

2. Materiais, Técnicas e Métodos

Na linha de pesquisa do LILD, “Tecnologia, Meio Ambiente e Sociedade”, professores de distintas áreas, designers, arquitetos, engenheiros, alunos pesquisadores de graduação e de pós-graduação atuam gerando dados através de experimentos em protótipos, modelos concretos e virtuais. O desenvolvimento de técnicas no laboratório é interdisciplinar, facilitando sua atuação na interferência do grupo de pesquisa, dentro e fora da universidade. O método atua apenas como um guia geral, baseado em experiências anteriores para a viabilização de novas. O método se transforma, interagindo com elementos dinâmicos na convivência, muito mais complexos do que um mero conjunto de normas ¹⁹.

De acordo com a metodologia praticada no laboratório, os estudantes possuem retorno das práticas complementando o desenvolvimento do objeto [28]. Assim o LILD possui um esquema básico de otimização do projeto:

- Problema ou questão real;
- Análise geométrica e de engenharia;
- Desenvolvimento de objetos através de modelos de concepção;
- Revisão das soluções adotadas;
- Desenvolvimentos de protótipos experimentais avançados;
- Experimento das estruturas no meio ambiente habitado;
- Documentação;
- Troca dos resultados.

¹⁹ LIMOEIRO, Miriam Cardoso. *O mito do método*, trabalho apresentado no Seminário de Metodologia Estatística. Coordenação do Ensino de Estatística da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Abordaremos aqui o conjunto de conceitos, processos e materiais, resultantes das aplicações de técnicas geradas no laboratório.

Descreverei a partir da seção [2.2] interações sociais na aplicação das técnicas de fácil aprendizado e simples execução, resultando em concretizações.

2.1. Estado das técnicas nas estruturas amarradas do LILD

No LILD o estudo das ligações para estruturas treliçadas feitas com elementos delgados, como são os colmos de bambu, foi sempre constante desde o início. Até agora buscamos ligações cada vez mais eficientes e simples de fazer. O problema das ligações dos bambus é explicado pelo fato de o colmo desta planta possuir baixíssima resistência aos esforços tangenciais, que são 100 (cem) vezes menores do que os fatores longitudinais.

No primeiro domus geodésico de bambu, feito no laboratório citado anteriormente, foram utilizadas ligações similares às estruturas industriais existentes, normalmente com outros materiais, tais como madeiras aparelhadas, perfis de alumínio ou aço.

O domus geodésico de bambu feito no laboratório recebeu o apelido de *Domus in the lake* [fig.21] e, uma vez experimentado em várias localidades, apresentou algumas das propriedades esperadas, tais como fácil montabilidade e desmontabilidade, leveza, facilidade de transporte e resistência mecânica.



Fig.21 – *Domus in the Lake*, Ararauama, RJ.

No entanto, ele se mostrou pouco prático em sua construção. A produção das conexões e extremidades dos colmos necessitava de operações custosas que fugiam da simplicidade esperada. A questão principal da conexão era a necessidade de os segmentos convergirem em um grupo de 5 (cinco) ou 6 (seis) segmentos, para os diversos pontos relativos aos vértices do poliedro geodésico (domus) e com precisão de modo a descrever as arestas desse poliedro [fig.22].



Fig.22 – conexão pontual entre segmentos.

Além da existência de parafusos nas extremidades dos colmos, causando fissuras após seu uso, essa exigência de equipamentos colocava o domus de bambu dependente aos meios de produção industriais, justamente o que desejávamos evitar. Queríamos construir o domus que possuísse alto índice de resistência, devido a sua forma, de maneira acessível e em condições de ser construído por mãos solidárias, e não empregadas e mandadas. Assim, a obtenção desse objeto de múltiplos usos, que não requer fundações, que muda de lugar com facilidade, que possui extrema leveza e que economiza, portanto, energia no transporte, estaria condicionado apenas

à obtenção do bambu, da trena, da serra de metal, do facão, de cipós ou cordas.

Aos poucos, na pesquisa continuada, chegamos ao objetivo: o domus de ontem que era apenas apreciado como uma obra emblemática, até mitificada, acessível apenas para aqueles que podem adquirir somente o produto traficado e industrializado, está hoje ao alcance de outros grupos de pessoas que, devido à extrema simplicidade da técnica desenvolvida no LILD, produzem solidariamente seus domus.

Nos trabalhos de campo, o domus e seus derivados, que utilizam a mesma conexão cada vez mais simplificada, são o tema central que perpassa nossas conversas e práticas sobre as técnicas que desenvolvemos. Passamos a relatar alguns casos de interferências do LILD em localidades abertas a esses trabalhos convivenciais ²⁰.

Prosseguindo na interação entre bambus e cabos, abordamos técnicas convivenciais em estruturas espaciais, amarrações e autencionadas, disseminadas e aplicadas seguindo metodologia do LILD. Visando a comprovação prática, técnicas desenvolvidas são disseminadas e aplicadas em pouco tempo, com pessoas de diversas idades, de contextos culturais distintos, sem a necessidade de elas terem experiência anterior quanto à aplicação desses sistemas estruturais com bambus, o que permite novos usos dessas técnicas.

O giro estrutural, ou viga recíproca, é um tipo de conexão que permitiu que o domus fosse feito de maneira artesanal, processo que descreverei na aplicação dos estudos de caso no capítulo 2.2 (dois ponto dois).

O giro estrutural foi primeiramente divulgado pela equipe do LOTDP, durante a montagem da treliça espacial de bambu, no *Seminário Regional sobre a Utilização do Bambu*, realizado na sede da Uniderp, em 1997 (mil novecentos e noventa e sete), em Campo Grande [fig.?], no Mato Grosso do Sul.

²⁰ Termo usado em Ilich, Ivan, *A Convivencialidade*, 1973. Publicações Europa-América.



Fig.23 – treliça espacial amarrada, Campo Grande, MS.

