

Alessandro Ventura

d

dez ESTUDOS VISANDO
ASSIMILAR A TÉCNICA
CONSTRUTIVA EM MADEIRA
LAMINADA

126

pós-

RESUMO

O texto se refere a dez estudos preliminares visando compreender e assimilar a técnica de curvatura de folhas planas de madeira e conformá-las em estruturas espaciais. A descrição contempla a forma de construção de moldes para essas conformações. As experiências descritas são as primeiras executadas no início do estudo de um sistema estrutural para módulos habitáveis, tema de minha pesquisa *Produção seriada e projeto arquitetônico: A escola secundária* financiada pela Fapesp, CNPq e USP. Essas experiências acabaram conduzindo ao registro de dois pedidos de patentes no INPI, com os números P.I.0.106.476-2 e P.I. 0.106.807-5.

PALAVRAS-CHAVE

Produção seriada, projeto, madeira laminada, técnicas.

DIEZ ESTUDIOS CON EL
OBJETIVO DE ASIMILAR LA
TÉCNICA CONSTRUCTIVA CON
MADERA LAMINADA

RESUMEN

El texto hace referencia a diez estudios preliminares con el objetivo de comprender y asimilar la técnica de curvar hojas planas de madera y conformarlas en estructuras espaciales. La descripción contempla la forma de construcción de moldes para esas estructuras. Las experiencias presentadas son las primeras ejecutadas en el inicio del estudio de un sistema estructural para módulos habitables, tema de mi investigación “Producción en serie y proyecto arquitectónico: “La escuela secundaria”, financiada por la Fapesp, CNPq y USP. Tales experiencias llevaron al registro de dos Pedidos de Patentes junto al INPI, que recibieron los números P.I.O.106.476-2 y P.I. 0.106.807-5.

PALABRAS CLAVE

Producción en serie, proyecto, madera laminada, técnicas.

TEN STUDIES TO HELP
LEARN BUILDING
TECHNIQUES IN
LAMINATED WOOD

ABSTRACT

The paper presents ten preliminary studies with the intent to understand and assimilate the bending technique of flat wood sheet and transform it in tridimensional structures. We also describe the construction of molds for this purpose. The presented studies are the first made in the beginning of a research project for the structure of living modules, theme of my research: *Modular production and architectural project: The secondary school* supported by Fapesp, CNPq and USP. As a result of the studies we demanded two Patents under the number P.I. 0.106.476-2 and P.I. 0.106.807-5.

KEY WORDS

Modular production, project, laminated wood, techniques.

INTRODUÇÃO

A técnica da madeira laminada e colada é conhecida e usada há longos anos, principalmente em produtos de mobiliário, mas se estendendo também a outros setores industriais como, por exemplo, na construção de barcos. O presente texto pretende relatar uma série de estudos que foram conduzidos com o sentido de verificar as possibilidades de sua aplicação na construção de estruturas de edifícios com pequena envergadura.

Uma vez verificada essa viabilidade e considerando, simultaneamente, conceitos de fabricação industrializada da construção, será possível estudar inovações que irão incorporar ao edifício características como a diminuição do peso do conjunto construído, a transportabilidade, além de propiciar formas espaciais inovadoras.

A partir dessa hipótese, desenvolvemos uma série de estudos, modelos e técnicas, com o objetivo de verificar essa aplicação. Nos estudos de viabilidade de conformação da madeira laminada, em novas configurações espaciais, é usual a construção de modelos usando o papel, com várias espessuras ou camadas, procurando configurar as estruturas desejadas e verificando sua resistência.

O uso do papel se justifica porque reproduz, parcialmente, as características da madeira por meio da presença de fibras e filamentos orientados. Essa presença é importante, pois a experiência mostra que as dobras são mais bem executadas quando feitas no sentido que acompanha a orientação das fibras. Presume-se, portanto, que o mesmo deve ocorrer com a conformação de lâminas de madeira.

Constatado que o uso do papel é material adequado para a simulação e estudo da construção de estruturas em madeira laminada com pequena espessura, o passo seguinte foi assimilar, rapidamente, as técnicas das dobraduras e de conformação de formas espaciais. Uma vez que as técnicas do origami contêm muitos e sofisticados exemplos, julgamos conveniente conhecer seus princípios, para dar rápido início aos estudos.

RESUMO DOS ESTUDOS E DAS TÉCNICAS

Os estudos apresentados a seguir seguem a orientação geral indicada e foram realizados para estabelecer conhecimento preliminar sobre o comportamento dos materiais moldados com espessura fina e com características estruturais.

Procurou-se estabelecer normas gerais de conduta para a elaboração de um projeto estrutural experimental para escolas secundárias, objeto de nossa pesquisa financiada pela Fapesp (Projetos n. 00/14350-3 e 03/06276-6), pelo CNPq (Projetos n. 520.697/00-6 e 551.963/2002-6), pelo Edital Universal CNPq (Projeto n. 476032/04-0) e pela Pró-Reitoria de Pesquisa da USP, pelo Projeto 1.

1. Procedimentos adotados para a construção e reprodução de modelos de formas tridimensionais em papel a partir de uma amostra

O modelo apresentado abaixo foi construído visando ao desenvolvimento de uma técnica para a construção de seu molde e contramolde para a posterior prensagem e teste de amostras similares em papel. Essas amostras servirão para as verificações de conformação de uma forma tridimensional e de sua resistência mecânica. A primeira consideração é que o papel a ser prensado deve ter uma forma tal, que, ao ser modificado, passando do plano para o tridimensional, não produza dobras ou excesso de material para evitar descontinuidade na superfície final.

