



133

Design & Narrativas criativas  
nos Processos de Prototipagem

**MODELAGEM  
TRIDIMENSIONAL  
NO DESIGN:** De que  
forma materiais e técnicas  
construtivas influenciam  
no processo criativo?

## SOBRE OS AUTORES

**José Manuel Couceiro Barosa Correa Frade** | jose.frade@ipl.pt

Doutor e mestre em ciência e engenharia dos materiais e engenheiro de cerâmica e vidro. Tem experiência profissional em empresas dos setores químico, matérias primas na área dos minerais não metálicos e indústria vidreira. Tem experiência docente de mais de 20 anos em cursos de design industrial, design de produto - cerâmica e vidro e engenharia de produção industrial nomeadamente em unidades curriculares de materiais, processos industriais, inovação de produto e eco-design e design e desenvolvimento sustentável. Tem vários artigos científicos publicados nestas áreas e os seus interesses ao nível da investigação são os materiais e os processos industriais, engenharia de produto, tecnologia vidreira, eco-design e sustentabilidade a inovação de produtos e processos.

**Lattes:** <http://lattes.cnpq.br/2421130970303948>

**Lisiane Ilha Librelotto** | lisiane.librelotto@arq.ufsc.br

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria (1995), especialização em Gestão da Qualidade pela UFSM (1997), mestrado e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (1999, 2005). Foi professora da Universidade do Sul de Santa Catarina (1999-2011) e Universidade do Vale do Itajaí (1999-2010) nos cursos de engenharia civil, arquitetura e design. Hoje, é professora Associada da UFSC, no curso de Arquitetura e Urbanismo. É organizadora e idealizadora do evento ENSUS - Encontro de Sustentabilidade em Projeto. Orienta mestrado e doutorado no PósARQ/UFSC. Orientou mestrado profissionalizante em Engenharia Ambiental UFSC/ICE/FIAT, PPGEA/UFSC, como professora convidada, convênio UFSC/ICE/FIAT. É editora do Periódico Mix Sustentável, líder do Grupo de Pesquisa VIRTUHAB (CNPq) e supervisora do Laboratório de Restauro, Materiais e Técnicas Construtivas Atuais e Retrospectivas - LABRESTAURO/MATEC. (CNPq).

**Lattes:** <http://lattes.cnpq.br/0328950798412598>

**Paulo Cesar Machado Ferroli** | ferroli@cce.ufsc.br

Graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Maria (1995), mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (1999) na área de Design de Produto e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (2004). Atualmente é professor associado I do CCE-EGR, curso de Design de Produto da UFSC. Tem experiência na área de Desenho Industrial, com ênfase em Materiais Industriais, Processos de Fabricação e Metodologia de Projeto, atuando principalmente nos seguintes temas: design de produtos, fábricas de subprodutos de origem animal, sustentabilidade em projetos, eco-design. É co-editor da revista MIX Sustentável e co-organizador do evento ENSUS - Encontro de Sustentabilidade Aplicada em Projetos. Participa pelo INEP de avaliações de curso e institucionais.

**Lattes:** <http://lattes.cnpq.br/7269509913517969>

**Rui Manuel Ferreira Leal** - rui.leal@ipleiria.pt

Rui Leal é doutor em Engenharia Mecânica (especialidade de Tecnologia da Produção), mestre em Engenharia Mecânica (área de especialização em Tecnologia e Materiais) e licenciado em Engenharia Mecânica (Ramo de Produção) pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Atualmente é professor adjunto da ESAD.CR, onde é docente desde 1998, lecionando nas áreas de materiais e tecnologias nos cursos de Design Industrial, Design de Produto - Cerâmica e Vidro e Design de Ambientes. É, também, investigador no Centro de Engenharia Mecânica, Materiais e Processos (CEMMPRE). As suas principais áreas de investigação centram-se na tecnologia e metalurgia de materiais, tendo colaborado em três projetos de investigação.

**Link do currículo:** <https://www.cienciavita.eptportal/001C-1230-7699>



## **MODELAGEM TRIDIMENSIONAL NO DESIGN: DE QUE FORMA MATERIAIS E TÉCNICAS CONSTRUTIVAS INFLUENCIAM NO PROCESSO CRIATIVO?**

*Three-dimensional modeling in design: How do materials, and constructives techniques influence the creative process?*

José Manuel Couceiro Barosa Correa Frade | Lisiane Ilha Librelotto  
Paulo Cesar Machado Ferroli | Rui Manuel Ferreira Leal

### **Resumo**

O presente trabalho apresenta um conjunto de materiais e técnicas construtivas para fabricação de modelos tridimensionais à serem utilizados no processo de desenvolvimento de novos produtos. Discute sobre as novas tecnologias de prototipagem 3D e de que maneira os processos de modelagem tradicionais ainda contribuem no design de produtos. Apresenta procedimentos de modelagem física utilizados em cursos de design e arquitetura no Brasil e em Portugal, procurando estabelecer um paralelo educacional entre eles.

**Palavras-chave:** Materiais; Modelagem Física; Processo de Design

### **Abstract**

*The present work shows a set of materials and constructive techniques to produce 3D models to be used in the development process of new products. It discusses the new technologies of 3D prototyping and the way the traditional modelling processes still contribute to product design. It also presents the physical modelling procedures used in design and architecture degrees in Brazil and Portugal, seeking to establish an educational parallelism between them.*

**Keywords:** Materials; Physical modeling; Design Process

## 1. INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica apresenta um novo desafio ao projetista de produtos. Esta frase parece ambígua porque a tecnologia hoje disponível favorece a prototipação, a escolha dos materiais e processos fabris e assim por diante. De frente a uma tela, um designer tem acesso a milhões de dados sobre tendências em qualquer parte do mundo, ou ainda, milhões de dados que envolvem atributos técnicos, construtivos, fabris, econômicos, ecológicos, ergonômicos e de mercado, o que, teoricamente, reduz o processo de pesquisa e perde-se, em teoria, menos tempo procurando informações.

Contudo, há de se questionar se de fato estas novas tecnologias favorecem o trabalho do projetista. Interessante observar que a velocidade não leva necessariamente a um maior volume de produtos de sucesso, visto que o processo criativo é o ponto inicial de um projeto bem sucedido e é necessário que se tenha um período de “maturação” das ideias, onde se possa refletir e analisar aspectos que podem passar despercebidos em uma abordagem superficial.