Posteriormente, ele foi divulgado em outubro de 1999 (mil novecentos e noventa e nove), no *Segundo Seminário Regional sobre a Utilização do Bambu*, realizado no Centro de Capacitação da Prefeitura de Campo Grande/MS. Nesse evento divulgamos o giro estrutural pela segunda vez, ao montarmos o domus geodésico mostrando a simplicidade de montagem com bambu e a pesquisa continuada do LILD.

Nesse último seminário citado, difundimos a geometria, processo de montagem em distintas escalas: modelo físico reduzido, modelo físico na escala intermediária com diâmetro de 2,0m (dois metros), e protótipo com diâmetro de 7,0 (sete) m. Experimentamos o conceito de resistência em seu núcleo e iniciamos esse tipo de experimento aplicando carga na parte mais alta do vão livre da cúpula [fig.24].



Fig.24 – geodésica de bambu amarrada, Campo Grande, MS.

Também em território nacional, durante outro evento, o 63º SOEAA, com participação da equipe do LILD,

montamos estrutura geodésica amarrada e tivemos a sorte de ver uma réplica do aeroplano 14 (quatorze) Bis, confeccionado pelo pesquisador Alan Calassa ²¹. Apresentamos novamente o giro estrutural já consolidado como solução de junta idônea.

2.2.

Atividade com professores indígenas *KUAA MBO'E* Guarani no LILD e no CENAM

Como desdobramento de atividade já citada no capítulo 1 (um), relativa à visita na aldeia *KUAA MBO'E* Guarani, em Angra dos Reis, um grupo de 7 (sete) professores indígenas, coordenados por Paulo Bahiense [37], visitaram o LILD [fig.25], conheceram o estado das investigações no espaço físico do laboratório e concretizaram objetos cooperativamente.



Fig.25 – oficina com índios *KUAA MBO'E* Guarani no LILD.

A oficina foi realizada pelo Doutorando em Design Lucas Alves Ripper e pelo autor desta tese. Efetuamos modelos utilizando canudos plásticos e cola do tipo contato. Utilizamos a geometria dos poliedros regulares: tetraedro, octaedro e icosaedro ²², confeccionando-as como no conceito de módulo. Espontaneamente, sem ser pedido,

²¹ Iteano apresenta réplica do 14 bis no 46º salão aeronáutico Paris Air Show, <http://www.aeita.com.br/lerArtigo.php?ID=89>.

²² Site de Kenneth Snelson: <http://kennethsnelson.net/1970/new-york-times/>

cada professor acoplou esses poliedros entre si pelas faces triangulares, compreendendo essa propriedade em um todo homogêneo.

A partir de nova oficina sobre concretização de modelos, elaboramos estruturas de bambu para teatro de bonecos com tema da cultura Guarani, e concretizamos modelos na escala de protótipo iniciando no dia 13 de Fevereiro de 2008. Organizada por Paulo Bahiense e ministrada pelos mesmos responsáveis da oficina anterior, agora no espaço físico do CENAM – Centro de Acolhida Missionária²³. Esta oficina propôs, principalmente, reunir o nosso grupo com outro de cultura distinta, em torno da confecção de um objeto.

Na aula expositiva em sala foi colocado o tema que versava sobre estruturas autencionadas. Em aula prática no pátio, identificamos o bambual disponível no local, comprovamos a importância de manejo e coletamos colmos. A espécie disponível era de clima tropical e original da China: *Bambusa tuldoides*, que ocupa espaço e se desenvolve na forma de moita (Farreley,1984).

Reconhecemos também colmos disponíveis na idade madura para uso estrutural, e os coletamos usando arco de serra e desgalhando-os com facão [fig.26 e 27].



Fig.26 – coleta no bambual do CENAM



Fig.27 – índios desgalhando colmos.

Após beneficiamentos primários, transportamos os colmos para armazenar em local apropriado [fig.28], disponibilizando-os para o próximo encontro e minimizando a ação das intempéries e a proteção dos ventos.

²³ CENAM – Centro de Acolhida Missionária. Rua Almirante Alexandrino, 2023, Santa Teresa - Rio de Janeiro - RJ – Brasil, CEP: 20241-263. <http://www.convivendoeaprendendo.org.br/>



Fig.28- armazenamento dos bambus.

Quando examinamos o plantel e selecionamos 6 (seis) colmos de bambu para beneficiamento e montagem, confeccionamos um protótipo utilizando cabos de polipropileno. Efetuamos um tipo de nó usado em marinharia, denominado de volta do fiel ²⁴, aliando-o a amarrações próprias realizadas pelos índios [fig.29].



Fig.29 – mãos hábeis amarrando.

Montamos, então, painéis estruturados na forma de 3 (três) cruzetas autotencionadas [fig.30]. Naturalmente após a confecção da primeira cruzeta, as 2 (duas) seguintes foram confeccionadas com maior destreza.

²⁴ FONSECA, Maurílio M. ARTE NAVAL – Composto e Impresso no Serviço Gráfico do IBGE, em Lucas/GB/Brasil. Pg. 374.



Fig.30 – confeccionando cruzetas.



Fig.31 – cruzetas autotencionadas sendo transportadas.

Por serem leves foram transportadas ao mesmo tempo por um só homem [fig.31].

Através de técnica utilizada na geração de painéis leves desmontáveis, comprovamos a eficiência do emprego de técnicas simplificadas enriquecidas com hábil experiência da manufatura indígena. Realizamos modelos aliando ferramentas manuais e aplicando técnicas mistas com bambus e cordas. As técnicas passadas foram facilmente aprendidas devido ao especial emprego da habilidade indígena em lidar com ferramentas e materiais [fig.32].



Fig.32 – modelo na escala de protótipo

2.3. Resguardeiro autotencionado para pranchas de surf na área do Parque Estadual da Ilha Grande, o PEIG

Convidado pelo Coordenador de Manejo e Ecosistema do Parque Estadual da Ilha Grande-PEIG: Gilberto Terra, para oferecer dois cursos sobre estruturas e uma palestra sobre os usos do bambu, realizados durante um dia da semana de *COMEMORAÇÕES DO DIA DA MATA ATLÂNTICA E DIA MUNDIAL DO AMBIENTE* ²⁵.

