

**Construindo com o bambu:
produção e viabilidade econômica das pirâmides de bambu**

LUCAS LOUSAN DO NASCIMENTO PAIXÃO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

LUCAS LOUSAN DO NASCIMENTO PAIXÃO

**Construindo com o bambu:
produção e viabilidade econômica das pirâmides de bambu**

Orientador: Alexandre Florian da Costa, Professor Doutor

Brasília – DF
Fevereiro de 2023

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

LUCAS LOUSAN DO NASCIMENTO PAIXÃO

**Construindo com o bambu:
produção e viabilidade econômica das pirâmides de bambu**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado do Departamento de Engenharia
Florestal como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Alexandre Florian da Costa, Dr.

Brasília, DF
Fevereiro, 2023

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de Brasília

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Lucas Lousan do Nascimento Paixão

Construindo com bambu: produção e viabilidade econômica das pirâmides de bambu

GRAU: Bacharel

ANO: 2023

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste Trabalho de Conclusão de Curso e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste Trabalho de Conclusão de Curso poderá ser reproduzido sem autorização por escrito do autor.

Lucas Lousan do Nascimento Paixão

Endereço: rua 7 chácara 333 lote B – Vicente Pires – Distrito Federal

Endereço eletrônico: paixaoflorestal@gmail.com

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

Construindo com bambu: produção e viabilidade econômica das pirâmides de bambu

LUCAS LOUSAN DO NASCIMENTO PAIXÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE ENSINO SUPERIOR.

APROVADO POR:

Professor Doutor ALEXANDRE FLORIAN DA COSTA

Professor Titular da Faculdade de Tecnologia do Departamento de Engenharia Florestal da UnB
E-mail: lucate@unb.br (**Orientador**)

Professor Doutor ÁLVARO NOGUEIRA DE SOUZA

Professor Associado III da Faculdade de Tecnologia do Departamento de Engenharia Florestal da UnB
E-mail: ansouza@unb.br (**Examinador Interno**)

MSc. MARIA DE FÁTIMA DE BRITO LIMA

Analista Ambiental do Laboratório de Produtos Florestais do Serviço Florestal Brasileiro (LPF/SFB)
E-mail: mfbritolima@gmail.com (**Examinadora Externa**)

Brasília-DF, 06 de fevereiro de 2023.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a minha família, amigos e professores por todo o apoio e orientação durante a realização deste trabalho e de toda a minha graduação.

Começando pelos meus pais, que sempre acreditaram em mim e me deram todo o suporte necessário, seja financeiro ou emocional, e que me ensinaram desde cedo a ter perseverança, dedicação, um tom crítico e filosófico. Gratidão, pai e mãe, que nunca desistiram de mim, mesmo nos meus momentos mais difíceis. Dizem que entrar para um curso é fácil, mas concluí-lo não é tão simples assim.

Aos meus irmãos Darlene, Pedro e Maria agradeço os ensinamentos mais básicos como amar a natureza, cuidar da própria saúde, mantermos a irmandade leal e verdadeira como as forças na natureza: arco-íris, brilho das estrelas, o sol e a lua nos guiando e ensinando a respeitá-las. Eu amo todos vocês e os levo comigo no meu coração 24 horas por dia.

Aos meus amigos, impossível listar todos aqui, mas Luís Felipe (Formiga), Henrique Veloso (Biscoito), meus padrinhos veteranos da época da Biologia; Pedro Farias, vulgo PF, que me apresentou a agrofloresta e à Engenharia Florestal, vocês e outros sempre estiveram presentes, me dando força e motivação nessa jornada acadêmica. Com vocês desbravamos a Universidade de Brasília e conhecemos cada canto desse mundinho UnB. Foram muitas viagens e muitas experiências vividas. Eu sou um pouquinho de cada um de vocês.

Aos meus professores, sem os quais nada disso seria possível! Um abraço especial ao meu orientador, Alexandre Florian, pela confiança, paciência e flexibilidade comigo e incentivo incondicional.

Agradecer também aos meus amigos bambuzeiros e de vida, Felipe Naves (Macarrão), Pedro Gondim, Lucas Soares, que juntos somamos forças e criamos estruturas antes inimagináveis. Muitos trabalhos ainda pela frente!

Por fim, a esta grande Universidade de Brasília, como um todo, que foi uma mãe para mim: me nutriu de conhecimento, me deu muitas vezes abrigo, abriu tantas portas do mundo para mim.

Dedico esse trabalho a minha família

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO	11
ABSTRACT	12
1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVO	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 Histórico do bambu.....	14
3.2 Distribuição geográfica e taxonomia.....	15
3.3 Morfologia do bambu.....	16
3.4 Propriedades físicas e mecânicas	18
3.5 Principais espécies utilizadas na construção	19
3.6 Colheita	19
3.6.1 Maturidade e durabilidade.....	19
3.6.2 Transporte	20
3.7 Secagem e tratamentos.....	21
3.7.1 Métodos tradicionais de secagem	21
3.7.2 Métodos tradicionais de tratamento e cura.....	21
3.8 Construções tradicionais	22
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
4.1 Análise do mercado no Distrito Federal e entorno	24
4.2 Planejamento e execução de pirâmides de bambu	24
4.3 Materiais e ferramentas	26
4.4 Colheita e transporte das varas de bambu.....	27
4.5 Cálculo dos custos de produção das pirâmides	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
5.1 Cura e secagem.....	30
5.2 Conexões e amarras das pirâmides	31
5.3 Acabamentos.....	32
5.4 Montagem da pirâmide	34
5.5 Custos de produção da pirâmide e logística	35
6. CONCLUSÕES	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tipos e valores de pirâmides de bambu encontrados no mercado de Brasília e arredores.	24
Tabela 2. Justificativas das escolhas adotadas para a execução das pirâmides de bambu.	25
Tabela 3. Custo do material para montagem das seis pirâmides com indicação de onde encontrá-los.	28
Tabela 4. Custo dos serviços necessários para montagem das seis pirâmides.	29
Tabela 5. Custo das atividades de logística como transportes, alimentação e frete.	29
Tabela 6. Resumo dos custos de produção das seis pirâmides produzidas.	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Partes áreas e subterrânea do bambu.	16
Figura 2. Seções de um colmo de bambu e suas denominações.	17
Figura 3. Colmo jovem 1 a 2 anos, com cor verde intensa. Colmo maduro entre 4 e 6 anos, cor verde opaco e manchas de líquens e colmo velho com mais de 6 anos, presença de líquens e coloração amarela.	20
Figura 4. Detalhe do encaixe dos triângulos, corte, tarugo e amarração com corda.	32
Figura 5. Detalhe dos lacres de garrafa PET como proteção das extremidades dos colmos..	33
Figura 6. Pirâmide de bambu montada. Observa-se o conjunto de peças e posição do tripé..	34

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo fazer uma análise econômica dos custos de produção das pirâmides de bambu e da viabilidade comercial desse produto. Assim como demonstrar o passo a passo da produção das pirâmides de bambu, desde a escolha da espécie, colheita, até os tratamentos aplicados e a produção da pirâmide. Mostramos que é possível produzir brinquedos de forma sustentável e acessível, e que a pirâmide de bambu é um exemplo de como isso pode ser alcançado. Concluímos que a produção de brinquedos de bambu se apresenta como uma alternativa econômica e ambientalmente correta.

Palavras-chave: Brinquedos, Pirâmide de Bambu, Construção, Colheita, Tratamentos, Artesanato, Custos, Produção.

ABSTRACT

This work aimed to perform an economic analysis of the production costs of bamboo pyramids and the commercial viability of this product. As well as demonstrating the step by step production of bamboo pyramids, from the choice of species, harvest, to the treatments applied and the production of the pyramid. We showed that it is possible to produce toys sustainably and affordably, and that the bamboo pyramid is an example of how this can be achieved. We concluded that the production of bamboo toys presents itself as an economical and environmentally correct alternative.

Keywords: Toys, Construction, Harvesting, Treatments, Bamboo Pyramid, Handmade, Costs, Production.

