

**Como citar este texto:** ALVES, G. M.; NOJIMOTO, C. Strings Pavilion: o processo de *design*. **VIRUS**, São Carlos, n. 6, dezembro 2011. Disponível em: <<http://www.nomads.usp.br/virus/virus06/?sec=6&item=2&lang=pt>>. Acesso em: 00 m. 0000.

## Strings Pavilion: o processo de *design*

Gilfranco Medeiros Alves e Cynthia Nojimoto

Gilfranco Medeiros Alves é Arquiteto e Mestre em Estudos de Linguagens. Pesquisador do Nomads.usp - Núcleo de Estudos de Habitares Interativos - da Universidade de São Paulo (USP). Estuda Projeto Arquitetônico, Semiótica e Comunicação em Arquitetura, Cibernética de Segunda Ordem, Cybersemiótica, Computação Gráfica e Ensino de Arquitetura e Urbanismo.

Cynthia Nojimoto é Arquiteta e Mestre em Arquitetura. Pesquisadora do Nomads.usp - Núcleo de Estudos de Habitares Interativos - da Universidade de São Paulo (USP). Pesquisa processos de *design* e sistemas complexos em objetos interativos.

### Resumo

O trabalho apresenta o processo de *design* do *Strings Pavilion* desenvolvido durante o *AA Visiting School, workshop* da *Architectural Association School of Architecture* realizado na cidade de São Paulo, em julho de 2011. O pavilhão é resultado de um processo de criação coletiva de uma equipe de projeto composta por cinco pessoas em estado de imersão durante dez dias, e que explorou várias possibilidades de experimentações e processos híbridos, a partir de pesquisas sobre as propriedades e comportamentos dos materiais utilizados, assim como de *software* paramétricos. Foram incorporados e aplicados no processo de criação alguns conceitos fundamentais advindos da Cibernética de Segunda Ordem e da Teoria de Sistemas, tais como *loop*, *feedback* e responsividade.

**Palavras-chave:** processos de *design*; Cibernética de Segunda Ordem; Sistemas Complexos; *design* paramétrico; fabricação digital; interatividade.

### 1. Introdução

As complexidades do produto arquitetônico contemporâneo e suas respectivas demandas levam os arquitetos e *designers* a experimentar outras possibilidades de criação, de tal forma que as

tecnologias disponíveis para o desenvolvimento de projeto (como por exemplo–aplicativos paramétricos, técnicas de fabricação digital e interatividade em objetos) têm estimulado a busca por outros processos de *design* mais condizentes com os fenômenos da contemporaneidade.

Neste contexto, foi desenvolvido pelos autores o projeto *Strings Pavilion* durante *workshop* organizado pela *Architectural Association School of Architecture* na cidade de São Paulo em julho de 2011. Resultado de um processo de *design* que abrange criação compartilhada, aplicações paramétricas, fabricação digital, interatividade no projeto e produção do objeto arquitetônico, o pavilhão reflete questões que têm sido foco de discussão e debate no cenário atual da arquitetura.

Além de se mostrar como uma reflexão sobre outros processos de *design* mais coerentes com as atuais tecnologias construtivas e projetuais disponíveis, o *Strings Pavilion* também se apresenta como uma oportunidade de colocar em prática conceitos teóricos investigados pelos autores. Entre eles pode-se salientar a Cibernética e os Sistemas Complexos. No processo de *design* do *Strings Pavilion* tais conceitos foram utilizados principalmente como critérios projetuais que nortearam as decisões tomadas pelos integrantes da equipe de projeto. Destaca-se abaixo, portanto, a relevância da utilização de alguns conceitos que foram diretamente aplicados e relacionados ao projeto.

## **2. Sobre Cibernética e Sistemas Complexos: critérios projetuais em processos de *design***

A palavra Cibernética vem do grego *kubernetes*, que tem em seu centro de significado a ideia do timoneiro que controla o barco dentro de um ambiente instável. A noção de estar controlando a navegação do barco em um ambiente desconhecido (portanto, passível de variações, acontecimentos inesperados e mudanças) é essencial ao timoneiro. Isso porque ele deverá manter-se atento e receptivo ao seu ambiente e às alterações sofridas por ele, protegendo o barco no decorrer de seu curso, definindo suas ações como respostas às condições ambientais onde se insere, de modo a produzir uma reorganização necessária para o equilíbrio do sistema. Esta é a definição de controle utilizada pela cibernética: o observador mais como um guia do que como um controlador *top-down*.

