

# Materioteca com Enfoque em Sustentabilidade no Projeto de Novos Produtos

*Materioteca With Sustainability Focus Used In New Products Design*

por Paulo Cesar Machado Ferroli e Lisiane Ilha Librelotto

## RESUMO

Na abordagem atual, a concepção de novos produtos exige a união de fatores técnicos, estéticos, econômicos e ambientais. Neste contexto, a escolha dos materiais e dos processos construtivos passa a ser integrado ao projeto, planejado durante todo o ciclo de vida do produto. A eficácia desta escolha depende da eficiência correlacionada dos fatores anteriormente citados. Encontrar esse conjunto de informações é tarefa árdua e muitas vezes decepcionante. A inclusão da sustentabilidade traz mais uma variável na já complexa equação, de modo que o designer necessita ter, disponível, estudos sobre a sustentabilidade dos diversos materiais existentes. Esse artigo apresenta uma proposta de suprir essa lacuna, mediante a utilização de uma materioteca com um novo conceito, onde além de amostras de materiais e informações técnicas, apresenta um relatório completo sobre a sustentabilidade econômica, social e ambiental de cada material. Os resultados obtidos até o momento da presente pesquisa demonstraram ser possível fornecer aos designers e demais projetistas uma análise da sustentabilidade relativa de cada material em comparação com outros similares, proporcionando um conjunto muito relevante de informações projetuais.

**Palavras-chave:** sustentabilidade, design, protótipos, materioteca.

## ABSTRACT

In the sustainable approach, the design requires the union of technical, aesthetic, economic and environmental factors. The materials choice and construction processes shall be integrated in the project. The life cycle of product must be assessment. The efficacy of the choice materials depends of correlation and integration of the four factors. Finding this set of information is difficult and disappointing. The design for sustainability required information about inputs and outputs. It is necessary to have available studies about the sustainability of the materials. This paper presents a proposal to fill this gap. The use of materials storage with a new concept: a data warehouse of sustainability. This storage must have samples of materials and technical information and must present a full report on the economic, social and environmental performance of each material. The initial results of this research showed were satisfactory. It is possible provide to designers the information about sustainability of each material. This procedure improves the quality of project.

**Keywords:** sustainability; design; prototypes; materioteca.

### Introdução

A sustentabilidade é um dos assuntos mais discutidos atualmente, envolvendo as mais diversas áreas do conhecimento: das ciências sociais aplicadas às engenharias, passando pelas ciências humanas, exatas, etc.. Não somente, mas principalmente no aspecto profissional, estar ciente e atualizado sobre o tema torna-se cada vez mais importante, no sentido de que cada pessoa precisa reconhecer sua parcela de responsabilidade, do que pode fazer para contribuir, independente do tipo de atividade profissional exercida. A sustentabilidade, nesse contexto, trabalha como um elo social, no qual cada ação individual tem efeito compartilhado por todos.

Tanto no meio acadêmico quanto no industrial, o tema “sustentabilidade” tem sido inserido gradualmente, tornando-se recorrente em treinamentos e capacitações das mais variadas espécies: programas de pós-graduação, cursos de aperfeiçoamento, palestras, simpósios, feiras, eventos, etc.. (LIBRELOTTO *et al*, 2012).

O projeto de novos produtos, de acordo com Manzini e Vezzoli (2008) deve, em uma situação ideal, compreender o sistema produto-serviço, não se limitando apenas ao produto físico (definido por material, forma e função). Dessa forma o resultado de um projeto seria um conjunto integrado de produto, serviço e comunicação.

Dentro dessa linha de pensamento os autores destacam que o projeto deve “ligar” o tecnicamente possível com o ecologicamente necessário atuando dentro de quatro níveis de interferência: redesign ambiental de produtos já existentes; projeto de novos produtos para substituição dos atuais; projeto de novos produtos – serviços intrinsecamente sustentáveis; e proposta de novos cenários para um novo estilo de vida sustentável.

Ainda segundo Manzini e Vezolli (2008), no estado atual da atividade projetual, a atuação profissional das pessoas ligadas as áreas projetuais está, quase na totalidade dos casos, restrita aos dois primeiros níveis citados, que, embora útil e necessária, é insuficiente para atingir a sustentabilidade ambiental, garantida apenas pela inclusão dos outros dois níveis. A plenitude representada pela atuação nos quatro níveis é definida como *Design for Sustainability*. Há, portanto, uma necessidade clara de alteração comportamental na atividade de projeto, passando a enfocar mudanças de paradigmas toda vez que se faz o projeto de um novo produto.

Com isso, uma análise das publicações mais recentes da área projetual mostra que há um consenso entre os autores da área, mostrando que a sustentabilidade precisa ser incorporada na atividade projetual, e que deve ser alicerçada (para que tenha efeito permanente e não apenas esporádico ou superficial), na união das três dimensões básicas: econômica, social e ambiental, conhecida como modelo ESA (LIBRELOTTO, 2009).

Logo, sob esse enfoque, o projeto englobando os preceitos da sustentabilidade passa a ser, senão a única, ao menos a mais relevante solução possível para que ocorra a união entre a filosofia da melhoria contínua com a necessidade cada vez maior da preservação dos recursos naturais, qualidade de vida do homem e ao capitalismo vigente.

Desse modo, o presente artigo mostra uma proposta implementada que objetiva con-

tribuir na resolução da problemática abordada, utilizando-se dos resultados já obtidos por outros dois projetos (FERROLI; LIBRELOTTO, 2012-a e FERROLI; LIBRELOTTO, 2012-b), ambos relacionados a construção de uma materioteca, com ênfase na sustentabilidade.