1. INTRODUÇÃO

O bambu está distribuído pelo mundo todo e é conhecido por sua alta versatilidade. É um recurso florestal de baixo custo, renovável, de rápido crescimento, com produção anual e grande potencial de retorno econômico. Na Ásia e no Oriente o uso do bambu é cultural e milenar, aparecendo em grandes construções, nos artesanatos, roupas e até na alimentação. Mesmo sendo amplamente utilizado no Oriente, no Ocidente suas potencialidades são desconhecidas e por isso é subutilizado como matéria-prima (MANHAES, 2008; PRESZNHUK, 2004).

No meio rural, os bambus podem desempenhar várias funções quando aproveitados em todo seu potencial. Aqui no Brasil é comum que sejam utilizados para a contenção de erosões, geração de biomassa e energia, suporte à lavoura e material construtivo. Sua estética, sombra e sons também são valorizados no campo, melhorando o bem-estar e conforto de vida. É um recurso estrutural e decorativo, de baixo custo, também muito utilizado na montagem de eventos como feiras, congressos, festas e festivais.

Para cada uso específico, existem espécies mais recomendadas e reconhecidas. Uma espécie muito utilizada e comercializada no Brasil é o *Phyllostachys aurea* também conhecido como bambu cana da Índia. Essa é uma espécie alastrante, de médio porte em altura, sendo muito apreciadas para artesanatos, painéis decorativos, forros, brinquedos ou até em estruturas grandes e complexas pois também apresentam grande resistência física e mecânica, sendo opção para quem gosta de utilizar o bambu em produtos com maior durabilidade.

A pirâmide de bambu é um brinquedo feito com os colmos ou varas inteiras de bambu, formado por um tripé e mais dois níveis de triângulos. Pode ser utilizado por crianças e adultos e trabalha com o equilíbrio e habilidades motoras, podendo funcionar como um ótimo exercício físico e de alongamento, além de estimular a consciência corporal.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi fazer uma análise econômica dos custos de produção de pirâmides de bambu e viabilidade comercial desse produto. Adicionalmente, demonstrar o passo a passo da produção das pirâmides de bambu, desde a escolha da espécie, colheita, até os tratamentos aplicados e a produção da pirâmide.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Histórico do bambu

Os primeiros registros do bambu, segundo Hidalgo-López (1974), remontam ao começo da civilização da Ásia, sendo reconhecido seu uso desde os anos de 1600 a 1100 a.C., em registros chineses.

O bambu tem milhares de utilidades e segundo Farrely (1938) citado por Pereira (2012), foram identificados 1546 (um mil, quinhentos e quarenta e seis) usos somente no Japão, sendo 1048 (um mil e quarenta e oito) diversos e 498 (quatrocentos e noventa e oito) usos ornamentais. Esses usos, com algumas variações, podem ser estendidos também para a China, que possui uma área plantada de sete milhões de hectares e usa o bambú em aplicações industriais, como broto comestível, celulose e papel, material para engenharia, construção, química, móveis e painéis (MANHAES, 2008; PRESZNHUK, 2004).

Na América Latina encontram-se países como a Colômbia, o Equador, o Peru e o Chile que têm o bambu como elemento tradicional na sua cultura (MANHAES, 2008). O Brasil possui uma das maiores florestas nativas de bambu do planeta, na região sul ocidental da Amazônia, englobando parte do estado do Amazonas e a maior parte no estado do Acre, chegando a 180.000 km² (MANHAES, 2008; JUDZIEWICZ et al. 1999). Segundo Manhães (2008), essas reservas apresentam uma sólida possibilidade econômica sustentável ainda não explorada, que podem ter múltiplos aproveitamentos para geração de renda e trabalho com desenvolvimento humano.

Conforme citado por Judziewicz et al. (1999), o Brasil é o país com maior diversidade de espécies de bambu no Novo Mundo. Em relação aos bambus herbáceos há duas subfamílias, três gêneros e sete espécies, enquanto em relação

aos bambus lenhosos há dezoito gêneros, sendo que seis são endêmicos e cento e cinquenta e cinco espécies, sendo que 83% dessas são também endêmicas (FILGUEIRAS & GONÇALVES, 2004). Os gêneros com maior número de espécies são *Merostachys*, *Spreng* (53 espécies) e *Chusquea* (40 espécies). Ao todo são trinta e quatro gêneros e duzentos e trinta e duas espécies no Brasil, sendo que algumas ainda não foram formalmente descritas, além de cento e setenta e quatro espécies (75%) serem consideradas endêmicas (FILGUEIRAS & GONÇALVES, 2004).

O bambu é conhecido por muitos nomes. Somente no Brasil são descritas trinta e quatro diferentes denominações populares, como, por exemplo, taquara, taboca, taquari, taquaruçu, cana-da-india, mossô, entre outros, muitos originados do tupi-guarani e que revelam informações da planta em seu significado (PEREIRA, 2012; FILGUEIRAS & SANTOS-GONÇALVES, 2004).

3.2 Distribuição geográfica e taxonomia

Os bambus ocorrem naturalmente em todos os continentes, exceto na Europa, segundo Soderstrom & Calderón, citado por Manhaes (2008). Estes se distribuem desde 51° de latitude Norte (Japão) até 47° de latitude Sul (Chile) e desde o nível do mar até 4300 metros de altitude, reportada nos Andes equatorianos (MANHAES, 2008; TERRA, 2007).

De uma maneira geral a maioria das espécies se adapta bem ao clima tropical com bom desenvolvimento entre 8° e 36°C de temperatura, onde temperaturas altas favorecem seu desenvolvimento e as mais baixas o inibem (PEREIRA, 2012).

Para encontrar bambu na região de interesse se faz necessário acessar o mapa Bambuzeiros do Brasil, como também o da Associação Brasileira do Bambu ou ainda o Bamboo World Map listados nas referências do presente trabalho.

A diversidade de bambu no mundo ainda não é um consenso entre a comunidade científica, variando de um mil e duzentas a um mil e seiscentas espécies, distribuídas entre cinquenta e cento e vinte gêneros (PEREIRA e BERALDO, 2007; MOGNON, 2015).

Sob a ótica da botânica, o bambu não é uma árvore, mas sim uma gramínea, sendo muitas vezes omitido nas discussões sobre florestas em relação às mudanças climáticas (INBAR, 2014).

Os bambus estão classificados na família *Bambusoideae*, uma das doze subfamílias de *Poaceae*, as gramíneas (FILGUEIRAS & VIANA, 2017; SORENG et al., 2015). Dentro desta família, estão atualmente separados em três tribos, *Arundinarieae*, *Bambuseae* e *Olyreae* (FILGUEIRAS & VIANA, 2017). As duas últimas famílias são compostas pelos chamados bambus lenhosos e bambus herbáceos, respectivamente.

3.3 Morfologia do bambu

A nomenclatura da morfologia da subfamília *Bambusoideae* apresentadas seguem o proposto por Soreng et al. (2015) e Filgueiras et al. (2015), esses são citados como nas gramíneas, os bambus são divididos em rizoma, colmo, folhas e inflorescências.

Apesar de ser considerada uma gramínea, as características estruturais dos bambus são similares às de uma árvore, possuindo tanto uma parte aérea, como colmo, folhas e ramificações, quanto uma parte subterrânea, composta por rizomas e raízes, que podem ser observados na Figura 1.

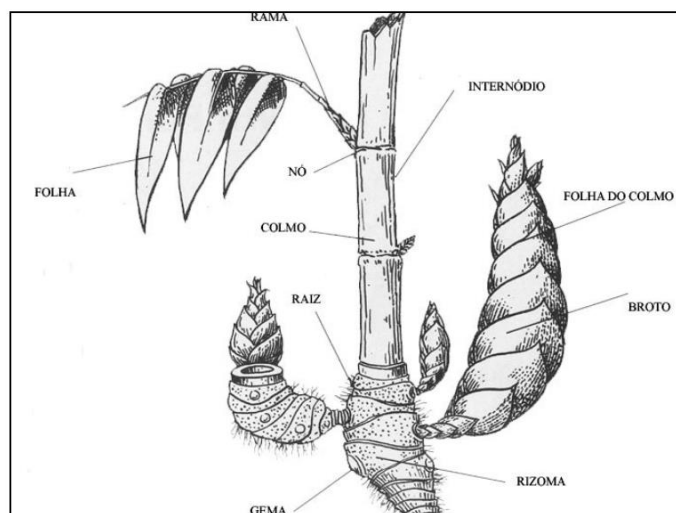


Figura 1. Partes aéreas e subterrânea do bambu.

