

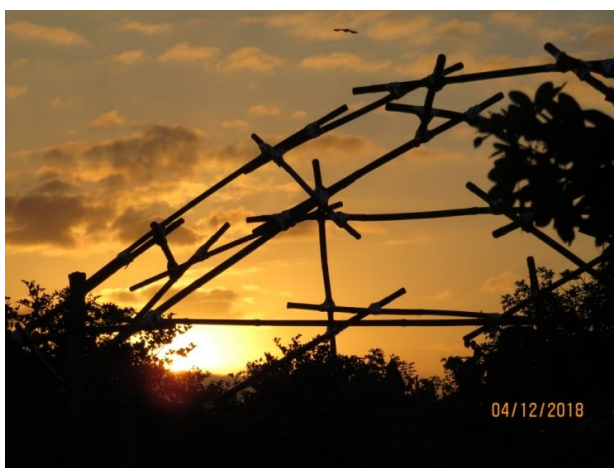
Guia para construção de cúpulas geodésicas de bambu amarradas.

Fabiano Ostapiv
Celso Salamon

Neste guia é mostrado um procedimento para construir uma cúpula geodésica usando barras amarradas. O desafio é construir uma estrutura semelhante à bola de futebol usada na Copa de 70, usando pedaços de colmos de bambu.



Bola da Copa de 70 (icosaedro truncado)



Geodésica Barra do Saí – Itapoá SC, 2018.

Para construir uma geodésica grande, será necessário.

- Material para amarração como tiras de borracha, arames ou cordas.
- Peças cortadas de colmos de bambu.

Quarenta peças com mesmo comprimento e diâmetro e espessura de paredes semelhantes. Cinco peças com comprimento 50% maior que serão usadas para o fechamento da cúpula.

Tiras de borracha.

Podem ser usadas tiras de borracha na amarração dos bambus. Tiras feitas com câmaras de pneus de caminhão ou caminhonete são muito boas para isso. Uma vantagem no uso deste material é que os pontos de amarração ficam sempre tensionados e mantêm a rigidez da estrutura. Ao invés de tiras a borracha pode ser cortada na forma de anéis, neste caso não precisa usar nós na amarração da estrutura.



Corte da borracha de câmaras de pneu de caminhão em tiras, usadas para amarração das peças de bambu.

Corte das peças de bambu que serão usadas na geodésica.

Os colmos colhidos devem estar maduros, ou seja, devem ter três ou mais anos de idade. Não devem ser tortos e tampouco apresentarem falhas como furos, trincas e ataques de insetos. O ideal é trabalhar com colmos de bambu secos que são mais leves, no entanto os colmos verdes são mais flexíveis. Para não comprometer o resultado final, não devem ser misturados colmos com diâmetro e espessura de parede muito diferente.



Peças de colmos de bambu tuldoides selecionados para serem usados em uma estrutura geodésica.

Triângulo auto apoiante e amarração dos colmos.

Em todos os vértices dos hexágonos e pentágonos da geodésica os colmos formarão um triângulo que se apoia em si mesmo, como o mostrado na figura abaixo. Será necessário construir 20 destes triângulos para fazer uma geodésica de três níveis. Na geodésica deve ser mantida a mesma ordem de amarração dos colmos bem como o tamanho dos triângulos.

Os triângulos formados devem ser equiláteros e as pontas dos colmos que excedem o triângulo devem ter a mesmas medidas, para isso deve-se usar uma régua ou um gabarito.

É importante não fazer a amarração exatamente na extremidade do colmo, mas deixar uma sobra de material para ajustar a geodésica antes do seu fechamento. Se a amarração ficar muito perto da extremidade, as peças podem escapar umas das outras, especialmente no momento do tensionamento para fechamento da estrutura. Por outro lado, se ficar muito material sobrando para fora dos triângulos, não será possível amarrar os colmos usando os anéis de borracha que são bastante práticos e será necessário usar nós como na figura abaixo.



Disposição inicial dos colmos na montagem de um elemento triangular e amarração com tiras de borracha e nós.

A vantagem do uso de borracha na amarração dos colmos é que a borracha mantém o tensionamento nos colmos amarrados, com isso é possível usar colmos recém-colhidos na estrutura. Se forem amarrados com cordas e arames, quando secarem os colmos verdes soltam-se das amarras deixando a estrutura bamba.

A maior desvantagem da amarração com borracha ou com outros elementos elásticos é a baixa vida útil destes materiais quando sujeitos à insolação direta. A borracha degrada, resseca e se rompe, comprometendo o conjunto. Para melhorar o desempenho da amarração, a mesma pode ser revestida com algum tipo de cobertura reflexiva, como fitas aluminizadas.



Elemento estrutural triangular inicial suportando carga concentrada no centro da estrutura.

Construção de maquetes com varetas de bambu

Inicialmente mostraremos o processo de construção de uma geodésica, em três etapas, usando uma maquete feita com espetinhos de bambu, amarrados com fios de nylon.

