

PROJETOS DE ARTEFATOS ARQUITETÔNICOS EM MADEIRA PERFILADA ROLIÇA DE REFLORESTAMENTO BASEADOS NO POLIEDRO DE DA VINCI

PROJECTS OF ARCHITECTURAL ARTIFACTS IN PROFILED ROUNDWOOD FROM REFORESTATION BASED ON DA VINCI POLYHEDRON

Decio Gonçalves ⁽¹⁾ (A), Francisco Antonio Rocco Lahr ⁽²⁾, André Pina de Mesquita ⁽³⁾,
Luana Canal Mattos Arêas ⁽⁴⁾

(1) Prof. Dr., Universidade UNICEP/São Carlos, São Carlos, São Paulo, Brasil

(2) Prof. Dr., Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Brasil

(3) Graduando em Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, São Carlos, São Paulo, Brasil

(4) Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, UNICEP/São Carlos, São Carlos, São Paulo, Brasil

Endereço de contato: dg@sc.usp.br; (A) Apresentador

Código de identificação: T7-02

Resumo

Este artigo trata de projetos arquitetônicos em madeira, tendo o Poliedro de Leonardo da Vinci, como base refletiva. O sistema estrutural é projetado em elementos em madeira, conectados por meio de ligações metálicas do tipo Mero ou similar. As lajes são formadas por vigas e solidarizadas em um pilar central composto, por três pilares simples. Os pisos são de tábuas de assolho em madeira e os fechamentos em painéis de *Wood frame*. Instalações hidráulicas e elétricas são aparentes projetadas com preocupações ecológicas. Os artefatos arquitetônicos resultantes podem ser implantados em terrenos ditos difíceis, de topografia variável, com apenas um ponto de contato no solo, por meio de um pilar em concreto armado, tendo em sua parte superior um console, tipo cálice, para receber toda a estrutura em madeira. O objetivo deste artigo é apresentar artefatos arquitetônicos em madeira roliça e que impacte de forma mínima o local de implantação.

Palavras chave: projetos de artefatos arquitetônicos em madeira perfilada roliça; impacto mínimo no sítio de implantação

Abstract

This article deals with the design of architectural artifacts in timber, having the Polyhedron of Leonardo da Vince reflective base. The structural system is designed in timber elements, connected by means of metallic connections of the type Mero or similar. The slabs are formed by beams and joined in a central pillar composed by three simple pillars or one timber massive pillar. The floors are of timber floorboards and the closings in wood frame panels. Hydraulic and electrical installations are apparent designed with ecological concerns. The resulting architectural artifacts can be deployed in difficult terrain, with variable topography, with only one point of contact in the ground, by means of a reinforced concrete pillar, with a calyx-type console in its upper part to receive the entire structure in timber. The purpose of this article is to present architectonic artifacts made of round wood, and impacts the site of implantation.

Keywords: architectural artifact projects in round timber; minimum impact on the site of deployment