Em seguida, vamos descrever os passos necessários para a construção e reprodução de uma forma tridimensional em papel com espessura variável a partir de uma amostra. A obtenção de várias amostras em papel com espessuras variáveis, com duas até cinco folhas e peso de 180 gramas/m² cada, é necessária para a verificação da resistência da forma projetada.

O primeiro passo é a construção da estrutura desejada, em uma lâmina simples de papel de 180 gr/m², a ser fixada a uma base de madeira.

A construção da forma experimental (Figura 1) exige o conhecimento do comportamento de uma folha de papel plana e suas regras de modificação ao ser transformada em tridimensional. Em princípio, não seria muito diferente do comportamento de uma chapa fina de metal que viesse a ser prensada contra um



Figura 1: A forma experimental
Crédito: Autor

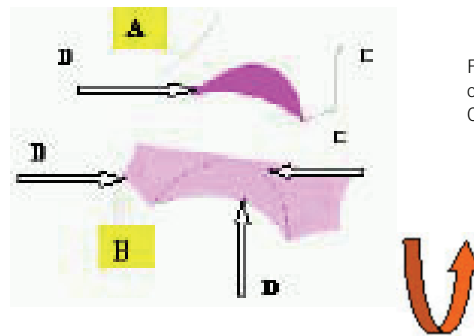


Figura 2: Esquema construtivo
Crédito: Autor

molde. Talvez a diferença fundamental resida no fato de, enquanto essa última tem certa elasticidade e um limite de deformação, o estiramento do papel, tanto quanto da película de madeira, possui uma complacência pequena à deformação e quase nenhuma à elasticidade.

No esquema B (Figura 2), o papel está no plano e deve ser recortado de tal forma, que, ao se executar a dobra C, no esquema A, a linha D permaneça no plano. A geometria desse corte estará ligada à curvatura que se deseja no espaço e à inclinação desejada na superfície a ligar a curva C ao plano de apoio.

Cobre-se essa estrutura de papel com espuma de poliuretano, Figura 3, suficientemente leve para não danificá-la. Ao mesmo tempo, essa espuma enrijece a estrutura original.



Figura 3: Cobertura com espuma de poliuretano
Crédito: Autor

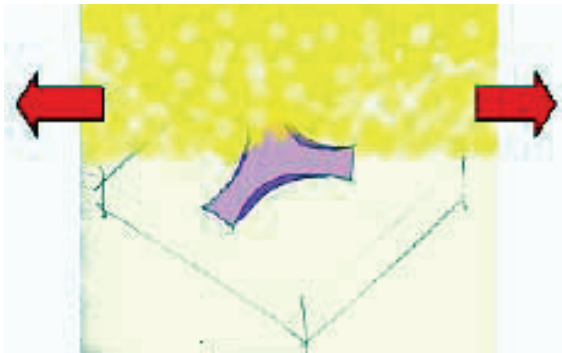


Figura 4: Expansão livre do poliuretano
Crédito: Autor



Figura 5: Resina poliéster despejada no molde negativo
Crédito: Autor

O domínio da técnica de transformação de uma superfície plana em superfície tridimensional é fundamental para o desenho de peças componentes de uma estrutura em madeira laminada, conforme pretendemos em nosso estudo.

Ao longo do texto, abordaremos algumas dessas técnicas, suas possibilidades e limitações.

A utilização da espuma de poliuretano não é uma técnica exclusiva nem a mais precisa para a obtenção de um modelo inicial, necessário para a confecção do molde e do contramolde da peça desejada.

Trata-se, aqui, apenas de uma técnica expedita procurando economizar tempo de execução, visto tratar-se de modelos iniciais e experimentais que apenas procuram indicar o melhor caminho a ser percorrido.

A técnica correta seria a da confecção de um modelo padrão a partir do qual se obteriam todos os contramodelos necessários.

A aplicação do poliuretano deve ser livre; portanto, sem paredes limitadoras ou outros constrangimentos, para evitar que a pressão desenvolvida pela reação química seja aplicada sobre a parede do modelo de papel, danificando-o.

Uma vez curado o poliuretano, destaca-se o conjunto da base de madeira. O poliuretano é a nova base e, em seu interior, permanece a película de papel agora enrijecida. Obtém-se, assim, uma fôrma negativa da estrutura desejada. Dentro dessa fôrma negativa é despejada resina poliéster adicionada com talco industrial (Figura 5). Antes do adicionamento do poliéster, será necessário impermeabilizar a fôrma de papel, pulverizando-a com um fixador e, uma vez seca, aplicar uma camada de vaselina líquida, impedindo a aderência do papel com o poliéster.

Quando o poliéster está curado, Figura 6, é retirado da fôrma negativa. Sendo sua superfície bastante irregular, retira-se todo o excesso, deixando apenas a forma desejada.

A operação seguinte consiste em extrair a peça em poliéster, reproduzindo a forma desejada, limpá-la, escareá-la e fundi-la novamente sobre uma base nivelada, visando facilitar a operação de prensagem. Essa operação é laboriosa e deve ser feita com cuidado para não se danificar a peça padrão, ao



Figura 6: Poliéster curado – Crédito: Autor



Figura 7: Adaptação a uma superfície nivelada – Crédito: Autor



Figura 8: Colocação dos pinos-guia – Crédito: Autor



Figura 9: Molde e contramolde – Crédito: Autor

mesmo tempo em que é preciso nivelá-la adequadamente para fundi-la com nova massa de poliéster composto o qual também deve ser nivelado.

