com>>. Acesso em: 29/08/2012.

ROCHA, H. M. OLIVEIRA, U R. Sistemática competitiva para o delineamento e desenvolvimento de produtos: um roteiro estratégico para o sucesso das

organizações. XII SIMPEP- Simpósio de Engenharia de Produção, Bauru, nov. 2006. In: SIMPEP, 12, 2006, Bauru. **Anais...** Bauru:[s.n.], 2006.

SCHIMIDT, M. R. **Modelagem Técnica de Calçados** .SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial . Porto Alegre, 2005.

SILVA, E. L. e MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: Laboratório de Ensino à Distância da UFSC, 2005. 138 p. Disponível em: < [http://200.17.83.38/18900196-4B2C-4A9C-AC6D-1AF0BF16FCC1/FinalDownload/DownloadId-15BA1D7A8083E72E68E55FD436AA647E/18900196-4B2C-4A9C-AC6D-1AF0BF16FCC1/portal/upload/com\\_arquivo/metodologia\\_da\\_pesquisa\\_e\\_elaboracao\\_de\\_dissertacao.pdf](http://200.17.83.38/18900196-4B2C-4A9C-AC6D-1AF0BF16FCC1/FinalDownload/DownloadId-15BA1D7A8083E72E68E55FD436AA647E/18900196-4B2C-4A9C-AC6D-1AF0BF16FCC1/portal/upload/com_arquivo/metodologia_da_pesquisa_e_elaboracao_de_dissertacao.pdf)> Acesso em 22/09/2012

SINDICALÇADOS - Sindicato da Indústria de Calçados de Jaú.  
**Caracterização do APL de calçados femininos de Jaú**. Disponível em: <<http://www.sindicaljau.com.br/>> Acesso em 19/08/2013.

VENTURA, F. C.; PERAZZELLI, B.; RODRIGUEZ, E.; PASCHOARELLI, L. C.; MENEZES, M. S. Desenvolvimento de salto plataforma de calçado feminino em bambu laminado.XIX SIMPEP- Simpósio de Engenharia de Produção, Bauru, nov. 2012. In: SIMPEP, 19, 2012, Bauru. **Anais...** Bauru:[s.n.], 2012.

VIEIRA, E. A. e BARBOSA, A S. Práticas tradicionais e de ecoeficiência na indústria de calçados no Brasil. **Revista Eletrônica: Tempo - Técnica - Território**, V.2, N.1, 2011, 25:42

## Apêndice 1

### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

	<p align="center">Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"</p>
<p align="center">Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação</p>	
<p align="center">Departamento de Desenho Industrial</p>	
<p align="center">APLICABILIDADE DA METODOLOGIA ECODESIGN À PRODUÇÃO DE CALÇADOS FEMININOS</p>	

#### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TERMINOLOGIA OBRIGATÓRIA EM ATENDIMENTO A RESOLUÇÃO 196/96 - CNS-MS)

A pesquisa "APLICABILIDADE DA METODOLOGIA ECODESIGN À PRODUÇÃO DE CALÇADOS FEMININOS" tem o objetivo mensurar os aspectos conotativos do Calçado desenvolvido com materiais Ecológicos, através de uma avaliação de diferencial semântico, com o propósito de justificar ou não sua aplicação em escala industrial.

Nenhum dos procedimentos será invasivo e não causará nenhum desconforto ou risco à sua saúde, tendo em vista que as atividades a serem realizadas compõem sua atual prática profissional. Em caso de dúvidas, você será totalmente esclarecido pelos responsáveis da pesquisa, antes e durante a realização do experimento, além da possibilidade de entrar em contato por um dos meios divulgados abaixo.

Este "Termo de Consentimento Livre e Esclarecido" atende a Resolução 196/96-CNS-MS e o "Código de Deontologia do Ergonomista Certificado – Norma ERG BR 1002 – ABERGO".

Eu, \_\_\_\_\_,  
RG \_\_\_\_\_ - SSP/\_\_\_\_\_, estando ciente das informações acima lidas, concordo em participar como sujeito da pesquisa "APLICABILIDADE DA METODOLOGIA ECODESIGN À PRODUÇÃO DE CALÇADOS FEMININOS" e entendo que as informações cedidas por mim são confidenciais, autorizando a sua divulgação no meio científico e acadêmico de forma anônima e global, tendo a minha identidade totalmente preservada. Estou ciente de que sou voluntário e, portanto, não receberei nenhum benefício por participar desta pesquisa, bem como não terei ônus algum. Tenho total liberdade para aceitar ou recusar fazer parte deste estudo e sei que a minha recusa, em qualquer momento do experimento, não acarretará nenhum prejuízo para mim.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2013.

<p>Pesquisador: Flávio Cardoso Ventura Rua: R. Júpiter, 1-51 Bairro: Vale do Iguaçu Bauru / SP - CEP 17037-150 Telefone: (14) 99795-4519</p>	<p>Orientador: Dr. Marco Antônio dos Reis Pereira Av. Eng. Luiz Edmundo C. Coube 14-01 Bairro: Vargem Limpa Bauru / SP - CEP 17033-360 Telefone: (14) 3103-8000</p>
--	---