Atualmente, conforme explicam Hauenstein e Kindlein Júnior (2009) existem mais de 90.000 materiais e processos disponíveis para a produção de produtos industriais. Definir, portanto, os materiais e processos fabris mais indicados para um produto é tarefa árdua, onde um dos fatores mais importantes é a disponibilidade de informações. Desse modo, a seleção de materiais está diretamente relacionada com a quantidade e qualidade dos dados disponíveis. É tarefa do profissional projetista (designer, engenheiro ou arquiteto), transformar esses dados disponibilizados em informações úteis que poderão ser usadas durante o projeto.

A inclusão da variável sustentabilidade em uma materioteca traz a principal inovação do projeto relatado neste artigo, no sentido de prover ao pesquisador informações úteis e atuais dos quesitos técnicos de cada material, acompanhado de amplo estudo das variáveis ligadas a sustentabilidade: econômica, ambiental e social. Desta forma, ao utilizar-se da materioteca, além dos dados referentes as propriedades, características, pontos fortes e limitações de cada material, o profissional projetista terá ao seu dispor uma completa análise das implicações ambientais de cada escolha.

### Modelo ESA Adaptado

O presente projeto foi baseado no modelo ESA (Sustentabilidade Econômica, Social e Ambiental), encontrado em Librelotto (2009), e que foi usado inicialmente para análise da sustentabilidade na indústria da construção civil. No referido modelo, através da análise conjunta das pressões do mercado, frente ao desempenho da empresa e de sua conduta, classificaram-se empresas de acordo com termos predeterminados: derrotada, sofrível, indiferente, responsável, oportunista e pioneira. Além da aplicação direta da autora, o modelo foi utilizado em duas dissertações de mestrado, ambas também com foco na construção civil, totalizando três estudos de caso.

De posse dos resultados obtidos, analisando-se a potencialidade demonstrada nos três estudos de caso, Ferrolí e Librelotto (2012-a) aplicaram o modelo ESA na análise da sustentabilidade dos materiais utilizados na confecção de produtos físicos para design (modelos volumétricos e protótipos), adaptando o método conforme a especificidade da área. Desse modo, o eixo de desempenho avaliou o critério econômico da sustentabilidade; o eixo da conduta avaliou o critério ambiental da sustentabilidade e o eixo referente as pressões avaliou o critério social da sustentabilidade. A posição assumida pelo material utilizado no modelo ou protótipo no cubo determinou o grau de “sustentabilidade” segundo uma abordagem ampla, contemplando as três variáveis: econômica, social e ambiental.

A figura 1 mostra as alterações realizadas no modelo ESA com vistas a aplicação específica em modelos volumétricos e protótipos. Os resultados desta pesquisa inicial foram fundamentais para montagem da metodologia de pesquisa utilizada para compor os

dados da materioteca. Observa-se pela figura 1 que os eixos econômico e ambiental foram subdivididos em três partes e o eixo social em duas. O posicionamento se dá através da composição (x, y, z), com escalas de 0 a 10,0.

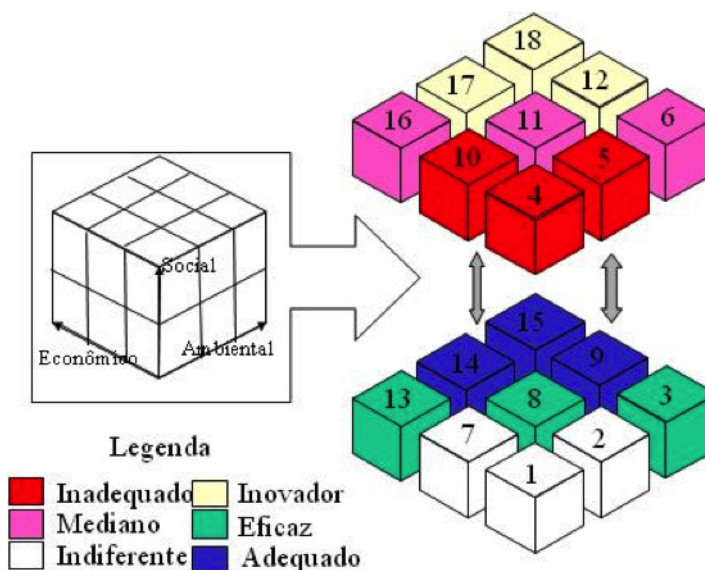


Figura 1. ESA adaptado para análise de modelos e/ou protótipos no design. Fonte: Ferroli e Librelotto (2012).

Para viabilizar o estudo foi realizada uma adaptação das nomenclaturas utilizadas no modelo ESA original (aplicado na indústria da construção civil):

- termo “pioneira” por “adequado”: representa um modelo e/ou protótipo construído dentro de princípios modernos de sustentabilidade, considerando-se os critérios econômico e ambiental onde a questão social não é necessariamente muito forte.
- termo “oportunista” por “eficaz”: representa um modelo e/ou protótipo construído dentro do esperado do ponto de vista econômico e ambiental, em um ambiente social que não apresenta pressões demasiadas.
- termo “indiferente” foi mantido: representa um modelo e/ou protótipo construído em um ambiente com pouca ou nenhuma pressão do ponto de vista social, sendo nele usados materiais considerados normais, sem a ocorrência de preocupação demasiada dos aspectos ambiental ou econômico. No entanto, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental, não foram usados materiais muito caros ou comprovadamente nocivos, ou seja, o modelo não inova, mas também não compromete.
- termo “derrotada” por “inadequado”: representa um modelo e/ou protótipo mal projetado e executado, com custo muito elevado e utilização de materiais nocivos ao meio ambiente.
- termo “sofável” por “mediano”: representa um modelo e/ou protótipo que atende parcialmente a questão ambiental e econômica, em um ambiente onde as pressões sociais são elevadas, ou seja, é um modelo construído com materiais de preço elevado e de difícil reciclagem e/ou reaproveitamento, por exemplo.

termo “responsável” por “inovador”: representa um conceito oposto ao inadequado.