De acordo com Wiener (1973) a Cibernética pode ser definida como “a ciência do controle e da comunicação, no animal e na máquina”. Para Ashby (1970) a Cibernética é uma “teoria das máquinas”, porém não aborda coisas, mas modos de comportamento. **Não inquire “o que é esta coisa?”, mas “o que ela faz?”**

[...] a Cibernética trata tipicamente qualquer máquina dada, particular, perguntando não "que ação individual ela produzirá aqui e agora?", mas "quais são todos os possíveis comportamentos que pode produzir?" (ASHBY, 1970, s.p.).

Dessa forma, surge uma ciência destinada a estudar a questão do **controle, regulação e comunicação**, onde a teoria da informação desempenha um papel importante, na medida em que se caracteriza por lidar com um conjunto de possibilidades. Wiener concentrou muitos de seus esforços no estudo da linguagem e também no estudo das mensagens.

A Cibernética definida por Wiener na década de 1940 trata da observação dos sistemas, tendo como um de seus conceitos centrais a circularidade (também chamada de retroalimentação ou *loop/feedback*). A essa Cibernética foi dado o nome de Cibernética de Primeira Ordem. Nesse contexto, a teoria fundamenta-se em observar sistemas sob a ótica da regulação e da comunicação utilizando-se de *feedback*. O comportamento do sistema pode ser observado por um observador externo no qual o objetivo é mover-se em direção a uma meta (*goal*). A essência da cibernética é a circularidade, presente nos *loops* e *feedbacks* que regulam o sistema para garantir seus objetivos.

Já na década de 1970, Heinz Von Foerster propõe uma revisão dessa ciência, com a inclusão da ideia de observação do observador. Essa revisão foi chamada de "Cibernética da Cibernética" ou Cibernética de Segunda Ordem, que seria, portanto, o "estudo dos sistemas de observação" (SCOTT, 2004, p. 1373). Pode-se formular então que a Cibernética de Segunda Ordem é uma ciência que propõe a observação de sistemas, importando-se também com os resultados da própria ação de observação sobre eles.

No projeto *Strings Pavilion*, a Cibernética de Segunda Ordem serviu como base conceitual, não só para a retroalimentação constante realizada pelos participantes do processo, mas principalmente para o desenvolvimento das possibilidades de interação que se esperava que o pavilhão apresentasse em relação aos usuários e ao ambiente onde será inserido.

Além disso, nesse processo projetual também foram utilizados alguns conceitos provenientes da ciência dos Sistemas Complexos, que segundo Mitchell seria:

[...] um sistema no qual amplas redes de componentes sem controle central e regras simples de operação dá origem a um comportamento coletivo complexo, com sofisticado processamento de informação, e adaptação por aprendizado ou evolução (MITCHELL, 2009, p. 13, tradução nossa).<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Do original em inglês: "[...] a system in which large networks of components with no central control and simple rules of operation give rise to complex collective behavior, sophisticated information processing, and adaptation via learning or evolution" (MITCHELL, 2010, p. 13).

Buscou-se traduzir no projeto essa ideia de regras simples de operação para gerar um comportamento complexo do sistema, ou seja, para que fosse possível a emergência de algo inesperado e não determinado. Dessa forma, esperava-se que a simplicidade das regras produzisse a emergência de uma espacialidade e de um aspecto formal complexos, que fornecessem ao pavilhão uma diferenciação em termos de caráter construtivo em relação ao que ele poderia adquirir se fossem utilizados processos projetuais convencionais em sua concepção.

Assim, a experiência descrita nesse trabalho torna-se um exemplo sobre processos de criação em arquitetura envolvendo questões relacionadas às teorias dos Sistemas Complexos e à Cibernética. Além disso, representa a possibilidade e a importância da exploração das pesquisas teóricas através de práticas projetuais e, mais do que isso, a necessidade de interlocuções entre a Arquitetura e tais teorias, a fim de estimular diferentes atitudes no desenvolvimento do projeto. Isso configura uma urgência de análise e revisão das práticas construtivas frente às ferramentas e aos materiais disponíveis atualmente e ainda pouco explorados.

