

Estruturas Complexas Adaptativas: Modelagem Analógica integrada à Parametrização e Comutação Física

Complex Adaptive Structures: Analog Modeling combined with Parametricism and Physical Computing

Clara Reial

UNIFOR – Universidade de Fortaleza, Brasil
clarareial@gmail.com

Yasmin Nunes

UNIFOR – Universidade de Fortaleza, Brasil
yasminanunes96@gmail.com

Dra. Clarissa Ribeiro

UNIFOR – Universidade de Fortaleza, Brasil
almeida.clarissa@gmail.com

Petrick Medeiros

UNIFOR – Universidade de Fortaleza, Brasil
petrickgomes2009@gmail.com

Emanuelle Nobre

UNIFOR – Universidade de Fortaleza, Brasil
emanuellenobre@live.com

Lara Freitas

UNIFOR – Universidade de Fortaleza, Brasil
larafreitas08@hotmail.com

Abstract

The present article presents an academic experiment that was designed to promote a productive dialogue between Architecture and Mechatronics. Structured as a joint initiative the project involves first year students from Architecture and Urban Planning and from Automation and Control Engineering. The process was directed and supervised by professors of both disciplines at the University of Fortaleza, Brazil. The teams of students were invited to explore and mastering basic knowledge in electronics, physical computing and modeling strategies for complex geometries considering real life problems involving both areas. Here we present an open critique to the didactic experiment from the perspective of a group of students.

Keywords: crowdthinking; adaptive architecture; robotics in architecture; transdisciplinary strategies; modeling strategies for complex geometries.

Introdução

“Computational design and integrated materialization processes allow for uncovering the inherent morphogenetic potential of materials and thus are opening up a largely uncharted field of possibilities for the way the built environment in the 21st century is conceived and produced.” (Menges, 2012)

O presente artigo apresenta e discute a partir da perspectiva de um grupo de alunos, sob a coordenação dos professores orientadores, os resultados de estudos realizados no contexto de uma disciplina basilar na grade do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da UNIFOR em que investigamos o desempenho estrutural e estético de malhas geometricamente complexas com o objetivo de facilitar ou mesmo viabilizar a movimentação das mesmas em experimentações com modelos adaptáveis.

Três séries de experimentos foram realizadas utilizando estratégias de modelagem analógica e paramétrica. Foram exploradas técnicas para modelagem de tessituras,

dobraduras e estruturas com integridade tensional (*tensegrity*). Os experimentos com tessituras, dobraduras e *tensegrity* foram realizados em paralelo e procedeu-se uma análise comparativa que, em um primeiro momento, avaliou características estruturais dos modelos.

Os procedimentos de modelagem e análise incluíram experimentações com materiais simples e de fácil manuseio e transformação como papéis de baixa gramatura e EVA, integrados com modelos digitais utilizando, combinados, o *Rhinoceros*, o *Firefly*, e o *Grasshopper*, associados a uma Arduino, servo-motores e sensores como LDR, visando à automação dos modelos.

Esse projeto foi realizado como proposta de integração entre os cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Mecatrônica para que fosse possível uma sofisticação no controle e automação de estruturas adaptáveis.

A estratégia didática desse laboratório experimental coordenado por professores dos dois cursos se estruturou

em uma sequência de etapas que envolveram, em um primeiro momento, investigação de experiências similares em projetos desenvolvidos em laboratórios experimentais em âmbito internacional. A estratégia se estrutura como proposta em um contexto, nacional e internacional em que, como argumenta o professor Achim Menges,

“A novel convergence of computation and materialization is about to emerge, bringing the virtual process of design and the physical realization of architecture much closer together, more so than ever before. Computation provides a powerful agency for both informing the design process through specific material behavior and characteristics, and in turn informing the organization of matter and material across multiple scales based on feedback from the environment.” (Menges, 2012)

O desafio integra alunos de duas cadeiras específicas – Elementos de Composição Tridimensional (Laboratório de Modelagem de Geometrias Complexas) e Introdução ao Controle e à Automação, organizados em 10 equipes mistas como tentativa de construção de uma cultura transdisciplinar em que engenheiros aprendam sobre os níveis de realidade acessados pelos arquitetos e onde os arquitetos aprendam a navegar por aqueles que integram o universo da mecatrônica.

CrossLab

A estratégia didática desse experimento integrador dá continuidade e acontece em paralelo às investigações realizadas pelos pesquisadores do CrossLab na Universidade de Fortaleza.