Nesse encontro praticamos com alunos o sistema estrutural autotencionado composto por bambus e cabos, possuindo funcionamento mecânico similar ao utilizado no brinquedo *Tensigrity* ²⁶. Aliando os resultados do ensino e da pesquisa realizados no LILD associados as ações ambientais do PEIG e aproveitando, com isso, a oportunidade para conhecer usos e procedimentos das leis ambientais em Parques Públicos.

Para demonstrar que o uso pode ir além da elaboração de objetos tradicionais, como cercas, calhas d'água, utensílios de pesca, artesanato e etc, turmas eram compostas por integrantes de variadas qualidades sociais: veranistas, moradores, professores colegiais, guias turísticos, artesão e demais interessados [fig.33].

²⁵ Realizada no PEIG, durante os dias 27 de Maio a 5 de Junho de 2008.

²⁶ *Tensigrity* - © 1988 Tensigrity Systems Corporation, Tivoli, NY 12583, <http://www.sti.nasa.gov/spinoff/spinitem?title=Scientific+Toy>



Fig.33 – palestra na sede do PEIG.

Realizamos, didaticamente, atividades lúdicas ao confeccionar modelos físicos reduzidos com palitos de bambu e barbante de algodão. Através da geometria do tetraedro, caracterizado como o mínimo estrutural do universo (Lotufo & Lopes, 1974), alguns participantes concretizaram modelos físicos reduzidos, manipulando materiais e ferramentas com zelo. Durante atividades manufatureiras, destacaram-se condições de acessibilidade das técnicas, dos materiais e das ferramentas utilizadas.

Com os elementos beneficiados pela turma, ao observarem os modelos físicos reduzidos disponibilizados no início da oficina, os alunos iniciaram intuitivamente o processo de montagem. O próprio funcionamento da estrutura informa suas próprias características de montagem, sendo o ato de interagir é facilitado na medida prática de montagem interage nos processos vivenciais [fig.34].



Fig.34 – estruturas resultantes das práticas cooperadas na sede do PEIG.

Pelo fato de usarmos técnicas manuais silenciosas nas ações convencionais executados na sede do PEIG, não influenciámos a reunião que ocorria no mesmo momento da realização da oficina, na sala ao lado. Após ações, o ambiente do auditório possuía pequena quantidade de resíduos, facilmente coletados após oficina: palitos de bambu, barbante e fita adesiva. Quanto ao processo de concretização é proveitoso lermos os depoimentos dos alunos após práticas e palestra neste evento²⁷. É também oportuno citar a observação do coordenador de manejo durante oficina realizada no PEIG. Palitos de bambus são segmentos estruturais beneficiados previamente, não contendo a identidade visual da arquitetura dos colmos, descaracterizando a identidade estrutural da planta pela população. É possível adquirir palitos no mercado da região, mas em contexto onde se busca dar importância ao uso do bambu e seu manejo, valorizar a arquitetura de seu colmo é essencial aliado didático. Foi sugerido, então, que na próxima atividade com alunos, utilizemos galhos ou colmos em substituição aos palitos.

Na oficina realizada no evento do PEIG, tive oportunidade de conhecer um dedicado grupo docente, da Escola Municipal Brigadeiro Nóbrega: o professor Marco Antônio, a professora Kelly Rodrigues e o professor José Eustáquio, que revelavam favorável possibilidade para experimentações naquele espaço de ensino. Entrei em contato com a diretora Danielle da Silva, que permitiu a experimentação no estudo de caso. Visitas iniciais ocorreram através do contato com o professor José Eustáquio, das matérias de Inglês e Educação em Turismo, e fui apresentado aos demais na sala dos professores.

Quando comprovei que o encantamento educacional se estendida aos outros docentes. Aliando a recomendação do coordenador de Manejo de Ecossistemas do PEIG, com disponibilidade da EMBN, decidimos abordar temas ambientais de forma lúdica, possibilitando interações práticas com alunos.

Durante visitas ao espaço escolar, surgiu a oportunidade de participar da Escola de Surf Comunitário da Ilha Grande: *SOU SURF*. O fazer saber nas aulas de surf é permitido aos alunos que obtiveram média de notas superior a 8 [oito]. Participei da escola de surf no dia 26 (vinte e seis) de setembro de 2009 (dois mil e nove).

²⁷ Os depoimentos dos participantes após oficina realizada na semana do meio ambiente, PEIG, encontram-se, em anexo, no final deste trabalho.



Fig.35 – aula da *SOU SURF*.

Autorizado pelo coordenador de Manejo de Ecossistemas do PEIG, visava conhecer e coletar colmos no bambual de rizoma alastrante, em Lopes Mendes, para realizar a coleta em conjunto ao professor Marco Antônio e Hilda Maria, a editora do *O ECO*, do Jornal da Ilha Grande.²⁸

Com acesso restrito causado pelo entrelaçamento dos colmos no bambual da espécie *Phyllostachys aurea* [50], reconhecemos sua borda. Alcançamos sua periferia para coleta de 3 (três) colmos [fig.36] e depois a transportamos para escola, provendo matéria prima na utilização durante experimentações.



Fig.36 – prof. Marco Antônio participando da experimentação de manejo.

²⁸ *O ECO*, Jornal da Ilha Grande: <http://www.oecoilhagrande.com.br/>

Professores me informaram sobre o evento *ILHA DESIGN 2*²⁹ que aconteceria na escola. Então, contactei a professora e organizadora Elizabeth dos Anjos, que me convidou a participar do evento, realizado em 2008. Propus a realização de oficina com o tema das estruturas autotencionadas de bambus e cabos. Preenchi o formulário de inscrição, planejando ações e preparando materiais e ferramentas. A oficina ocorreu nos dias 29 (vinte e nove), 30 (trinta) e 31 (trinta e um) de outubro, período em que alunos realizaram atividades práticas coletivas no espaço interior e exterior da escola. Optamos, seguindo a sugestão do coordenador de Manejo de Ecossistemas do PEIG, por substituir palitos por segmentos de colmos, decidimos iniciar concretizações pela geometria dos sólidos regulares: tetraedro e octaedro, e efetuamos atividades com alunos do ensino fundamental, do primeiro ao nono ano.