### **3. O processo de *design* do Strings Pavilion**

A experiência que resultou no projeto *Strings Pavilion* foi decorrência de um trabalho em grupo, desenvolvido durante o *Workshop* da *Architectural Association School of Architecture*, dentro do programa chamado *Visiting School*<sup>2</sup>, realizado entre os dias 12 e 21 de julho de 2011 na cidade de São Paulo.

O programa do *workshop* envolvia tanto a capacitação dos participantes com aplicativos diversos e linguagens de programação (tais como *Rhinoceros*, *Grasshopper*, *Rhino Python*, *Processing* e *Arduino*), como também palestras, atividades práticas e atividades projetuais. Assim, nos primeiros dias de *workshop* foram ministradas aulas sobre os aplicativos mencionados, aulas introdutórias sobre parâmetros e algoritmos, e palestras apresentando projetos do gênero desenvolvidos pelos professores e tutores em atividade profissional ou acadêmica. Depois das sessões de capacitação dos participantes, foi lançada uma atividade prática de exploração de materiais, e posteriormente uma atividade projetual.

A atividade prática de exploração de materiais foi proposta pelo arquiteto Robert Stuart-Smith, professor da *Architectural Association School of Architecture* e diretor do escritório de Arquitetura e Urbanismo chamado *Kokkugia* cujas sedes se encontram em Nova Iorque e em Londres. Nessa atividade, foram utilizados principalmente tecidos e cabos. Dessa forma, a metodologia empregada visava a investigação sobre diferentes materiais (Figura 1), envolvendo suas

---

<sup>2</sup> O *Visiting School* é um programa da *Architectural Association School of Architecture* que oferece *workshops* de projeto em várias cidades do mundo com o objetivo de levar metodologias empregadas nessa instituição para outros países e contextos diferentes.

características físicas, como resistência, comportamento, deformação e distorção, para compreender a emergência baseada em leis não determinísticas.



**Figura 1.** Investigação do comportamento dos materiais. Fonte: autores, 2011.

Já a atividade projetual proposta pelos organizadores do *workshop* envolvia uma intervenção na Avenida Paulista, importante referência na cidade de São Paulo. Após discussões coletivas sobre o espaço de intervenção, os participantes foram agrupados em equipes de aproximadamente cinco pessoas para o desenvolvimento de uma proposta projetual. Ao final, deveria ser apresentado como produtos do projeto, um modelo físico e um computacional, além do registro do processo de *design* da equipe.

O espaço de intervenção, a Avenida Paulista, é para a cidade de São Paulo, importante em muitos sentidos. Além de ser uma referência geográfica para a cidade, a Avenida Paulista é um importante espaço de manifestações culturais, esportivas, e políticas apesar de ser muito mais utilizada como passagem do que como permanência. Talvez isso ocorra por não oferecer locais nos quais a efervescência cultural possa se manifestar em escalas variadas, a não ser quando o fluxo dos automóveis é interrompido e os pedestres se apropriam totalmente da avenida. O ponto de partida da equipe de projeto foi, dessa forma, o entendimento da área de intervenção como espaço de manifestação cultural em suas mais variadas escalas. Assim, o projeto do pavilhão deveria abrigar eventos culturais diversos, como exposições, apresentações musicais, entre outras. Além disso, ele deveria ter a propriedade de rápida montagem, desmontagem e transporte.



**Figura 2.** Fluxo de pedestres cruzando a Avenida Paulista. Fonte: autores, 2011.



**Figura 3.** Alameda Rio Claro, passagem de pedestres entre a Avenida Paulista e a Rua São Carlos do Pinhal. Fonte: autores, 2011.