Usual em aulas iniciais de metodologia de projeto, a frase “design é 10% de inspiração e 90% de transpiração” (que traz uma releitura da famosa frase original de Thomas Edison, com a única diferença da substituição da palavra sucesso, no original, por design), percebe-se um perigoso encurtamento no período de “transpiração”. Não se está aqui a afirmar que a prototipagem rápida não é essencial ao processo de desenvolvimento de produto. Muito ao contrário. Não se imagina na atualidade um processo de design sem o uso das tecnologias de impressão 3D. Contudo, não se deve refutar as técnicas convencionais de modelagem física, essenciais para que se tenha um entendimento pleno das necessidades à serem supridas pelo novo produto.

No instante em que o projetista está, por exemplo, dando forma manualmente a um bloco de PU, unindo peças previamente cortadas de papelão através de empilhamento, dobrando, cortando e soldando peças metálicas ou mesmo modelando manualmente um bloco de *clay*, estará permitindo ao seu cérebro uma sintonia harmoniosa de dois importantes sentidos: tato e visão. Isso não é possível quando se retira uma peça praticamente pronta da impressora 3D e a analisa visualmente.

Um tempo maior gasto no projeto propriamente dito não deve ser visto como “gasto”, mas sim como investimento. E nos tempos atuais (e futuros que virão) onde as questões relacionadas à sustentabilidade, especialmente com a economia circular e uso compartilhado de produtos e serviços passarão a exigir produtos cada vez mais duráveis e aceitos por usuários de diferentes gostos, culturas, religiões, etc., tem-se necessariamente de se ter períodos maiores de reflexão e conhecimento no desenvolvimento de novos produtos.

Este capítulo tem por objetivo mostrar algumas técnicas de modelagem tridimensional convencional utilizadas nas etapas de desenvolvimento de produto nos cursos de Design e Arquitetura da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC – Brasil) e Instituto Politécnico de Leiria (IPL-CR – Portugal). Também apresenta alguns estudos realizados no curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL – Brasil) e nos cursos de Design Industrial e Arquitetura da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI – Brasil). Assume como objetivo secundário demonstrar que, apesar das inegáveis vantagens da prototipagem rápida, ainda há espaço para os processos convencionais de prototipagem.

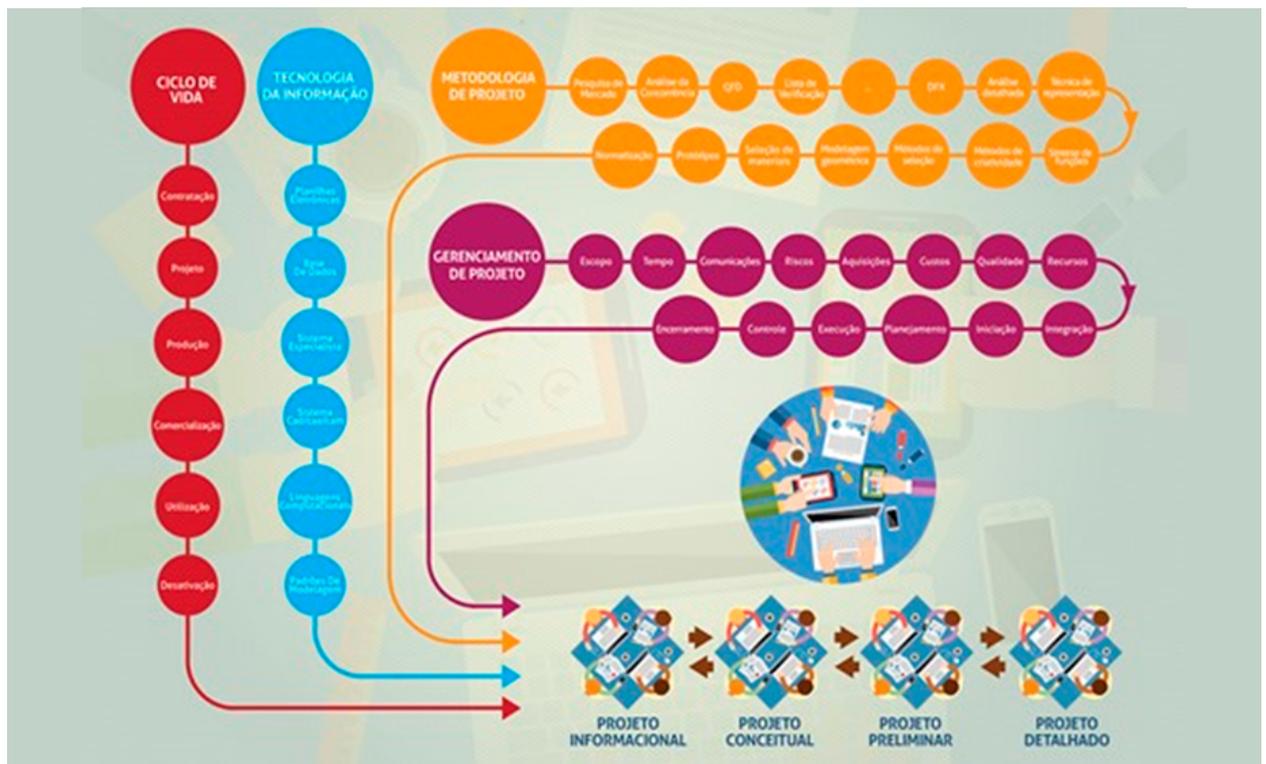
## 2. NOÇÕES DE MODELAGEM FÍSICA TRADICIONAL

Os modelos e protótipos constituem-se como uma forma de visualização tridimensional e sensorial da materialização da ideia ao longo do ciclo de vida do produto, apresentando-se de maneira evolutiva e complementar. Estas representações tridimensionais de objetos ou produtos auxiliam na simulação de determinadas propriedades que desejamos atribuir ao produto: texturas, volumes, condições de conforto, compatibilização de materiais, condições de funcionamento, etc. Ou seja: o modelo preliminar (primeira materialização), objetiva mostrar fundamentos básicos de volumetria. Em geral, acaba evoluindo para modelos mais elaborados, que apresentam o todo ou partes específicas do produto, chegando ao *mock-up* e finalmente ao modelo final, ou protótipo.