O CrossLab consiste no projeto de implantação continuada de um laboratório experimental a partir da estruturação de um núcleo de pesquisas com foco no estudo, desenvolvimento e aplicação de tecnologias e metodologias que envolvam design paramétrico, CAD e CAM para modelagem de geometrias complexas e estruturas adaptáveis partindo de estudos envolvendo Sistemas Complexos Adaptativos em abordagens cross-escalares (neologismo proposto pelos autores; derivação da tradução direta do termo em inglês de uso corrente *cross-scale*).



Figura 1: CrossLab: Encontros semanais. Conversa com o convidado Aderson Passos, pesquisador da Universidade Federal do Ceará, 2016.

O projeto tem a intenção de corresponder às necessidades e desafios contemporâneos da atuação dos Arquitetos em

âmbito internacional nas interseções entre Arquitetura, Tecnologias Computacionais, Engenharia de Controle e Automação, e Ciências de um modo geral envolvendo a exploração de contextos e conhecimentos em diversas escalas, do nano, micro ao macroscópico e seus desdobramentos na proposição de projetos que venham contribuir para uma sofisticação da produção nacional em Arquitetura.

Experimentações

“Ao projetar uma nova concepção do mundo e da vida, a transdisciplinaridade procura transgredir as falsas dualidades entre sujeito/objeto, subjetividade/objetividade, matéria/consciência, natureza/divino, simplicidade/complexidade, reducionismo/holismo, diversidade/unidade, com o reconhecimento da existência de complexas pluralidades no mundo da vida.” (Silva, 2007, p.138)

No início do primeiro semestre letivo de 2016, o professor da cadeira de Introdução a Engenharia de Controle e Automação, Rodrigo Paulino, propôs aos alunos solucionar conjuntamente, através de um diálogo de características transdisciplinares, um problema originado no contexto da disciplina Elementos de Composição Tridimensional, do curso de Arquitetura e Urbanismo, ministrada pela Professora Dra. Clarissa Ribeiro.

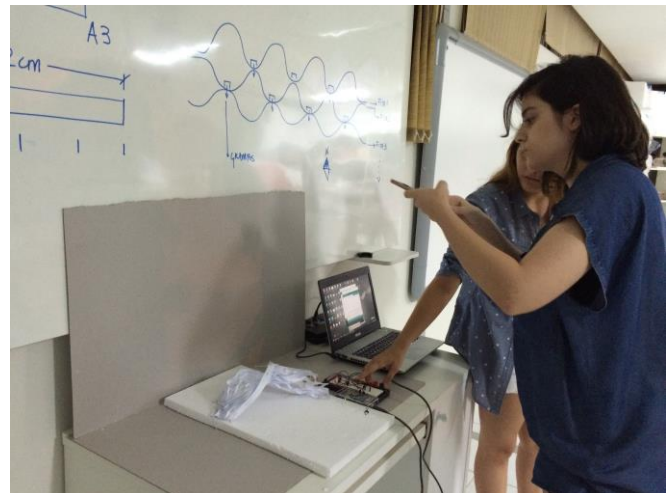


Figura 2: Experimentações Preliminares nas aulas da cadeira Elementos de Composição Tridimensional.

O desafio era encontrar soluções para a movimentação de estruturas adaptáveis geometricamente complexas utilizando, combinadas, estratégias de modelagem física e paramétrica combinadas à computação física e à robótica.

Ao longo de todo o semestre foram realizadas várias reuniões para que se pudesse discutir, planejar e organizar uma melhor maneira de se criar a maquete onde existia apenas um conceito e um protótipo da mesma.

O projeto de trabalho teve início no mês de Fevereiro de 2016 e, após uma das aulas de introdução, os alunos da engenharia se reuniram com as alunas da Arquitetura no

turno da tarde no horário da aula de composição de Elementos para a formação das equipes. Após terem sido escolhidas as equipes, o protótipo da maquete foi apresentado para que fosse possível entender o projeto e suas necessidades e, assim, discutir - conjuntamente - possibilidades para a automação.

Ao longo do semestre, o grupo gerenciou livremente os encontros de trabalho, organizados em função de metas estabelecidas no contexto das duas disciplinas, desenhadas para que fosse possível orientar os grupos através de um processo projetual não-linear. As apresentações periódicas para discussão e reformulação das propostas funcionaram como balizadores do processo.

Os encontros da nossa equipe, especificamente, aconteciam semanalmente, o que possibilitou gerenciar e reajustar as metas e as estratégias para solução do problema proposto.