A forma ou peça limpa é agora adaptada (Figura 7), a uma superfície nivelada para possibilitar a confecção de um contramolde.

Após as operações descritas, é obtido o que, usualmente, chamamos de “macho” ou molde em alto relevo. Sobre a base desse alto relevo são adicionados pinos de guia que servirão para posicionar, com precisão, o contramolde na operação de prensagem. Este contramolde ou “fêmea” é obtido pela deposição de composto de poliéster sobre o molde em alto relevo. É preciso lembrar que antes de executar essa operação o molde em alto relevo deve ser protegido por um material desmoldante apropriado. Em nossos modelos usamos cera desmoldante adequada ao poliéster.

Finalizada a operação de nivelamento, são colocados os pinos de guia (Figura 8) e procede-se a confecção do contramolde.

Concluída a construção do contramolde, podemos obter peças moldadas com várias espessuras pela superposição e colagem de folhas de papel, com 180 g/m², prensando-as entre o molde e o contramolde (Figura 9).

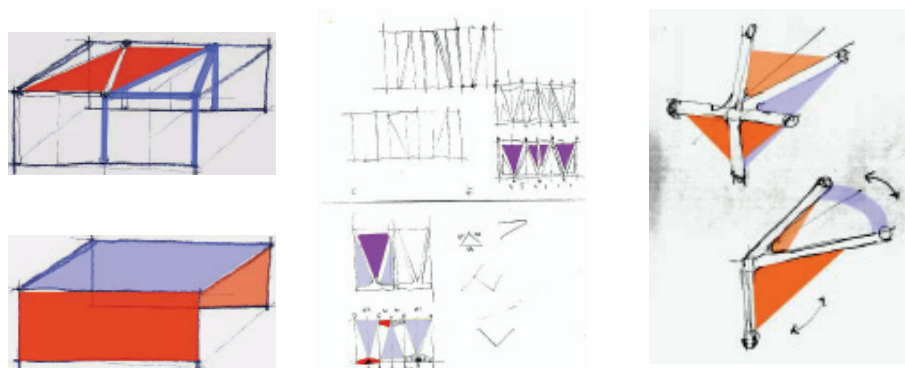
Essa operação finaliza a construção do molde e do contramolde da peça projetada e, a partir deles, podemos extrair as peças necessárias, com a espessura de parede desejada, para os testes que julgarmos necessários.

2. Primeira construção e verificação da resistência de peças tridimensionais destinadas à construção de edifícios de pequeno porte

Uma série de estudos (Figura 10) foram desenvolvidos, procurando desenhar formas tridimensionais (ao longo de três eixos ortogonais entre si, correspondentes a uma vertical, representando a força de gravidade, e outros gerando um plano horizontal ortogonal ao primeiro) que simulassem conjuntos resistentes aos esforços normais presentes em uma construção.

Os princípios construtivos do origami foram úteis para orientar a construção dos primeiros

Figura 10: Estudos
Crédito: Autor



modelos, uma vez que suas técnicas de dobras e curvas impostas ao papel não provocam sobras ou excesso de material após a nova configuração.

Partindo da estabilidade estrutural da figura triangular, consideramos uma linha vertical de apoio central de onde partem braços horizontais. Estes possuem duas configurações:

- Uma, composta por dois braços, com ângulo central de 60° , dirigindo-se aos apoios localizados do lado oposto da estrutura de onde, novamente, saem dois braços com a mesma configuração;
- outra composta por dois braços alinhados, um de cada lado do apoio vertical, dirigindo-se ao apoio situado do mesmo lado da estrutura, estando, pois, no mesmo plano do apoio vertical.

A primeira figura teria a incumbência de vencer o vão central do espaço construído, enquanto a segunda teria a função de indicar o limite externo do espaço.

A partir desses princípios construímos vários modelos experimentais, exemplificados nas figuras seguintes.

A montagem das figuras mostra que, à medida que os esforços são dirigidos na direção das setas verdes (Figura 11), há um movimento simultâneo na direção da seta laranja, o que demonstra a pequena resistência do conjunto em relação à sua estabilidade.

Essa verificação foi feita com o uso de uma simples folha de papel com 180 gr/m^2 (Figura 12). Possivelmente, essa resistência será maior ao aumentar o número de folhas, porém dificilmente será suficiente em seu desempenho estrutural.

Figura 11: Esquema da construção
Crédito: Autor

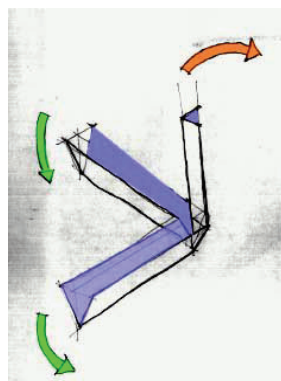


Figura 12: Modelo construído

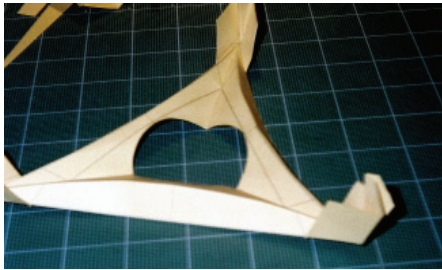


Figura 13: Modelo construído
Crédito: Autor

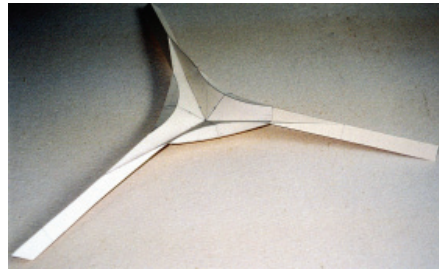


Figura 14: Modelo construído
Crédito: Autor



Figura 15: Estudos de esquemas construtivos
Crédito: Autor

O estudo prossegue em busca de novas configurações, incluindo, posteriormente, o aumento da espessura do material.