Em todos eles, ocorre a busca por esclarecer as necessidades do público-alvo (reais, manifestas, latentes, culturais, etc.) através do atendimento da necessidade humana do próprio projetista: sensorial, do tato e utilização. Não existe substituto para isso, mesmo com o advento da computação, simulação virtual ou mesmo da prototipagem rápida. Nada substitui a experimentação física proporcionada pelo uso de nossos órgãos sensoriais (manuseio, toque, visualização, etc.), dificilmente visualizados por papel ou na tela do computador.

Independentemente do método projetual adotado, o uso da modelagem física está presente em várias etapas do processo de design. Back e outros (2008) mostram a estrutura de um processo projetual, onde pode-se perceber claramente a importância e o momento adequado de utilização de modelos e protótipos. A figura 1 ilustra o proposto pelos autores. A mesma abordagem é mostrada em Rozenfeld e outros (2006), ilustrada na figura 2.

Figura 1. Estrutura de projeto. Fonte adaptada: Back e outros (2008).



Observa-se na figura 1 que os autores colocam o uso de protótipos como uma das atividades de projeto preliminar. No entanto, isso não significa que o designer não usará modelos de menor complexidade em etapas anteriores (projeto informacional e projeto conceitual). Na estrutura mostrada na figura 2, vale a mesma observação. Essa estrutura divide o processo em cinco etapas: projeto informacional, projeto conceitual, projeto detalhado, preparação para produção e lançamento do produto, ao invés das quatro propostas anteriormente (figura 1). De acordo com os autores do PDP, a utilização de modelos e protótipos deve ser adequado a complexidade e fatores relevantes a cada projeto específico.

Define-se modelos físicos como representações tridimensionais de objetos ou produtos em fase de desenvolvimento. Servem para simular determinadas propriedades dos objetos em estudo, permitindo corrigir defeitos e insuficiências do produto durante as etapas de projeto. O modelo físico vem ao encontro da necessidade de contato físico com o futuro produto, ou seja, nem sempre a simples análise virtual, por mais realista que seja o programa utilizado, fornecerá respostas de modo totalmente confiável em questões estéticas, econômicas, ecológicas, sociais, ergonômicas ou produtivas, por exemplo.

Seguindo a referência da figura 2, no projeto conceitual são mais utilizados os modelos volumétricos, que são representações tridimensionais de desenhos ainda em fase conceitual, onde não existem definições ou restrições claras de materiais e processos de fabricação, por exemplo. O acabamento superficial é ainda bruto, sem cores finais, não existem delimitações de peças muitas vezes, apenas o volume. Mesmo assim, diversas validações do ponto de vista ergonômico e estético são realizadas nesta fase. No projeto conceitual são utilizadas muitas alternativas volumétricas, e por isso, existe preferência pela utilização de materiais maleáveis, de fácil aquisição e manuseio.

Na transição do projeto conceitual para o projeto preliminar, os modelos ficam mais precisos e precisam ser, muitas vezes, testados e validados. Aqui ocorre uma forte integração entre o design e a engenharia, pois nesta fase os modelos desenvolvidos possuem maior precisão dimensional e são largamente usados em testes e análises ergonômicas mais complexas e detalhadas. A partir desta etapa as técnicas de modelagem tradicionais vão sendo cada vez mais complementadas pelo uso mais amplo da Prototipagem Rápida, com o propósito de testar encaixes, simular funcionamento mecânico e outras questões de geometria, além de novas avaliações estéticas da geometria, acabamento, funcionalidade e mais testes ergonômicos.



Figura 2. Processo de Desenvolvimento de Produto. Fonte: Rozenfeld e outros (2006).

Na fase de projeto detalhado, cada uma das peças e seus processos são verificados, objetivando a futura produção em série. Após a conclusão de testes em modelos, é momento de partir-se para um protótipo, produzido com materiais finais e acabamento que tentam simular ao máximo o produto final. Porém, esse protótipo raramente é construído com os mesmos processos de fabricação finais porque o projeto ainda não está concluído. Devido a isso, um protótipo poderá custar até 20 vezes mais que o produto final produzido em escala.

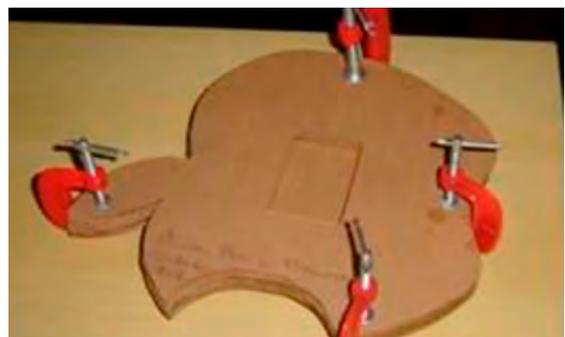
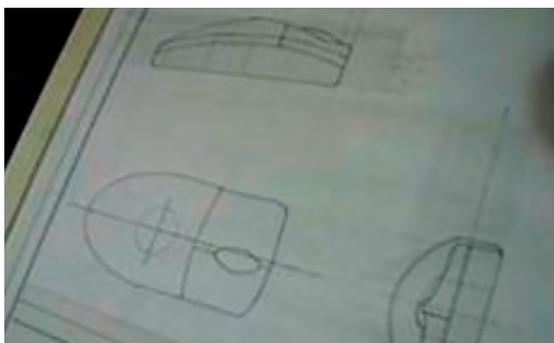
### 3. TÉCNICAS DE PRODUÇÃO DE MODELOS CONVENCIONAIS

#### 3.1 Papelão

Os modelos reduzidos de pequena complexidade são, geralmente, o primeiro passo para um estudo volumétrico aprimorado. Por serem modelos não funcionais, onde o objetivo quase sempre é apenas formal ou introdutório a um estudo ergonômico mais aprofundado, dá-se preferência neste tipo de modelagem física a materiais que tenham por características básicas: preço baixo, facilidade de obtenção, boa trabalhabilidade e boa estabilidade dimensional. O papel (papelão especialmente) é amplamente utilizado na técnica do empilhamento, com resultados bastante satisfatórios e bem aceitos, tanto industrialmente como na academia.

