

ANÁLISE ESTÁTICA DE UM GAZEBO DE BAMBU LOCALIZADO NO CENTRO DE TECNOLOGIA DA UFPB

STATIC ANALYSIS OF A BAMBOO GAZEBO LOCATED AT UFPB TECHNOLOGY CENTER

Ronne V. P. Silva, Marina N. F. Alves, Andrea Brasiliano e Germana C. Rocha

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Cidade Universitária, 58051-085, Paraíba, Brasil, ronnevon2@gmail.com

Palavras-chave: Análise estática, sustentabilidade, bambu.

Resumo. Em uma sociedade globalizada, na qual questões climáticas ganham mais notoriedade, a indústria da construção civil tem procurado minimizar os impactos das suas atividades ao meio ambiente. Esse trabalho objetiva analisar o comportamento estático de um gazebo de bambu. Essa análise foi possível a partir da elaboração de um modelo numérico. Inicialmente, analisou-se o comportamento das varas de bambu que sustentavam o telhado ecológico, sob o qual atuavam as cargas oriundas do vento. Em seguida, examinaram-se os esforços atuantes no telhado de bambu. Por último, obtiveram-se os esforços atuantes nos pórticos que recebiam as cargas oriundas das varas de sustentação dos telhados. Comparando os valores das tensões máximas obtidas na análise estática para cada tipo de barra existente na estrutura aos resultados de tensões admissíveis médias para o bambu, nota-se que as tensões de tração estão bem abaixo do valor limite médio de 89,96 MPa. Contudo, algumas das tensões de compressão atuantes na estrutura atingem valores mais próximos aos do limite médio, que é de 29,48 MPa. Nesse estudo foi possível notar que as maiores tensões ocorreram nas barras de sustentação do telhado ecológico, o que se deve, provavelmente, à pouca inércia das seções transversais dessas barras e que, mesmo para as situações mais adversas de atuação das cargas o bambu se mostrou um material capaz de suportar as maiores tensões atuantes na estrutura.

Keywords: Static analysis, sustainability, bamboo.

Abstract. In a globalized society, where climatic issues are gaining more notoriety, the construction industry has sought minimize the impacts of its activities on the environment. This work aims to analyze the static behavior of a bamboo gazebo. It was necessary the elaboration of a numerical model that would allow the execution of the static analysis of the structure. Initially, the behavior of the bamboo sticks that supported the ecological roof under which the loads from the wind, were analyzed. Then, the efforts on the bamboo roof were examined. Finally, the efforts were made in the porticos that received the loads coming from the support rods of the roofs. Comparing the values of the maximum tensions obtained in the static analysis for each type of rod in the structure to the results of average permissible stresses for the bamboo, it is noted that the tensile stresses are well below the average limit value, which is 89.96 MPa. However, some of the compressive stresses acting on the structure reach values closer to the average limit, which is 29.48 MPa. In this study, it was possible to observe that the highest stresses occurred in the support bars of the ecological roof, which is probably due to the low inertia of the cross sections of these bars and that even for the most adverse situations of load action the bamboo shows a material able to withstand the highest tensions acting on the structure.

1 INTRODUÇÃO

Em um mundo globalizado, a indústria da construção civil tem buscado meios de suavizar os impactos das suas atividades ao meio ambiente com estudos e pesquisas sobre a utilização de materiais alternativos que mitiguem o consumo de recursos naturais e a geração de poluentes (CALIXTO, 2016).

Como resultado do desenvolvimento da tecnologia dos materiais, o bambu tem se tornado uma opção a todo esse processo de substituição das matérias-primas convencionais em obras, pois traz grandes retornos tanto financeiros quanto ecológicos, pois é um material limpo, renovável, de fácil obtenção e manejo e possui características que propiciam seu uso na engenharia e na arquitetura de modo geral (HAOULI, 2018). Nesse contexto, a análise estática aparece como mais uma das inúmeras linhas de pesquisa relacionadas a esse material.