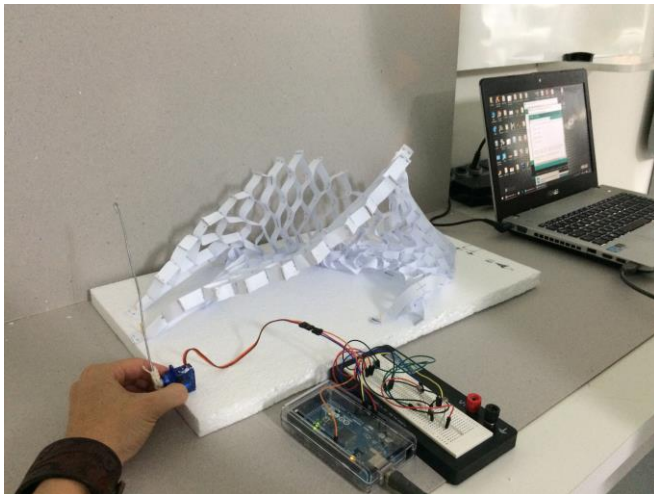


Figura 3: Experimentações: série em que exploramos técnicas de tessitura.

Três séries de experimentos foram realizadas utilizando estratégias de modelagem analógica e digital (parametrização). Na série em que exploramos técnicas de tessitura, produzimos diversos modelos experimentais criando variações compositivas e estruturais integrando ao modelo físico um sistema automatizado em que a leitura de variações luminosas (realizada por sensores LDR) produzia a movimentação da malha que, hipoteticamente, se adaptaria a variações ambientais no contexto da cidade de Fortaleza, no Nordeste do Brasil.

As experimentações com parametricismo relacionadas ao desenvolvimento das tessituras envolveram, entre outros, a construção de *scripts* no Grasshopper com definições para *diagrids* diagonais combinadas a definições para *box morphs* utilizando uma superfície definida por 4 pontos (Figura 4).

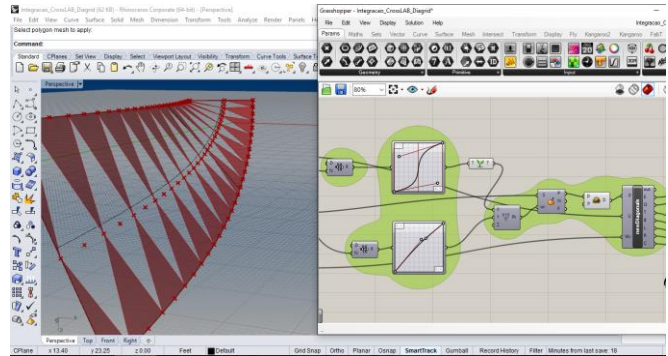


Figura 4: *diagrids* diagonais combinadas a definições para *box morphs* utilizando uma superfície definida por 4 pontos

Na segunda série de explorações, a técnica de dobradura em papel foi utilizada. Um sistema para automação da movimentação das estruturas foi integrado à dobradura. Comparando-se com as estruturas desenvolvidas com técnicas de tessitura, as dobraduras são menos complexas formal e estruturalmente.



Figura 5: Experimentações: série em que exploramos técnicas de dobradura. Estrutura desdobrando-se.

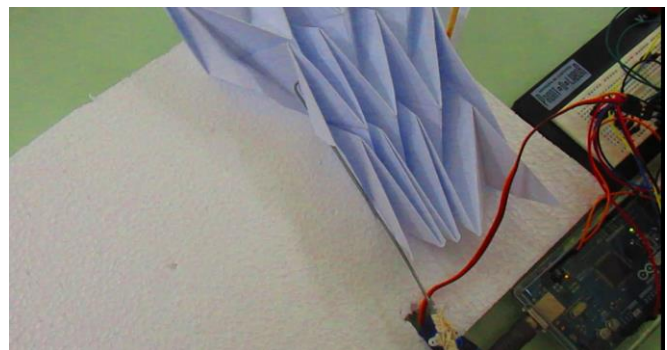


Figura 6: Experimentações: série em que exploramos técnicas de dobradura. Estrutura recolhida.

Na terceira série, diversas estruturas explorando a integridade tensional foram construídas, utilizando materiais específicos para criar zonas de tensão e de conexão. Às estruturas integrou-se um sistema para automação para variação de tensão. Experimentações com parametricismo explorando integridade tensional (*tensegrity*) foram realizadas em paralelo ao desenvolvimento dos modelos físicos (Figura 8).