Representa um protótipo construído com materiais pré-selecionados, representando uma boa inovação, atendendo aos requisitos de projeto de forma responsável.

A classificação do protótipo segundo o modelo ESA considera como eixo x, o ambiental; eixo y, o social e eixo z o econômico. O primeiro passo da classificação foi o posicionamento segundo a pressão social, sendo:

Eixo y: notas de 0,0 a 4,9 com possibilidades de modelos adequado, indiferente e eficaz.  
Eixo z: notas de 5,0 a 10,0 com possibilidades de modelos inadequado, mediano e inovador.

O segundo passo da classificação foi o estabelecimento do posicionamento no eixo y (questão social fraca ou forte), sendo que as demais médias funcionaram como pares ordenados (x,z). A classificação fica então da seguinte maneira:

- indiferente: fator econômico de 0,00 a 6,66 associado com um fator ambiental de 0,00 a 6,66;
- eficaz: um dos fatores (econômico ou ambiental) deverá estar com índice entre 6,67 a 10,0 ou ambos no mínimo entre 3,33 a 6,66;
- adequado: ambos os fatores devem estar com pontuação de no mínimo 6,67;
- inadequado: mesma situação numérica que o indiferente, porém neste caso, a pressão social é elevada;
- mediano: mesma situação numérica que o eficaz, porém com pressão social elevada;
- inovador: mesma situação que o adequado, porém com pressão social elevada.

Uma das principais considerações na pesquisa foi a busca de prover empresas de menor porte a soluções em termos de análises da sustentabilidade não muito caras, sem haver a necessidade de aquisição de *softwares* importados ou medições de difícil acesso. Depois de realizar a pesquisa bibliográfica e de campo, os valores estipulados nas planilhas de classificação foram divididos em três grupos principais (originados do modelo ESA) e cada qual subdivididos novamente em dois quesitos básicos:

- Grupo 1 - Fatores Econômicos:
  - A. material de confecção do modelo: preço de aquisição do material (R\$); quantidade de material utilizado (kg); e porcentagem de aproveitamento do material considerando dimensões comerciais disponíveis no mercado (%);
  - B. processo de fabricação: quantidade de ferramentas necessárias (unidades); custo de energia elétrica (kwh x custo do kwh, em R\$); e tempo de fabricação do modelo (minutos);
- Grupo 2 - Fatores Sociais:
  - A. material de confecção do modelo: quantidade de fornecedores na região (unidade); disponibilidade do material, ou seja, tempo de espera para efetivar a compra (dias); e existência na região de materiais alternativos (aproximadamente de mesmo custo) na impossibilidade de uso do material de primeira escolha (sim ou não).
  - B. processo de fabricação: possibilidade de geração de renda para a região, ou seja, se a matéria-prima empregada no modelo é fabricada na região (sim ou não); quantidade de empresas capazes de fabricar a matéria-prima empregada no

modelo na região (quantidade); e capacitação da mão-de-obra na região especializada na produção da matéria-prima empregada na fabricação do protótipo (mediada de observação qualitativa).

- Grupo 3 - Fatores Ambientais:
  - A. material de confecção do modelo: possibilidade de reciclagem do material usado no protótipo (% de material que pode ser reciclado); possibilidade de reaproveitamento do material usado no protótipo (% de material que pode ser reaproveitado); e origem da matéria-prima (virgem, reciclada ou mista).
  - B. processo de fabricação: gasto energético total na fabricação do protótipo (R\$); quantidade de subprodutos sem utilidade gerados no processo fabril (kg); e quantidade de subprodutos que podem ser vendidos para reciclagem ou reaproveitamento gerados no processo fabril (kg).

Na aplicação do ESA, as notas foram atribuídas mediante comparações quantitativas e qualitativas com outros possíveis materiais que poderiam ter sido utilizados para a construção do protótipo, respeitando-se aos requisitos técnicos e estéticos. Observa-se que, para efeito do proposto, o modelo volumétrico ou protótipo desenvolvido com o uso de determinado material foi comparado com outros dois possíveis materiais. Limitou-se em dois somente para efeitos da referida pesquisa, ressaltando-se no entanto que não existem limites determinados para uma aplicação prática.

A proposta foi testada em diversos projetos. A figura 2 mostra um deste projetos, para fins ilustrativos. Neste caso específico, trata-se de um modelo funcional em escala reduzida utilizado para estudar uma proposta de habitação a ser implementada em casos de reassentamentos em comunidades que sofreram catástrofes ambientais.



Figura 2. Demonstração de uso do modelo. Fonte: própria.

Baseando-se nestes resultados preliminares, foram iniciados os procedimentos metodológicos para aplicação do modelo ESA nos materiais disponibilizados na materioteca.

### MONTAGEM DA MATERIOTECA - Procedimentos metodológicos

Na execução do projeto relatado neste artigo, foi utilizada como ponto de partida a

pesquisa bibliográfica para determinação do estado da arte do referido problema, seguida da pesquisa de campo (emprego de técnicas para coleta de dados e determinação de uma possível amostra). Seguiram a isso os procedimentos padrões de síntese das informações, composição de variáveis da sustentabilidade, elaboração dos requisitos de classificação dos materiais em virtude da sustentabilidade, escolha dos grupos de materiais nos quais realizaram-se as análises, testes e procedimentos de validação.

Na parte inicial da pesquisa foi realizada a determinação das variáveis a serem consideradas e seus possíveis desdobramentos, seguido pelos meios de mensuração possíveis. Em virtude da temática abordada foi necessário trabalhar-se com variáveis qualitativas e quantitativas.

Segundo Severino (2007), o procedimento correto nestes casos, é referir-se a pesquisa como de abordagem qualitativa ou abordagem quantitativa, pois, com essas designações pode-se referir-se a diversos conjuntos metodológicos, com ênfase em uma ou outra abordagem. Isso porque dificilmente pode-se concluir uma pesquisa puramente qualitativa ou puramente quantitativa, principalmente na área de ciências sociais aplicadas (desenho industrial).