A construção de maquetes permite analisar e planejar a sequência de montagem de estruturas maiores. Além disso, a execução de maquetes possibilita práticas que podem ser feitas em sala de aula. Pequenas geodésicas podem ser utilizadas com vários objetivos didáticos em aulas, treinamentos e dinâmicas de grupo, da matemática básica a aulas de engenharia ou arquitetura.

Procedimento

O modo mais simples e intuitivo para construir a geodésica é amarrar uma barra após a outra e iniciar a estrutura pelo pentágono (figura geométrica preta da bola de futebol).

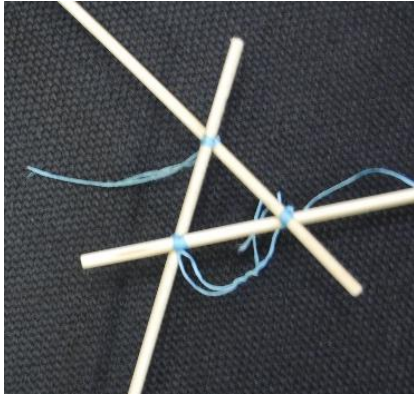
Na segunda etapa são construídos cinco hexágonos (os gomos brancos da bola de futebol). Na terceira etapa as mesmas figuras geométricas aparecem alternadamente, são cinco pentágonos completos e cinco meios hexágonos fazendo o fechamento da estrutura.

Os triângulos são importantes para a rigidez da estrutura e se repetem em todos os níveis, exceto no fechamento. A ordem construtiva dos triângulos deve ser mantida em toda a geodésica de maneira análoga a confecção de uma rede.

Desafio

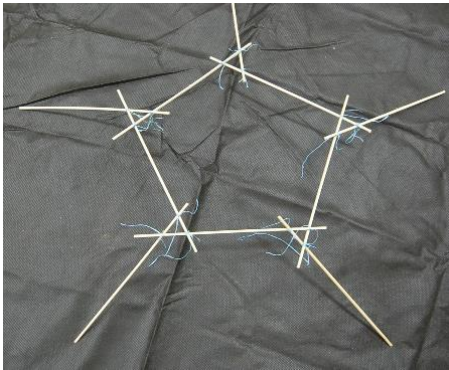
Também é possível amarrar duas ou três barras separadamente e incorporar estes conjuntos depois na estrutura da geodésica, assim algum trabalho pode ser feito em paralelo.

Para trabalhar com os conjuntos de três barras deve-se iniciar a estrutura pelo hexágono.



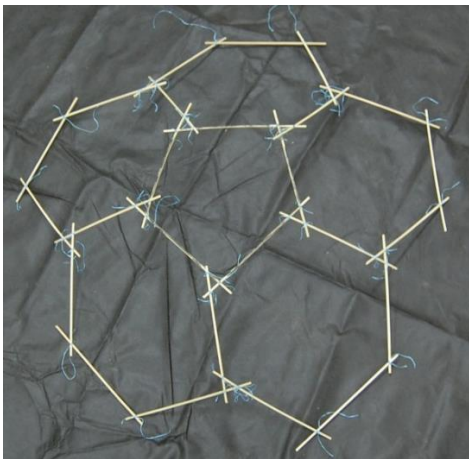
Triângulo básico e elementos de 2 barras que se repetem na estrutura

É mais fácil construir a geodésica iniciando a construção pelo pentágono no primeiro nível. Com alguma prática, é possível incorporar conjuntos de 2 barras na estrutura da cúpula geodésica no segundo nível.



Pentágono do primeiro nível e elementos de 2 barras sendo fixados na estrutura

Abaixo é mostrado o segundo nível com 5 hexágonos e a cúpula geodésica montada no terceiro nível.



Pentágono central e cinco hexágonos no segundo nível e fechamento dos 5 pentágonos e dos 5 meios hexágonos do nível 3

Montagem do domo geométrico com 3 níveis.

A partir do primeiro triângulo amarrado, vão sendo medidos e dispostos em sequência, outros triângulos básicos que vão sendo então incorporados e amarrados na estrutura inicial.



Amarração do topo da geodésica, construção de um hexágono de lado 90 cm.



Segundo e terceiro nível da estrutura, construção de pentágonos e hexágonos regulares.

O fechamento da cúpula geodésica pode ser feito em diferentes etapas unindo as pontas soltas dos segmentos de colmo da estrutura com novos segmentos que ficarão dispostos horizontalmente ao solo. No terceiro nível a estrutura já está próxima a forma de uma semiesfera. O domo geodésico obtido pode ser apoiado diretamente no solo, mas também sobre paredes ou colunas, dependendo da aplicação final desejada.

REFERÊNCIAS

OSTAPIV, F.; SALAMON, C.; STAHLSCHNIDT, J.; BETT, C.F.; “Estudos iniciais para ensaios e construção de cúpulas geodésicas usando colmos de bambu”. MIX SUSTENTÁVEL (ON LINE) V. 4, P. 108-116, SC, 2018.

Disponível em: <http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/2506/1549>

Alguns exemplos de construção de geodésicas de bambu amarradas.



IFPR – Coronel Vivida PR (2017)



Apremai – Itapoá SC (2018)



UFSC – VI- ENSUS (2018)