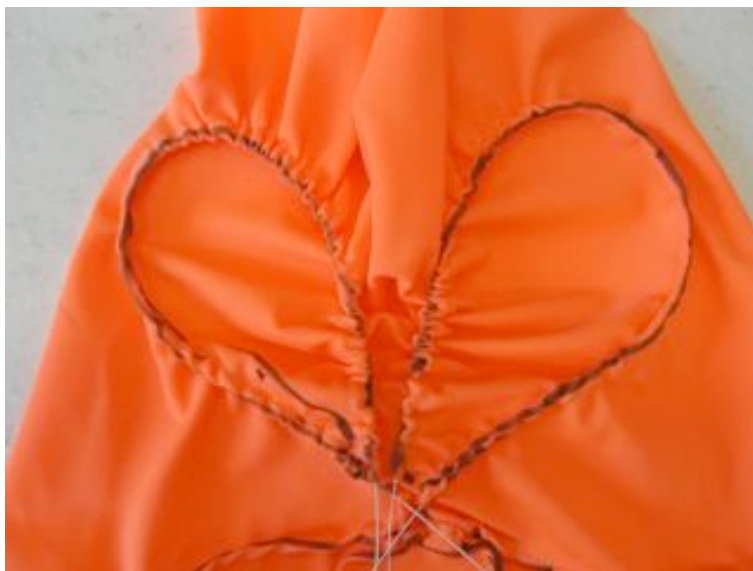
**Figura 4.** Espaço abaixo do MASP - Museu de Artes de São Paulo. Um dos poucos lugares de permanência ao longo da Avenida Paulista. Fonte: autores, 2011.

A atividade prática envolvendo a exploração dos materiais foi incorporada ao processo projetual. Os materiais definidos para o pavilhão foram tecido, mais especificamente elastano, e cabos. Nas maquetes de estudo foram utilizados diversos tipos de cabos, de arame a cordas de aço para instrumento musical e cabos de aço em diferentes espessuras. Para unir um material ao outro, padrões de costura para passagens dos cabos foram criados e confeccionados. Na definição desses padrões, a ideia de sistemas complexos foi utilizada como critério de projeto, conforme mencionado anteriormente. Procurou-se por padrões simples de costura para que deles pudessem emergir formas e espacialidades não determinadas.



**Figura 5.** Reação do elastano frente aos esforços impostos pela tensão e pelo padrão de costura.

Assim, a partir do conhecimento das características dos materiais, adquirido por meio de várias maquetes de estudo, e da aplicação de algumas regras simples e suas repetições, foram obtidos alguns resultados que, apesar de inesperados, se mostraram importantes para o entendimento do comportamento dos materiais quando trabalhados em conjunto.

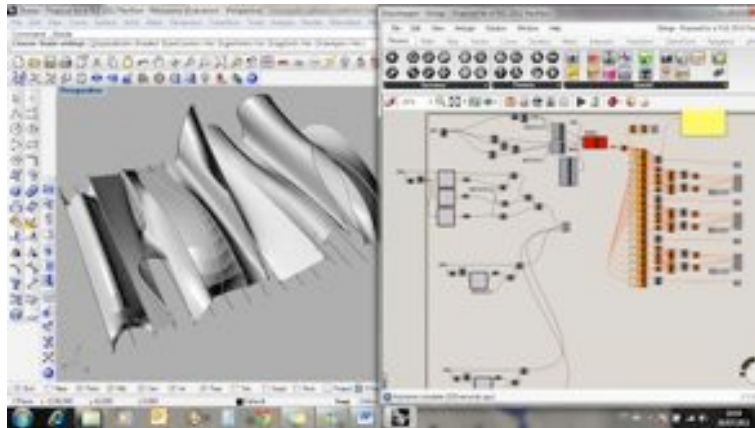


**Figura 6.** Elastano e cordas de aço trabalhando em conjunto. Fonte: autores, 2011.

O pavilhão deveria apresentar ainda movimentos e possibilidade de alterações formais em função de condicionantes locais (como por exemplo, a iluminação ou a presença ou não de usuários), de acordo com os conceitos da Cibernética. Desses ajustes, novos padrões de iluminação e de presença de pessoas seriam alterados e com isso os ajustes e os movimentos seriam constantes e manteriam o pavilhão sempre em movimento. Nessa etapa do projeto, os movimentos da maquete ainda eram feitos manualmente, como forma de testes iniciais dessas características, mas que posteriormente foram trabalhados com o *Arduino*, uma plataforma *open-source* para experimentos com interatividade em objetos.