A técnica do empilhamento caracteriza-se por ser de fácil entendimento, sendo normalmente a primeira a ser realizada em aulas de modelagem material, pois reconhecidamente conduz o estudante a um melhor entendimento, tanto das potencialidades projetuais do uso de modelos no processo de design, como também da facilidade de sua execução. O quadro 1 mostra algumas etapas construtivas desta técnica de modelagem tradicional. Todas as imagens foram registradas em atividades desenvolvidas em sala de aula por alunos de design industrial e de produto da UNIVALI (Universidade do Vale do Itajaí) e UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina).

Quadro 1 – Técnicas construtivas usadas na técnica de empilhamento.  
Fonte: autores.





Quadro 2 – Modelos realizados com a técnica do empilhamento.  
Fonte: autores.

Se bem executado o processo permite modelos de elevada qualidade estética/formal apresentando um bom custo-benefício. O quadro 2 ilustra alguns modelos realizados por meio desta técnica. São imagens de projetos realizados em sala de aula por alunos de design de produto da UFSC.



O papelão também é muito utilizado para fabricação de *mock-ups*, um tipo específico de modelo físico em tamanho natural (1:1) destinado a estudos de observação de dimensionamento e ergonomia, especialmente quanto à questões de medidas antropométricas e biomecânica. Neste tipo de abordagem não existe nenhuma preocupação estética, mantendo-se somente a fidelidade dimensional.

Um outro uso do papelão é através dos tubos de papelão que sobram das empresas que vendem tecido, plásticos ou outros produtos semelhantes. Com o trabalho de referência de Salado (2011) foram experimentados o uso desse material para confecção de mobiliários simples (cadeira) e geodésicas. O emprego dessa técnica permite aos estudantes de arquitetura desenvolver noções de ergonomia (antropometria) e estudos de elementos de ligação e mecânica geral aplicada.

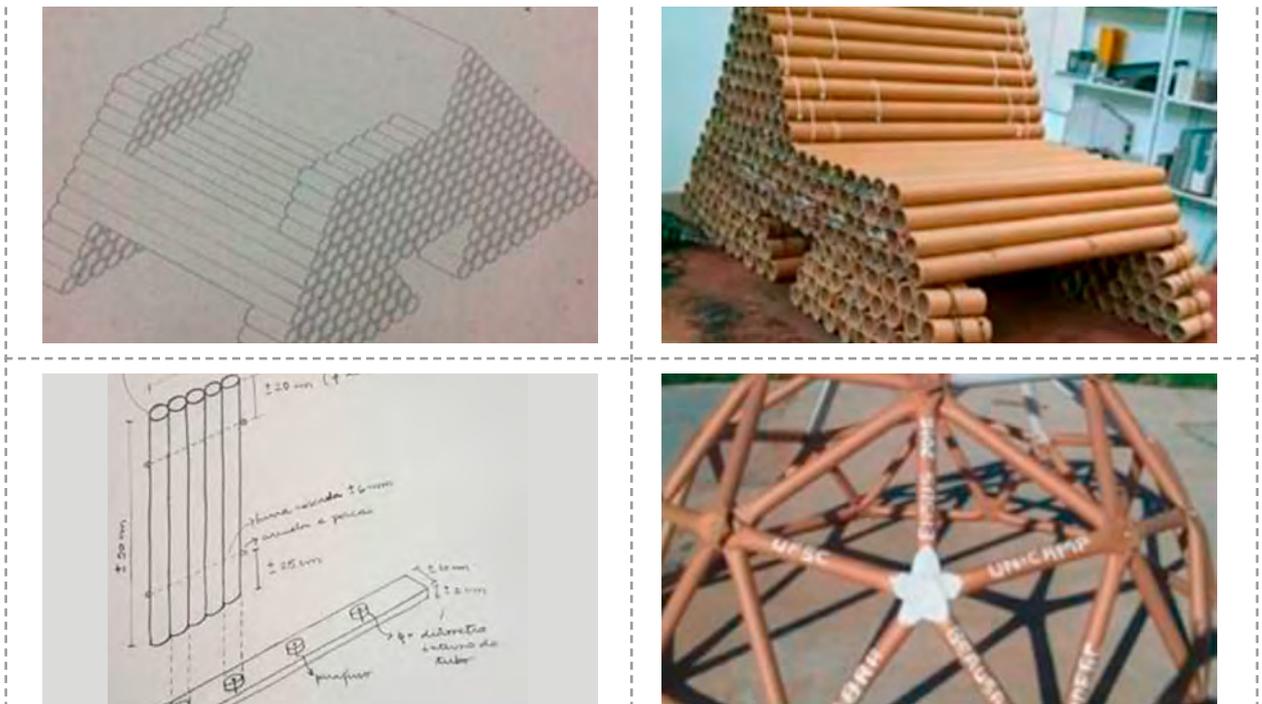
O quadro 3 mostra nas duas primeiras figuras o projeto e o produto final desenvolvido (poltrona) durante uma oficina no curso de Arquitetura da UFSC e as outras três imagens mostra etapas construtivas e o resultado final de uma geodésica, construída durante uma oficina do evento ENSUS (Encontro de Sustentabilidade em Projeto) realizada na UFSC em 2018.

### 3.2 Madeira natural / MDF

Muito utilizado para representação em modelos reduzidos, as madeiras naturais claras, dentre elas notadamente a madeira balsa e pinus apresentam um conjunto de características e propriedades que permitem um manuseio rápido, muitas vezes dispensando o uso de maquinário industrial.

A madeira balsa (*Ochroma pyramidale*) tem a preferência na aplicação de maquetes, aeromodelismo e modelos em escala reduzida de mobiliários. Possui como características básicas a tonalidade branca, creme, rosada ou acizentada.

Quadro 3 – Modelos/protótipos em tubos de papelão. Fonte: autores.



A madeira balsa tem textura e brilho acetinados e fibra esponjosa e apresenta como propriedades principais: ser leve, porosa, fácil de trabalhar e bom isolamento térmico e acústico. Como principais pontos negativos tem-se a fragilidade, o fato de lascas facilmente e o preço elevado.