Fonte: NMBA (2004)

De acordo com Tejwani (2013), o bambu apresenta uma composição celular lignificada que lhe confere propriedades similares à madeira, tornando-o uma opção viável para aplicações onde a resistência é requerida.

O rizoma é a porção subterrânea do colmo, pode ser do tipo paquimorfo, de crescimento simpodial, e do tipo leptomorfo, com crescimento monopodial (FILGUEIRAS & VIANA, 2017). Ainda segundo o autor, o termo anfipodial é utilizado para rizomas com os dois padrões de ramificação e, em geral, as espécies de rizoma paquimorfo se organizam em touceiras, enquanto as espécies de rizoma leptomorfo são alastrantes.

Segundo Pereira (2012), os rizomas possuem gemas laterais que se ativam, desenvolvendo novos rizomas e novos colmos, porém a maioria das gemas permanece dormente ou inativa. Os novos rizomas crescem horizontalmente em curtas distâncias e logo seu ápice se volta para cima formando um novo colmo (PEREIRA, 2012).

Esse ciclo se repete anualmente, cada gema que se ativa torna-se um novo rizoma, que por sua vez formará um novo colmo.

Os colmos representam a parte aérea do caule e são formados por nós, entrenós e gemas (FILGUEIRA & VIANA, 2017). Origina-se de uma gema ativa do rizoma, dando sustentação para ramos e folhas, sendo geralmente de formato cilíndrico e fistuloso, podendo algumas vezes ter formato levemente quadrado (PRATES, 2013; SILVA, 2005). Por não apresentar crescimento radial, o colmo já nasce com seu diâmetro definitivo (PEREIRA, 2012). São separados transversalmente uns dos outros por diafragmas, que aparecem externamente como nós; esses diafragmas conferem maior rigidez e resistência aos colmos, permitindo-lhes suportar a ação do vento e do próprio peso (Silva, 2005; Pereira & Beraldo, 2007).

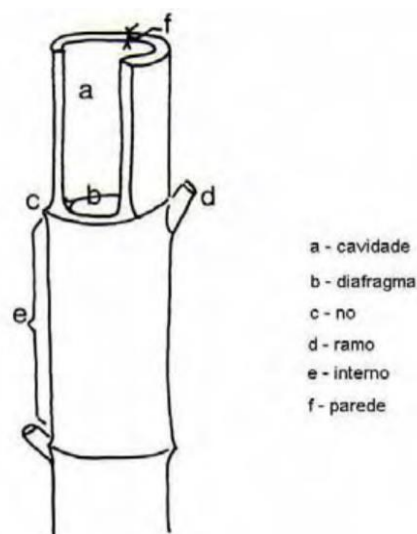


Figura 2. Seções de um colmo de bambu e suas denominações
Fonte: JANSSEN (1988), citado por Pereira (2012)

O colmo é a parte mais importante da planta, tanto do ponto de vista taxonômico quanto do aproveitamento do bambu. Suas características são importantes para diferenciação e uso das espécies. O colmo é a matéria prima utilizada para a maioria das atividades em que o bambu é empregado (PRATES, 2013; SILVA, 2005).

De acordo com Londoño (2012), os colmos podem ser aproveitados em todas as suas fases: brotos são utilizados para consumo e geralmente são vendidos em conservas; colmos jovens são utilizados na confecção de cestos, esteiras e outras artesanatos; aos colmos maduros são reportados mais de mil usos e os colmos secos podem servir para combustão e energia.

3.4 Propriedades físicas e mecânicas

O bambu possui uma série de propriedades físicas e mecânicas que o tornam um material valioso para uma variedade de aplicações, muitas vezes com características que o comparam ao aço (CARBONARI, 2017).

A espécie de bambu *Phyllostachys aurea*, popularmente conhecida como bambu cana da Índia, é muito utilizada para a produção de móveis, painéis, revestimentos e como material de construção, segundo Medina (2019). Sobre as propriedades físicas e mecânicas, a umidade ideal de armazenamento para a *Phyllostachys aurea* é de 12-15% (DE OLIVEIRA, 2020)

Apresenta densidade relativamente baixa, de acordo com Rusch et al. (2020), de aproximadamente 0,5 g/cm³ e a sua resistência à tração de aproximadamente 17 MPa. Além disso, tem boa resistência à compressão e à flexão, bem como resistência à água e ao desgaste. Outras características importantes incluem a sua resistência ao calor, que é muito alta, sendo capaz de resistir a temperaturas de até 550°C (DE OLIVEIRA, 2020). Quanto à umidade, pode ser exposto a até 100% de umidade relativa (RUSCH et al., 2020).

A resistência à compressão da *Phyllostachys aurea* é de cerca de 17 MPa e a resistência à tração é de cerca de 17 MPa (DE OLIVEIRA, 2020).

Por possuir propriedades mecânicas e físicas interessantes, como resistência à compressão, à tração, à flexão, à água e ao calor, é uma espécie que pode ser usada em diversos projetos de *design* e construção.

3.5 Principais espécies utilizadas na construção

As espécies mais utilizadas na construção são o Bambu Guadua (*Guadua angustifolia*), Bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus* ou *Dendrocalamus asper*) e os bambus do gênero *Phyllostachys*, Bambu Cana da Índia e o Mossô (*Phyllostachys aurea* e *P. edulis*, respectivamente). Segundo a pesquisa realizada por Silva et al. (2017), essas espécies possuem características físicas e mecânicas adequadas para aplicações estruturais, como a alta resistência à compressão e flexão. Além disso, o bambu é uma planta de crescimento rápido e possui baixo impacto ambiental na sua produção e uso (LIU & YANG, 2019).

As características físicas e mecânicas estudadas tornam o bambu uma opção sustentável para a construção civil.

3.6 Colheita

A colheita e preparação do bambu é uma etapa importante para garantir a qualidade e durabilidade do produto.

Segundo de Oliveira (2017), é importante colher o bambu de maneira segura e responsável, evitando danos à planta e às áreas circundantes. Para a colheita, é recomendado utilizar ferramentas adequadas, como facões e serrotes, além de seguir as recomendações técnicas para evitar ferimentos. Além disso, é importante respeitar a época de colheita, geralmente entre março e abril, para garantir a qualidade dos colmos.

Na preparação do bambu, é importante seguir as recomendações técnicas para garantir a qualidade e durabilidade do produto. Isso inclui o tratamento adequado dos colmos, como limpeza, secagem e preservação, além do uso de técnicas de beneficiamento como o corte, a queima e a aplicação de preservativos.

3.6.1 Maturidade e durabilidade

A durabilidade, segundo Marçal (2008), é um conceito fundamental na construção de estruturas, pois garante que elas sejam capazes de suportar as cargas e os esforços a que estão submetidas, além de resistir à ação de agentes agressivos, como a água, o vento, o fogo e as intempéries por um período prolongado. A

durabilidade desempenha uma função importante para obtenção de uma construção sustentável, expressa pela distribuição de vida útil de um conjunto de componentes (JOHN, 2001).

Segundo Kusak (1999), *apud* Kleine (2010), a durabilidade do bambu maduro (com idade entre 3 e 6 anos), bem desenvolvido e colhido na época recomendada, sem qualquer tratamento, pode variar entre 2 e 4 anos, quando exposto ao sol e à chuva, e entre 3 e 10 anos em ambientes protegidos. No entanto, com tratamentos adequados, como imersão em soluções de sais hidrossolúveis, autoclave e método Boucherie modificado, por exemplo, como descrito por Padovan (2010), a durabilidade do bambu pode ser significativamente aumentada, podendo dobrar ou triplicar.

Além disso, outros estudos, como o de Gérard (2018) e de Nakano (2013), também apontam para a eficácia de tratamentos como o uso de óleos essenciais e o tratamento com calor, na melhoria da durabilidade do bambu.



Figura 3. Colmo jovem 1 a 2 anos, com cor verde intensa. Colmo maduro entre 4 e 6 anos, cor verde opaco e manchas de líquens e colmo velho com mais de 6 anos, presença de líquens e coloração amarela.

Fonte: Poppens e Morán (2005)

Os tratamentos químicos, como a aplicação de bórax, também são utilizados para aumentar a durabilidade do bambu, pois eles ajudam a prevenir o ataque de fungos e insetos, e aumentam a resistência à água.