Deixamos, momentaneamente, o estudo restrito do nó de passagem do plano horizontal ao apoio vertical, e passamos a considerar a inclusão da peça triangular horizontal responsável pelo vão entre lados opostos da estrutura.

Várias configurações foram tentadas (Figuras 13, 14 e 15), sempre com uma espessura simples do papel com 180 gr/m², e sempre se manifestou a fragilidade anteriormente apontada. As construções eram incapazes de apresentar rigidez como consequência da simples forma tridimensional.

Finalmente, realizamos um estudo alternativo para a construção que devia vencer o vão entre dois lados opostos da estrutura. A figura central era composta por um nó de onde partem três braços que se dirigem aos apoios da estrutura triangular. Como nas construções anteriores, não conseguimos obter a rigidez necessária.

3. Estudo do nó de encontro do pilar com os braços horizontais da estrutura, considerando sua construção a partir de uma forma plana fechada

Este estudo demonstrou a enorme dificuldade para a construção de um nó resistente, partindo de uma única lâmina plana fechada, introduzindo-lhe apenas cortes e dobras. O estudo foi abandonado devido às dificuldades de construção e por não apresentar perspectivas de rigidez estrutural (Figuras 16, 17 e 18).

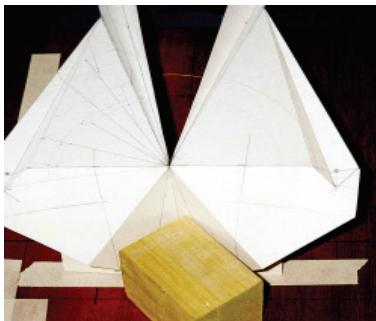


Figura 16: Modelo construído
Crédito: Autor

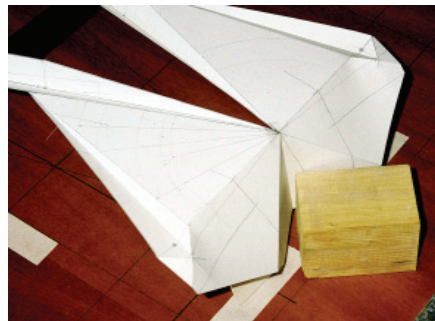


Figura 17: Modelo construído
Crédito: Autor

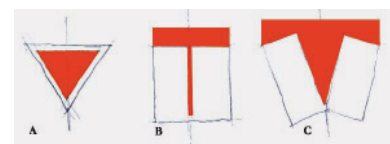


Figura 18: Estudos de esquemas construtivos
Crédito: Autor

4. Estudo de detalhes referentes à inflexão de uma reta e dos reforços das lâminas triangulares

A busca do estudo se refere à limitação imposta pelas dobras do material, no caso, o papel (ou a madeira laminada), que sempre seguem, preferencialmente, uma reta e as tentativas para superar essa limitação. Quando não o fazem e acompanham dobras em curva, geram formas esconsas, o que dificulta, muitas vezes, o controle sobre o resultado final. Surgiu, daí, a preocupação com a obtenção de uma mudança de inflexão da forma reta. Os objetivos dessa busca foram satisfatoriamente alcançados. As figuras seguintes procuram ilustrar essa busca (Figuras 19, 20, 21 e 22).