Os procedimentos metodológicos e estratégias de ação para realização desta pesquisa foram:

1) Definição dos conteúdos de materiais, processos de fabricação e sustentabilidade necessários para a montagem inicial da materioteca.

Considerando-se o grande volume de materiais e processo fabris a eles relacionados, foi utilizada a classificação mostrada no quadro 1, estruturada segundo Lesko (2004) e Ashby e Johnson (2011).

Quadro 1. Classificação dos materiais expostos na materioteca

| Materiais                                |                              |                               |                                 |
|--|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| GRUPO 1: MADEIRAS                        | Naturais                     | Transformadas                 | Para revestimento               |
| GRUPO 2: METAIS                          | Ferrosos                     | Não-ferrosos                  | Ligas metálicas                 |
| GRUPO 3: POLÍMEROS SINTÉTICOS            | Termoplásticos               | Termofixos                    | Elastômeros                     |
| GRUPO 4: CERÂMICAS E VIDROS              | Cerâmicas comuns             | Cerâmicas avançadas           | Vidros                          |
| GRUPO 5: BLENDA E COMPÓSITOS POLIMÉRICOS | Blendas - misturas miscíveis | Blendas - misturas imiscíveis | Compósitos e fibras poliméricas |
| GRUPO 6: MATERIAIS NATURAIS              | Agregados                    | Pêlos e penas                 | Gemas e minérios                |

|                                     |                         |                                       |                  |
|-------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|------------------|
| GRUPO 7: TINTAS E VERNIZES          | Tintas a base de água   | Tintas resinosas                      | Vernizes         |
| GRUPO 8: FIBRAS NATURAIS            | Fibras naturais         | Fibras têxteis sintéticas             | Papéis e papelão |
| GRUPO 9: COMPÓSITOS NÃO POLIMÉRICOS | Concreto                | Outros compósitos                     |                  |
| GRUPO 10: ADITIVOS E CARGAS         | Aditivos para polímeros | Materiais para tratamento superficial | Cargas           |
| GRUPO 11: OUTROS MATERIAIS          | Nanotecnologia          | Materiais com “memória”               |                  |

A classificação proposta no quadro 1 ainda está em estudo e provavelmente sofrerá alterações à medida que novos materiais sejam incorporados na materioteca.

Quanto aos processos de fabricação, foram classificados de modo o mais simples possível, seguindo o proposto por Hudson (2008) e Lesko (2004):

- Grupo 1: Fundição
- Grupo 2: Processos de conformação (líquido, plástico e sólido)
- Grupo 3: Processos de usinagem
- Grupo 4: Processos de união (soldagem, rebites, e outros)
- Grupo 5: Tratamentos térmicos e superficiais
- Grupo 6: Outros processos de fabricação

2) Construção do mapa conceitual dos conteúdos básicos de materiais, processos de fabricação e sustentabilidade.

O mapa conceitual foi sendo formado mediante a interligação dos dados obtidos na pesquisa bibliográfica com os obtidos pela pesquisa de campo. A pesquisa de campo englobou visitas a materiotecas existentes, aplicação de questionários e entrevistas a alunos e professores que utilizam materiotecas (tanto físicas quanto virtuais) e observações práticas nas disciplinas de projeto, especificamente na etapa de detalhamento da alternativa escolhida, quando os grupos de estudantes precisam definir os materiais e processos fabris de suas criações. Através do mapa conceitual foi possível estabelecer algumas relações importantes entre os conceitos fundamentais de materiais, processos de fabricação e sustentabilidade aplicados ao projeto de produtos, propriedades e aplicabilidade sob o enfoque do modelo ESA.

3) Escolha do padrão a ser utilizado para a confecção das planilhas demonstrativas.

Em virtude da grande diversidade de informações disponíveis dos diferentes materiais, foi necessário a elaboração de uma planilha padrão, sem a qual seria muito difícil ao

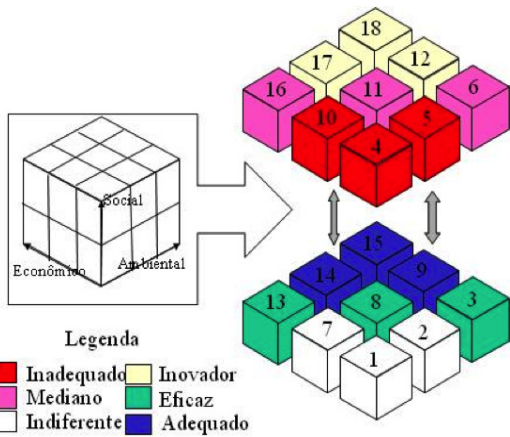


## Materioteca com Enfoque em Sustentabilidade no Projeto de Novos Produtos

projetista fazer a comparação dos quesitos social, econômico e ambiental, inviabilizando a aplicação do ESA. Embora já se tenha definido algumas propostas para o padrão, a grande diversidade de materiais está dificultando essa etapa. O quadro 2 mostra o modelo atualmente utilizado. Objetiva-se ao final das pesquisas em andamento, testar mais adequadamente o modelo atualmente utilizado e fazer as melhorias necessárias.

Quadro 2. Modelo utilizado atualmente na materioteca.