3.6.2 Transporte

O bambu pode ser transportado vara por vara ou em fardos de varas, carregados por uma pessoa sozinha ou em duplas. Segundo a pesquisa realizada por Silva et al. (2017), o bambu é um material leve e fácil de ser transportado, com densidade aparente média de 0,5 a 0,7 g/cm³. Isso torna o transporte do bambu mais fácil e econômico, comparado a outros materiais de construção, como a madeira. No

entanto, é importante levar em conta a possibilidade de danificação das varas durante o transporte, especialmente se não forem transportadas de forma adequada.

3.7 Secagem e tratamentos

3.7.1 Métodos tradicionais de secagem

Existem muitas diferentes formas de secar e tratar colmos de bambu para prevenir rachaduras, infestação de insetos e crescimento de fungos (NUNES, 2005). Pode ser feito a secagem ao ar livre ou em estruturas cobertas protegido das intempéries.

Para Lopéz (2010), as técnicas mais comuns de secagem ao ar livre incluem a secagem em pilhas, a secagem em estrados e a secagem em estruturas suspensas.

A secagem em pilhas consiste em empilhar as varas de bambu de forma ordenada e ventilada, para garantir a circulação de ar e acelerar o processo de secagem. Essa técnica é recomendada para varas de diâmetro pequeno e médio.

A secagem em estrados consiste em colocar as varas de bambu sobre estrados elevados, para evitar contato com o solo e garantir a circulação de ar. Essa técnica é recomendada para varas de diâmetro médio e grande.

A secagem em estruturas suspensas consiste em colocar as varas de bambu em estruturas suspensas, como cordas ou redes, para evitar contato com o solo e garantir a circulação de ar. Essa técnica é recomendada para varas de diâmetro grande.

Conforme Hidalgo-López (2003), citado por Padovan (2010), o uso de peças de bambu nas estruturas e construções, sem a devida secagem, acarreta retração das peças após as montagens, ocasionando a falha estrutural.

3.7.2 Métodos tradicionais de tratamento e cura

3.7.2.1 Cura na touceira

A cura na touceira é uma técnica de secagem do bambu, que consiste em deixar as varas de bambu cortadas na própria moita, afastadas do solo, por um período de quatro semanas, com as suas ramas e folhas. Segundo Silva et al. (2017),

essa técnica permite uma diminuição do teor de amido no bambu, através da assimilação da seiva pelas folhas. Após esse período, as folhas e ramas são cortadas e a secagem é realizada em área coberta e ventilada.

Esse método de cura é comum em regiões tropicais e tem como vantagem o fato de não requerer investimento em equipamentos específicos e de ser uma técnica fácil de ser realizada. No entanto, é importante levar em conta que essa técnica pode levar mais tempo, comparado a outros métodos de secagem, e pode expor as varas a possíveis danos causados por intempéries, como a chuva e o vento (LIU & YANG 2019).

3.7.2.1 Cura pela imersão em água

A cura por imersão em água é uma técnica de secagem do bambu que visa reduzir ou eliminar o amido presente nas varas de bambu, através da fermentação biológica anaeróbica, ou seja, sem a presença de ar (LIU & YANG, 2019).

Segundo Liu e Yang (2019), essa técnica consiste em imergir as varas de bambu em água corrente, preferencialmente, por um período de quatro a sete semanas.

3.7.2.3 Cura pela ação do fogo

A cura pela ação do fogo é uma técnica de secagem do bambu que consiste em submeter as varas recém cortadas ao aquecimento direto do fogo, para eliminar a seiva por exsudação e alterar quimicamente o amido, tornando-o menos atrativo aos insetos. Segundo Silva et al. (2017), esse processo pode criar uma coloração marrom característica nos móveis e varas de pesca em bambu devido ao derretimento da cera existente na camada superficial do bambu.

Essa técnica pode ser aplicada com uso de maçaricos ou com lenha. No entanto, é importante levar em conta que requer um cuidado especial por conta do fogo, e que há um risco de danificar as varas devido ao calor extremo.

3.8 Construções tradicionais

O bambu tem sido utilizado como material de construção há milênios. De acordo com Janssen (1988), o bambu é um recurso construtivo popular em regiões onde ocorre naturalmente, devido à sua disponibilidade e facilidade de uso.

Segundo Padovan (2010), as construções tradicionais seguem métodos não escritos, geralmente estabelecidos e acordados pela comunidade. Métodos tradicionais são reconhecidos por utilizarem recursos locais e serem feitos de maneira empírica, sem a intervenção de profissionais de engenharia ou arquitetura.

O bambu é geralmente utilizado em sua forma mais simples, como colmos inteiros, ripas e trançados, e é unido com cordas ou argamassa adicionada de fibras naturais. Pode ser trabalhado manualmente, com ferramentas simples e acessíveis, até mesmo por pessoas-jovens e sem nenhuma qualificação.

A construção com os colmos inteiros é a mais praticada de forma empírica pelas comunidades ao redor do mundo e representam a base da construção com bambu de acordo com Padovan (2010). É também a forma mais simples de se utilizar o bambu. Tradicionalmente as conexões das varas de bambu são feitas com encaixes simples e amarradas com cordas (que podem ser feitas da fibra do bambu), as vezes com utilização de pinos como tarugos de bambu.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a produção da pirâmide de bambu foi escolhida e utilizada a espécie *Phyllostachys aurea*, conhecida também como bambu cana da Índia. Esta espécie foi escolhida devido às suas propriedades mecânicas e físicas interessantes, como resistência à compressão, à tração, à flexão, à água e ao calor, também por ser facilmente encontrada no Distrito Federal.

As varas foram colhidas no bambuzal pertencente ao Sítio Geranium, localizado na ARIE JK, Núcleo Rural Taguatinga, e transportadas para a oficina, localizada no bairro Vicente Pires, para tratamentos e confecção das pirâmides de bambu.

O processo de produção da pirâmide foi dividido nas seguintes etapas: análise do mercado; planejamento de execução; aquisição do material; colheita e transporte das varas; cura e secagem; conexões; acabamentos e montagem da pirâmide.

4.1 Análise do mercado no Distrito Federal e entorno

Para compreender o mercado de pirâmides de bambu no Distrito Federal e região, foi realizada uma análise mercadológica, envolvendo uma pesquisa de preços, a apreciação de tendências de mercado e o exame de concorrentes. Tudo isso com o objetivo de conhecer a oferta e demanda na região e avaliar o potencial do mercado de pirâmides de bambu para a verificar a viabilidade de produção desse produto.

Não foi encontrado o produto a pronta entrega no mercado, mesmo na internet ou em mercados virtuais como o mercado livre e o OLX. No entanto, foi observado a inexistência de disponibilidade ou divulgação desse produto.

Em pesquisa na *internet* é possível encontrar vários vídeos mostrando os usos com a pirâmide, possibilidades de movimentos, inclusive algumas aulas desenvolvidas pelo Sistema Integral Bambu. Esse tipo de informação pode instigar a curiosidade e interesse pelo produto e são práticas interessantes, criativas e benéficas à saúde que a pirâmide de bambu possibilita ao praticante.

Após pesquisas, conversas com praticantes de Integral Bambu, alunos que já compraram uma pirâmide e profissionais que constroem sob encomenda, encontramos faixas de preço para pirâmides de bambu. No entanto, os valores finais ainda não são precisos. A pesquisa realizada está descrita na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1. Tipos e valores de pirâmides de bambu encontrados no mercado de Brasília e arredores.

Tipo de Pirâmide	Valor de mercado (R\$)
Pirâmide de bambu adulto	de 1.200 a 1.800
Pirâmide de bambu infantil	de 900 a 1.500
Pirâmide de bambu adulto, resinada	de 1.800 a 2.500
Pirâmide de bambu infantil, resinada	de 1.500 a 2.300

Segundo as fontes os preços poderiam variar de acordo com a distância do local de entrega, quantidade encomendada e acabamentos aplicados.

4.2 Planejamento e execução de pirâmides de bambu

Após análise de mercado, decidiu-se confeccionar seis pirâmides de bambu, com a espécie *Phyllostachys aurea*, sendo duas estruturas para adultos e quatro modelos infantis, sem aplicação de resina. Optou-se também pela cura e secagem através da ação do fogo, com o uso de maçarico. As quantidades e tamanhos de

modelo, assim como métodos escolhidos, foram no intuito de reduzir o custo final de cada produto, fazendo uma produção em série.