Entre espécies abundantes de bambus exóticos, sob a coordenação do PEIG, foram obtidos colmos por membros da equipe PEIG: o *Seu* João Guimarães e o coordenador de manejo Gilberto Terra. Possuindo nessa geografia, colmos nos diâmetros entre 3 (três) e 4 (quatro) cm, eles foram coletados na Ponta da Luzia, localizada na enseada da Vila do Abraão, sendo esta parte mais urbanizada da ilha, sendo o destino da Barca originária do continente.

Esta espécie de bambu é conhecida na região sudeste por diversos nomes populares, tais como: Bambuí, Bambu Mirim, Bambu Parra, Caninhito, Cana da Índia e Bambu dourado entre outros. Ela é originária da região de clima temperado na China, e possui rizoma do tipo *Leptomorfo*. Pela morfologia da palavra em latim: *Lepto* = delgado + *morfo* = forma³⁰.

²⁹ ILHA DESIGN - <http://www.ilhadesign.com.br/>

³⁰ Mc Clure, Floyd Alonso. *The Bamboos. Phyllostachys aurea*. Paperback (Nov. 17, 1966), Pg. 167.

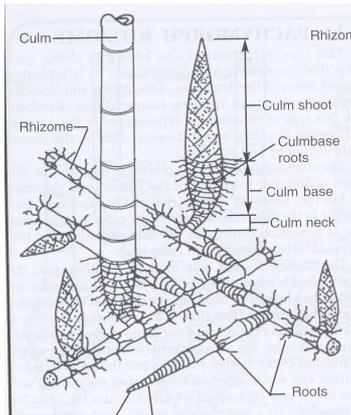


Fig.37 – rizoma do tipo alastrante.

Rizomas são caules subterrâneos. Os desse tipo se alastram no terreno impedindo seu controle [fig.37]. Os bambus coletados na ponta da Luíza se encontravam disponíveis na Casa de Apoio do PEIG para uso no *ILHA DESIGN 2* [fig.38].



Fig.38 – colmos reunidos na Casa de Apoio do PEIG.

Selecionamos o plantel de bambus e disponibilizamos em feixes de acordo com seus diâmetros. Após a organização dos colmos, os transportamos em carrinho movido à propulsão humana [fig.39].



Fig.39 – colmos levados para E.M.B.N.

Com ajuda do zelador da escola e de um aluno monitor da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), os colmos foram disponibilizados em sala para a escolha pelos alunos, naturalmente iniciando realizações na oficina [fig.40].



Fig.40 – colmos na sala da E.M.B.N.

Descreverei, a seguir, processos realizados por distintas turmas em diferentes dias.

As turmas de alunos se dividiram em turnos da manhã, tarde e noite, sendo cada indivíduo responsável por iniciar, desenvolver e concluir estruturas. A primeira atividade foi realizada pela turma da noite na quarta-feira dia 29 (vinte e nove) [fig.41].



Fig.41 – atividades com turma da noite.

Nessa turma, formada por alunos que trabalham durante o dia e estudam de noite, utilizamos técnicas distintas nos modelos estruturais: autotencionados e retráteis. O modelo autotencionado montado na geometria do tetraedro e o modelo retrátil segue a geometria do cubo. A estrutura articulada possui sua configuração modificada de acordo com o movimento sutil das mãos.

Na segunda atividade para turma da noite, que seria realizada na noite do dia 30, ocorreu interrupção de eletricidade, impossibilitando as concretizações. A Oficina foi, então, transferida para a última noite do evento no dia 31 (trinta e um), e pessoas que vieram no primeiro dia desejavam prosseguir fazendo oficina. Aliando técnicas acessíveis com notável intenção de aprender dos alunos, a oficina permitiu a atuação de novos participantes. Foram realizadas movimentações manufatureiras com velocidades distintas das anteriores, o que tornou a oficina de característica aberta aos interessados naquele momento. Realizamos arcos laminados de bambu amarrados, tetraedros autotencionados, cruzetas atadas por amarrações e fitas adesivas coloridas [fig.42].



Fig.42 – objetos com turma da noite.

Na turma da manhã dos dias 30 (trinta) e 31 (trinta e um), prosseguimos no tema das atividades com estruturas autencionadas, optando em adaptar e organizar espaço para realização das atividades na sala. Iniciamos nova fase, partindo da compreensão do movimento das práticas manufatureiras. Os alunos se organizaram e adaptaram ao espaço, e, enfileirando mesas, geraram bancadas de trabalho [fig.43].



Fig.43 – organização do espaço em sala.

Enquanto alguns preferiram mesas que foram trabalhadas de formas próprias. Outros optaram por realizar ações nas cadeiras e concluir no piso da sala de aula, caracterizando liberdade no processo manufatureiro [fig.44].



Fig.44 – meio flexível de concretização.

Ambos os grupos montaram o modelo físico em escala reduzida seguindo geometria do Tetraedro. Usar técnicas convivenciais aliadas a intenções locais viabilizaram atuações coletivas. Após a conclusão em sala, eles levaram os objetos para casa, e o exercício cumpriu o objetivo na primeira fase [fig.45].



Fig.45 – objetos concluídos pela turma.

Na manhã do dia 30 (trinta), iniciamos a confecção do modelo físico na escala de protótipo com geometria tetraédrica. Essa dimensão permitiu a entrada dos alunos dentro da estrutura, tendo a mesma geometria da montada anteriormente por eles em volume reduzido. Prosseguimos, então, no corte beneficiando segmentos de bambu. Com os elementos preparados, iniciamos a montagem no interior da sala aula. Nessa etapa, o modelo físico reduzido funciona como referência para tridimensionalizar o modelo físico na escala de protótipo [fig.46].



Fig.46 – montagem em escalas distintas.

Após montagem em sala, optamos pela sua desmontagem e transporte para experimentações no pátio. Montamos estrutura unindo seus elementos rapidamente.



Fig.47 – experimentações no pátio.

Interagimos no pátio com alunos de outras oficinas que ocorriam durante o *evento* [fig.48].



Fig.48 – interações no pátio.