1. PRESENTAÇÃO

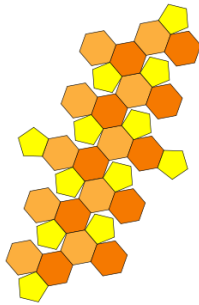
Este trabalho de pesquisa trata da concepção de projetos de artefatos arquitetônicos em madeira, podendo ser utilizados para diferentes programas funcionais, como residências unifamiliares, usos institucionais, entre outros, tendo como ponto de partida o *Poliedro de Leonardo da Vinci* (1452-1519), nascido na Itália, na cidade de Vinci, situada na região da Toscana, no período glorioso do *Renascimento*. O *Poliedro de Da Vinci*, segundo o próprio, denominava-se *Ycoedron Abscisus*, ou como conhecemos hoje, o *Icosaedro Truncado*, tecnicamente um sólido Arquimedes, este poliedro sólido é composto por vinte hexágonos, e doze pentágonos, apresentando 60 vértices e 90 arestas, no caso da *Bola*, 180 barras. As barras compõem os hexágonos e pentágonos, nos quais foram adotadas peças duplas para compensar os esforços compressão e tração, pois em análise inicial de cálculo efetuada previamente, constatou-se que havia necessidade de barras duplas e não simples. Um dos aspectos que merecem a atenção de cálculo é que, como os nós são rígidos, aparecem esforços devido aos momentos em suas peças, fato deveras preocupante, que deve ser evitado a todo custo. Outra razão preponderante é na montagem do sistema estrutural, o seu *esqueleto*, entendido como modular e dotado com características de racionalidade construtiva. A duplicação das barras duplas possibilita que os hexágonos e os pentágonos possam ser construídos na carpintaria de forma isolada, sendo seus elementos unidos por ligações metálicas do tipo sistema *Mero* ou similar. Este sistema é feito de barras e globos, pelo qual pode se construir qualquer estrutura triangular (define-se como triangular o sistema que forma um triângulo com três barras e três globos e que pode combinar uma série de triângulos no espaço tridimensional, de tal forma que cada barra faça parte de pelo menos dois triângulos. Segundo Munari [1], 2001, “...o princípio da construção triangular não é invenção do homem, mas constitui um princípio básico da natureza, no sentido exato do termo. A ideia do *Mero* é de Max Mengerhausen, para aplicação nas construções aeronáuticas e industriais”. Posteriormente, à invenção de Max e ainda segundo Munari: “...Karl Otto usou o sistema na construção de muitos pavilhões da Exposição de Berlim e então o sistema *Mero* tornou-se conhecido do grande público, contemporaneamente muitos outros construtores orientaram-se para estruturas metálicas desse tipo, tais como Fuller, Mannesmann, Makowkie, Fentiman”. A partir do *Poliedro de Da Vinci* e com o uso do sistema *Mero*, surgiram modernamente ideias que originaram, entre outras, as famosas cúpulas de Buckminster Fuller. A bola futebol (*soccer*), ou simplesmente *Bola de Da Vinci* ou *BOLA*, objeto deste artigo, toma emprestada a ideia de Da Vinci na concepção espacial do sistema estrutural, empregando hexágonos e pentágonos, com lados de igual dimensão, como a ideia original de Da Vinci, unindo-os por meio de ligações metálicas. Quando pensada a *Bola* para artefatos arquitetônicos em madeira, podem resultar em programas funcionais dos mais distintos, como residências unifamiliares, chalés, pousadas, usos institucionais, entre outros. As lajes são formadas por vigas perfiladas roliças nas dimensões de 13 cm de diâmetro nominal e solidarizadas em um pilar central composto, por três pilares simples, podendo ser também uma peça única de diâmetro de 40 cm. Os pisos são de tábuas de assolho em madeira e os fechamentos internos e externos, em painéis de *Wood frame* ou chapas de *DryWall*, feitas com gesso cartonado. A vantagem deste sistema estrutural é que, como acentuou o Arquiteto Lúcio Costa, trata-se de uma *ossatura independente*, portanto as paredes não são elementos estruturais, podendo ser alocadas onde for mais apropriado. As instalações complementares, hidráulicas e elétricas, bem como a de lógica, são aparentes, projetadas com preocupações ecológicas. Os artefatos arquitetônicos resultantes podem ser implantados em terrenos ditos difíceis, de topografia variável, com apenas um ponto de contato no solo, por meio de um pilar em concreto armado, tendo em sua parte superior um console, tipo cálice, para receber toda a estrutura em madeira.

O objetivo deste artigo é apresentar artefatos arquitetônicos em madeira roliça, levando em consideração suas especificidades e com o propósito de propor programas funcionais dos mais variados, podendo ser implantados em terrenos ditos “difíceis” e cause mínimo impacto ao seu sítio de implantação.

2. ESTADO DA ARTE E DA TÉCNICA

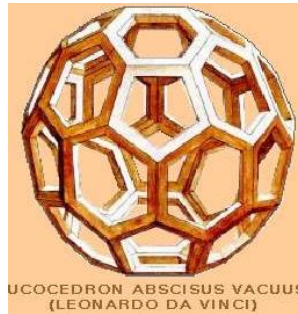
Basicamente o *estado da arte* remete à concepção do *Poliedro de Da Vince*, pensado por Leonardo Da Vince, como descrito anteriormente. Uma particularidade interessante neste processo criativo, é que Da Vince adota o princípio da igualdade dimensional entre os lados destes dois polígonos, o hexágono e o pentágono, dispostos no plano formam uma figura plana, com seus pontos de interseção bem definidos na Figura 1, (a), com os seus vazios bem pronunciáveis. Quando se juntam os seus lados, fechando-o completamente, passa a ter uma configuração espacial que remete a bola de futebol (*soccer*) atual [Figura 1 (b)].

A ideia projetual da *Bola de Da Vince*, ou simplesmente, *BOLA*, foco deste trabalho de pesquisa, partindo da bola de futebol, adaptando-a, por meio da inserção de lajes, no caso três, para compatibilizar vários programas funcionais, como, residências unifamiliares, chalés para repouso, centro culturais, usos institucionais, entre outros. Ela pode perfeitamente ser implantada em terraplanos, bem como, terrenos de difícil topografia, com declividades variadas, para isso, utiliza de apenas um pilar de apoio no solo de concreto armado, suportando toda a estrutura da *BOLA*, conforme indicado esquematicamente na Figura 1 (c).