A partir do planejamento e revisão bibliográfica, foi elaborada a Tabela 2 com a espécie e técnicas escolhidas, assim como as justificativas para a adoção das escolhas.

Tabela 2. Justificativas das escolhas adotadas para a execução das pirâmides de bambu.

Descrição	Opção escolhida	Justificativa
Espécie	<i>Phyllostachys aurea</i>	É uma espécie reconhecida por sua resistência, flexibilidade e uso como material construtivo.
Modelos e quantidades	Quatro Pirâmides infantis Duas Pirâmides adulto	Otimização do frete, diária dos trabalhadores, compra de materiais, menores custos finais de produção por modelo pronto, maior disponibilidade de varas de bambu para montagem.
Cura e secagem	Pela ação do fogo Com uso de maçarico	É reconhecida, eficaz, e rápida para secar e reduzir o amido dos bambus, além de conferir uma boa aparência final.
Conexões e amarras	Corte diagonal, com tarugo de bambu reforço de conexão, amarra de quinas com corda, amarra de quinas com câmara de ar Amarra paralela no tripé central.	Corte diagonal e amarra com corda clássica para conexão de dois colmos em ângulo agudo, pino de tarugo de bambu por sua flexibilidade e resistência. Amarra paralela para tripés é tradicional e confiável.
Materiais	Corda preta 4mm, macarrão sintético para amarrações, cola para vulcanização de lona vinil, Câmaras de ar usadas, garrafas PET de 500ml, álcool 70, uma bucha, pano de chão alvejados	Materiais simples, de baixo custo, fácil obtenção, muitas vezes até domésticos comuns como panos e bucha, aproveitamento de materiais descartáveis, como as garrafas PET e câmaras de ar velhas, e ainda possíveis de serem substituídos por outros que cumprem a mesma função ou similar.
Ferramentas	Serrote de poda, facão, maçarico, furadeira, broca para madeira 10mm, tesoura, soprador térmico	Ferramentas manuais simples, mais sofisticadas apenas a furadeira e soprador térmico, porém que podem ser substituídos ou feito algumas modificações para contornar a ausência dessas ferramentas.
Acabamentos	Revestimento em vinil das conexões, proteção das bases e topos do tripé, reforços antiderrapantes Não foi aplicado vernizes, ou resinas	Acabamentos relativamente baratos e fáceis de aplicar. Evitou-se o uso de resinas ou outros aditivos químicos para não encarecer o produto final nem causar contato, para evitar toxicidade para as crianças e outros praticantes
Montagem e Produção	Atividades em dupla Produção em série Prazo de execução estimado de 4 dias	Atividades em duplas para otimização e maior agilidade de execução, além de feita a produção em série para uso completa da diária dos trabalhadores.

Fonte: elaborada pelo autor

Após calculados os tamanhos das varas e de cada peça da pirâmide de bambu, estimou-se que seriam necessários no mínimo seis varas com aproximadamente 300 cm de altura para cada modelo infantil de pirâmide, e seis varas com tamanho mínimo de 400 cm para os modelos adulto. Por ser o bambu um material irregular, escolheu-

se colher sete varas no tamanho de 450 cm, por pirâmide, para caso alguma peça fosse danificada, ter-se-ia uma vara sobressalente.

Antes de iniciar qualquer projeto envolvendo o uso do bambu, é fundamental planejar cuidadosamente, considerando todos os aspectos do processo e estabelecendo o tempo necessário para alcançar o objetivo desejado. Destaca-se a importância de se planejar adequadamente para garantir o sucesso e a eficiência do projeto.

4.3 Materiais e ferramentas

As ferramentas e materiais utilizados para a confecção da pirâmide de bambu foram: um serrote de poda manual, um facão, furadeira (elétrica ou à bateria), broca para mourão 10 mm, uma tesoura, um martelo, dois pares de luvas de proteção, um maçarico de alta pressão, um soprador térmico, 3 m de vergalhão de ferro 8 mm, um tubo de 500 ml de cola para vulcanização de lonas, três quilos macarrão de amarração (fio plástico tubular), dois rolos (de cem metros) de corda preta 4 mm, tiras de borracha de câmara de bicicleta usadas, 36 garrafas PET de 500 ml, três litros de álcool 70°, uma bucha, quatro panos de chão e um botijão de gás.

Os materiais foram obtidos rapidamente, encontrados todos em uma loja de ferragens e um armazém especializado em materiais com plástico, tipo lonas, tapetes emborrachados, mantas, plásticos transparentes, entre outros.

Dos materiais reciclados, as garrafas PET de 500 ml e as câmaras de ar de bicicleta ou moto, demandaram maior tempo para serem obtidas, principalmente as câmaras de ar. Foi necessário visitar diversas lojas de mecânica de bicicletas, oficinas de conserto, e pedir para coletar as usadas, porém as lojas em geral já descartam periodicamente esse material, sendo recomendado buscar esse material com antecedência. Já as garrafas PET podem ser armazenadas com o tempo no próprio uso domiciliar ou ir em restaurantes e pedir para separarem e guardarem para a coleta posteriormente. Por ser material que seria descartado, em geral não terá grandes dificuldades em obtê-lo, a não ser deslocamento e tempo.

Todos os materiais foram obtidos previamente à colheita do bambu, que foi o último material a ser adquirido. Foi gasto tempo de aproximadamente 4 horas, ou meia diária, e o deslocamento de cerca de 40 km ao todo para obtenção do material, exceto bambus. O deslocamento foi feito em uma Kombi de consumo aproximado de 10 km/L, e foi a única atividade exercida feita somente por uma pessoa.

4.4 Colheita e transporte das varas de bambu

A colheita ocorreu no dia 1º de agosto de 2020, época de seca e, portanto, indicada para colheita do bambu segundo a literatura.

Foram selecionadas varas maduras, observando-se as características de coloração, quantidade e distância dos nós, e escolhendo também pelo diâmetro de interesse (média de 5 cm de diâmetro).

As varas selecionadas foram serradas na base, a uma altura aproximada de 15 cm do solo, conforme recomendado na literatura. A parte final das varas (mais estreita), assim como ramos e folhas foram removidas ainda no bambuzal, com auxílio de facão, e esse material foi picado e depositado fora das passagens de circulação, a fim de manter o bom estado do bambuzal e fluxo de passagem. As varas colhidas foram então agrupadas e feito um fardo com auxílio da corda, para o transporte para fora do bambuzal até o ponto de chegada do veículo. O bambu foi carregado no bagageiro de uma Kombi para a oficina, local de produção da pirâmide de bambu.

Foi realizada a colheita de 45 varas maduras do bambu *Phyllostachys aurea*, com diâmetro médio entre 5 e 8 cm, no bambuzal localizado no sítio Geranium, próximo a Taguatinga e Samambaia. A colheita se iniciou às 8h da manhã e em 4 horas os bambus estavam colhidos, sem folhas e ramos, e preparados em fardos para o transporte.

O transporte das varas do bambuzal até a saída do frete, preparo da carga, e o descarregamento no destino demorou cerca de uma hora. Foi estipulado o valor de 100 reais pelo frete das varas, valor médio desse serviço para um deslocamento curto (12 km) e carga relativamente leve, que poderia ser feito por uma camionete, caminhão pequeno ou até mesmo uma caçamba puxada por carro popular com engate. Foi feito então uma pausa para almoço dos trabalhadores, e os trabalhos foram retomados a partir das 14h30.

Para uma colheita mais eficaz, rápida e responsável se faz necessário separar as atividades dentro do bambuzal entre os trabalhadores: uma pessoa corta o bambu e outra carrega para fora as varas e faz a remoção dos ramos. Essa divisão de tarefas pode manter o bambuzal limpo, deixando passagens livres para o transporte das varas e depositando os ramos, folhas e pontas cortadas, que não serão utilizadas, em local que não atrapalhe a circulação, o transporte e as colheitas futuras.

Também se faz necessário organizar os resíduos, preferencialmente em contato com o solo, para uma decomposição mais rápida do material.

Somente após colhida todas as varas, montar os fardos e carregar até o ponto de carregamento e saída do frete.