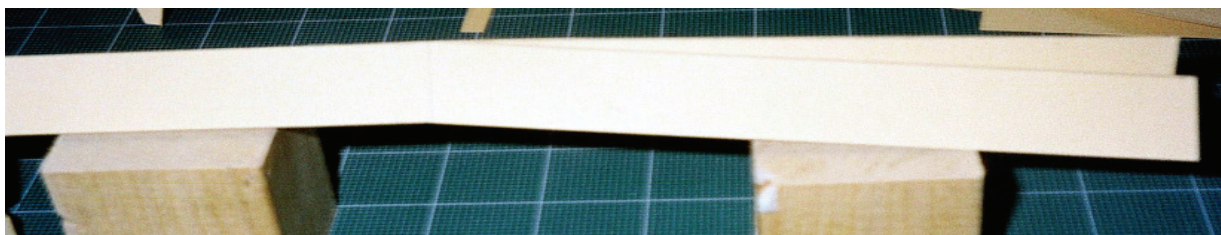


Figura 19: Modelo construído
Crédito: Autor

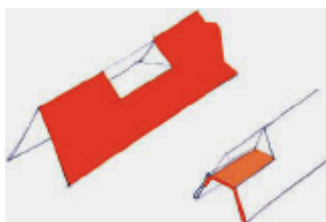


Figura 20: Estudos
Crédito: Autor

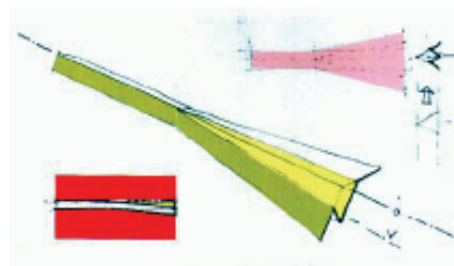
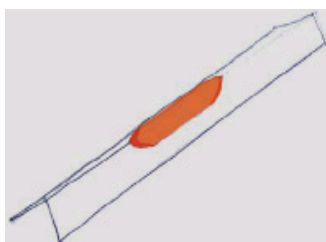
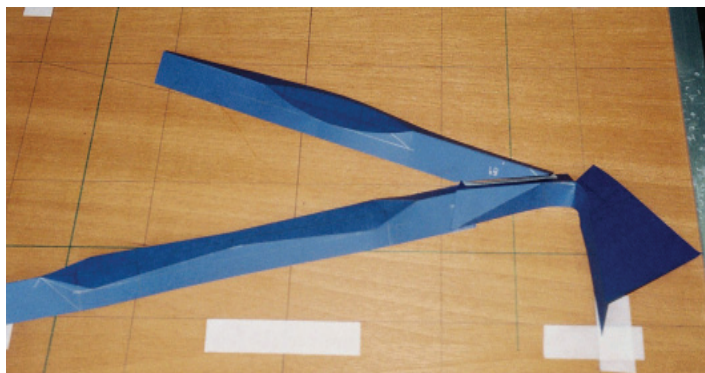


Figura 21: Estudos
Créditos: Autor

Figura 22: Modelo construído
Crédito: Autor



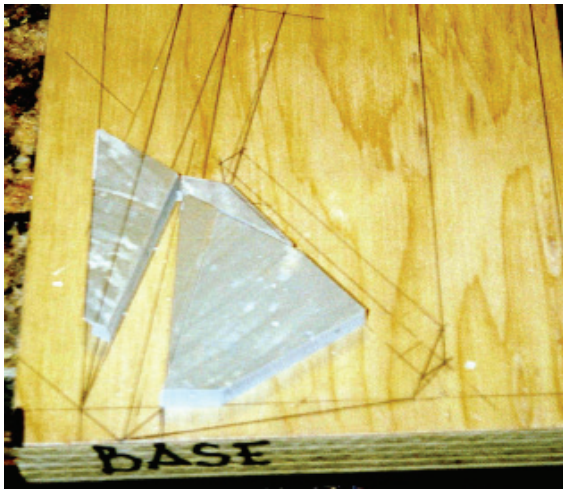


Figura 23: Fases de construção de um molde
Crédito: Autor



Figura 24: Molde lixado e preparado para confecção do contramolde
Crédito: Autor

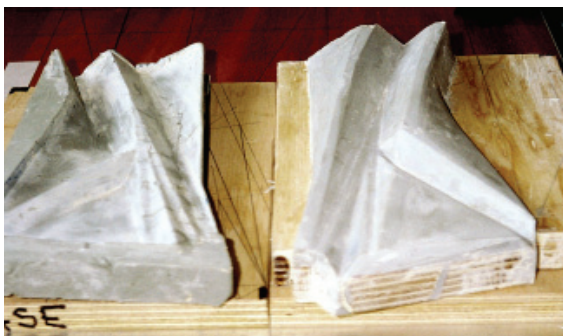


Figura 25: Molde e o contramolde
Crédito: Autor

5. Construção pelo sistema de adição de material

As fotos seguintes documentam a construção de um molde e seu respectivo contramolde (Figuras 23, 24, 25, 26 e 27), em poliéster adicionado com talco industrial, pelo sistema de adição progressiva. O objetivo da construção desse molde foi a obtenção de uma amostra em papel, com várias espessuras, a fim de verificar se um desenho previamente projetado produziria uma peça sem sobras de excesso de material após sua prensagem. Essa simulação reproduziria uma situação real, na qual o projeto, ou desenho, antecipa-se à construção do molde.

O desenho projetado partiu de uma verificação preliminar com dobras manuais, criado em papel, com espessura simples, o qual mostrou sua viabilidade quando sua figura plana original se conformou perfeitamente em uma forma espacial. Restava a verificação do procedimento.

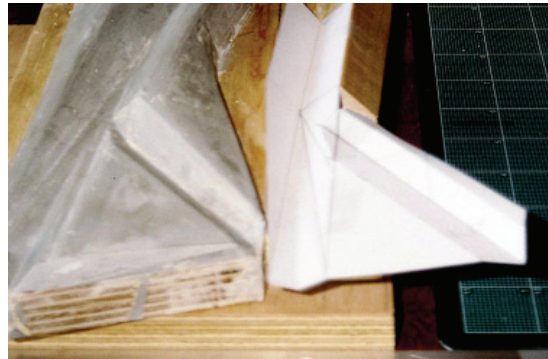


Figura 26: Molde e seu estudo em papel
Crédito: Autor

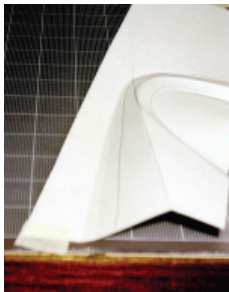


Figura 27: Primeira prensagem em papel
Crédito: Autor

Obtenção de uma peça prensada com folha tripla de papel de 180 g/m² partindo do molde construído. Pode-se notar, na parte assinalada com uma flecha, que há um excesso de material ocasionando uma dobra.

Esse experimento mostrou que ainda não tínhamos domínio sobre a previsão de um resultado a ser obtido, partindo de uma rápida verificação preliminar e de um projeto. Ficou claro que o resultado final satisfatório só poderia ser alcançado intercalando vários experimentos entre o projeto e a construção de um molde definitivo.