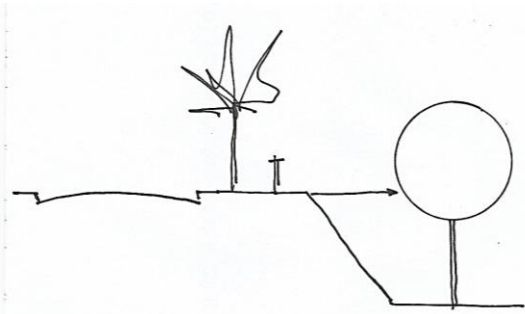
Disposição dos 20 hexágonos e 12 pentágonos do *Poliedro de Da Vince*, no plano

(a)



O *Poliedro de Da Vince*

(b)



Croqui, em corte, da implantação da *BOLA* no sítio de implantação

(c)

Figura 1

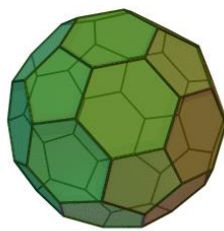
No que se refere ao *estado da técnica* predominam de forma acentuada as ligações metálicas, pois delas, especificamente no caso do *Sistema Mero*, ou mais precisamente o *Nó ou Globo Universal Mero*, de forma mais relevante. Trata-se de um poliedro de 18 faces, sendo que um poliedro, com estas faces, pode ser construído com 24 globos *Mero* e 48 barras de mesmo comprimento, remetendo a uma esfera, em que no meio de cada face há um furo rosqueado que se dirige para o centro do globo, sendo que os furos rosqueados dispõem-se de tal maneira a formar tetraedros e cubos, ao passo. Este poliedro ficará estável se cada quadrado tiver uma diagonal, aplicado nas construções aeronáuticas e industriais. A relevância deste globo é tão prevalente que projetistas e construtores como Fuller, Mannesman, Makowski e Fetiman valeram-se dele para projetar e construir suas estruturas metálicas, com programas funcionais bem variados, principalmente o de *Exposições Internacionais* [1].



Figura 2: Globo do *Sistema Mero* [1]

No caso da *BOLA* [Figura 3, (a)], imagem digitalizada, adotaram-se resoluções, ainda em desenvolvimento de pesquisa, para as ligações metálicas, remetendo ao *Sistema Mero*, fazendo-se uma variação do tema de forma mais simples, funcional e prática. A primeira possibilidade parte de uma esfera de alumínio estrutural, a *bola de alumínio*, com furos feitos conforme ângulos previamente definidos do projeto e com furos em seu interior, onde se rosqueiam pinos metálicos de aço, a segunda, anéis de tubos de aço [Figuras 3 (b) e 3 (c)].

A Figura 3 (c), apresenta os anéis em relação a um pino de aço central. A montagem final é mostrada na Figura 3 (d).



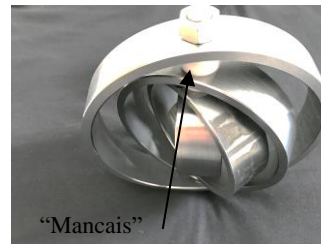
A estrutura digitalizada

(a)



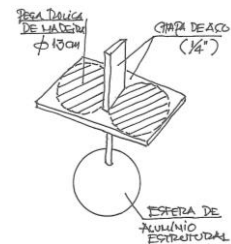
Anéis, acima (peso: 2.366 gramas); esfera de alumínio de 12,5 cm (peso: 3060 gramas), abaixo, à esquerda e esfera de alumínio de 7,5 cm, abaixo à direita (peso: 673 gramas)

(b)



Anéis rotacionados, para receberem as conexões nas diferentes direções das barras duplas de madeira; com diâmetros de 6,5, 3 1/2, 2 1/2 e 1 1/2 polegadas

(c)



Croqui, mostrando as chapas soldadas ao pino rosqueado na esfera/anéis

(d)

Figura 3

No caso dos anéis [Figura 3 (c)], são inseridos “mancais” entre os mesmos, feitos com o material *Poliacetil*, devido às diferentes dimensões de diâmetros e espessuras das paredes dos tubos. O *Poliacetil* é um material termoplástico polimerizado, a partir do formaldeído, sua qualidade principal é suportar esforços por um longo período de tempo, a temperaturas elevadas, como é o caso da *BOLA*. As ligações ficam colocadas externas à estrutura e sujeitas às intempéries), relativamente flexível, conservando a posição original do conjunto, apesar dos esforços de tração, compressão e devido e aos momentos, originados pelos nós rígidos das ligações. Estes anéis metálicos concêntricos podem girar em torno do pino metálico, posicionando-se em vários ângulos, para compatibilizar a configuração espacial das peças dos hexágonos e dos pentágonos da *BOLA*.

3. MATERIAIS

3.1 Madeira de reflorestamento

A utilização da madeira como material na construção de edifícios remonta há milhares de anos. Na Grécia antiga, com mais ênfase na passagem do período pré-socrático para o helênico, nota-se com maior visibilidade o emprego da madeira de forma consistente na estrutura de *Templos*. A madeira, um elemento da Natureza, portanto renovável, com grande oferta exige pouca energia para o seu processamento, sendo agradável ao tato, entre outras inúmeras qualidades.