**MATERIOTECA - NULLAM - Banco de Dados da Sustentabilidade dos Materiais**

|   |                    |                 |                        |                                   |  |
|---|--------------------|-----------------|------------------------|-----------------------------------|--|
| Material:   | Grupo:             | Tipo:           | Especificação técnica: | Nomes comerciais:                 |  |
| Propriedades  | Mecânicas:         | Elétricas       | Físicas e térmicas:    | Organolépticas:                   |  |
| Exemplos de uso e aplicações típicas  |                    |                 |                        |                                   |  |
| Análise da sustentabilidade - ESA   | Dimensão econômica | Dimensão social | Dimensão ambiental     |                                   |  |
|  <p><b>Legenda</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: red;">■</span> Inadequado</li> <li><span style="color: pink;">■</span> Mediano</li> <li><span style="color: white;">■</span> Indiferente</li> <li><span style="color: yellow;">■</span> Inovador</li> <li><span style="color: green;">■</span> Eficaz</li> <li><span style="color: blue;">■</span> Adequado</li> </ul> |                    |                 |                        | Considerações da aplicação do ESA |  |

O quadro 2 acompanha cada material exposto na materioteca. Por exemplo, considerando como material básico o aço inoxidável, tem-se:

- material: aço inoxidável (C - Fe - Ni - Cr)
- grupo: austenítico
- tipo: normal
- especificação técnica: AISI 304
- nome comercial: aço inox

Em propriedades mecânicas, são disponibilizados dados como ductilidade, dureza e tenacidade (dentre outras); em propriedades elétricas o projetista irá encontrar dados, por exemplo, sobre resistividade; as propriedades físicas e térmicas englobam densidade, calor específico e condutividade, entre outras e as propriedades organolépticas são mais aplicadas para análise sistêmica do projeto e trazem informações referentes a cor, sabor, odor e brilho.

Em exemplos de uso e aplicações típicas são mostradas fotos do material aplicado em diversos ambientes, com variações de acabamento e tratamentos superficiais.

Na análise da sustentabilidade são relacionados todos os dados pertinentes a cada dimensão. O gráfico ESA é demonstrado com comparação a dois materiais similares, um do mesmo grupo e outro de outro grupo (apenas para exemplificação). Por exemplo, o aço inoxidável AISI 304 apresenta um gráfico ESA de comparação com o aço carbono SAE 1020 fosfatizado e pintado e com o nylon, PA 6.6. Se o usuário desejar obter o gráfico de comparação com outro material deverá preencher os dados dos materiais pesquisados no site, que irá gerar o gráfico. Cabe ressaltar que essa etapa do projeto ainda está em implementação.

#### 4) Aplicação do modelo ESA

Esta etapa se refere a aplicação propriamente dita do modelo ESA em cada um dos materiais da materioteca. Aqui, cada material classificado anteriormente é analisado utilizando-se para isso das planilhas já preenchidas nas etapas anteriores. A apresentação consiste da amostra (ou conjunto de amostras) propriamente dita, relatório individual do material e gráfico demonstrativo. Obviamente não é possível apresentar o gráfico demonstrativo de todas as possíveis combinações, por isso a necessidade da parte virtual da materioteca, onde o projetista poderá fazer as devidas simulações, comparando entre si os gráficos gerados. O relatório individual de cada material é o resultado direto das etapas anteriores, enquanto que os gráficos demonstrativos apresentados servem somente para orientação de procedimento. O gráfico apresenta, ao final, um “índice” da sustentabilidade alcançada por determinado material, que permite ao projetista uma medida quantitativa de comparação, tornando possível a comparação de determinado material com outros, do mesmo grupo ou de grupo distinto, sob o aspecto da sustentabilidade.

### Etapas iniciais do projeto

A materioteca atualmente em construção já possui aproximadamente 120 amostras, com informações atualizadas nas planilhas demonstrativas. O projeto intitulado Nullam - Banco de Dados da Sustentabilidade dos Materiais, atualmente em andamento, deverá suprir a lacuna referente a parte virtual da materioteca, tendo como resultado, além do *website*, a programação incluída que permitirá a elaboração mais simplificada do gráfico ESA. No momento, os gráficos ainda são elaborados utilizando-se o Excel.

Para cumprir-se a etapas iniciais da pesquisa foram selecionados três bolsistas de ini-

ciação científica e criado um grupo específico de pesquisa, que passou a compartilhar as informações coletadas através do Dropbox. Reuniões semanais eram realizadas para verificação das metas preestabelecidas. Foram definidos modelos próprios para apresentação dos resultados das pesquisas bibliográficas e foram intensificados os contatos com possíveis colaboradores para obtenção das amostras físicas da materioteca. O conteúdo passou a ser disponibilizado no site <https://sites.google.com/site/virtuhab/> e foram projetados móveis para que as amostras pudessem ser visualizadas e retiradas, se necessário. A figura 3 mostra um dos móveis projetados para a parte física da materioteca.

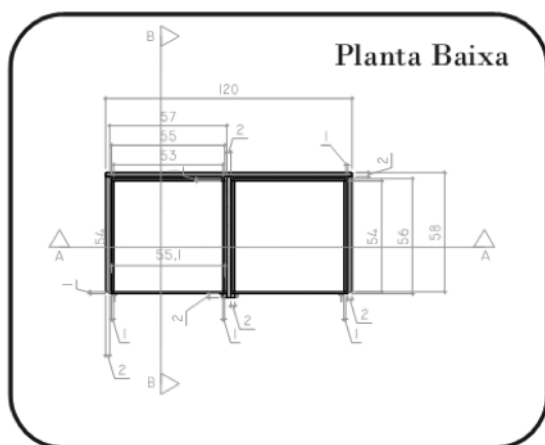


Figura 4 - móvel padrão para uso na parte física da materioteca. Fonte: própria.

Nesta etapa também foi desenvolvida o logotipo da materioteca, conforme ilustra a figura 5.



Nesta etapa também foi desenvolvida o logotipo da materioteca, conforme ilustra a figura 5.

O logotipo desenvolvido surgiu a partir das seguintes palavras chaves: texturas de folhas, aplicação de cores terrosas, reciclado, woodstok (formas orgânicas), FSC e amostras físicas de materiais. A partir das palavras surgiram os conceitos: projeto, sustentabilidade, inovação, auxílio. Esses conceitos se transformaram em formas geométricas com bordas arredondadas, remetendo a seriedade e clareza para o observador. Desse modo, o símbolo indica um caminho e leva o usuário a visualizar um ciclo, que

foi inspirado por galhos de árvores. A figura 6 mostra as fontes e cores usadas.