Ao entrarem na estrutura já montada, eles disseram que já estavam prontos e que fosse dada partida na aeronave; já outros estavam acampando na cabana do índio, caracterizando o objetivo proposto pela oficina através do uso lúdico, celebrando e recreando as noções estruturais da aplicação do bambu.

Após a montagem do tetraedro autotencionado, concretizamos outras estruturas. Na intenção de estimular práticas em distintas estruturas com bambu usando técnicas convivenciais, confeccionamos 2 (dois) tipos de estruturas: a) estruturas amarradas e b) cruzetas autencionadas. As cruzetas autencionadas, neste caso, relacionam bambus entre si, tracionando fitilhos de plástico, do tipo usado para embrulhos de papel. As estruturas amarradas são caracterizadas pelo uso da técnica de atar bambus entre si. Sobrepondo superfícies de contato dos pontos da justaposição nos colmos, 2 (dois) tipos de amarrações foram utilizadas: o nó direito e o nó na forma ortogonal.

Estruturas de cruzetas autencionadas se caracterizam pela sua geometria ortogonal. Elementos tencionados e comprimidos estabilizam estruturas [fig.49].



Fig.49 – montagem das cruzetas autotencionadas.

Disponibilizamos referências bibliográficas sobre os usos do bambu no intervalo das aulas [fig.50].



Fig.50 – consultas bibliográficas.

Prosseguimos realizando modelos físicos durante atividades das tardes do dia 30 (trinta) e 31 (trinta e um). Após realizações na escala reduzida, confeccionamos na escala de protótipo usando geometria do Octaedro (Lotufo & Lopes, 2003). Iniciamos selecionando 12 (doze) bambus e cordas em sala de aula e [fig.51].



Fig.51 – beneficiando elementos.

Realizamos beneficiamentos dos bambus para receberem tirantes, usando ferramentas e materiais como facão, furadeira, barbante, lixa e fita adesiva. Elementos construtivos estavam preparados [fig.52] para montarmos em sala [fig.53].



Fig.52 – bambus preparados em sala.



Fig.53 – estrutura armada em sala.

Com intenção de verificar o uso idêntico dessa técnica, montamos em escala de protótipo com a mesma equipe de alunos que iniciou modelos físicos anteriormente. Efetuamos a montagem da estrutura com elementos na sala e no pátio, permitindo entendimento espacial da mesma em distintos contextos, suas influências no entorno e no processo de armar estrutura.

Compreensão do movimento didático estrutural envolve montagem e desmontagem. Desmontamos a estrutura em sala e transportamos para a montagem no pátio da escola [fig.54].



Fig.54 – montagem no pátio.



Fig.55 – estrutura armada no pátio.

O emprego da leveza dos materiais e as técnicas de montagem convencionais deram liberdade para experimentações em objetos móveis, durante os dias e após o encerramento do referido evento. Deslocamos o octaedro apoiado em diferentes faces no piso e aproveitamos a oportunidade e o transportamos montado para experimentação na praia [fig.56].



Fig.56 – movimentação na areia.

Sugerindo novas possibilidades de interações, desdobramos novas atividades após a conclusão do evento experimentado no espaço físico da E.M.B.N.

De acordo com o diálogo que tive com professores durante a minha participação na escolinha *SOU SURF*, surgia a oportunidade de experimentação no desenvolvimento e confecção de objeto utilitário. Após levar o modelo na escola e mostrar a ideia, essa foi aceita pelos alunos e professores. Iniciamos, então, atividades com o

plantel de bambus remanescentes do *ILHA DESIGN 2* (dois). Alunos participantes dessa escolinha possuem média 8 (oito) nas disciplinas. Cooperativamente ao grupo formado por 6 (seis) alunos, geramos e produzimos modelo na escala de protótipo, do Resgardeiro de Prancha Autotencionado (RPAUT):

- Andrius de Souza;
- Felipe Baseio;
- Marcos Ubiracy;
- Marcio Júnior;
- José;

Devido ao tempo em que ficaram armazenados, era fundamental valorizarmos o bambu com limpeza, livrando-o da fuligem. Inicialmente utilizaríamos sabão de coco, mas seguindo recomendação do coordenador do PEIG para não gerar resíduos químicos oriundos dos produtos de limpeza e aproveitar situação didática *in situ*, evitando com isso poluição das águas e sua consequente influência ambiental e na saúde das populações envolvidas³¹. Optamos por realizar a atividade de limpeza, de forma similar à técnica tradicional chinesa utilizando areia e imersão na água, que foi observada em consulta bibliográfica à foto da revista *National Geographic*.³²

Além dessa referência, outra técnica importante foi revelada a partir do uso local do bambu e de técnicas tradicionais utilizadas pelos moradores. Ao conversar com integrantes da equipe PEIG, eles informaram que os moradores antigos coletavam o bambu e realizavam a imersão no mar de 2 (duas) a 3 (três) semanas. Ele eram retirados após este tempo e acomodados para secagem em local sombreado por 1 (um) mês. Depois, os bambus eram usados em estruturas tradicionais da cultura caiçara. Segundo um morador, sua casa, com aproximadamente 60 (sessenta) anos, foi construída com bambus coletados dessa maneira.

Fatores variados influenciam na durabilidade do bambu. Experimentamos aliar a limpeza dos colmos com a preservação. Por estarmos em uma ilha, tivemos a oportunidade de interagir com o mar. Durante o final de semana, realizamos a produção do modelo físico em escala de protótipo, tendo como base o alojamento da escola. Os

³¹ Detergentes e poluição.

<http://www.brasilecola.com/quimica/detergentes-poluicao.htm>

³²NATIONAL GEOGRAPHIC MAGAZINE. Bamboo The Giant Grass , v. 158, n. 4, p. 506 e 507, October 1980.

pais dos alunos acharam oportuno o desejo deles de estarem na escola durante o final de semana.

Retiramos colmos do alojamento para iniciarmos a atividade de limpeza. Levamos bambus separados para a praia e os imergimos para amolecer a fuligem [fig.57].