Sob essa narrativa, esse trabalho procura difundir informações e expandir o conhecimento sobre a importância da sustentabilidade na Indústria da Construção Civil, analisar uma estrutura de bambu sob o ponto de vista estático e dar continuidade sobre o estudo do comportamento de estruturas desse tipo. Além do que, busca trazer dados para que possam ser utilizados em estudos posteriores.

2 METODOLOGIA

2.1 Bambu

Boogaard (2016) afirma que esse material tem como características físicas alta resistência, baixo peso, alta flexibilidade e isolamento térmico, mostrando ser um insumo capaz de atender às necessidades da construção civil no que tange a sustentabilidade. Em decorrência dessas propriedades, as obras que utilizam o bambu apresentam bons níveis de resistência a abalos sísmicos.

As estruturas em bambu podem ser utilizadas em áreas externas para sombreamento, proteção contra processos erosivos, quebra vento e drenagem, ou em áreas internas para decoração, revestimento de paredes ou artesanatos. Além dessas funções o bambu também tem sido usado como estruturas para pilares, vigas, lajes e telhados (MARÇAL, 2008).

2.2 Ação do vento

Através de estudos em escala real, Robertson, Hoxey e Moran (1985) identificaram a importância da consideração de obstruções colocadas sob as coberturas (MAKOWSKI, 2004 *apud* BLESSMANN, 1985).

No Brasil, a NBR 6123 é a Norma técnica que estabelece as condições exigíveis na consideração das forças devidas à ação do vento para efeitos de cálculo em edificações. O item 4.2 dessa norma determina as forças estáticas devidas ao vento do seguinte modo:

- i. a velocidade básica do vento, V_o , adequada ao local onde a estrutura será construída, é determinada de acordo com o disposto em 5.1 da norma.
- ii. a velocidade básica do vento é multiplicada pelos fatores S_1 , S_2 e S_3 para ser obtida a velocidade característica do vento, V_k , para a parte da edificação em consideração, de acordo com os itens 5.2 ao 5.5 da norma:

$$V_k = V_o \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \quad (1)$$

iii. a velocidade característica do vento permite determinar a pressão dinâmica pela expressão:

$$q = 0,613 \cdot (V_k)^2 \quad (2)$$

sendo (unidades SI): q em N/m^2 e V_k em m/s

No caso das coberturas isoladas de uma água, os coeficientes de pressão e seus respectivos sentidos são dados de acordo com a **Figura 1**, onde θ é o ângulo de inclinação da água da cobertura.

Vento	1° Carregamento		2° Carregamento	
	$0 \leq \text{tg}\theta \leq 0,7$		$0 \leq \text{tg}\theta \leq 0,2$	$0,2 \leq \text{tg}\theta \leq 0,3$
→				
←				

Fonte: NBR 6123:1988

Figura 1- Coeficientes de pressão em coberturas isoladas a uma água plana

Para vento paralelo à geratriz da cobertura, a norma cita que devem ser consideradas forças horizontais de atrito calculadas pela expressão:

$$F_{at} = 0,05 \cdot q \cdot a \cdot b \quad (3)$$

Na qual a e b as dimensões em planta da cobertura. Tais forças compõem a ação do vento sobre as duas faces da cobertura.

Os dois sentidos na direção perpendicular e os dois sentidos na direção paralela ao telhado compõem as 4 situações de carga de vento estudadas nesse trabalho.

2.3 Modelagem

Na modelagem, foram formadas sete tipologias de barras, as quais foram assim agrupadas por possuírem as mesmas características de seção transversal e exercer o mesmo papel na estrutura. As barras do tipo (i) são as que recebem as cargas oriundas do vento, do telhado ecológico e da placa solar. As do tipo (ii) recebem as cargas oriundas do vento e do telhado ecológico apenas. As barras do tipo (iii) e do tipo (iv) são as barras verticais maiores e as barras verticais menores respectivamente. As barras do tipo (v) e as do tipo (vi) são as barras transversais maiores e barras transversais menores respectivamente. As barras do tipo (vii) são as barras de sustentação do telhado de bambu.