O uso responsável da utilização do material madeira do Brasil e no mundo tem requerido uma abordagem bastante específica no sentido de propiciar condições criteriosas que privilegiam o seu processamento e seu emprego industrial de forma sustentável. No Brasil, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA é o órgão definidor e regulador desta atividade para sua racional preservação, inclusive no que se refere à emissão de registro de produtos preservativos de madeira.

Segundo este Instituto, um dos tópicos mais relevantes da preservação da madeira no Brasil está relacionado com a diminuição da pressão sobre as florestas nativas, desta forma, o aumento da vida útil da madeira resulta em uma maior conservação dos recursos naturais florestais do Brasil. Tem havido por parte do setor de preservação de madeiras um acentuado estímulo ao reflorestamento no Brasil, devido à larga gama de espécies de reflorestamento para tais fins, como o pinus e o eucalipto, constituindo-se em alternativa viável para a substituição do uso das madeiras nativas, uma vez que essas espécies são passíveis de tratamento. Recentemente foi adotada pela legislação brasileira a obrigatoriedade do uso de madeira preservada nos serviços de utilidade pública, tendo como paradigma os setores elétrico e ferroviário. Devido à relevância da questão, referente aos riscos envolvidos em sua preservação, o Instituto salienta que: “A atividade de preservação de madeiras, envolve a utilização de produtos químicos, na sua grande maioria, altamente tóxicos e que, se não utilizados corretamente podem causar danos à saúde dos trabalhadores e ao meio ambiente. Para que os benefícios dos preservativos de madeira superem os seus riscos, o IBAMA vem intensificando e ampliando diariamente suas atividades específicas” (www.ibama.gov.br, acesso em 02/07/2013). No caso do sistema estrutural que foca este artigo é priorizado o uso da madeira perfilada roliça de reflorestamento e, o aço 1045 para as ligações metálicas (LM).

A concepção do sistema parte de premissa da essencialidade do emprego de madeira de reflorestamento, dando ênfase às espécies pinus (*soft wood*) e eucalipto (*hard wood*), cada utilizada conforme suas características físicas mais adequadas para a sua aplicação, no caso adotou-se o eucalipto clonado.

Segundo Hellmeister [2], a madeira como matéria orgânica participa: “como um dos mais importantes fatores de equilíbrio biológico da natureza, a mesma tem explicação para sua formação como vegetal do mais alto nível de desenvolvimento”.

Em relação ao apodrecimento, algumas espécies são suscetíveis ao ataque de organismos em circunstâncias específicas, porém estas têm sua durabilidade prolongada quando previamente tratadas com substâncias preservativas.

Outros materiais estruturais, como o aço e o concreto armado, são produzidos por processos altamente poluentes, antecidos por agressões ambientais consideráveis para a obtenção de matéria-prima.

Com relação à resistência da madeira ao fogo, segundo Moura Pinto [3], referindo-se a considerar-se uma estrutura segura em condições de incêndio, a mesma acentua que é àquela que: “com ou sem proteção contra incêndio tem grande probabilidade de resistir aos esforços solicitantes em temperatura elevada, de forma a evitar o seu colapso”.

Pelas suas características específicas a madeira torna-se um excelente material para ser usado como elemento estrutural, tanto em estruturas de pequenos e médios portes, quanto em megaestruturas. A

madeira possui grande flexibilidade ao meio ambiente, apresentando possibilidades de aproveitamento, com perda não significativa de material nas reformas e ampliações, além de um fator altamente importante - a baixa demanda de quantidade de energia para a sua extração e processamento quando comparada a outros materiais.

O Brasil, sendo um país privilegiado em termos de diversidades de espécies provenientes de florestas naturais e artificiais, apresenta algumas espécies de alto rendimento para emprego em elementos constituintes estruturais.

Depreende-se daí, que a madeira possui qualidades especiais para construções civis, dotada de características únicas de aplicabilidade, pela sua facilidade de manuseio e alto índice de trabalhabilidade, apresentando, apesar de sua densidade diminuta em relação a outros materiais, grande resistência mecânica.

A madeira de reflorestamento empregada na *BOLA* apresenta níveis de desempenho estruturais bastante satisfatórios, mostrando-se, neste contexto, como alternativa projetual e construtiva excelente para aplicação em diversos programas funcionais, podendo ser implantado em diferentes declividades e terrenos de difícil acesso.

Tabela 1: Dados comparativos de diferentes materiais estruturais. Fonte: Revista Brasileira em Engenharia Agrícola e Ambiental – Relatório PIT/SP [4].

| Material | Densidade (kN/m ³) | Energia para produção (MJ/m ³) | Resistência (Mpa) | Relação entre valores de resistência e densidade |
|----------|--------------------------------|--|-------------------|--|
| Concreto | 24 | 1920 | 20,3 | 0,84 |
| Aço | 78 | 234000 | 250,4 | 3,21 |
| Madeira | 9 | 630 | 90,5 | 10,0 |

Da Tabela 1, pode-se observar a alta resistência da madeira em relação à densidade, mostrando como a madeira propicia a produção de estruturas leves e resistentes. Outro aspecto que favorece a madeira é o fato de que o crescimento, a extração e o desdobro de árvores envolvem baixo consumo de energia, além de não provocarem prejuízo ao meio ambiente, desde que seja feito o devido manejo da área de extração.