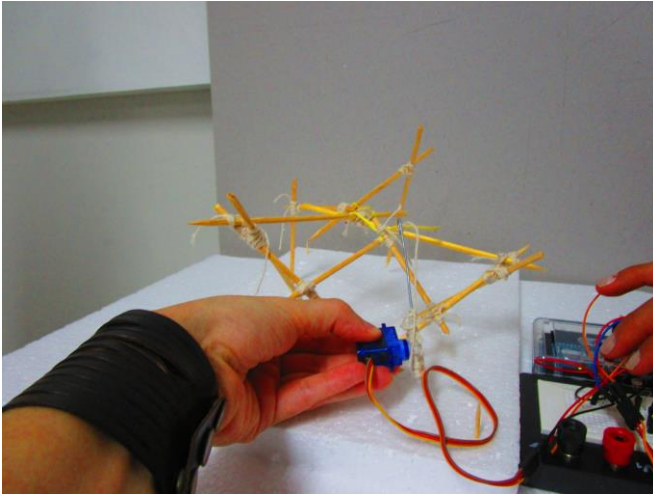


Figura 7: Experimentações com modelos articuláveis e computação física: série em que exploramos integridade tensional (tensegrity).

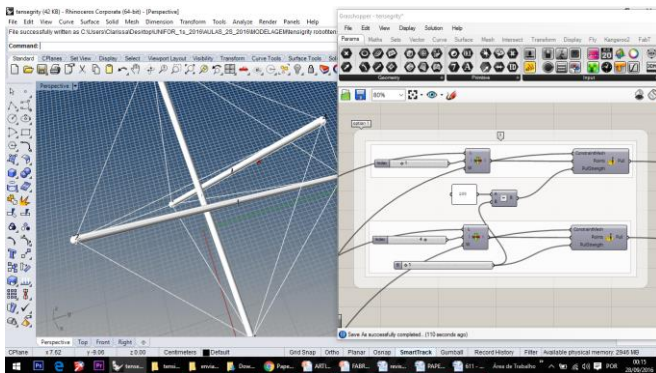


Figura 8: Experimentações com parametricismo: série em que exploramos integridade tensional (tensegrity).

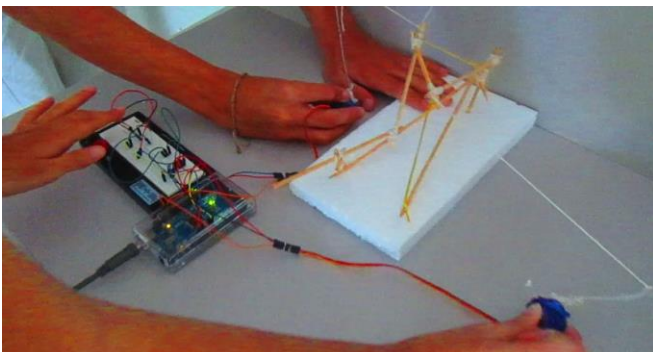


Figura 9: Experimentações com modelos articuláveis e computação física: série em que exploramos integridade tensional (tensegrity).

Dia T

Ao final do semestre letivo os trabalhos desenvolvidos foram apresentados no evento promovido pelo Centro de Ciências Tecnológicas da UNIFOR – O 'Dia T', em que as propostas foram discutidas e construtivamente criticadas pelos professores envolvidos nesse projeto integrador.

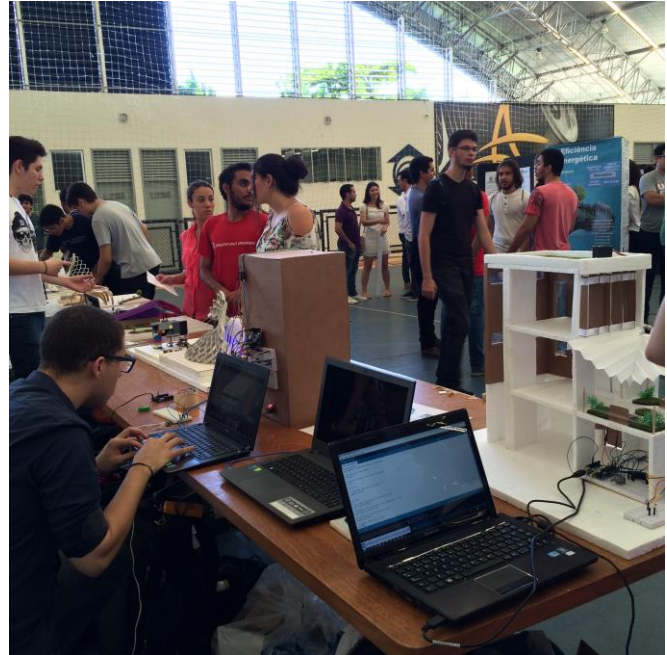


Figura 10: Dia T: apresentação geral dos trabalhos e crítica.