4.5 Cálculo dos custos de produção das pirâmides

Para análise dos custos de produção, considerou-se todos os custos diretos em material, ou seja, que precisaram ser comprados e que foram utilizados diretamente na estrutura das pirâmides, como os bambus, as cordas, a cola, a lona vinil, entre outros, assim como os custos de logística para execução como os custos de deslocamento, com a mão de obra dos trabalhadores (cálculo em diárias), com a logística de equipe (transporte e alimentação dos trabalhadores), e o gás usado para queima.

Não se considerou o custo das ferramentas, uma vez que o executor e autor já as possuía e por serem comuns e de fácil obtenção, até mesmo mediante empréstimo, portanto não essenciais de serem valoradas aqui.

Serão apresentadas uma lista de material (Tabela 3), que contém a descrição do item, o preço unitário, a quantidade, o total, o tipo de loja ou onde encontrar.

Tabela 3. Custo do material para montagem das seis pirâmides com indicação de onde encontrá-los.

Item	Onde encontrar	Qtd/Unid	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Álcool 70° litro	Farmácias e mercados	3L	8,00	24,00
Bambu p. Aurea vara	Propriedades particulares, centros ecológicos, prestadores de serviço	45 varas	12,00	540,00
Câmaras de ar velhas	Oficinas e lojas de bicicleta ou borracharias	12 un	0,00	0,00
Cola vulcanização	Armarinhos, lojas de ferragens e ou materiais de construção	2 tubos (250mL)	18,00	36,00
Esponja bucha 2f	Supermercados	2 un	1,00	2,00
Fio plástico tubular kg	Loja de ferragens, e materiais plásticos, internet	3 Kg	29,90	89,70
Garrafa PET 500ml	Lixo doméstico, restaurantes, sem custo.	36 un	0,00	0,00
Lona colorida 140cm/metro	Loja com materiais plásticos tipo emborrachados, lonas	6 m	22,00	132,00
Pano branco alvejado	Supermercados	4 un	2,50	10,00
Rolo de corda preta 4mm, 100m	Armarinhos e loja de ferragens	2 un	65,00	130,00
Valor Total				963,70

Além dos materiais, também foi necessário contratar serviços especializados para ajudar na produção das pirâmides. Conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Custo dos serviços necessários para montagem das seis pirâmides.

Descrição Serviço	Valor da Diária (R\$)	Quantidade de Trabalhadores	Quant. de dias	Total (R\$)
Compra prévia de materiais	120,00	1	0,5	60,00
Colheita dos bambus	120,00	2	0,5	120,00
Queima dos bambus	120,00	2	0,5	120,00
Cortes e encaixes	120,00	2	1,5	360,00
Acabamentos	120,00	1	1	120,00
**Montagem e Entrega	200,00	1 a dois	0,5	200,00
Total				980,00

**Valor mínimo sugerido para a entrega do produto e montagem no local do cliente, deve ser cobrado em cada pirâmide no ato da entrega ou considerar no valor final a mão de obra do(s) montador(es), e o frete para entrega do produto.

A logística é um aspecto importante a ser considerado na produção de qualquer produto. A Tabela 5 apresenta os custos de logística.

Tabela 5. Custo das atividades de logística como transportes, alimentação e frete.

Descrição	Observações	Qtd	R\$	Total R\$
Combustível para compra de material	Foi estimado consumo aproximado de 4L de gasolina, e considerou-se valor de R\$ 5,00/L de gasolina	1	20,00	20,00
Frete dos bambus para a oficina	Importante considerar sempre os custos de frete de material, mesmo que feitos pelo próprio executor	1	100,00	100,00
Alimentação por dia de um trabalhador	Foram 3 dias de atividade, sendo 2 trabalhadores nos primeiros dias, e 3 pessoas no último dia. Mais meia diária do dia das compras	7,5	20,00	150,00
Transporte por trabalhador, ida e volta	Valor referente a duas passagens de ônibus por trabalhador. Quantidades calculas da mesma forma que a alimentação	7,5	10,00	75
Gás de Cozinha	Valor de meio botijão de gás, considerado pelas 4 horas de uso do maçarico	0,5	110,00	55,00
Total				400,00

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A chegada do bambu ao local de produção das pirâmides deu início às outras etapas da produção, conforme descrito a seguir:

5.1 Cura e secagem

Com as varas já descarregadas na oficina, o processo de cura e secagem dos bambus foi realizado pela ação do fogo. Para essa queima foi utilizado um maçarico de pressão e um botijão de gás de cozinha convencional.

O preparo das varas para a queima consiste em limpar os colmos, perfurar os diafragmas internamente, queimá-los e, por fim, limpar novamente.

Primeiramente as varas precisam ter seus diafragmas ou nós internos perfurados, para evitar aumento da pressão interna nos entrenós durante a queima e gerar possíveis rupturas nas paredes dos colmos. Para tanto, foi utilizado um pedaço de vergalhão de ferro, comum em obras de alvenaria, com 2 m de comprimento e perfurados os nós internos de todas as varas, para início da etapa do processo de queima do bambu.

As varas, após perfuradas internamente, foram limpas, esfregando-as com uma bucha com água e um pouco de detergente misturados num balde. Esse processo remove impurezas presentes nas paredes externas dos colmos, poeira, líquens, microrganismos, e que durante a queima, por não suportarem o calor como o bambu, podem causar manchas ou pontos de queimadura não desejados na aparência final das peças, se não forem removidos previamente.

Após limpas, as varas foram sendo queimadas uma a uma com o uso do maçarico. É importante essa atividade ser feita em local amplo e arejado, de preferência protegido de fortes ventos para melhor rendimento do fogo e economia do gás.

Antes do início da queima das varas o local foi preparado, pois o bambu expele açúcares (amido) e água durante o processo, tanto pelas pontas quanto pelas paredes externas, nós e entrenós, e isso pode gerar pingos dessa solução e ocasionar manchas no piso ou até queimaduras na pele de quem está realizando o procedimento. É recomendado o uso de luvas de proteção, calças, calçado fechado e apropriado. O bambu deve ser queimado uniformemente e apenas em um sentido (de cima para baixo ou o contrário, por exemplo).

Terminada a queima de uma vara, deve-se fazer a última limpeza, com um pano molhado em álcool 70°. Com as varas ainda quentes, esfrega-se os bambus

com a pano de modo a remover as substâncias exsudadas durante a queima. Após a última limpeza, as varas estarão prontas para os cortes e a montagem das peças da pirâmide.

O processo de queima e limpeza das 45 varas de bambu demorou cerca de mais quatro horas, finalizando o primeiro dia de atividade para execução da pirâmide.

5.2 Conexões e amarras das pirâmides

Para as conexões e as amarras dos triângulos da pirâmide e a amarra do tripé, foi utilizado a serra manual, o facão para confecção dos tarugos de bambu, os tarugos reforço de conexão, a furadeira e a broca para passagem dos pinos, a corda 4 mm, o macarrão de amarração e as tiras de borracha de câmaras de ar.

Fez-se corte reto em diagonal, próximo aos nós, e uso de tarugos de bambu como pinos do encaixe, confeccionados com o próprio material colhido.

Antes dos cortes serem feitos, foi avaliado cuidadosamente entre as peças disponíveis, verificando-se qual a que melhor se encaixava com os padrões desejados como cortes sempre feitos logo após e próximo aos nós. Fez-se primeiramente um corte reto com folga do corte final pretendido. Posteriormente, com as peças menores, montou-se o triângulo equilátero, sobrepondo as varas até encontrar a melhor posição e a relação entre as varas. Feito isso, as peças foram travadas e o bambus marcados para o corte final.

Após cortadas, e apenas travadas em encaixe sob uma mesa de trabalho, utilizou-se a furadeira com uma broca para mourão (comprida) de 10 mm para perfurar e atravessar as duas varas logo acima e rente aos nós de cada encaixe para os pinos ou tarugos de bambu. Os tarugos foram obtidos com uso de facão, com pedaços de nó e entrenó de restos de bambu que foram sendo gerado pelos cortes.

Após cortes e colocação do tarugo, foi feita amarração desse encaixe, com a corda 4 mm preta (Figura 4). Para cada ponto de amarração utilizou-se cerca de 2 m de corda.



Figura 4. Detalhe do encaixe dos triângulos, corte, tarugo e amarração com corda.
Fonte: Imagem capturada pelo autor em 2020.