Figura 28: Estudo da conexão entre pilar e sistema horizontal
Crédito: Autor



6. Estudo de novas configurações para o apoio e para o destaque dos braços horizontais

Foram realizados outros estudos (Figura 28) para a conexão entre o eixo vertical, o pilar e o plano horizontal, o qual devia vencer o vão entre lados opostos.

Entre esses estudos realizados escolhemos as figuras 29 e 30 para executar um teste de resistência mecânica.

Procedemos à construção de um molde e contramolde (Figuras 31) para obter uma peça com espessura dupla de papel de 180 g/m² e verificar sua estabilidade. Nessa construção adotamos a técnica exposta na primeira parte deste texto, usando registros para o fechamento do molde.

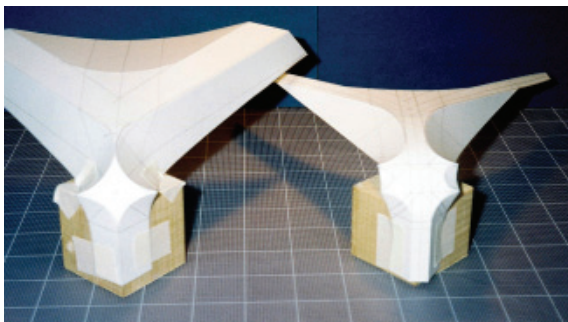


Figura 29: Estudos
Crédito: Autor

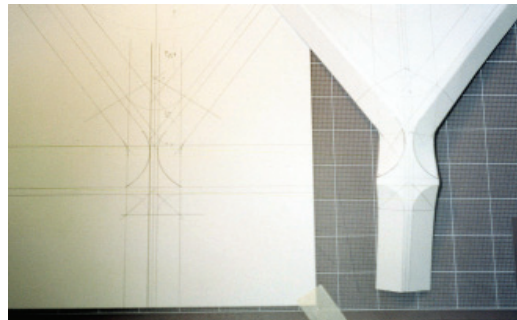


Figura 30: Estudos
Crédito: Autor

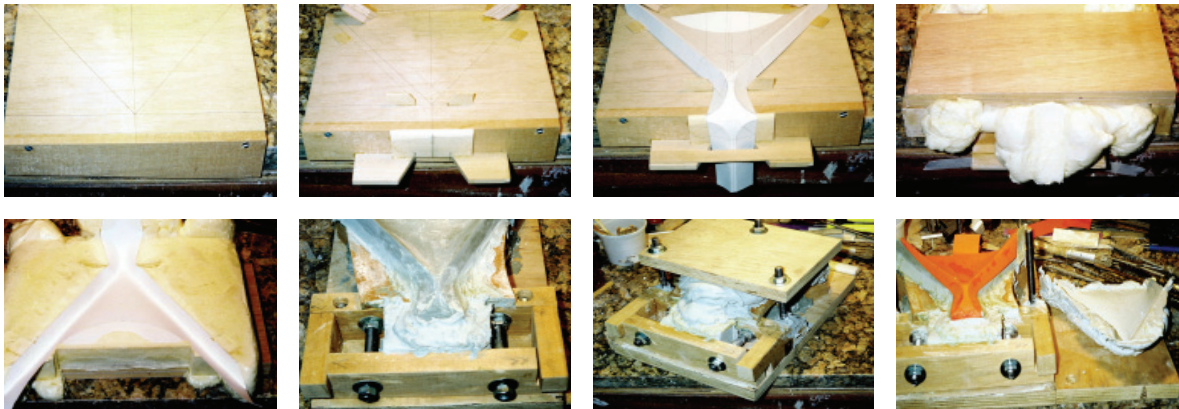


Figura 31: Construção do molde e contramolde
Créditos: Autor



Figura 32: Molde, gabarito plano em papelão e peça prensada
Crédito: Autor

Na parte esquerda da figura temos o desenho no plano, e, à direita, a forma no espaço. As fotos seguintes mostrarão em seqüência esse desenvolvimento.

Na foto ao lado (Figura 32), o molde, o gabarito plano em papelão e a peça tridimensional com dupla espessura obtida após a prensagem.

A peça obtida, apesar de bem construída, mostrou as mesmas deficiências mecânicas apresentadas por modelos anteriores, indicando que os estudos deviam prosseguir.

7. ESTUDO DE BRAÇO E DOIS APOIOS

O estudo de dois apoios verticais ligados por um braço simulando a base de uma estrutura triangular, como anteriormente buscada, foi desenvolvido com a técnica da adição de materiais.

Devido à extensão do modelo, foram utilizados vários moldes intermediários, obtendo-se peças delgadas em poliéster, com talco industrial reforçadas por tela de náilon, posteriormente usadas na montagem do conjunto.

As fotos apresentadas a seguir (Figuras .33 a 38) ilustram parcialmente o processo adotado, omitindo-se algumas operações intermediárias, por já terem sido descritas.



Figura 33: Molde inicial do apoio e parte da estrutura horizontal já com poliéster aderente ao modelo de papel com espessura simples
Crédito: Autor



Figura 34: Molde e contramolde abertos
Crédito: Autor



Figura 35: Início da construção do apoio do braço horizontal
Crédito: Autor



Figura 36: Braço horizontal construído e unido aos apoios extremos
Crédito: Autor



Figura 37: Peça final prensada ainda sobre o molde
Crédito: Autor



Figura 38: Peça espacial final e sua forma plana
Crédito: Autor

O modelo prensado obtido continuou apresentando deficiências estruturais, particularmente na união entre o apoio vertical e o componente horizontal entre apoios.