A modelagem proposta para a análise estática foi feita considerando que as barras do telhado de bambu - barras tipo (vii) - e as de sustentação do telhado ecológico - barras tipo (i) e (ii) - são barras que estão simplesmente apoiadas, ou seja, não transmitem momentos. Além disso, as barras verticais maiores - barras tipo (iii) - são ligadas às barras verticais menores - barras tipo (iv) - por parafusos, o que permite pequenas rotações e deslocamentos relativos entre as barras. As barras transversais maiores - barras tipo (v) - e as barras transversais menores - barras tipo (vi) - também foram ligadas às barras verticais maiores por meio de parafusos. No tocante às situações de contorno utilizou-se a hipótese de que as barras verticais

maiores se ligam ao chão por apoios elásticos, que limitam parcialmente as rotações. A Figura 2 mostra a estrutura de bambu com suas respectivas tipologias de barras.

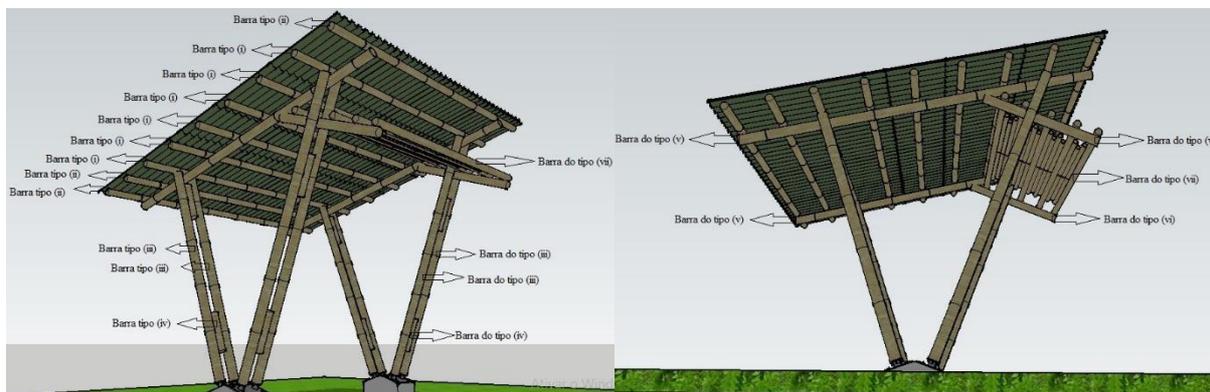


Figura 2 - Denominações das barras da estrutura de bambu

A velocidade base do vento (V_0) é dada, segundo a NBR 6123, de acordo com a localidade na qual a construção se encontra. De acordo com a sua Figura 13, que mostra o gráfico de isopletas no Brasil, para João Pessoa – PB, a velocidade de base (V_0) é de 30 m/s.

O Fator topográfico S_1 pode assumir valores que variam de 0,9 a 1 e quanto mais acidentado e rodeado de morros for a localidade onde se encontra a edificação, menor será a incidência de vento sobre esse lugar. Dessa forma, é possível observar que o local em que o gazebo em estudo se encontra é uma região plana, sem grandes aclives ou declives, fazendo com que o valor adotado para o fator S_1 seja igual a 1.

Para a determinação do fator S_2 , levou-se em consideração que o terreno é plano, com obstáculos como muros e poucos quebra-ventos de árvores, além de edificações baixas e esparsas, classificando-o quanto à rugosidade como sendo de Categoria III. Quanto às dimensões da edificação, por ser uma estrutura na qual toda edificação na qual a maior dimensão horizontal ou vertical não exceda 20 m (NBR 6123, 1988), classifica-se como Classe A. Como 3,42 m é a altura máxima da estrutura sobre o terreno, a estrutura é classificada na Figura 3 em sua primeira linha, em que $z \leq 5$ m.