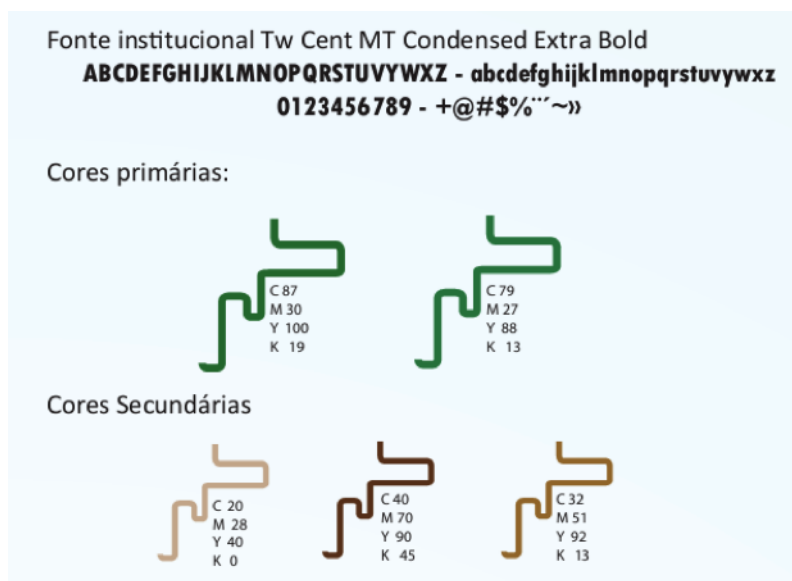


Figura 6. Fontes e cores usadas no logotipo da materioteca. Fonte: própria.

Terminada a etapa inicial, iniciou-se os testes de aplicação do modelo ESA. Na seqüência, esse artigo demonstrará um estudo de caso de comparação utilizando-se o modelo ESA entre três diferentes materiais que foram utilizados na fabricação de um modelo volumétrico para estudo ergonômico.

#### 4. Estudo De Caso - Aplicação Do Modelo ESA - Resultados

Com a finalidade de estudar a aplicabilidade do modelo ESA para análise de materiais, aproveitando-se de dados disponibilizados em pesquisas anteriores (FERROLI; LIBRELOTTO, 2012a e b), optou-se por testar a sustentabilidade relativa de um modelo volumétrico construído com três diferentes materiais: resina de poliéster, massa clay e poliuretano. O molde foi construído em silicone branco e utilizado para todos os modelos. Os materiais foram comprados após um orçamento realizado em três fornecedores e procurou-se conferir todos os dados em mais de uma fonte. A figura 7 mostra o molde construído, o produto utilizado para confecção do molde e os três modelos volumétricos (em preto, resina de poliéster com pigmentação; na cor clara PU e na cor cinza clay). Os critérios utilizados foram descritos no item 2 deste artigo.



Figura 7. Modelos confeccionados para teste do ESA. Fonte: Ferroli e Librelotto (2012).

Considerações sobre os dados:

- o fator E1 refere-se somente ao preço de aquisição do material. Foi pesquisado em três fornecedores. O valor colocado na tabela considera a média dos fornecedores e a porcentagem relativa ao peso de material efetivamente utilizado. A questão do reaproveitamento ou não das sobras é analisada em outro quesito.
- o fator E2 refere-se somente ao peso de material utilizado, que foi medido após confecção do modelo.
- o fator E3 refere-se ao aproveitamento do material com relação a dimensões comerciais. Diferente do que ocorre com materiais disponibilizados em chapas, por exemplo, onde se tem um grande desperdício por cortes e acabamentos, neste caso os materiais utilizados são processados por reações (resina e PU) ou por moldagem de compressão (clay); não há portanto desperdício nos dois primeiros e no clay ocorre uma porcentagem muito pequena de perda, em virtude somente de alguns detalhes de acabamento.
- o fator E4 diz respeito somente ao número de ferramentas empregadas na confecção de cada modelo, e foi simplesmente contada.
- o fator E5 refere-se ao custo gasto com energia, e no caso do presente estudo, o único modelo que gastou energia foi para aquecimento do clay.
- o fator E6 encerra esse primeiro grupo e refere-se ao tempo gasto na confecção de cada modelo. O tempo gasto na confecção do molde, neste caso, foi contabilizado para todos os modelos.

O quadro 3 mostra o resultado da aplicação do modelo ESA segundo os critérios econômicos. Observa-se que a nota utilizada é relativa e subjetiva, em virtude da análise dos três materiais.

Quadro 3. Modelo ESA aplicado - critérios econômicos

| APLICAÇÃO DO MODELO ESA - MODELO VOLUMÉTRICO |           |           |           |             |
|--|-----------|-----------|-----------|-------------|
| CRITÉRIOS ECONÔMICOS                         |           |           |           |             |
|  | Resina    | Clay      | PU        | Nota        |
| E1   | R\$ 32,00 | R\$ 23,45 | R\$ 18,00 | 4,00        |
| E2   | 57g       | 55g       | 36g       | 6,00        |
| E3   | 100%      | 90%       | 100%      | 9,00        |
| E4   | 4         | 7         | 4         | 8,00        |
| E5   | R\$ 0,00  | R\$ 0,55  | R\$ 0,00  | 10,00       |
| E6   | 78 min    | 135 min   | 65 min    | 6,00        |
| <b>Média</b>                                 |           |           |           | <b>7,17</b> |

- o fator S1 contabiliza os fornecedores da região. Considerou-se a região da Grande Florianópolis, incluindo as cidades de São José, Palhoça e Biguaçu.
- o fator S2 trata do tempo de espera que, no presente caso, foi igual para todos.
- o fator S3 verifica a possibilidade ou não da substituição do material verificado por outro semelhante, que tenha disponível na região.
- o fator S4 analisa se há a possibilidade de geração de renda para a região. No caso, nenhum dos materiais é produzido na região considerada.
- o fator S5 analisa a existência, ou não, de empresas capacitadas a fabricar a matéria-prima utilizada na região. No presente caso, também não existe na região nenhuma empresa, apenas revendedores.
- o fator S6 refere-se a existência e capacidade de mão-de-obra para o material considerado. A análise desse fator, pode ser quantitativa, mas no presente caso, foi qualitativa.