Para simular o movimento do pavilhão foi realizado um modelo computacional utilizando o *Rhinoceros* e o *Grasshopper*. Nesse modelo, o comportamento dos cabos foi parametrizado de forma que fosse permitido visualizar diversas configurações possíveis do pavilhão.





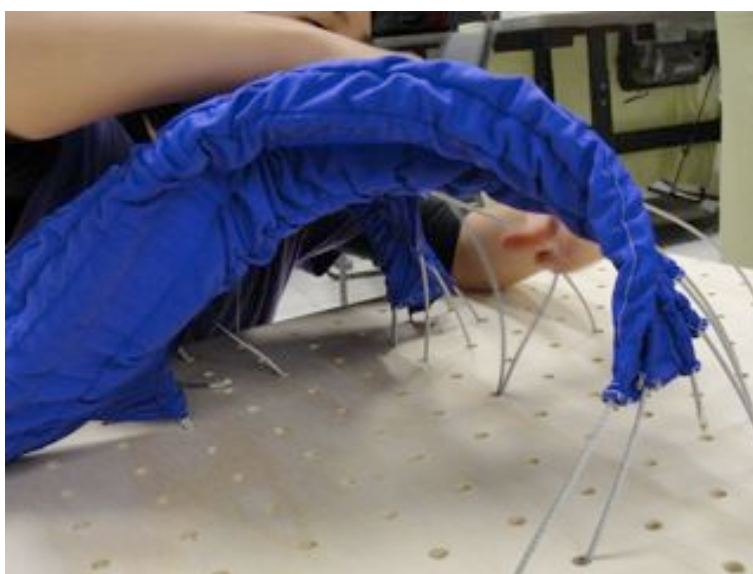
**Figura 7.** Parametrização do projeto no *software Rhinoceros* e no seu *plug-in Grasshopper*.  
Fonte: autores, 2011.

Entretanto, houve dificuldade na simulação exata do comportamento dos materiais no ambiente digital. Apesar da equipe de projeto ter conseguido simular o comportamento dos cabos, o mesmo não ocorreu com o do elastano. Alguns comportamentos desse material não puderam ser visualizados devido à dificuldade de parametrização de certas propriedades. Assim, chegou-se a uma variedade de modelos satisfatórios que reproduziram alguns dos movimentos desejados e reações entre cabos e elastano, com a determinação de valores controlados para os parâmetros do projeto. Isso possibilitou, mesmo pela simulação não exata dos materiais, visualizar a espacialidade conforme a movimentação dos cabos e do elastano.

Depois de muitas maquetes de estudos para testar comportamentos dos materiais, padrões de fixação entre tecido e cabos e movimentos possíveis, iniciou-se o processo de construção do modelo físico final a ser apresentado como produto do projeto no final do *workshop*. Para esse modelo, construído em escala 1:20, foi definido que o padrão de fixação entre o cabo e o elastano deveria seguir um regra simples para que dessas regras um outro comportamento emergisse, e nesse caso, o que emergiria seriam diferentes formas e espacialidades. O posicionamento dos pontos de fixação do pavilhão também deveria seguir um padrão simples. Para isso foi criada uma malha regular perfurada em base de madeira para se explorar possibilidades de posicionamento dos cabos de aço nessa base e com isso verificar as espacialidades que poderiam ser geradas.



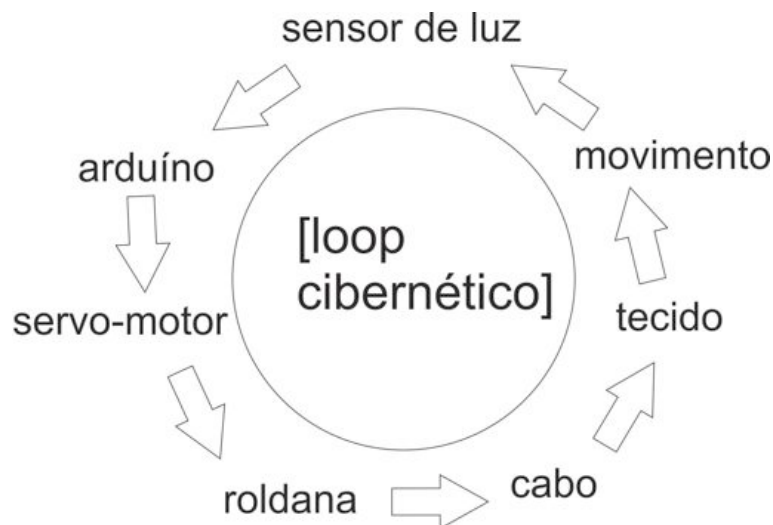
**Figura 8.** Padrão de costura para passagem dos cabos no elastano. Fonte: autores, 2011.