Os pontos de amarração foram então reforçados com as câmaras de ar, amarrando-se novamente toda a conexão com grande pressão.

Com isso as conexões estavam bem reforçadas e protegidas, sem nenhum ponto nocivo exposto ao contato, como pontas ou frestas no encaixe, para maior segurança das crianças e dos adultos que poderão fazer uso das estruturas.

As varas do tripé central foram conectadas com uma amarra paralela, com a corda de 4 mm. Essa é uma amarra clássica para a montagem de tripés fácil de aplicar e bastante resistente.

Após preparadas todas as peças para a primeira pirâmide, um modelo infantil, montou-se a pirâmide para um primeiro teste. Consequentemente, retornou-se ao processo de produção em série para as outras cinco pirâmides, que era o objetivo proposto.

Para a confecção das peças e a montagem da primeira pirâmide, sem os acabamentos, com a ajuda de dois trabalhadores experientes, foram necessárias cerca de 4 horas. Foi pago mais uma diária inteira para os dois trabalhadores terminarem de cortar e montar as peças das outras 5 pirâmides. O pagamento total dessa etapa foi de uma diária e meia com dois trabalhadores para a conclusão do trabalho.

5.3 Acabamentos

Como acabamentos, fez-se o revestimento das conexões com o uso de lonas de vinil e a proteção das extremidades das varas do tripé com fundos de garrafas pet.

As lonas foram compradas por metro linear, cuja largura foi de 140 cm. Foram cortadas tiras de aproximadamente 5 cm de largura da lona, e foi-se revestindo as extremidades juntamente com aplicação da cola, de forma que ao final todo o material vinil ficasse uniforme e sem pontas.

Para proteção das extremidades das varas do tripé, utilizou-se garrafas PET e o soprador térmico. Inicialmente as garrafas PET de 500 ml foram cortadas para usar apenas os fundos, para a proteção das bases e das pontas das varas do tripé central e, com auxílio do soprador térmico, essas partes foram isoladas para evitar a entrada de água e insetos no interior do bambu, bem como para evitar o contato direto das bases com o solo, conforme observado na Figura 5.



Figura 5. Detalhe dos lacres de garrafa PET como proteção das extremidades dos colmos.

Fonte: Imagem capturada pelo autor em 2020.

Para fazer o lacre das extremidades dos bambus com garrafa PET, foram necessários aproximadamente quinze minutos em cada pirâmide, tendo sido utilizados seis lacres por pirâmide. Esse foi o processo mais rápido e prático de toda a montagem da pirâmide.

O revestimento em vinil foi uma etapa mais demorada. Foram nove pontos de acabamentos em vinil para cada pirâmide e por se tratar de um acabamento, precisa ser feito de forma cuidadosa para gerar boa aparência no resultado. Cada encaixe revestido levou cerca de 10 minutos entre cortar tecido e colar com fusão da cola durante amarração.

Para os acabamentos foi necessário um terceiro trabalhador, que recebeu uma diária no terceiro dia da execução, tendo recebido a ajuda ainda dos outros dois trabalhadores após finalizarem os encaixes e amarras.

Ao final do terceiro dia de atividade, sem contar as compras iniciais, foi possível produzir as seis pirâmides de bambu. Nos dois primeiros dias trabalharam duas pessoas, e no terceiro dia três, sendo todas as diárias completas de 8 h de atividade.

Utilizou-se ao total trinta e oito varas, restando ainda sete varas de 4,5 m colhidas, e já curadas e secas pelo fogo, que seriam suficientes para se produzir mais uma pirâmide adulta ou infantil.

5.4 Montagem da pirâmide

Após a confecção dos triângulos, e a amarração do tripé, fez-se a montagem da pirâmide para entrega do produto. As peças podem ser unidas com a corda, o macarrão de amarração ou até mesmo com as tiras de câmara de ar, a depender do tempo que pretende deixar a pirâmide montada. Em casos de uso permanente, é ideal a utilização de amarras mais reforçadas ou até mesmo duplas. É possível encontrar vídeos tutoriais na *internet* que ensinam essa etapa com clareza.

A estrela de Davi, que foi formada pela junção dos dois triângulos equiláteros maiores, tem de ser encaixada pela base do tripé e ir subindo à medida que se abre o tripé até encaixar na altura final projetada. Já o triângulo simples, e menor, deve entrar por último pela parte superior do tripé.

É necessário ter atenção na hora de abrir o tripé, para que ele fique disposto da maneira correta (Figura 6), o que pode ser observado com facilidade pela posição dos topos das varas no tripé.



Figura 6. Pirâmide de bambu montada. Observa-se o conjunto de peças e posição do tripé.
Fonte: Imagem capturada pelo autor em 2020.

Uma vez que a pirâmide fique na posição desejada e esperada, tem de ser feito o travamento dos triângulos nas hastes do tripé. Essas amarras podem ser feitas com corda, câmaras de ar, macarrão de amarração.

Após a montagem na posição correta e feitos os testes de estabilidade da estrutura, podem ser introduzidos outros elementos tanto para aumentar a segurança do brinquedo quanto para impactar o visual geral da estrutura. Como a marcação da posição de encaixe dos triângulos nas hastes do tripé, feitas para facilitar futuras montagens, quanto para aumentar o atrito e contato dos triângulos com as hastes do tripé, funcionando como antiderrapantes. Para essa função, utilizou-se o macarrão de amarração envolvendo os pontos logo acima e abaixo do encaixe das pontas dos triângulos com as hastes do tripé.

Na oficina, montou-se apenas uma pirâmide, como modelo e verificação do tempo de montagem. Estimou-se por fim que uma pessoa é capaz de montar uma pirâmide em cerca de 1 hora.

Depois das pirâmides estarem prontas para entrega e montagem já no seu destino, as peças e os tripés foram armazenados sob estrados e na posição vertical.

5.5 Custos de produção da pirâmide e logística

A Tabela 6 apresenta o resumo geral dos custos envolvidos na produção das pirâmides de bambu, incluindo os custos de materiais, serviços e logística. Este resumo permite uma visão geral do orçamento total do projeto e ajuda na tomada de decisão sobre o preço final e a viabilidade financeira do produto.

Tabela 6. Resumo dos custos de produção das seis pirâmides produzidas.

Item	Total R\$	Observações
Total materiais	963,70	Todo material necessário gasto para confecção de 6 pirâmides de bambu, 2 adultas e 4 infantis
Total serviços de produção	780,00	Mão de obra para preparo de todo material necessário para montagem das 6 pirâmides. Não foi incluído a taxa de entrega e montagem final.
Taxa de montagem e entrega em domicílio	200,00	Esse valor deverá ser cobrado ou considerado por entrega, nele de incluir taxa de deslocamento e frete do produto, assim como a diário do trabalhador que vai montá-la e instruir o comprador
Total Custos de Logística de produção	400,00	Valor referente a duas passagens de ônibus por trabalhador. Quantidades calculas da mesma forma que a alimentação
Custo Total de Produção	2.143,70	Material, serviços e logística inclusos, para produção total. Não está incluído a taxa de montagem e entrega em domicílio

Após elaboração da soma de todos os custos necessários para produção de 6 pirâmides de bambu calculou-se o custo médio de produção de uma pirâmide, dividindo-se o total dos custos pela quantidade de pirâmides produzidas.

Salienta-se que a taxa de entrega e montagem de uma pirâmide ficou separada do custo de produção, uma vez que depende de outros fatores, como a distância entre o local de produção e de entrega e montagem.

Com o auxílio da Equação 1 a seguir pode-se afirmar que se consegue produzir uma pirâmide de bambu com um custo médio aproximado de 360 reais (R\$ 357,28). Isso para o caso de uma produção em série

$$Cm = Ct/q + Tm \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

Cm = Custo médio da pirâmide entregue

Ct = Custo total de produção

q = Quantidade de pirâmides produzidas

Tm = Taxa de montagem de uma pirâmide em domicílio

Também se pode afirmar que o custo final estimado para a pirâmide pronta e entregue no destino, montada, ficou de aproximadamente 560 reais (R\$ 557,28).

Ao comparar o custo final do produto com os valores de mercado para pirâmides de bambu sem resina, que variam entre 900 e 1.800 reais, verificou-se que foi possível obter um valor competitivo. Isso permite que sejam estabelecidos preços mínimos de 900 reais para o modelo infantil e 1.200 reais para o modelo adulto, com um lucro líquido de 340 a 640 reais por unidade vendida, mesmo praticando os preços mais baixos do mercado. A margem de lucro pode variar de 150% até 400% do valor investido para fabricação.