O quadro 4 ilustra o resultado de aplicação do modelo ESA segundo os critérios sociais. A aplicação desse critério, utilizando-se os materiais clay, resina e PU mostrou alguns pontos de melhoria fundamentais no ESA adaptado, pois o emprego dos fatores S4, S5 e S6 foram muito limitados. Esses fatores apresentaram bons resultados quando aplicados em amostras de madeiras e metais (materiais mais tradicionais), que mostra a necessidade de sua reavaliação.

Quadro 4. Modelo ESA aplicado - critérios sociais

| APLICAÇÃO DO MODELO ESA - MODELO VOLUMÉTRICO |        |      |    |      |
|--|--------|------|----|------|
| CRITÉRIOS SOCIAIS                            |        |      |    |      |
|  | Resina | Clay | PU | Nota |
| S1   | 2      | 2    | 5  | 4,00 |

## Materioteca com Enfoque em Sustentabilidade no Projeto de Novos Produtos

|    |         |        |         |             |
|----|---------|--------|---------|-------------|
| S2 | 1       | 1      | 1       | 9,00        |
| S3 | Poucos  | não há | Poucos  | 5,00        |
| S4 | Não     | Não    | Não     | 2,00        |
| S5 | 0       | 0      | 0       | 9,00        |
| S6 | Regular | Pouco  | Regular | 7,00        |
|    |         |        |         | <b>6,00</b> |

- o fator A1 analisa a possibilidade de reciclagem do material. No caso, apenas o clay pode ser reciclado para um mesmo destino. As resinas de poliéster e PU são termofixos.
- o fator A2 refere-se a possibilidade de reaproveitamento. Neste caso, o clay pode ser totalmente reaproveitado, enquanto que a resina não e o PU pode ser usado como enchimento, ou seja, reaproveitado em outro tipo de uso.
- o fator A3 analisa a origem da matéria-prima. No caso, utilizou-se matéria-prima virgem em todos os modelos. Apenas o clay poderia ter sido utilizado de forma reciclada.
- o fator A4 calcula o gasto energético total no processamento da matéria-prima. Como os modelos foram construído em escala pequena, esse fator teve um impacto muito pequeno.
- o fator A5 analisa a quantidade de subprodutos sem utilidade gerados. No caso, nenhum dos materiais geram subprodutos.
- o fator A6 analisa a possibilidade de venda dos subprodutos gerados. Neste caso, apenas o clay poderia ser vendido.

O quadro 5 ilustra o resultado de aplicação dos fatores ambientais segundo o modelo ESA.

Quadro 5. Modelo ESA aplicado - critérios ambientais

| APLICAÇÃO DO MODELO ESA - MODELO VOLUMÉTRICO |          |          |          |             |
|--|----------|----------|----------|-------------|
| CRITÉRIOS AMBIENTAIS                         |          |          |          |             |
|  | Resina   | Clay     | PU       | Nota        |
| S1   | 0%       | 100%     | 0%       | 2,00        |
| S2   | 0%       | 100%     | 30%      | 2,00        |
| S3   | virgem   | virgem   | virgem   | 8,00        |
| S4   | R\$ 2,12 | R\$ 1,89 | R\$ 4,23 | 6,00        |
| S5   | 0%       | 0%       | 0%       | 9,00        |
| S6   | 0%       | 100%     | 10%      | 2,00        |
|  |          |          |          | <b>4,83</b> |

## Materioteca com Enfoque em Sustentabilidade no Projeto de Novos Produtos

O mesmo procedimento foi realizado para dar notas relativas ao clay e ao PU. O quadro 6 mostra as notas obtidas pelos três materiais em cada critério.

Quadro 6. Resultado do ESA aplicado nos três materiais

| APLICAÇÃO DO MODELO ESA - MODELO VOLUMÉTRICO |                              |             |             |
|--|------------------------------|-------------|-------------|
|  | NOTA OBTIDA EM CADA CRITÉRIO |             |             |
|  | Resina                       | Clay        | PU          |
| E1   | 4,00                         | 6,00        | 8,00        |
| E2   | 6,00                         | 6,00        | 8,00        |
| E3   | 9,00                         | 5,00        | 9,00        |
| E4   | 8,00                         | 6,00        | 8,00        |
| E5   | 10,00                        | 9,00        | 10,00       |
| E6   | 6,00                         | 4,00        | 9,00        |
| <b>Média</b>                                 | <b>7,17</b>                  | <b>6,00</b> | <b>8,67</b> |
| S1   | 4,00                         | 4,00        | 8,00        |
| S2   | 9,00                         | 9,00        | 9,00        |
| S3   | 5,00                         | 3,00        | 5,00        |
| S4   | 2,00                         | 2,00        | 2,00        |
| S5   | 9,00                         | 9,00        | 9,00        |
| S6   | 7,00                         | 4,00        | 7,00        |
| <b>Média</b>                                 | <b>6,00</b>                  | <b>5,17</b> | <b>6,67</b> |
| A1   | 2,00                         | 9,00        | 2,00        |
| A2   | 2,00                         | 9,00        | 4,00        |
| A3   | 8,00                         | 8,00        | 8,00        |
| A4   | 6,00                         | 8,00        | 4,00        |
| A5   | 9,00                         | 9,00        | 9,00        |
| A6   | 2,00                         | 10,00       | 3,00        |
| <b>Média</b>                                 | <b>4,83</b>                  | <b>8,83</b> | <b>5,00</b> |

Pela aplicação do modelo ESA, o material PU foi considerado como o melhor do ponto de vista da sustentabilidade econômica e social. Já na consideração da sustentabilidade ambiental, o melhor foi o clay. A análise não deve ser somente realizada pelo critério direto (quantitativo), mas sim, em conjunto com outros fatores pertinentes ao projeto. Por exemplo, ao se fazer o posicionamento no cubo do ESA, tem-se todos no mesmo quadrante, o que demonstra a necessidade de análise pontual dos critérios.