8. Estudo de nó com nova configuração espacial

A partir das técnicas expostas, procedemos ao estudo de nova configuração (Figuras 39, 40 e 41) abandonando a ligação entre o plano horizontal, que vence o vão entre apoios em lados opostos, e o apoio vertical.

Consideramos uma estrutura espacial triangular, e o estudo se concentrou no nó de ligação entre os lados do triângulo.

Este estudo, apesar de ainda mostrar deficiências mecânicas, indicou um caminho; posteriormente, ao ser desenvolvido, levou aos nós de conexão metálicos e as estruturas compostas por componentes com secção triangular, usados nos desenvolvimentos posteriores de minha pesquisa citada na introdução.

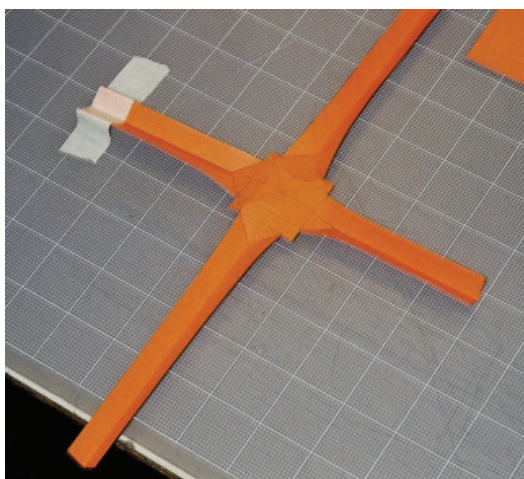


Figura 39: Modelo em papel de espessura simples, com o nó pretendido
Crédito: Autor



Figura 40: Molde e contramolde prensando folha de papel, com espessura dupla de 180 g/m²
Crédito: Autor

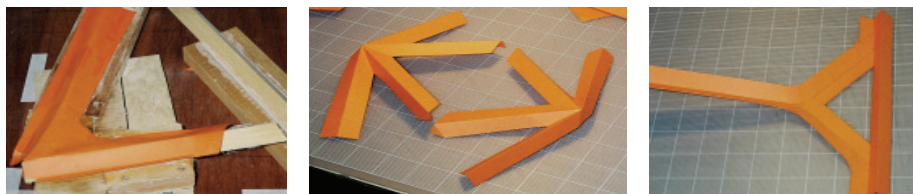


Figura 41: Experimento de reforço e enrijecimento, com folha de latão da parte inferior da aba triangular da peça
Crédito: Autor

9. Estudo de várias configurações triangulares

Partindo do caminho apontado pelo último estudo, foi realizada uma primeira exploração com estudos variados em torno do tema do plano horizontal com forma triangular espacial, sua forma integral e seus nós (Figura 42).

Figura 42: Estudos
Crédito: Autor



10. A configuração estável

Após os vários estudos apresentados, decidimos nos concentrar em uma figuração com três características principais:

- Estudo tridimensional ao longo do plano horizontal, o qual vence o vão entre apoios opostos;
- abandonar a busca de uma passagem desse plano ao plano vertical dos apoios;
- adotar a configuração em X com apoios nos quatro vértices dessa forma.

As fotos apresentadas mostram esse estudo composto pela passagem de uma figura plana ao espaço e a fixação dessa figura a um suporte, simulando os quatro apoios.

Observa-se que a resitência do conjunto é aceitável, mas o tipo de corte adotado gera, nos braços a unirem dois apoios, de um mesmo lado da estrutura, uma inflexão dirigida ao nó central (Figura 43). Seria desejável que esses dois braços compusessem uma reta. Na configuração seguinte, procuramos minimizar esse aspecto.

A razão pela qual esses braços são independentes (corte no centro) é motivada pelo fato de uma figura, ao passar do plano para o espaço, modificar sua geometria. Observar, nas figuras, como as direções dos braços no plano são diferentes daquelas assumidas no espaço.

Os recortes são feitos de modo a tentar alinhar os braços que unem os apoios do mesmo lado da estrutura (Figura 44).

A dobragem e a figura espacial, na Figura 45. Apesar dos cuidados adotados, os braços ainda não estão alinhados.