Fig.57 – imersão no mar [13]

Fizemos retirada desta com 2 (duas) escovas de plástico inicialmente, mas o grupo era composto por 5 (cinco) alunos, fazendo com que 3 (três) alunos aguardassem sua vez. Neste momento aconteceu a adaptação ao material local farto e disponível, permitindo atuação simultânea.



Fig.58 – fricção na areia molhada.

Friccionamos a areia molhada do ponto de interseção com o mar [fig.58]. Experimentamos duas maneiras distintas: a) areia molhada na mão esfregando o colmo e b) passando colmo na areia molhada da praia.

Após essa fase de limpeza transportamos o colmo para o alojamento e o organizamos neste espaço. Beneficiamos os elementos construtivos na varanda, dando forma e utilizando ferramentas simples como facão, arco de serra e furadeira.

Posteriormente adicionamos ao bambu materiais, como fitas adesivas, barbante de algodão e corda trançada com fios de poliéster.



Fig.59 – preparando elementos no alojamento.

Elementos construtivos se encontravam devidamente preparados, e iniciamos e concluímos a montagem [fig.60,61 e 62].

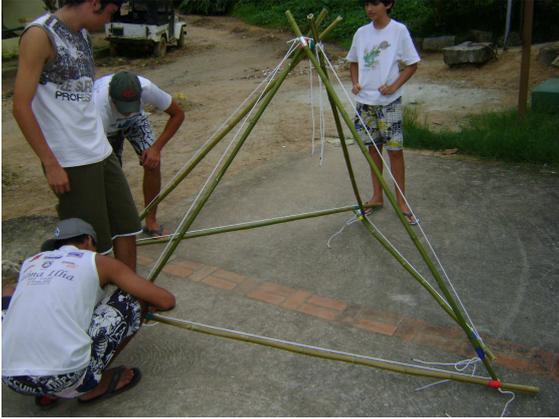


Fig. 60 – montagem na calçada do alojamento.



Fig.61 – concentração na montagem.



Fig.62 – modelo na escala de protótipo montado.

A estrutura leve, usando conexões flexíveis, possibilitou a absorção de esforços durante seu plano de montagem.



Fig.63 – experimentando na posição vertical.

Transportamos a estrutura desmontada para a montagem na areia da praia [fig.63]. Experimentamos no modelo em escala de protótipo, maneiras diferentes de interação entre os pés de apoio no solo e posições para organizar pranchas [fig.64].



Fig.64 – experimentando na posição horizontal .

Tanto na posição vertical como na horizontal, simulamos seu comportamento e possíveis disposições adequadas. Desmontamos a estrutura na praia e a transportamos até o alojamento da escola.

Fomos convidados pela professora Laís Veloso (UFF e UERJ), para participar e expor o protótipo do RPAUT no evento **II Encontro de Cinema Surf e Questão Ambiental – Ilha Grande 2009**.³³ A produção e montagem do protótipo para este evento foram realizadas no espaço físico do LILD. Estrutura do protótipo tem a altura de 2,60m (dois e sessenta), a largura de 1,60m (um e sessenta) e o peso de 13,4Kg (treze e quatrocentos). O desmonte e a embalagem foram realizados via transporte terrestre [fig.65] e, posteriormente, marítimo [fig.66]. Constatamos a economia de energia e a praticidade ao manusear barras do protótipo, e o montamos na sede do PEIG para o evento citado acima [fig.67].



Fig.65 – transporte terrestre.

³³ O *II Encontro de Cinema Surf e Questão Ambiental – Ilha Grande 2009* se gesta no mar e é pluralidade de vozes, nas interfaces entre o Projeto de Extensão Cenas de Cinema Ilha Grande (UERJ/UFF), a Escola Municipal Brigadeiro Nóbrega, a *SOU SURF*, a Comunidade do Surf da Ilha Grande, com um amplo apoio das instituições locais.
<http://www.ilhagrande.org/Surf-Ilha-Grande/debate.html>



Fig.66 – transporte marítimo.



Fig.67 – montagem na sede do PEIG.

A aplicação do giro estrutural no sistema autotencionado torna sua montagem convivencial de forma recíproca. Conexões flexíveis nessas estruturas são especialmente úteis.

Após serem montadas, ocorre o armazenamento das pranchas na estrutura de maneira singela. O uso na exposição fortalece cultura local do surf, valorizando o protótipo desenvolvido com alunos da E.M.B.N. e evidenciando a importância do zelo pela guarda de pranchas na escola.

Nessa exposição elaboramos e fixamos na estrutura o cartaz contendo texto, imagens e legendas desse processo de produção coletiva [fig.68].



Fig.68 – atenção ao cartaz na exposição.

No evento eram demonstradas pranchas de época e de outras modalidades esportivas, como a prancha de *wakeboard*³⁴, que estava acomodada no resguardo junto a outras [fig.69].



Fig.69 – pranchas organizadas na estrutura.

O músico João, morador da Ilha, interagiu sonoramente com o RPAU, aplicando diferentes tensões nas cordas, como se tocasse um violão e reverberasse nos bambus comprimidos com seus distintos diâmetros e

³⁴ Associação Brasileira de Wakeboard: <http://www.abw.com.br/>

espessuras de parede. Houve a possibilidade de o músico sugerir uma nota musical emitida ao escutar o som que se propagava saindo pelas extremidades dos bambus. Então, ele sugeriu notas musicais distintas em cada segmento de colmo. Essa prática amplificou a acústica do tom da nota, e o músico sugeriu nova possibilidade de aplicações da estrutura do RPAUT: um conjunto de flautas suspensas que seriam tocadas por baquetas e sopro. Ele informou ainda que a transmissão da nota seria mais eficiente, quando substituíssemos corda de fios trançados de poliéster por corda monofilamento de nylon.

Após a divulgação e a repercussão na exposição, a estrutura foi desmontada e transportada para a E.M.B.N. Posteriormente o RPAUT foi montado no auditório com o aluno Marcos Ubiraci (fig.70).



Fig.70 – RPAUT montada no auditório.