Com relação à tecnologia da *BOLA* é possível visualizar vantagens do sistema, seu design favorece a distribuição de esforços, de forma a diminuir o número de apoios necessários no solo. Na realização dos cálculos estruturais verificou-se que a estrutura é leve quando comparada a outros sistemas estruturais, o que acarreta fundações menos robustas [5].

Como se pôde ver até então, sua tecnologia, além de uma inovação de produto, pode ser observada como uma inovação de processo, dado que a sua montagem é muito particular frente o das tecnologias similares. Em comparação ao processo padrão realizado pelas tecnologias similares, esta tecnologia requer pouco espaço no canteiro de obras, isso porque os módulos da estrutura podem ser transportados em pallets, ocupando menos espaço no veículo de carga.

3.2 Aço para Ligações Metálicas (LM)

O aço é o material mais versátil e o mais relevante das ligas metálicas conhecidas pelo ser humano, sua produção mundial, no ano de 2005, foi superior a 1.132 milhões de toneladas, nesse contexto o Brasil representou cerca 32 milhões de toneladas, o nono produtor mundial.[6]. Trata-se de uma liga metálica de ferro e carbono, com um percentual de 0,03 % a 2,00% de participação de carbono, que lhe confere maior ductilidade (capacidade de o material se deformar sob a ação das cargas – inserção

do autor), permitindo que não se quebre quando é dobrado para a execução da armaduras [www.portaldoconcreto.com.br, acesso em 09/12/2016)

Nas ligações metálicas (LM) da *BOLA* empregam-se aços estruturais, em função de sua resistência, ductividade e outras propriedades, são adequados para uso em elementos que suportam cargas, usualmente com limites de escoamento que variam de 95 MPa a 370 MPa.

A seguir, apresenta-se uma Tabela com as características constantes físicas do aço que podem ser adotadas em todos os tipos de aço estrutural na faixa normal de temperaturas atmosféricas que comprovam a excelência de suas propriedades físicas como elemento estrutural:

Tabela 2: Constantes físicas do aço [7]

| Características físicas de aços estruturais na faixa normal de temperaturas atmosféricas | Valores |
|--|--|
| Módulo de deformação longitudinal ou Módulo de elasticidade (E) | 200.000 MPa |
| Coefficiente de Poisson ν | 0,3 |
| Coefficiente de dilatação térmica β | 12×10^{-6} por $^{\circ}\text{C}$ |
| Massa específica ρ_0 | 7850 kg/m^3 |

Estas propriedades físicas são adaptadas às condições da *BOLA* para a determinação por meio de esforços de compressão e tração dos deslocamentos relativos correspondentes, conseqüentemente às deformações e por final, a força convencional F_c , para o cálculo do número de cavilhas de madeira por ligação metálica (LM), caso sejam especificadas (Lei de Hook).

A *BOLA* emprega ligações (LM) com chapas soldadas, utilizando elementos estruturais de madeira (barras) conectadas por chapas e solidarizadas por meio de cavilhas de madeira. No caso, madeira com madeira, a ligação é feita pelo contato direto das peças, por concavidades das mesmas e solidarizadas por parafusos autoatarraxantes.

A espessura da chapa de aço para as ligações metálicas (LM) será determinada por cálculo específico conforme a Norma 8800:1986 – “Projeto de execução de estruturas de aço em edifícios” [8], bem como o número de conectores por (LM). Também, far-se-á necessário para o cálculo da estabilização da estrutura o uso da Norma NBR 6123:1988 [9] “Forças devidas ao vento em edificações”.

Devido às suas características de tratamento da madeira, sua fabricação e acuidade dimensional foi especificada a madeira perfilada roliça da firma PLANTAR de Belo Horizonte/MG, o eucalipto clonado AMARU, Classe C60, com densidade de 670 kg/m^3 , ou similar. Uma das características essencial, refere-se às peças duplas que apresentam uma concavidade que oferece maior área de contato entre as peças, conseqüentemente melhor distribuição de esforços entre as peças, como se vê na Figura 4.



Figura 4: Madeira perfilada roliça, mostrando o diâmetro cheio e o com concavidade [10].

As ligações apresentam-se como um dos elementos constituintes da *BOLA* de maior relevância na desta tecnologia, pois tornam possível uma configuração espacial do sistema estrutural agradável ao olhar e essencialmente lógica.