z (m)	Categoria														
	I			II			III			IV			V		
	Classe			Classe			Classe			Classe			Classe		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
≤ 5	1,06	1,04	1,01	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82	0,79	0,76	0,73	0,74	0,72	0,67
10	1,10	1,09	1,06	1,00	0,98	0,95	0,94	0,92	0,88	0,86	0,83	0,80	0,74	0,72	0,67
15	1,13	1,12	1,09	1,04	1,02	0,99	0,98	0,96	0,93	0,90	0,88	0,84	0,79	0,76	0,72
20	1,15	1,14	1,12	1,06	1,04	1,02	1,01	0,99	0,96	0,93	0,91	0,88	0,82	0,80	0,76
30	1,17	1,17	1,15	1,10	1,08	1,06	1,05	1,03	1,00	0,98	0,96	0,93	0,87	0,85	0,82
40	1,20	1,19	1,17	1,13	1,11	1,09	1,08	1,06	1,04	1,01	0,99	0,96	0,91	0,89	0,86
50	1,21	1,21	1,19	1,15	1,13	1,12	1,10	1,09	1,06	1,04	1,02	0,99	0,94	0,93	0,89
60	1,22	1,22	1,21	1,16	1,15	1,14	1,12	1,11	1,09	1,07	1,04	1,02	0,97	0,95	0,92
80	1,25	1,24	1,23	1,19	1,18	1,17	1,16	1,14	1,12	1,10	1,08	1,06	1,01	1,00	0,97
100	1,26	1,26	1,25	1,22	1,21	1,20	1,18	1,17	1,15	1,13	1,11	1,09	1,05	1,03	1,01
120	1,28	1,28	1,27	1,24	1,23	1,22	1,20	1,20	1,18	1,16	1,14	1,12	1,07	1,06	1,04
140	1,29	1,29	1,28	1,25	1,24	1,24	1,22	1,22	1,20	1,18	1,16	1,14	1,10	1,09	1,07
160	1,30	1,30	1,29	1,27	1,26	1,25	1,24	1,23	1,22	1,20	1,18	1,16	1,12	1,11	1,10
180	1,31	1,31	1,31	1,28	1,27	1,27	1,26	1,25	1,23	1,22	1,20	1,18	1,14	1,14	1,12
200	1,32	1,32	1,32	1,29	1,28	1,28	1,27	1,26	1,25	1,23	1,21	1,20	1,16	1,16	1,14
250	1,34	1,34	1,33	1,31	1,31	1,31	1,30	1,29	1,28	1,27	1,25	1,23	1,20	1,20	1,18
300	-	-	-	1,34	1,33	1,33	1,32	1,32	1,31	1,29	1,27	1,26	1,23	1,23	1,22
350	-	-	-	-	-	-	1,34	1,34	1,33	1,32	1,30	1,29	1,26	1,26	1,26
400	-	-	-	-	-	-	-	-	1,34	1,32	1,32	1,29	1,29	1,29	1,29
420	-	-	-	-	-	-	-	-	1,35	1,35	1,33	1,30	1,30	1,30	1,30
450	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,32	1,32	1,32	1,32
500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,34	1,34	1,34	1,34

Fonte: NBR 6123:1988

Figura 3 - Fator S_2

Com os dados obtidos para rugosidade do terreno, dimensão e distância até o solo da estrutura, pode-se obter o valor de 0,88 para o fator S_2 .

Para o Fator S_3 , considerou-se que o gazebo assimilava-se mais a um depósito ou edificação com baixo fator de ocupação do que às outras categorias, classificando a estrutura estudada como pertencente ao grupo 3, como mostra a Figura 4. Esse fator tem, portanto, para essa estrutura, um valor de 0,95.

Grupo	Descrição	S_3
1	Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, centrais de comunicação, etc.)	1,10
2	Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação	1,00
3	Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos, construções rurais, etc.)	0,95
4	Vedações (telhas, vidros, painéis de vedação, etc.)	0,88
5	Edificações temporárias. Estruturas dos grupos 1 a 3 durante a construção	0,83

Fonte: NBR 6123:1988

Figura 4- Valores mínimos do fator estatístico S_3

Diante dos valores de velocidade base (V_0) e dos fatores S_1 , S_2 e S_3 , podemos calcular, de acordo com a Equação (1), o valor da velocidade real atuando sobre a estrutura:

$$V_k = 30 * 1 * 0,88 * 0,95 = \mathbf{25,08 \text{ m/s.}}$$

Para o vento agindo perpendicularmente à geratriz da cobertura, os coeficientes de pressão atuando na estrutura são os mostrados na Figura 5.