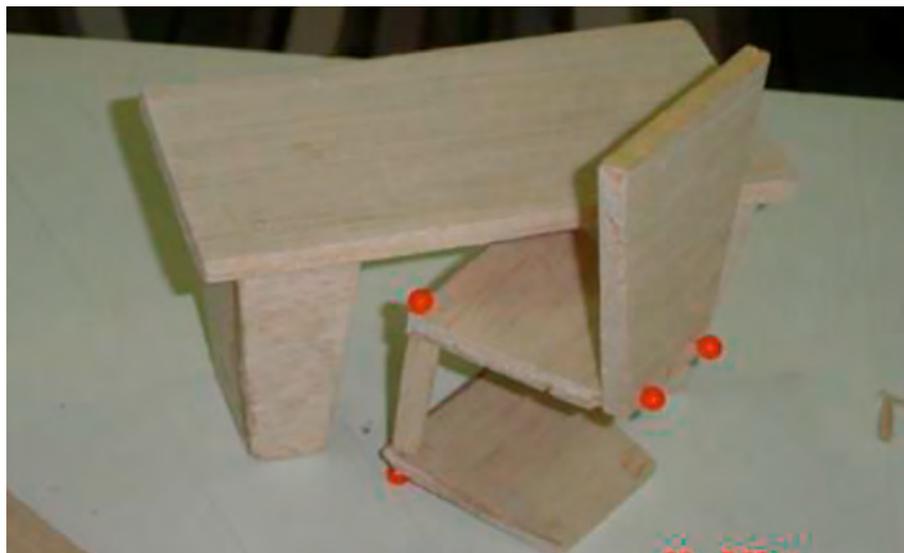
A madeira de pinus (*Pinus elliotti*) é reconhecida como uma madeira de reflorestamento, embora do ponto de vista ambiental o termo replantio seja o mais adequado. Apresenta como características principais a coloração clara, agradável, densidade baixa e é macia ao corte. No entanto lasca com facilidade e em peças pequenas (como as usadas em modelos) pode representar dificuldades de acabamento. Seu uso é recomendado somente na impossibilidade de utilização da balsa. O MDF também pode ser usado com relativa facilidade, embora é mais usual que esse material seja utilizado em cortes a laser. Na possibilidade de se conseguir que os cortes sejam realizados a laser, as demais etapas podem ser realizada manualmente e assim o uso da tecnologia acelera o processo e torna o acabamento melhor.

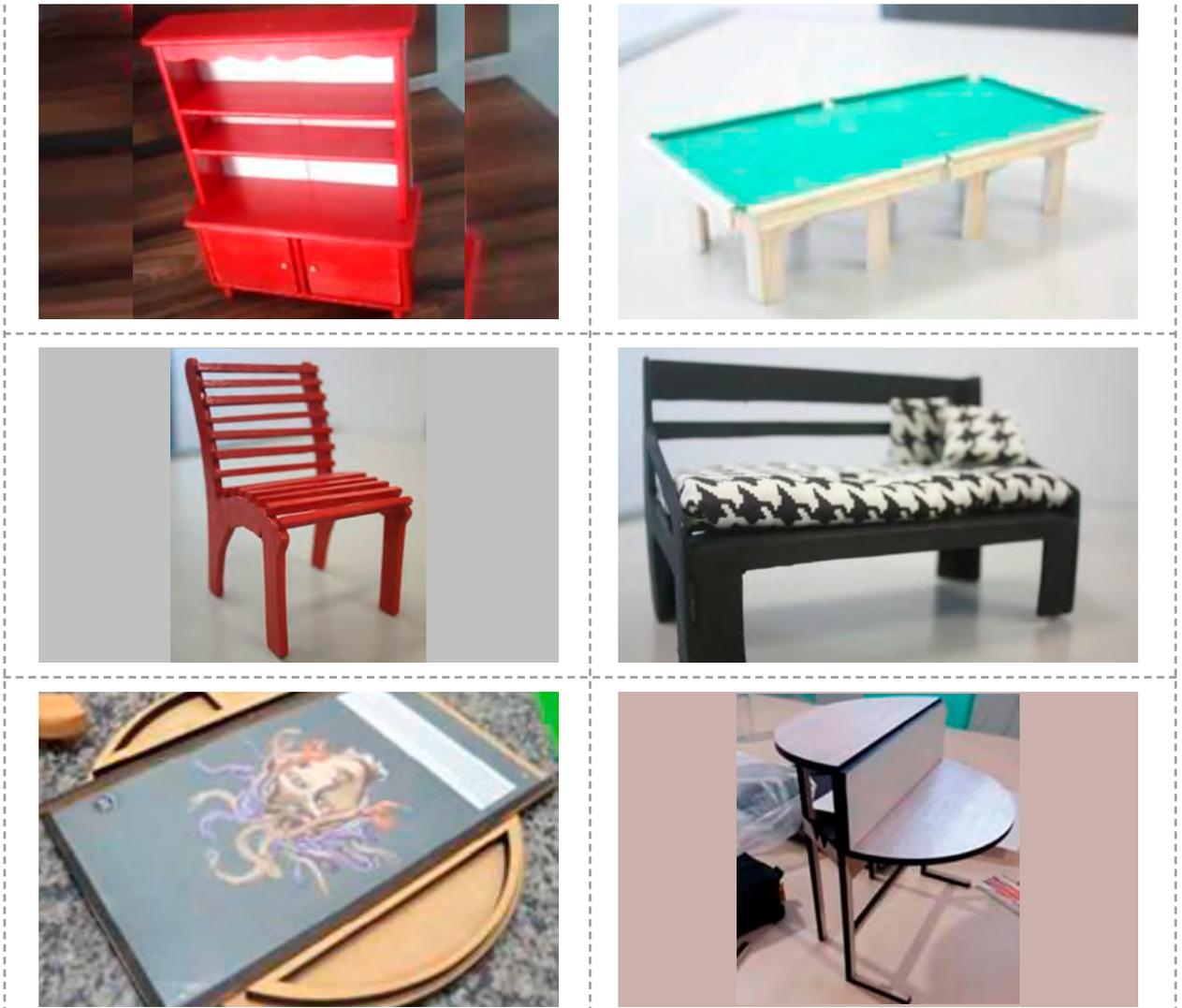
O quadro 4 apresenta algumas etapas construtivas em modelos realizados com madeira, sendo que a última imagem mostra um processo em MDF cortado a laser. Todos as imagens são trabalhos realizados em sala de aula por alunos de design de produto da UFSC.



Quadro 4 – Técnicas construtivas em modelos de madeira.

Fonte: autores.