### Considerações Finais

A escolha dos materiais em design é mais do que a consideração de atributos técnicos e produtivos. Um bom produto precisa atender necessidades de todos os grupos de usuários, envolvendo aspectos produtivos, econômicos, ergonômicos, sociais, ambientais e estéticos, e os materiais utilizados no produto devem estar em conformidade com estes aspectos.

O modelo ESA, originalmente concebido para aplicação na construção civil, pode ser adaptado a contento no intuito de fornecer aos designers um modo quantitativo / qualitativo de avaliar a sustentabilidade nas dimensões econômica, social e ambiental.

Para a realização dos experimentos práticos, utilizou-se dos trabalhos desenvolvidos por alunos de design (FERROLI; LIBRELOTTO, 2012). Foram escolhidos aleatoriamente alguns modelos volumétricos para teste e validação da adaptação original do modelo ESA, dos quais quatro foram mostrados neste artigo. Optou-se por modelos volumétricos, pois utilizam poucos materiais, o que facilitou a posterior aplicação na materioteca. Pela aplicação vista, pode-se enumerar as seguintes considerações:

- a adaptação do modelo ESA desenvolvido por Librelotto (2009) mostrou-se satisfatório para análise dos materiais, permitindo uma abordagem global da sustentabilidade;
- o preenchimento correto das planilhas originadas é muito importante. Devido a natureza das variáveis, pequenas oscilações podem alterar o posicionamento no paralelepípedo de classificação, podendo ocasionar conclusões precipitadas e incorretas;
- é necessário novos estudos propondo ponderação das variáveis sob a forma de pesos, testando-se a ferramenta GUT (Gravidade – Urgência – Tendência) para que se possam analisar caso a caso as particularidades de cada material.

Como recomendações para futuros trabalhos, deve ser observado que o modelo ESA foi constituído objetivando uma aplicação na construção civil. Os autores desse artigo perceberam no ESA uma potencialidade para analisar a sustentabilidade de qualquer produto. Há de se considerar, no entanto, as características próprias de cada setor. Devido a isso, o modelo ESA adaptado para uso em análises de materiais para a materioteca, deve ser testado com mais profundidade. Também é necessária a elaboração de um conjunto de diretrizes que possam orientar o designer (ou equipe de projeto) ao melhor posicionamento das variáveis econômicas, sociais e ambientais no modelo gráfico do ESA.

## Referências

- > ASHBY, Michael; JOHNSON, Kara. Materiais e Design. Rio de Janeiro: Campus, 2011.
- > FERROLI, Paulo Cesar Machado. MAEM-6F (Método Auxiliar para Escolha de Materiais em Seis Fatores): suporte ao design de produtos industriais. São Paulo: Blucher Acadêmico, 2009.
- > FERROLI, Paulo Cesar Machado e LIBRELOTTO, Lisiane Ilha-a. FEAP-SUS Aplicada em Modelo Funcional de Escala Reduzida - estudo de caso. XXXII ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Bento Gonçalves, RS, 2012, Anais.
- > FERROLI, Paulo Cesar Machado e LIBRELOTTO, Lisiane Ilha - b. Materioteca com ênfase em sustentabilidade - uma nova abordagem. II IDEMI - Conferência Internacional de Design, Engenharia e Gestão para Inovação, Florianópolis, SC, 2012, Anais.
- > FEEVALE. Materioteca. Disponível em [www.materioteca.feevale.br](http://www.materioteca.feevale.br)
- > HAUENSTEIN, Deisi Maria; KINDLIEIN JÚNIOR, Wilson. Estruturação de uma Biblioteca de Materiais : “Materioteca” . Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br>
- > HUDSON, Jennifer. Process - 50 Products Designs from Concept to Manufacture. Laurence King Publishing Ltd, 2008.
- > LESKO, Jim. Design Industrial - Materiais e Processos de Fabricação. São Palo: Edgard Blucher, 2004.
- > LIBRELOTTO, Lisiane Ilha. Modelo para Avaliação de Sustentabilidade na Construção Civil nas Dimensões Econômica, Social e Ambiental (ESA): Aplicação no setor de edificações. São Paulo: Blucher Acadêmico, 2009.
- > LIBRELOTTO, Lisiane Ilha, FERROLI, Paulo Cesar Machado, MUTTI, Cristine dos Nascimento, ARRIGONE, Giovanna Maria. A Teoria do Equilíbrio: alternativas para sustentabilidade na construção civil. DIOESC: Florianópolis, 2012.
- > MANZINI, Ezio e VEZZOLI, Carlo. O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis – Os requisitos ambientais dos produtos industriais. São Paulo: EdUSP, 2008.
- > SEVERINO, Antônio Joaquim. Metodologia do Trabalho Científico. 23 ed. São Paulo: Cortez, 2007.

**Lisiane Ilha Librelotto**, Doutora em eng. de produção. Professora do pós-ARq - UFSC.  
*lisiane.librelotto@arq.ufsc.br*

**Paulo Cesar Machado Ferroli**, EGR - UFSC.  
*ferroli@cce.ufsc.br*