Pranchas se encontravam acondicionadas nessa estrutura montada no espaço do auditório. O RPAUT organizava e protegia as pranchas ao disponibilizá-las para simples retirada e colocação, fortalecendo, na escola, o ato de zelar por esses equipamentos, o que favoreceu a interação dos esportistas com o ambiente da ilha.

Concluindo essa etapa e capítulo, relato com apreço a adaptação inventiva local. No ato de se beneficiar das extremidades do bambu, o aluno José, ao ver a maneira de fazer, efetuou uma adaptação local eficiente. Anexando a segunda lâmina de metal ao arco de serra e calçando lâminas entre si com pedaços de palito de bambu [fig.71], ele gerou uma ferramenta similar ao arco de serra para

cortes paralelos usado em marcenaria [fig72]. A adaptação comprova a inventividade aflorada nos processos lúdicos simples.



Fig.71 – lâminas organizadas.



Fig.72 – cortes efetuados.

2.4. Treinamento e exibição acrobática utilizando como suporte estruturas amarradas

Descrevo práticas na aplicação em contexto circense, qualificadas no suporte físico do núcleo geodésico montado com bambus amarrados por cordas e torniquetes. Particpei deste projeto elaborando parte de documento para

o edital, ao fornecer texto e imagens sobre geodésicas de bambu anteriormente desenvolvidas pelo LOTDP/LILD, para elaboração de projeto contemplado pela Fundação Nacional de Arte (FUNARTE): “*Domo Geodésico de Bambu – Intercâmbio de criação com técnicas circenses*” em novembro de 2008 ³⁵.

Compartilhei a eficiência produtiva da estrutura com ferramentas e materiais construtivos no processo manufatureiro, no acompanhamento e nas experimentações durante esforços mecânicos acrobáticos aplicados na estrutura e nos distintos contextos físicos de experimentações.

Proponente deste projeto: professor Nilton Gamba Junior [58] do Departamento de Artes & Design da PUC-Rio. Associado ao Programa Social *Crescer e Viver e, Escola de Circo Pequeno Tigre*, que acontecem na Praça XI [59].

Após reunião no espaço físico do laboratório, localizado no campus do ex-colégio São Marcelo, com integrantes da cia *NósNosNós-tragédias e comédias aéreas* [60] e o coordenador executivo do Crescer e Viver, Junior Perim, iniciamos ações de trocas de técnicas construtivas, confeccionando modelo físico reduzido [fig.73].



Fig.73 – início das atividades no LILD com acrobatas

Optamos por usar geometria da cúpula na frequência mais adequada aos movimentos acrobáticos.

³⁵ Prêmio Interações Estéticas – Residências Artísticas em Pontos de Cultura: <http://www.funarte.gov.br/portal/2010/05/07/premio-interacoes-esteticas-residencias-artisticas-em-pontos-de-cultura/>

Utilizando a metodologia praticada no LILD, confeccionamos um modelo físico reduzido dessa, objetivando a compreensão do plano de montagem, quantificando e localizando segmentos em sua malha espacial.

Ao concluirmos modelos físicos reduzidos, iniciamos o beneficiamento e a organização das barras de bambu para montagem do primeiro protótipo [fig.74].



Fig.74 – cortando segmentos.

Usamos bambus da espécie *Phyllostachys aurea* com diâmetros médios de 4,5cm (Mc Clure,1966). Iniciamos a montagem da estrutura atada por torniquetes, no diâmetro de 8 (oito) metros, cobrindo uma área aproximada com 50 (cinquenta) metros de vão livre [fig.75].



Fig.75 – iniciando montagem.



Fig.76 – malha geodésica de bambu atada.

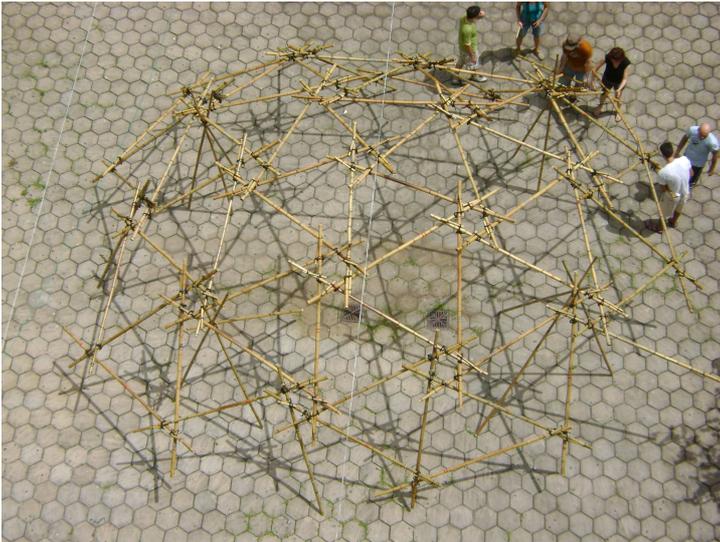


Fig.77 –montagem da geodésica sendo concluída.



Fig.78 – início das interações na geodésica.

Após o término da montagem no campus do excolégio São Marcelo, o grupo iniciou imediatamente experiências no reconhecimento das possibilidades acrobáticas. Nesta etapa aprimoramos o potencial de uso neste núcleo de resistência, ao observarmos os efeitos da concentração de esforços, sendo característica própria do método de experimentação pela tentativa e erro. Distribuindo esforços nesta treliça amarrada, quando em determinado momento cargas dinâmicas foram aplicadas na parte superior da cúpula, 3 (três) bambus com menores diâmetros achataram-se.



Fig.79 – bambus na posição próxima da horizontal.

Essa parte equivale ao ponto médio de seu vão livre, em que os bambus se aproximam da posição horizontal [fig.79]. Da mesma maneira que o processo participativo prepara e monta, segmentos estruturais cooperam entre si vantajosamente distribuindo esforços na treliça geodésica.