O quadro 5 apresenta alguns modelos finalizados em madeira. As primeiras duas imagens foram confeccionadas em madeira balsa, as outras duas na sequência em madeira de pinus e as duas últimas em MDF. As realizadas em MDF foram cortadas à laser; as demais foram cortadas com estilete. Todas as imagens foram realizadas durante atividades práticas de sala de aula no curso de design de produto de UFSC.

Quadro 5 – Modelos finalizados em madeira. Fonte: autores.

### 3.3 Argila (clay) e cerâmica

A argila é usada para uma ampla variedade de modelos, desde os mais simples ao mais complexos. Conforme Vieira (2009), existe uma grande quantidade de tipos distintos de argila, desde as mais comuns retiradas da própria região, até as industrializadas, que são tratadas e coloridas e possuem custo mais elevado. Existem também as argilas líquidas, que são usadas com fôrmas para reprodução de formas pré-determinadas. Industrialmente a argila do tipo *clay* é muito empregada, sendo exemplos disso o projeto de automóveis. A figura 3 ilustra o uso na Ford, para citar aqui um exemplo, uma vez que o processo é comum na maioria dos fabricantes.

Figura 3. Modelo em clay. Fonte: <https://media.ford.com/content/ford-media/fsa/br/pt/news/2017/08/23/ford-revela-uma-das-curiosidades-do-desenvolvimento-de-seus-carr.html>



Considerando-se a grande liberdade que a argila propõe devido a sua plasticidade, na confecção de modelos existem três técnicas básicas: modelagem em cordéis, modelagem em placas e modelagem livre. A cerâmica utilizada para modelagem é representada por produtos com ótima qualidade superficial.



Quadro 6 – Processos de produção de modelos em argila e cerâmica. Fontes: Viera (2009)





Quadro 7 – Modelos em argila e cerâmica. Fontes: Vieira (2009) e Frade (2019)

O quadro 6 apresenta alguns processos realizados em argila e cerâmica. As imagens foram retiradas de Vieira (2009) e mostram sucessivamente as atividades de oragem, secagem e derrame.

O quadro 7 apresenta alguns modelos finalizados em argila e cerâmica. Conforme explica Vieira (2009) a peça modelada em argila pode começar a ser decorada em seu estado de couro, ou seja firme (processo de secagem intermediário). Nesta fase faz-se o uso de engobes, que são espécies de tintas para cerâmicas compostas da própria barbotina (argila pastosa) com a adição de corantes ou não. Para este processo dá-se o nome de mono-queima, porque a peça ainda úmida é decorada e só vai ao forno uma vez (após decorada e seca), saindo pronta. Caso o propósito seja a obtenção de brilho, após a queima com o trabalhado do engobe, pode-se aplicar um esmalte transparente através da aplicação de tinta fria ou quente (própria para cerâmica, onde a peça terá que ir ao forno novamente).

Importante observar que na atualidade, parte do trabalho do modelador já é substituído por prototipagem, sendo que algumas peças, pela complexidade que têm, não são facilmente modeladas. O modelador na verdade é um artista (escultor) cada vez mais difícil de encontrar no mercado de trabalho. No caso da cerâmica a fabricação aditiva é uma forma de obviar esta dificuldade. Para além disso permite a fabricação de pequenas séries impossíveis de serem fabricadas pelos processos convencionais, dando, portanto, ao design mais liberdade projetual do que aquela que era permitida antes da disponibilização destas tecnologias.

Quadro 8 – Processos construtivos de modelos em concreto.

Fonte: autores.



## 3.4 Modelos reduzidos em arquitetura e engenharia

### 3.4.1 Modelos reduzidos em concreto e outros materiais

Na arquitetura e engenharia civil o uso de modelos reduzidos em concreto, complementado pelo emprego de outros materiais com tijolos e blocos cerâmicos, vergalhões, argamassas e outros materiais da realidade construtiva, favorece aos alunos a oportunidade da prática construtiva. O concreto é um dos materiais mais antigos utilizados pelo homem, sendo um material compósito formando basicamente por cimento (aglomerante), agregados (areias naturais ou artificiais e pedras britadas) e água. Na composição dos modelos faz-se uso de fôrmas de madeira e materiais metálicos, que podem ser flexíveis (telas) ou rígidos (aços para construção). O quadro 8 mostra alguns procedimentos construtivos realizados com concreto. Todas as imagens foram obtidas em aulas práticas de sala de aula no curso de engenharia civil e arquitetura da Unisul (Universidade do Sul de Santa Catarina).

Da mesma forma, o quadro 9 apresenta os resultados finais das práticas, executados na mesma turma. Os modelos servem de referência para outras questões importantes relacionadas à prática da construção como a realização dos orçamentos e compra dos materiais.

Quadro 9 – Modelos finais em concreto. Fonte: autores.





Quadro 9 – Modelos finais em concreto. Fonte: autores.

### 3.5 Materiais metálicos

A modelagem convencional de materiais metálicos, permite não só a realização de modelos e protótipos, tanto à escala real como à escala reduzida, permitindo a quem a realiza a oportunidade de compreender o comportamento dos materiais, que está intimamente relacionado e dependente das suas propriedades. Esta abordagem é ainda mais relevante para quem não domina o comportamento dos materiais, possibilitando através da experimentação, apreender as contingências associadas aos diversos tipos de metais.

As imagens apresentadas são resultado de trabalhos efetuados por alunos dos cursos de Design Industrial e de Design de Ambientes nas unidades curriculares de Tecnologias I, Tecnologias II, Materiais e Processos de Fabrico I e Opção Condicionada-Modelos e Protótipos, da Escola Superior de Artes e Design das Caldas da Rainha (ESAD.CR) do Politécnico de Leiria - Portugal.

Quadro 10 – Modelos em metais – projeto jogos. Fonte: autores. (A) Sérgio Cordeiro; (B) Diana Barata, Elisa Gaspar, Joana Gameiro.

O quadro 10 apresenta alguns trabalhos realizados com metal como material base com o tema de jogos. Na imagem (A), o trabalho consiste num jogo feito numa caixa fechada de aço, soldada pelo processo TIG, furada na parte superior, onde entram pinos de alumínio torneados, onde se evidencia o brilho metálico característico dos materiais metálicos.