As ligações metálicas (LM) transladam os esforços nas barras, de maneira a simular, as fibras dos componentes de uma árvore (no caso da árvore, nós rígidos) Desta forma, possibilitam que estes esforços axiais sejam contínuos ao longo da estrutura, resultando em reduções das dimensões das peças, trazendo como consequência, uma esbelteza das formas da estrutura (os comprimentos das peças de madeira são no máximo de quatro metros, para compatibilizar com os comprimentos das carrocerias usuais de caminhões).

4. METODOLOGIA

A análise inicial foi feita, resultando diâmetro dos elementos estruturais das barras duplas com 13 cm cada e avançou-se no desenvolvimento das ligações metálicas. O cálculo final será elaborado por programa específico, como o *CYPECAD*, por exemplo, devido a sua compatibilidade com a Norma ABNT NBR 7190:1997 (em fase final de atualização) [11].

Pressupõe-se que, a montagem que remete ao brinquedo *LEGO*, seja feita de modo simples, prático e rápido, pois os hexágonos e os pentágonos já vêm montados da carpintaria. Após a locação do pilar de concreto armado, tendo na sua parte superior uma viga em forma hexagonal de seção retangular, tipo *taça de champagne*, onde a estrutura de madeira se ancora, é iniciada a montagem no canteiro de obras da estrutura propriamente dita, utilizando uma grua de pequeno porte.

A própria estrutura ao ser montada para cima serve de cimbramento para os demais elementos estruturais a serem montados.

Um dos itens mais relevantes para a montagem do sistema estrutural da *BOLA* foi a determinação dos ângulos que determinam os hexágonos e os pentágonos. A sequência de montagem da estrutura seguirá a mesma sequência que originou a maquete, fazem-se no piso da carpintaria um molde do hexágono e um molde do pentágono, levando em consideração que esta estrutura se desenvolve no espaço e não no plano, daí a complexidade da questão.

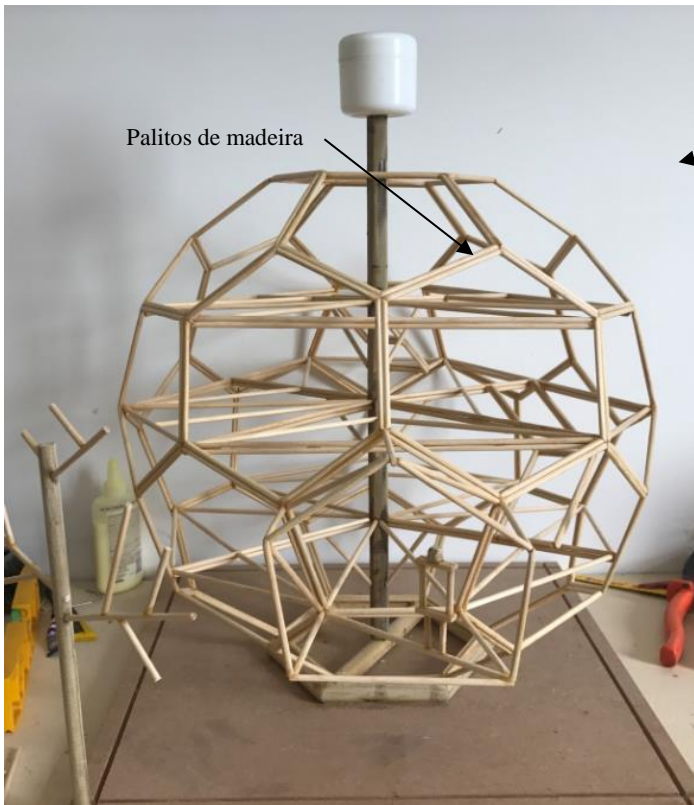
5. PROJETO ARQUITETÔNICO DE UM PROGRAMA FUNCIONAL

5.1 Estudo de caso: Residência unifamiliar com área construída de 260 m²

O partido arquitetônico deste projeto é o próprio *Poliedro de Da Vince*, o projeto se compõe de quatro pavimentos, o primeiro, o mezanino, o superior e o inferior (caracterizado como um depósito e entrada ao artefato arquitetônico pelas vagas de autos), sendo que o acesso principal à *BOLA*, se dá por meio de uma plataforma de acesso de madeira, ao primeiro pavimento.

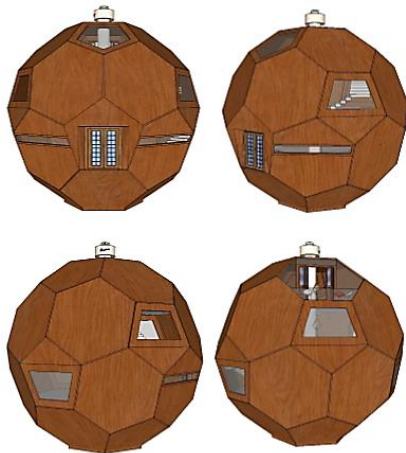
O *leitmotiv* deste projeto foi que sua implantação no sítio fosse feita de forma a impactar o mínimo possível seu entorno, privilegiando uma Arquitetura Bioclimática “preocupada na sua integração com o clima local, visando à habitação centrada sobre o conforto ambiental do ser humano e sua repercussão no planeta. Considerou-se também, a Arquitetura Sustentável, continuidade mais natural da Bioclimática, levando em consideração, também, a integração do edifício (do artefato arquitetônico inserção do autor) à totalidade do meio ambiente...” [12].