Constatamos importante característica preventiva própria nessa experimentação com esforços dinâmicos. Pela forma da organização e flexibilidade das fibras do bambu, essas não são separadas bruscamente após ruptura. Estrutura do colmo informou sonoramente antes do seu esmagamento, possibilitando ao acrobata tempo para exercer suas habilidades e se recuperar durante movimentação. Este fato comprovou peculiar qualidade do bambu, quando usado nos procedimentos construtivos de edificações nos países onde abalos sísmicos são comuns.³⁶

Realizamos a manutenção da estrutura trocando segmentos danificados pelos reservas. Prosseguimos experimentações nesse protótipo gerando novos dados investigativos, e possibilitando que o grupo distinguísse, a importância de realizar movimentos mais cautelosos nesta etapa de investigação.

A estrutura se torna singela pela maneira de fazer a união descentralizadora das barras de bambus, resultante do giro estrutural já citado anteriormente. Tendo sua nomenclatura de vigas recíprocas, sugerida pelo professor Luis Eustáquio Moreira [62], simplificando união e distribuindo esforços solicitantes como um vórtice estrutural. As extremidades dos segmentos foram utilizadas durante movimentações aéreas como apoios para os braços e pernas. Essa condição de apoio é distinta da permitida pela união centralizada entre as barras de bambu. O espaço vazio da união conseqüente da aplicação das vigas recíprocas, permitiu que o acrobata Miguel confeccionasse trama entrelaçada por cabos de polipropileno [fig.80]. As redes confeccionadas pelos artistas com a mesma corda utilizada nas amarrações, permitiram que anexassem barras de bambu e tecido nos vértices deste núcleo.

³⁶ *Manual de Construcción Sismo Resistente de Viviendas de Bahareque Encementado*, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica / La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina – La Red. <http://www.slideshare.net/FlaviaCremonesi/manual-bambu>



Fig.80 – trama permitindo interação.

Para elaboração do segundo protótipo utilizamos bambus de outra espécie. A mesma espécie possui 2 (dois) nomes diferentes: *Phyllostachys pubences* ou *Phyllostachys edulis*. Nativa de clima temperado da China é chamada popularmente de Mao-Zhu. Possui superfície dos colmos mais brilhante do que a maioria dos outros bambus [63], no Japão e em outros países ocidentais é chamada de Mosso. Empregamos colmos nos diâmetros entre 10 (dez) cm e 13 (treze) cm. Bambus propiciaram novas condições de absorções dos esforços nas movimentações dos acrobatas.

Prosseguindo na pesquisa do método de interação acrobática, a estrutura foi produzida e montada no espaço Crescer e Viver na Praça XI, no Rio de Janeiro.

A metodologia da montagem de estruturas convivenciais de bambus amarrados foi aplicada em modelo físico reduzido e protótipos.



Fig.81 – acrobatas mirins com partes do modelo físico reduzido.

Atuamos com técnicas convencionais originárias do LILD, ensinadas e aplicadas na montagem com os grupos sociais envolvidos. Vídeos disponibilizados na rede mundial de computadores, do processo de feitura do núcleo de resistência geodésica sobre a montagem da geodésica nos endereços ³⁷, possibilita que o público acesse e o comente ³⁸:

*Realmente um sonho, impressionante!! Salve, Salve...
Estrutura forte, resistente. Sempre tive a impressão
de que um Domo geodésico fosse muito complexo,
de tal forma que eu não conseguisse fazer um....
Engraçado que o vídeo reverteu tudo!!!*

Práticas inéditas nessa estrutura foram experimentadas e divulgadas neste contexto das atividades circenses. Após elas, acrobatas montaram este núcleo na quadra polivalente, situada na parte superior do campus PUC-Rio, no ex-Colégio São Marcelo [fig82].



Fig.82 – acrobatas com equipamentos de alpinismo praticaram visando espetáculo.

³⁷ A) Montagem Domo Geodésico de Bambu no Youtube: <<http://www.youtube.com/watch?v=m-lzAjFkduA>>. Acesso 14 Abr | 2010.
B) Crescer e Viver – Projeto Domo Geodésico de Bambu / 2009 no Youtube: <<http://www.youtube.com/watch?v=M98pQQO3lWI&feature=related>>. Acesso 14 Abr | 2010.

³⁸ Como fez Marco Antônio Lima Pimentel em 11 fevereiro de 2010, às 19:14, na Rede Social do Bambu Rede Social do Bambu por Egeu Laus: <http://bamboo.ning.com/video/domo-geodesico-em-bambu?xg_source=activity>. Acesso 28 Abr | 2010

Preparando para a realização do espetáculo *Palhássaros*³⁹, em 19 (dezenove) e 20 (vinte) de Dezembro no ano de 2009 (dois mil e nove) no Planetário do Rio de Janeiro [fig.83].



Fig.83 – Espetáculo Palhássaros no Jardim do Planetário, Gávea.

Nesse espetáculo, contemplado no edital⁴⁰ e ocorrido no espaço do Jardim, comprovamos a capacidade de absorção elástica deste núcleo. De menor intensidade na ocasião em que 2 (dois) acrobatas atuavam no núcleo [fig.84], quanto em outros momentos nos quais 5 (cinco) acrobatas aplicavam esforços simultâneos [fig.85], constatamos o trabalho de absorção do núcleo. Consequência de sua geometria, de seu dimensionamento, da própria estrutura dos colmos de bambus e de suas uniões amarradas.

³⁹ *Palhássaros* <<http://www.nosnosnos.com.br/index.html>>. Acesso 19 Mai | 2010.

⁴⁰ Prêmio Carequinha de Estímulo ao Circo – 2009: <<http://www.portaldocirco.com.br/2009/11/premio-funarte-carequinha-de-estimulo-ao-circo>>. Acesso 26 Mai | 2010.



Fig.84 – 2 (dois) acrobatas caminhando no núcleo.



Fig.85 – acrobatas aplicando carga nos pontos superiores do núcleo.

Os pés da estrutura aterrissaram no chão sem fundações ou qualquer tipo de fixação. Permitindo movimentações destes pontos de apoio durante os esforços solicitantes.

Após conclusão do espetáculo e estimulada pela coreografia, a platéia interagiu naturalmente com o núcleo [fig86].



Fig.86 – resguardadas pelos pais crianças naturalmente interagiram.

Assim como a tecnologia aplicada é convivencial, interações com o público viabilizaram participações espontâneas.