**Figura 9.** Base de madeira com malha regular. Fonte: autores, 2011.

Nesse momento, os testes com o *Arduino* se iniciaram. Nessa plataforma foi desenvolvida a programação envolvendo sensores e atuadores para realizar os movimentos desejados do pavilhão. Em um primeiro momento foram utilizados sensores de presença. Esses sensores detectariam o número de pessoas no interior do pavilhão e conforme a quantidade de pessoas haveriam vários comportamentos determinados. No modelo reduzido, esses sensores seriam instalados na frente do objeto, utilizando dois sensores infra-vermelhos.

Entretanto, o pavilhão se mostrava muito mais reativo do que cibernético, no sentido da retroalimentação, conforme desejado conceitualmente. Os sensores de presença foram trocados por sensores de luminosidade para que fossem trabalhados então os condicionantes ambientais. Com esses sensores percebeu-se que a retroalimentação do sistema seria possível se os sensores de luminosidade fossem instalados no interior do pavilhão. Cada valor de luminosidade detectado pelo sensor seria determinante de um certo movimento do pavilhão. O pavilhão se movimentaria e, a partir desse movimento, novos valores de luminosidade seriam detectados pelos sensores criando, dessa forma, novos comportamentos, mantendo o pavilhão sempre em movimento, ou seja, ele se retroalimentaria constantemente (Figura 10). O *Arduino* detectaria os dados ambientais (no caso, os valores de luminosidade através de sensores) e processaria essa informação, por uma programação determinada, convertendo-a em um movimento por meio de atuadores específicos, que no *Strings Pavilion* eram os servo-motores.

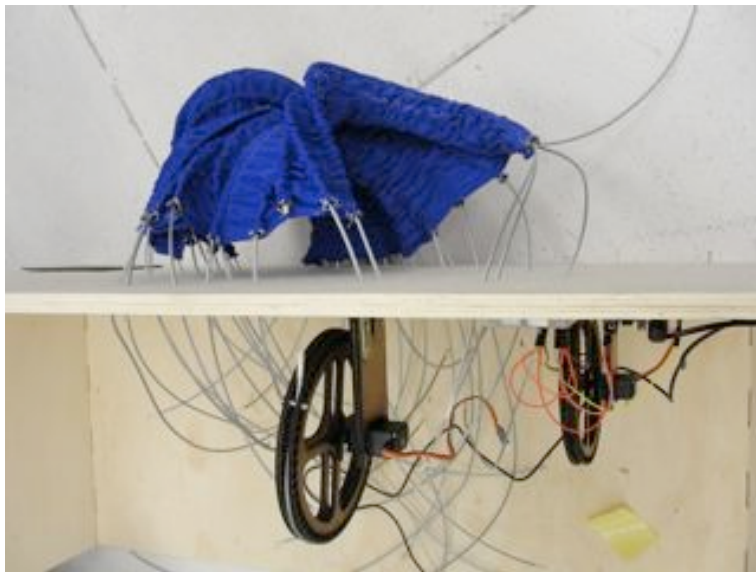


**Figura 10.** Loop cibernético. Fonte: autores, 2011.

Além de toda a programação no *Arduino* foi necessário desenvolver também o mecanismo físico para o movimento do modelo reduzido do pavilhão. Para isso foi elaborado um sistema de roldanas ligado aos servo-motores que seria responsável por puxar os cabos do modelo físico proporcionando, dessa forma, movimento ao pavilhão. O desenho das roldanas bem como o suporte para sua fixação na base de madeira foram projetados no *Rhinoceros* e produzidos na máquina de corte a *laser*. A base de madeira com a malha regular para o encaixe dos pontos de fixação do pavilhão também foi produzida na fresa CNC, a partir de um desenho desenvolvido no *Rhinoceros*.