A comunidade local também foi convidada para que haja a possibilidade de diálogo e crítica com vistas à compreender os desafios de uma hipotética implementação dos projetos em contextos reais, para além do ambiente acadêmico.

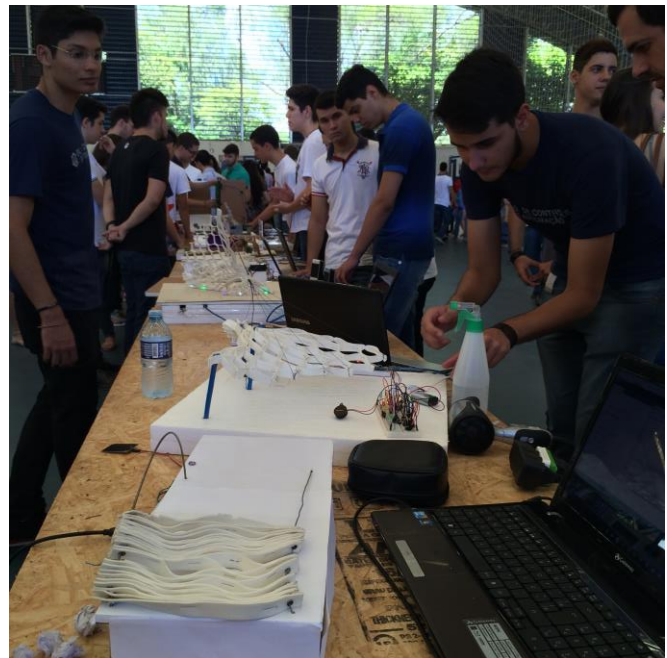


Figura 11: Dia T: apresentação geral dos trabalhos e crítica.

Críticas à Integração

A proposta de integração de disciplinas entre os cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia de Controle

Automação foi uma atividade inovadora que abriu possibilidades para os alunos de arquitetura, por ter viabilizado o contato com tecnologias que não fazem parte do cotidiano no curso.

A integração foi agregadora para os alunos de modo geral, onde o exercício do processo criativo em grupo buscava solucionar todos os problemas e necessidades do projeto: preocupações estéticas, escolha de materiais, divisões de tarefa e discussões. É importante ressaltar que, além do intenso diálogo entre os integrantes da equipe, as aulas introdutórias ao Arduino para os alunos de Arquitetura constituíram uma estratégia efetiva para ajudar a romper as barreiras disciplinares, o preconceito entre áreas e construir estratégias transdisciplinares para a solução dos problemas propostos.

Entretanto, houveram divisões de tarefas que dispensavam a comunicação entre os integrantes dos grupos e essas acabaram prejudicando o desenvolvimento dos projetos.

No processo de execução teria sido importante a participação integral dos alunos de ambos os cursos para que houvesse maior envolvimento e entendimento no trabalho; desta maneira os alunos de arquitetura poderiam ter adquirido maior conhecimento sobre o processo de automação nas maquetes e os alunos de engenharia poderiam ter desenvolvido maior sensibilidade plástica.

Apesar de consideramos que a utilização da plataforma Arduino sofisticou as maquetes e deu a possibilidade de representar de forma dinâmica as propostas para as estruturas, acreditamos que a integração poderia ter melhor aproveitamento se tivesse sido realizado o trabalho com alunos de engenharia de períodos mais avançados.

Agradecimentos

Agradecemos aos colegas das disciplinas Elementos de Composição Tridimensional, do curso de Arquitetura e Urbanismo da UNIFOR, aos colegas da disciplina Introdução ao Controle e à Automação das turmas de 2016/1. Agradecemos ainda a Assessoria Pedagógica pelo suporte durante todo o processo.

Referências

- CHATURVEDI, Sanhita et al. Knitlectonics. (2016) Retrieved from http://cumincad.scix.net/data/works/att/acadia11_186.content.pdf
- GREG LYNN. (2016) SupraStudio:UCLA. Retrieved from http://www.aud.ucla.edu/programs/m_arch_ii_degree_1.html
- JABI, Wassim. (2013) Parametric Design for Architecture. London: Laurence King.
- JACKSON, Paul. (2011) Folding Techniques for Designers: From Sheet to Form. London: Laurence King.
- MENGES, Achim. (2015) Material Synthesis: Fusing the Physical and the Computational (Architectural Design) 1st Edition.
- MENGES, Achim. (2012) Material Computation (Architectural Design) Vo. 82, n.2.
- SCOTT, Jane. (2016) HIERARCHY IN KNITTED FORMS: Environmentally Responsive Textiles for Architecture. Retrieved from <http://acadia.org/papers/69GN9K>