Quadro 10 C – Modelo em metal – projeto jogos. Fonte: autores. Por Ana Neves

Na imagem (B) está um jogo de xadrez com o respectivo tabuleiro. Foram utilizadas as tecnologias de desvaste por arranque de apara por torneamento e fresagem nas peças em alumínio e serigrafia e gravura para a realização do tabuleiro em chapa de zinco. A imagem (C) está ilustrado um outro jogo, tipo dominó, que foi efetuado com a utilização das tecnologias de torneamento e fresagem com prato divisor. Os autores dos trabalhos estão na legenda das imagens.

As imagens do quadro 11 ilustram trabalhos que aliam à utilização de metais e de madeiras, onde se pode verificar a perfeita harmonia entre estes dois tipos de materiais. Na imagem (A) está representado um castiçal em que os tubos de aço foram deformados por calandragem, permitindo compreender a elevada deformação plástica que este tipo de material pode ser sujeito. A imagem (B), ilustra uma garrafeira em que a parte metálica (aço) foi resultado de uma conjugação complexa de quinagem com soldadura TIG de modo a formar a geometria em forma de favos do suporte das garrafas. A imagem (C) ilustra um suporte de caixas de chá, em que a componente metálica foi efetuada com auxílio de deformação plástica manual e na soldadura foi utilizado o processo de brasagem. Os autores dos trabalhos estão identificados na legenda das imagens.

Quadro 11 – Trabalhos de metal e madeira. Fonte: autores. (A) Catarina Carreira; (B) Sofia Gonçalves;





Figura do quadro 11 – Trabalho de metal e madeira. Alexandre Santos.  
Fonte: autores.

Quadro 12 – Rigor de execução em modelos metálicos. Fonte: autores.  
(A) Márcia Remédios; (B) Lucie Ramos, Márcio neves, Sónia Santos, Tiago César;

O quadro 12 apresenta imagens de trabalhos relevadores de alto rigor dimensional e consequentemente de execução. A imagem da esquerda é uma caixa em que a tampa abre e fecha com um sistema idêntico ao obturador de uma máquina fotográfica. Este trabalho, feito em alumínio, exigiu uma preparação muito rigorosa para o cálculo da posição do prato divisor para realização das lâminas do obturador e os círculos exteriores foram efetuadas por torneamento. A imagem inferior direita representa um compasso em alumínio com aplicação de tecnologias de arranque de aparas de torneamento e fresagem e deformação plástica por recartilha. A imagem da página a seguir ilustra um módulo desmontável em aço inoxidável, que pode servir de banco ou de estante empilhável. O rigor de execução deste trabalho, vai desde as tolerâncias dimensionais devido aos diversos encaixes, até à execução das próprias dobradiças. Os autores dos trabalhos estão identificados na legenda da figura.





No quadro 13 são apresentados trabalhos em que o objetivo era apresentarem algum tipo funcionalidade. Na imagem da esquerda, um objeto de sentar feito com recurso a calandragem e soldagem de tubos de aço, criando um efeito de movimento. Esta solução permite a utilização tanto na posição de sentado como de deitado, com ou sem baloiço. A imagem inferior direita ilustra um equipamento de preparação para reciclagem de garrafas de plástico. Esta peça foi produzida com utilização de tecnologias de calandragem para os tubos verticais e torneamento para a barra e punhos horizontais. A imagem da página seguinte, é uma cadeira feita em tubo de aço dobrado, com a particularidade de o assento e costas serem feitos como por tecelagem, mas com tiras de zinco. Os autores dos trabalhos estão identificados na legenda da figura.

Figura (C) referente ao quadro 12. Fonte: autores. Alberto Rolo, Cristiana Barroso, Paula Ribeiro.

Quadro 13 – Funcionalidade em modelos metálicos. Fonte: autores. (A) Micael Pedro, Nádía Alexandre, Nuno Bernardo; (B) Manuel Guerra, Miriam Gaspar, Ricardo Coutinho;



Figura (C) do quadro 13 – Funcionalidade em modelos metálicos.  
Fonte: autores. Catarina Pereira, Gonçalo Leandro, Catalina Rangel.



### 3.6 Resinas poliméricas – silicone, resinas e poliuretanos

As resinas poliméricas são muito usadas na confecção de modelos, desde os mais simples até os mais complexos. Dos termoplásticos destacam-se o uso do EPS (Poliestireno expandido) e chapas de PVC (Policloreto de Vinila); dos termofixos os mais usados são o PU (Poliuretano), resinas de poliéster e silicones (especialmente para moldes).

O EPS é muito barato e apresenta-se como uma boa opção para modelos rudimentares, nas fases iniciais do projeto. Não permite um bom acabamento e tem resistência limitada. Uma opção é o uso combinado, conhecido também como *foam board*, que é um isopor coberto em ambos os lados com papel ou plástico (geralmente PVC). Existem também tipos de *foam board* de melhor qualidade, cujo núcleo também é de PVC. É um material muito usado em apresentações de trabalhos artísticos e acadêmicos, painéis decorativos e comunicação visual. O PVC também é usado sob a forma de chapas. A vantagem das chapas de PVC é que são termoformáveis a temperaturas baixas, podendo conseguir-se bons efeitos com soprador térmico simples, ou mesmo em fornos domésticos convencionais.

O PU pode ser usado de dois modos: utilizando-se blocos pré-fabricados que serão posteriormente cortados, lixados, pintados, etc. ou através da reação de catalização dos compostos A e B adicionados em um molde previamente preparado. Ambos os processos são relativamente simples e muito usados em modelos de complexidade média. O quadro 14 apresenta processos de produção de modelos com uso de materiais poliméricos. Na primeira imagem tem-se a catalização do silicone; na segunda é mostrada um molde bipartido de silicone com resina no interior e na terceira o serviço de torneamento de um bloco de PU. Todas as imagens foram obtidas em atividades de sala de aula.

O quadro 15 mostra modelos finalizados com materiais poliméricos. Na primeira imagem tem-se o modelo obtido através de lixamento de um bloco de PU, na segunda imagem tem-se modelo criado a partir de um pré-molde com posterior reação de expansão do PU e na terceira imagem o molde de silicone foi usado para obtenção de três modelos, sendo, da esquerda para a direita de resina de poliéster, PU expandido e clay.



Quadro 14 – Processos de produção de modelos utilizando materiais poliméricos. Fonte: autores.



Quadro 15 – Modelos com materiais poliméricos. Fonte: autores.



Figura (C) do quadro 15 – Modelo com material polimérico.

Fonte: autores.