É importante destacar que esses valores são estimativas baseadas nas informações disponíveis no momento da elaboração deste documento, e que podem sofrer alterações em decorrência de imprevistos ou mudanças no cenário econômico.

Para estabelecer o preço final de uma pirâmide de bambu é necessário avaliar o perfil do cliente, a distância para entrega, a urgência do pedido, a disponibilidade do produto no mercado, o tamanho da encomenda, o nível de detalhamento e o tempo que será necessário para realização do projeto. Todos esses fatores podem causar modificações no preço do produto.

6. CONCLUSÕES

O trabalho apresentou a produção das pirâmides de bambu, um tipo de brinquedo que pode ser utilizado tanto por adultos quanto por crianças, como importante instrumento do desenvolvimento da consciência, da força e da saúde corporal, permitindo a expansão da criatividade humana.

As pirâmides foram produzidas com a espécie de bambu *Phyllostachys áurea*, vulgo cana-da-índia, mostrando ser adequada para a produção de pirâmides de bambu, funcionando como um bom material construtivo e de baixo custo.

O brinquedo tem grande potencial econômico, tendo-se constatado baixíssima oferta desse produto ou de provedores de serviço capazes de executá-lo, e ainda assim com potencial demanda pelo produto e bom conhecimento da tecnologia na região. A rapidez no processo de produção também foi destacada como uma vantagem.

Este trabalho alcançou o objetivo de demonstrar a viabilidade econômica e sustentável de se utilizar o bambu como matéria-prima para a produção de brinquedos, como é o caso da pirâmide de bambu, podendo ser utilizada e divulgada como uma nova proposta pedagógica de desenvolvimento de habilidades corporais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARBONARI, G., Junior, N. S., Pedrosa, N. H., Abe, C. H., Scholtz, M. F., & Acosta, C. C. V. Bambu—O aço vegetal. *Mix Sustentável*, 3(1), 2017, 17-25.
- DE OLIVEIRA Guilherme, Denilson; Ribeiro, Nathalia Pereira; Cereda, Marney Pascoli. Cultivo, manejo e colheita do bambu. *Bambus no Brasil*, p. 28. 2017.
- DE OLIVEIRA MBAMU, M. F. A., do Nascimento, A. M., Garcia, R. A., & de Souza Junior, A. D. Propriedades físicas dos bambus das espécies *Phyllostachys aurea* e *Bambusa tuldoides* após tratamento térmico. *Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)*, 11(2). 2020.
- FILGUEIRAS, T. D. S., & Santos-Gonçalves, A. P. Tupi-Guarani: fonte de informações sobre bambus nativos do Brasil. *Heringeriana*, v. 1, n. 1, p. 35–41, 2015.
- FILGUEIRAS, T. S.; VIANA, P. L. Bambus brasileiros: morfologia, taxonomia, distribuição e conservação. *Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia*. Rio de Janeiro: ICH, p. 10-27, 2017.

GÉRARD, J. Durability of bamboo treated with essential oils. *Journal of Bamboo and Rattan*, 17(4), 2018, 367-382.

HIDALGO LÓPEZ, O. *Bambú: generalidades*, 1974

HIDALGO-LÓPEZ, J. Propagation of bamboo. *Journal of Bamboo and Rattan*, 2(2), 2003, 121-132.

INBAR International Network for Bamboo and Rattan. *Bamboo: A strategic resource for countries to reduce the effects of climate change*. Beijing. 2014. 20p

JANSSEN, Jules JA. *Building with bamboo*. Intermediate Technology, 1988.

JOHN, V. M., Sato, N. M. N., Agopyan, V., & Sjöström, C. Durabilidade e Sustentabilidade: desafios para a construção civil brasileira. In *Workshop sobre durabilidade das construções*. 2001.

JUDZIEWICZ, E. J., Clark, L. G., Londono, X., & Stern, M. J. (1999). *American bamboos*. Smithsonian Institution Press.

KLEINE, M. *Bamboo: The Plant and Its Uses*. Timber Press, 2010.

KUSAK, J. *Bamboo in Europe*. Bamboo Research and Development, International Network for Bamboo and Rattan, 1999.

LIU, X., FENG, M., & YANG, J. (2019). Bamboo-like ultra-high molecular weight polyethylene fibers and their epoxy composites. *Composites Science and Technology*.

LONDOÑO, Jorge Mario, et al. *Alouatta seniculus*: density, home range and group structure in a bamboo forest fragment in the Colombian Andes. *Folia primatologica*. 2012.

LOPÉZ, Oscar Hidalgo. *Manual de construcción com bambú*. Estudios Técnicos

MANHÃES, Adriana Pellegrini. *Caracterização da cadeia produtiva do bambu no Brasil: abordagem preliminar*. 2008.

MARÇAL, Vitor Hugo Silva; AMBIENTAL, CIVIL E. *Uso do bambu na construção civil*. Projeto final em Engenharia Civil e Ambiental. Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília. Brasília, 2008.

MEDINA, Franchesca; Librelotto, Lisiane Ilha. *Cadeia produtiva do bambu para construção de habitações: Relatório Final da Pesquisa PIBIC*. Virtuhab, 2019.

MOGNON, Francelo. *Avaliação comportamental do crescimento, biomassa e estoque de carbono em espécies de bambu*. 2015.

NAKANO, T. Durability of bamboo treated with heat. *Journal of Bamboo and Rattan*, 12(4), 2013, p. 399-410.

NMBA, National Mission on Bamboo Applications. *Processing bamboo shoots. Training manual*. Nova Deli, Índia. 2004. p. 27, 2004.

NUNES, Antônio Ricardo Sampaio. *Construindo com a natureza bambu: uma alternativa de ecodesenvolvimento*. 2005.

PADOVAN, A. *Tecnologia de produção de bambu*. Jaboticabal: Funep. 2010.

PADOVAN, L. *Bambu: Uma alternativa para a construção civil*. Editora da Universidade de São Paulo. 2010.

PADOVAN, R. B. *O bambu na arquitetura: design de conexões estruturais* - Bauru, 2010.

PEREIRA, J. B., & Beraldo, C. E. *Bambu: produção e utilização*. UFV, Viçosa. 2007.

- PEREIRA, Marco Antonio dos Reis. Projeto Bambu: Introdução de espécies, manejo, caracterização e aplicações. 2012.
- POPPENS, Ronald; MORÁN, Jorge. Vivir con la guadúa. Publicação INBAR. Quito, 2005. 64p.
- PRATES, Eduarda Maria Bhering. Morfologia externa e anatomia do colmo de *Dendrocalamus asper* (Poaceae: Bambusoideae) em duas localidades no Distrito Federal, Brasil. 2013.
- PRESZNHUK, R.A.O. Estudo da viabilidade do filtro de carvão de bambu como póstratamento em estação de tratamento de esgoto por zona de raízes: tecnologia ambiental e socialmente adequada. 2004.
- RUSCH, F., Hillig, É., Trevisan, R., Mustefaga, E. C., & de Campos, R. F. Propriedades físicas e mecânicas de hastes adultas de diferentes espécies de bambu: uma revisão. Brazilian Journal of Development. 2020.
- SILVA, A.S. et al. Caracterização mecânica de diferentes espécies de bambu para uso estrutural. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, vol. 21, n. 5, 2017, p. 384-390.
- SODERSTROM, T. R., & Calderon, C. E. A commentary on the bamboos (Poaceae: Bambusoideae). Biotropica, 1979, 161-172.
- SORENG, R. J., Peterson, P. M., Zuloaga, F. O., Romaschenko, K., Clark, L. G., Teisher, J. K., ... & Davidse, G. A worldwide phylogenetic classification of the Poaceae (Gramineae) III: An update. Journal of Systematics and Evolution, 60(3), 2022, 476-521
- TEJWANI, K. G. Bamboo: The Multi-Purpose Wonder Plant. Scientific Publishers. 2013.
- TERRA, G.R.A. Aspectos da história de vida de *Guadua tagoara* (Nees) Kunth (Poaceae Bambuseae) na Serra dos Órgãos, RJ. 2007.