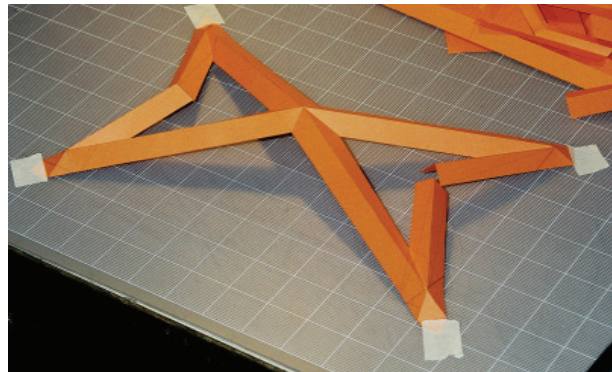


Figura 43: Figura no espaço
Crédito: Autor

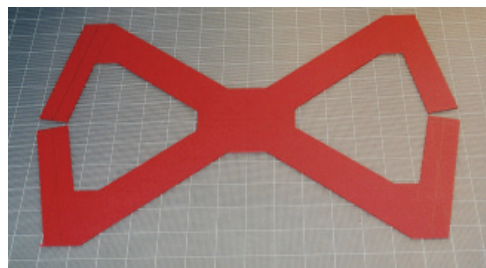


Figura 44: Figura no plano e recortes
Crédito: Autor

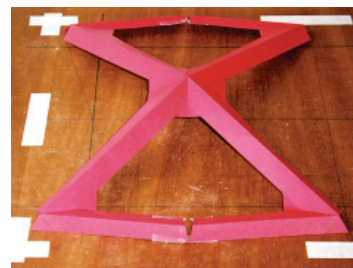


Figura 45: Dobragem e figura espacial
Crédito: Autor

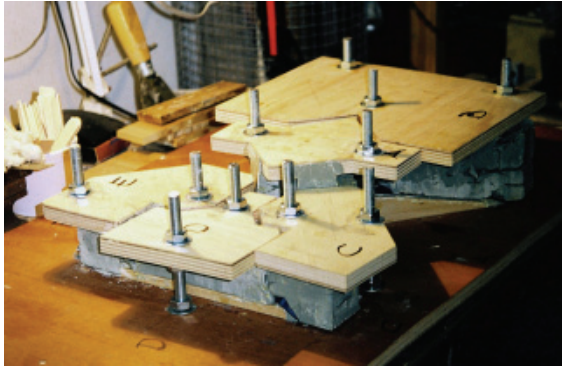


Figura 46: Molde e contramolde completos
Crédito: Autor

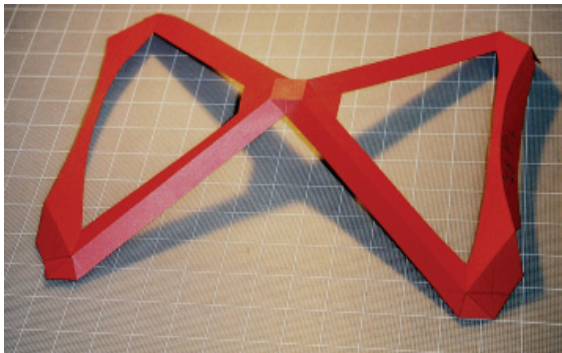


Figura 47: Peça completa configurada
Crédito: Autor

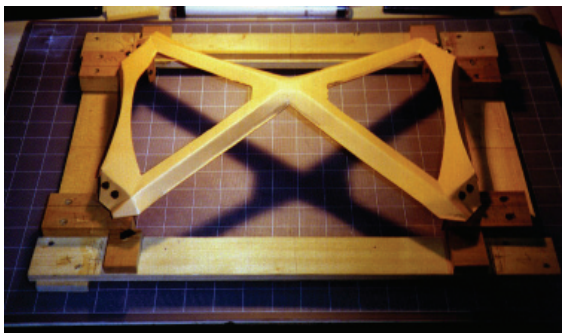


Figura 48: Fim da operação, com a peça instalada e pronta para os testes preliminares
Crédito: Autor

Ao abandonar a tentativa de ligar diretamente o plano horizontal aos apoios verticais, conseguimos obter uma estrutura mecanicamente resistente e possível de ser executada.

CONCLUSÃO

O conjunto de dez estudos apresentados foram os primeiros trabalhos realizados para a concepção da estrutura principal dos módulos previstos em minha pesquisa *Produção seriada e projeto arquitetônico: A escola secundária*, financiada pela Fapesp, CNPq e USP.

O interesse em publicar esses estudos, não-conclusivos, é divulgar parte do processo de trabalho que habitualmente empreendo, com minha equipe, em meu laboratório, ao longo de uma pesquisa que envolve conceitos produtivos industriais, novas técnicas aplicadas a materiais tradicionais, conceitos de projeto, etc.

Como assinei no texto, a experiência do item 8 indicou o caminho para a construção dos elementos estruturais com secção triangular e para a definição dos nós de ligação entre os componentes da estrutura.

Naturalmente, entre os estudos apresentados e as soluções definitivas utilizadas no projeto houve a intermediação de outros experimentos, mas o objetivo deste texto é registrar a origem das idéias básicas posteriormente elaboradas e adotadas (Figuras 49 e 50).

A solução definitiva dos componentes estruturais foi objeto de um pedido de registro de patente no INPI, com n. P.I. 0.106.807-5 e sua descrição sucinta está descrita em meu artigo “Reflexão sobre conceitos de produção modular e arquitetura” (VENTURA, 2005) Figura 49.

A solução adotada para as ligações estruturais, ou nós de ligação, também foi objeto de um pedido de registro de patente no INPI, com n. P.I. 10.304.791-1 e sua descrição está em trabalhos anteriores (VENTURA, 2000, 2002) Figura 50.

BIBLIOGRAFIA

FRINA, Ian Nicolson. *Cold moulded and strip-planked wood boatbuilding*. Londres: Adlard Coles Nautical, 1983.

JACKSON, Paul. *The encyclopedia of origami and papercraft techniques*, Londres: Headline Book Publishing PLC, 1991.

VENTURA, Alessandro. *Produção seriada e projeto arquitetônico: O exemplo da escola secundária*. São Paulo: FAUUSP, 2000.

____. *Arquitetura, indústria e produção modular: Sistematização crítica da obra passada e presente*. São Paulo: FAUUSP, 2002.

____. Reflexão sobre conceitos de produção modular e arquitetura. Revista *Pós*, São Paulo: FAUUSP, n. 20, p. 670, 2005.

Nota do Editor

Data de submissão: maio 2006

Aprovação: julho 2008

Alessandro Ventura

Professor Livre-Docente do Departamento de Projeto da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP.

Rua do Lago, 876

Rua do Lago, 876 – Cidade Universitária

05508-900 – São Paulo, SP

(11) 3091-1550

aventura@usp.br