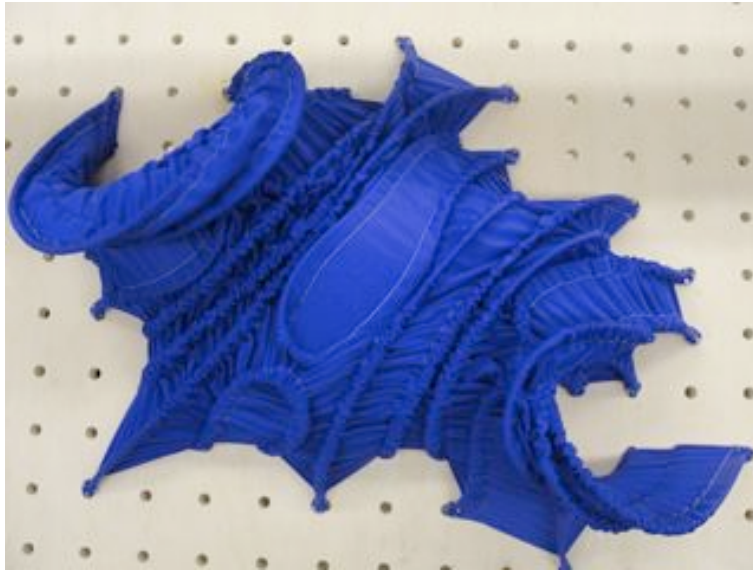


**Figura 11.** Corte das peças para o mecanismo de movimento do modelo físico na máquina de corte a *laser*. Fonte: autores, 2011.



**Figura 12.** Teste com o *Arduino* e servos-motores. Fonte: autores, 2011.

O modelo físico apresentado ao final do *workshop* correspondeu às expectativas da equipe de projeto. Apesar das dificuldades encontradas como, por exemplo, a amplitude de giro dos servomotores disponíveis, que era de apenas 180 graus, limitando o movimento das roldanas, ou ainda a quantidade de servomotores disponível, o que permitiu apenas a montagem de duas roldanas, os produtos apresentados, tanto o modelo computacional quanto o modelo físico, conseguiram representar os conceitos de cibernética e sistemas complexos trabalhados no projeto.



**Figura 13.** Modelo físico em escala 1:20 finalizado. Fonte: autores, 2011.



**Figura 14.** Fotomontagem com a possibilidade de implantação na Alameda Rio Claro. Fonte: autores, 2011.

No entanto, essas questões teóricas não apenas se tornaram critérios projetuais para um produto arquitetônico, mas também indicam uma possível metodologia para análise do processo de *design* como um todo, principalmente nas interlocuções efetivadas entre membros da equipe de projeto, professores e tutores.

Assim, é possível estabelecer uma relação cibernética do processo de *design* quando a condição contínua de ir e vir sobre o objeto arquitetônico e as discussões estabelecidas entre equipe e colaboradores podem ser consideradas como ações que retroalimentam esse processo. Esse movimento de retroalimentação torna-se essencial para a análise das soluções adotadas e para a constante revisão das próprias decisões projetuais.

As interlocuções ocorridas no desenvolvimento do projeto do *Strings Pavilion* também representam o caráter colaborativo do processo. Não havia na equipe a imagem de um arquiteto ou *designer* criador no topo do processo comandando a equipe. Mas sim cada membro da equipe, cada um com seu saber e suas habilidades específicas, trabalhando coletivamente para o desenvolvimento do projeto. Talvez esse processo seja mais lento do que aquele que depende de alguém para a tomada de decisões. Por outro lado, as decisões partem de reflexões coletivas, e tanto erros como acertos são constantemente discutidos por todos, em um processo de retroalimentação que ao final minimiza incompatibilidades entre projeto e objeto construído.

## **Considerações finais**

O projeto apresentado procurou demonstrar, a partir dessa experimentação, a utilização de tecnologias recentes como aplicativos paramétricos, fabricação digital e interação como catalisadores de uma possível metodologia que busca investigar outros processos condizentes com a realidade contemporânea. Além disso, traz conceitos estudados pelos autores, como Cibernética e teorias dos Sistemas Complexos para uma atividade projetual, aliando, dessa forma, aspectos teóricos à experimentação prática.