A seguir, seguem a maquete (executada pelo autor) na escala 1:30 e as perspectivas digitalizadas, como também, as plantas, elevações e cortes deste estudo de caso, feitas pela Graduanda terceiranista do curso de Arquitetura e Urbanismo da UNICEP/São Carlos, Luana Canal Mattos Arêas (coautora deste artigo):



Pilar central em eucalipto
clonado, com uma peça
única ou podendo ser,
formado por 3 ou 4 peças
compostas, com Ø de 13
cm

Figura 5: Maquete na escala 1:30, feita com palitos de madeira, para *algodão doce*, com diâmetro de 3,5 mm em média e cavilhas de eucalipto clonado no diâmetro de 16 mm para o pilar central, executada pelo autor.



(a)



(b)

Figura 6: Perspectivas

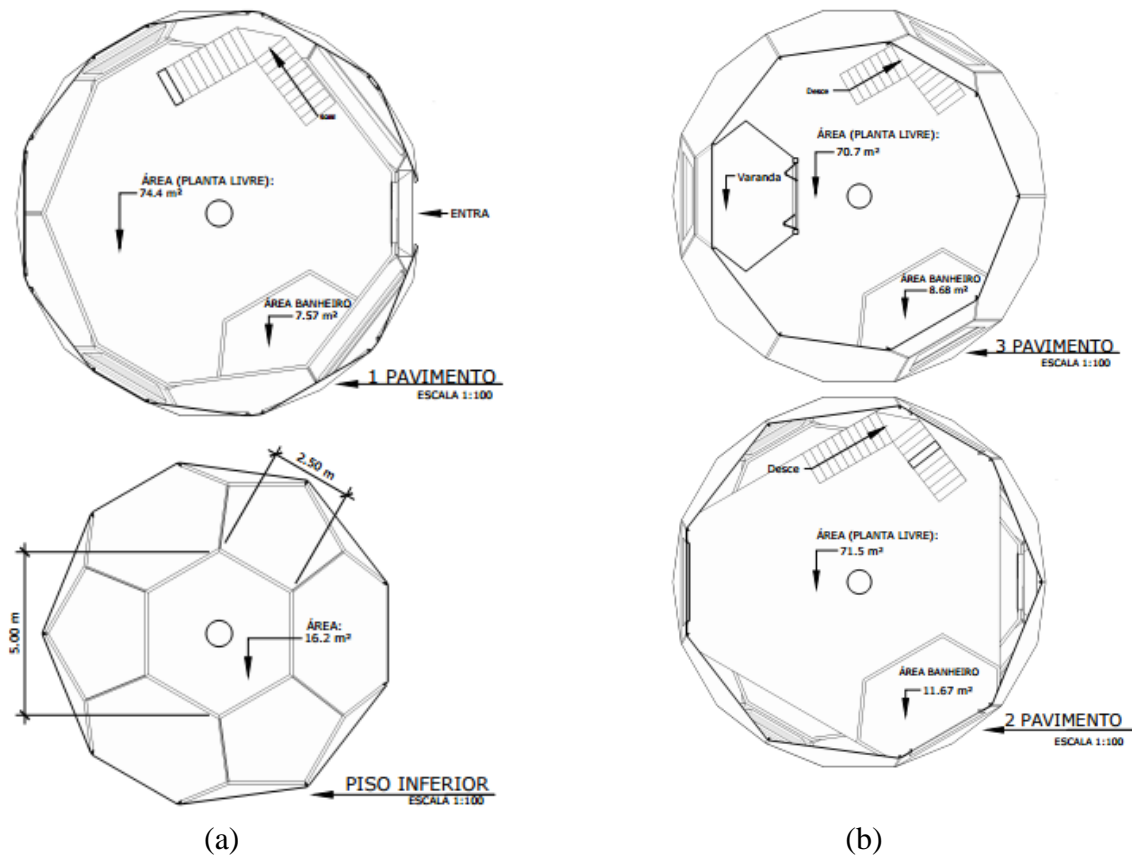


Figura 7: Plantas

6. RELEVÂNCIA DO PROJETO DE PESQUISA

Projetar artefatos arquitetônicos em terrenos de declividades variadas sempre foi um desafio para os arquitetos, no Brasil Marcos Acayaba e o casal Aflalo, Marta e Marcelo, exemplares neste quesito, contando ambos, com a essencial participação do engenheiro civil, Hélio Olga Jr, proprietário da *ITA Construtora* de São Paulo e responsável pelos respectivos cálculos estruturais. Internacionalmente, uma pequena obra, mas de valor arquitetônico, *The Israel House* (1994) [13], singular e inovadora, possibilita com sua leveza estrutural, tornar possível inserir o artefato de forma a impactar minimamente o seu sítio, em terreno de topografia variável.