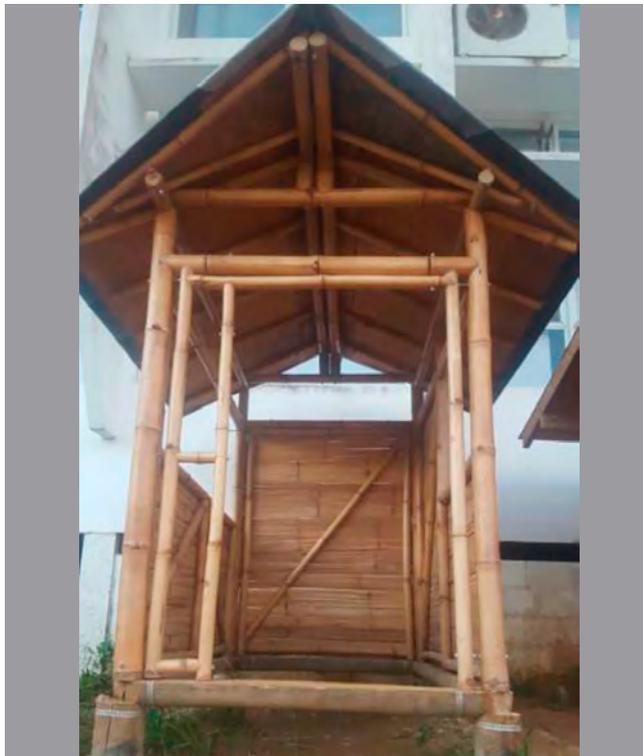
Os plásticos também são amplamente utilizados na arquitetura, especialmente na fabricação de maquetes, que é um tipo específico de modelo. As maquetes podem ser usadas para fins comerciais (de divulgação) como também para testes específicos, como as imagens mostradas no quadro 16: sendo a primeira imagem a construção de maquete para testar um protótipo de HIS (Habitação de Interesse Social), que usa o alumínio para simular o container e o plástico, na forma de PVC para acambamentos e PU para fixação do elementos de fundação. e a segunda, que mostra uma maquete de demonstração de material alternativo para construção, no caso uma mistura de PVC e concreto. Todas as imagens são projetos realizados no âmbito do grupo de pesquisa Virtuhab, da UFSC.

Quadro 16 – Maquetes para fins específico. Fonte: dos autores.





Quadro 17 – Modelos com materiais alternativos. Fonte: dos autores.



### 3.7 MATERIAIS NATURAIS / ALTERNATIVOS

No âmbito da busca pela sustentabilidade, os materiais naturais estão cada vez mais presentes e representam uma alternativa que alia aspectos sociais, culturais e econômicos interligados, indo ao encontro da sustentabilidade. Neste quesito buscam-se materiais presentes na região, onde pode-se aproveitar o conhecimento disponível entre técnicos e artesãos. Os aspectos relacionados ao meio ambiente também incluem melhores técnicas de fabrico, com menos gastos de energia e água, além de incentivar a mão-de-obra local.

O quadro 17 mostra dois modelos que representam dois lados desta busca por soluções sustentáveis. Na primeira imagem tem-se a construção de um modelo em Steel Frame, que representa uma construção “seca”, ou seja, dispensa o uso de

tijolos, cimento ou concreto. O modelo foi construído com finalidades acadêmicas, cuja estrutura é constituída por perfis de aço galvanizado. A segunda imagem é de um protótipo construído com bambu. Considerado com um dos materiais mais promissores do século, o bambu está sendo cada vez mais utilizado na arquitetura e no design, tanto na forma natural como na versão laminada. O modelo em questão foi construído para o Trabalho de Conclusão de Curso do aluno Alexandre Vitor, do curso de engenharia civil da UFSC.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve por objetivo mostrar, de forma sucinta, modelos volumétricos, em escala reduzida e protótipos, de vários níveis de complexidade e detalhamento, com uso de diferentes materiais e com finalidades acadêmicas. Demonstrando a importância da utilização dos modelos físicos construídos por técnicas convencionais, teve também por objetivo apresentar as vantagens do uso desse tipo de modelagem, em um ramo onde cada vez mais tem-se a prototipagem rápida com impressoras 3D sendo utilizadas.

A manipulação dos modelos permite aos acadêmicos um entendimento pleno das características de cada material, bem como o desenvolvimento e aprimoramento das ideias de concepção projetual e são perfeitamente alinhadas as modernas técnicas de prototipagem rápida, tendo nestas a complementação.

## REFERÊNCIAS

BACK, Nelson; OGLIARI, André; DIAS, Acires; SILVA, Jonny Carlos da. **Projeto Integrado de Produtos** – Planejamento, concepção e modelagem. Barueri (SP): Manole, 2008.

JOTA, Gustavo. **Mock-up X Protótipo X Modelo Volumétrico**. Disponível em: <<http://needesign.com/mockup-x-prototipo-x-modelo-volumetrico/>>, acessado em outubro de 2013.

ROZENFELD, Henrique; FORCELLINI, Fernando Antônio; AMARAL, Daniel Capaldo; TOLEDO, José Carlos de; SILVA, Sergio Luis da; ALLIPRANDINI, Dário Henrique; SCALICE, Régis Kovacs. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos** – Uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

SALADO, GERUSA DE CÁSSIA. **Painel de vedação vertical de tubos de papelão: estudo, proposta e análise de desempenho**. Tese de doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. USP. São Carlos, São Paulo, 2011.

VIEIRA, Josiane Wanderlinde. **Experimentos em Cerâmica**. Relatório final. UFSC, Curso de Design. Florianópolis, SC, 2009.

**Sites:**

<http://www.novadidacta.com.br/>. Acesso em 21 de fevereiro de 2017.

<https://sol.sapo.pt/artigo/606626/china-vai-ter-carros-impresos-em-3d-ja-em-2019>. Acesso em 12 de novembro de 2019.

<https://media.ford.com/content/fordmedia/fsa/br/pt/news/2017/08/23/ford-revela-uma-das-curiosidades-do-desenvolvimento-de-seus-carr.html>. Acesso em 12 de novembro de 2019.

**OBS:** as imagens foram, em sua maioria, obtidas diretamente em atividades de sala de aula.

As três primeiras imagens do quadro 1 foram cedidas pelo professor Carlos Eduardo Mauro (Cadu), *in memoriam*.