Conclui-se que as complexidades do processo de *design* em arquitetura, por assim dizer, requerem outras abordagens, como ocorreu na experiência de projeto relatada. As mídias digitais e o emprego de *design* paramétrico, por exemplo, estimulam uma mudança de abordagem em relação ao processo de criação em arquitetura. O projeto descrito é resultado de um processo coletivo, experimental e espera-se que de, alguma forma, possa contribuir para as discussões atuais acerca de processos de criação em arquitetura, a partir do uso de mídias digitais e das tecnologias contemporâneas disponíveis.

O próximo passo dessa discussão será a construção do pavilhão em escala 1:1. Dessa forma, novos desafios deverão ser vencidos, pois o modelo físico em escala 1:20 apenas representa o projeto e os mecanismos para a simulação dos movimentos do pavilhão que não podem ser reproduzidos fielmente em escala 1:1. Novos sistemas deverão ser elaborados, e novos integrantes, cada qual com um saber específico e distinto, deverão ser incorporados a esse processo de *design* coletivo. Dessa reorganização da equipe de projeto e da colaboração entre todos os membros, algo novo poderá emergir. Nesse caso, espera-se que resulte em um objeto arquitetônico que talvez apresente outros aspectos formais e outras soluções projetuais em relação tanto a materiais quanto à interação. No entanto, se o pavilhão final a ser construído configurar um objeto completamente diferente do anterior, não significa um novo processo se iniciando, mas sim a retroalimentação do mesmo. Dessa forma, novamente o caráter cibernético parece permear as instâncias projetuais como um todo, tanto no produto como no próprio processo.

## **Previsão dos próximos *workshops* e atividades a serem desenvolvidas**

WORKSHOP 1 - MATERIAIS + modelagem de estrutura ESCALA 1:1 + PROTOTIPAGEM

Datas: 29/11/2011 a 02/12/2011

WORKSHOP 2 - MATERIAL E ESTRUTURA 1:1 + PROTOTIPAGEM

Datas: 24/01/2012 a 03/02/2012

WORKSHOP 3 - FABRICAÇÃO DIGITAL FINAL DOS ELEMENTOS

Datas: 03/04/2012 a 12/04/2012

WORKSHOP 4 - MONTAGEM FINAL

Datas: 03/07/012 a 12/07/2012

## **Ficha técnica**

**Ano:** 2011

**Previsão de construção em escala 1:1:** 2012.

**Concepção inicial do *Strings Pavilion*:** Cynthia Nojimoto, Flávia Ghirotto Santos, Gilfranco Medeiros Alves, Humberto da Mata e Rafael Morozowski Ardjomand.

**Professores e tutores do *workshop* da *Architectural Association School of Architecture* em São Paulo:** Franklin Lee, Anne Save De Beaurecueil, Robert Stuart-Smith, Affonso Orcioli, Thiago Mundim, Ernesto Bueno, Arthur Mamou-Mani, Sandro Tubertini, Yoo Jin, Victor Sanderberg, Lucas de Sordi.

**Site do projeto:** [http://saopaulo.aaschool.ac.uk/?page\\_id=1358](http://saopaulo.aaschool.ac.uk/?page_id=1358)

**Vídeos:** <http://www.youtube.com/watch?v=GhNm6Enao3k>

[http://www.youtube.com/watch?v=WAWYarWf\\_eI&feature=related](http://www.youtube.com/watch?v=WAWYarWf_eI&feature=related)

[http://www.youtube.com/watch?v=P3I5\\_oN5\\_lw&feature=related](http://www.youtube.com/watch?v=P3I5_oN5_lw&feature=related)

## **Referências**

ASHBY, W. R. **Introdução à Cibernética**. São Paulo: Ed. Perspectiva, 1970.

MITCHELL, M. **Complexity**: a guided tour. New York: Oxford University Press, 2009.

SCOTT, B. Cibernética de segunda ordem: uma introdução histórica. **Kybernetes**, 2004. v.33, n.9/10, p. 1365-1378.

WIENER, N. **Cibernética e sociedade**: o uso humano dos seres humanos. São Paulo: Cultrix, 1973.