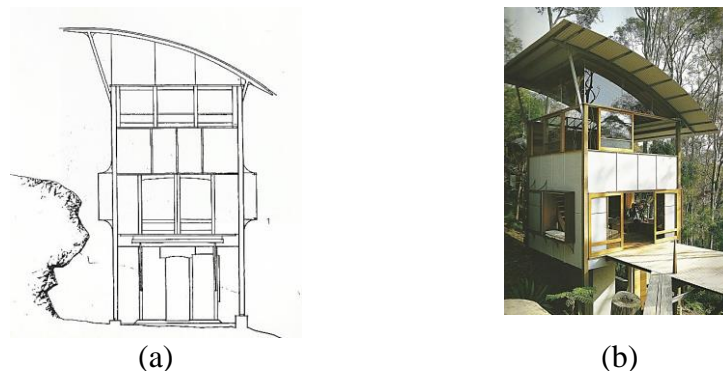


Figura 8: The Israel House.

A *BOLA* é mais um projeto que se propõe a enfatizar que é possível implantar-se artefatos arquitetônicos de forma simples e natural em os chamados terrenos “difíceis”, além do mais vem

comprovar que o arquiteto ao adotar como partido uma figura geométrica, ou mesmo um elemento da natureza, como inspiração e por recorrência suas estruturas, possibilitam livre pensar, sem “engessar” sua criatividade, como é o pensamento corrente, ou seja, projeto arquitetônico e sistema estrutural caminham juntos.

7. CONCLUSÕES

Este projeto tem por foco aspectos de uma Arquitetura Bioclimática, causando o mínimo impacto ambiental, sendo sua construção feita com critérios de racionalidade construtiva, visando o conforto de seus usuários.

AGRADECIMENTOS

À UNICEP/São Carlos, sua Direção e Coordenação do curso de Arquitetura e Urbanismo, esta, na pessoa da Professora Doutora Ana Lúcia Cerávolo, pelo apoio na participação de professores e alunos para a difusão da cultura acadêmica. À USP/São Carlos e em particular aos Professores Carlito Calil Jr. e Francisco Antonio Rocco Lahr do LaMEM/SET/EESC/USP, pelas informações preciosas para a elaboração e desenvolvimento deste projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- [1] Brunari, B. ‘DESIGN E COMUNICAÇÃO VISUAL’, Editora Martins Fontes, São Paul, 2001.
- [2] Hellmeister, J. C. ‘CARACTERÍSTICAS’. I ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, Ebramem, Anais, Volume 1. LaMEM/SET/ EESC/USP, Julho de 1983.
- [3] Moura, E. P. ‘ESTUDO DA TAXA DE CARBONIZAÇÃO DA MADEIRA E SUA RELAÇÃO COM A RESISTÊNCIA DE PEÇAS ESTRUTURAIS’. IX ENCONTRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA. Ebramem. LaMEM/SET/ EESC/USP, Julho de 2004.
- [4] Programa de Investigação da Tecnologia – PIT. ‘Relatório de investigação tecnológico’. AGÊNCIA DE INOVAÇÃO. USP/SP, Setembro de 2007.
- [5] Calil Jr, C.; Rocco Lahr, F. A.; D., A. A. ‘Dimensionamento de Elementos Estruturais de Madeira’. Editora Manole, São Paulo. 2003
- [6] Isaia, G. C. ‘MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais’. Editor Geraldo C. Isaia, Volume 2, 1ª. Edição, São Paulo, 2007.
- [7] Pfeil, W.; Pfeil, M, ‘Estruturas de Aço – Dimensionamento Prático de Acordo com a ABNT NBR 8800:2008’. Editora LTC, 8ª. Edição, Rio de Janeiro, 2009.
- [8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 8800:1986. ‘Projeto e execução de estruturas de aço em edificações - Método dos elementos finitos’. Rio de Janeiro, 1986.
- [9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 6123:1988. ‘Forças devidas ao vento em edificações’. Rio de Janeiro, 1988.
- [10] Cabral, R. ‘AMARU: TECNOLOGIA FLORESTAL PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL’. Editado por AMARU-Montana, Brasil, Fevereiro de 2016.
- [11] Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT NBR 7190:1997. ‘Projeto de estruturas de madeira’. Rio de Janeiro. 1997.
- [12] Corbella, O.; Yannas, S. ‘EM BUSCA DE UMA ARQUITETURA SUSTENTÁVEL PARA OS TRÓPICOS – CONFORTO AMBIENTAL’. Editora Revan, Rio de Janeiro, 2003.
- [13] Stungo, N. ‘The New Wood Architecture’. Published by Laurence King Publishing, London, 1998.