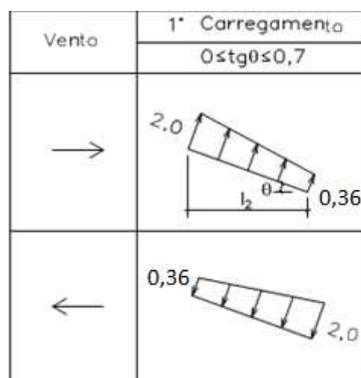


Figura 5 - Coeficientes de pressão para vento atuando perpendicularmente à estrutura

De acordo com a Equação (2), com a velocidade característica do vento pode-se determinar a pressão dinâmica atuando na estrutura, da seguinte forma:

$$q = 0,613 * (25,08)^2 = \mathbf{385,58 \text{ N/m}^2}.$$

Para o cálculo das cargas que atuam em cada uma das barras que sustentam o telhado ecológico, utilizaram-se áreas de contribuição. Essas áreas são delimitadas por pontos médios entre as barras.

Para o vento agindo paralelamente à geratriz da cobertura, a força que atua na cobertura, de acordo com a Equação (3) tem valor de:

$$F_{at} = 0,05 * 385,58 * 3,24 * 3,13 = \mathbf{195,60 \text{ N}}$$

Para encontrar a força que atua em cada barra, calculou-se uma fração da força total equivalente à área de contribuição de cada barra que sustentava o telado ecológico.

3 DADOS EXPERIMENTAIS

3.1 Tensões admissíveis

Segundo Ghavami & Marinho (2005), as tensões de ruptura tanto à tração quanto à compressão para o bambu da espécie *Guadua angustifolia* são dadas conforme as Tabelas 1 e 2.

Parte do bambu	Resistência à tração σ_t (MPa)
Base sem nó	93,38
Base com nó	69,88
Centro sem nó	95,80
Centro com nó	82,62
Topo sem nó	115,84
Topo com nó	64,26
Valor médio	86,96
Variação	64,26 - 115,84

Fonte: Ghavami & Marinho (2005)

Tabela 1 - Resistência à tração das partes basal, centro e topo, com e sem nó, do bambu *Guadua angustifolia*

Parte do bambu	Resistência à compressão σ_c (MPa)
Base sem nó	28,36
Base com nó	25,27
Centro sem nó	31,77
Centro com nó	28,36
Topo sem nó	25,27
Topo com nó	31,77
Valor médio	29,48
Variação	25,27 - 34,52

Fonte: Ghavami & Marinho (2005)

Tabela 2 - Resistência à compressão das partes basal, centro e topo, com e sem nó, do bambu *Guadua angustifolia*

É possível notar, ainda, que a resistência à compressão é, em geral, três vezes menor que a resistência à tração.

3.2 Propriedades dos materiais

Os dados da seção transversal, módulo de elasticidade e densidade das barras de bambu foram obtidos através dos experimentos feitos por Alves (2018). Já os valores das áreas e diâmetro dos parafusos foram medidos *in loco*. O módulo de elasticidade do parafuso foi obtido por Thompson (2017) e a densidade foi definida como sendo a mesma do aço. As propriedades dos parafusos encontram-se listados na Tabela 3.

Área (m ²)	Densidade (kg/m ³)	Diâmetro (m)	Módulo de Elasticidade (N/m ²)
5,03x10 ⁻⁵	7,86x10 ³	8,0x10 ⁻³	2,1x10 ¹¹

Tabela 3 - Propriedades dos parafusos

Como feito por Alves (2018), as barras verticais maiores se ligavam ao solo por um apoio que não restringia totalmente a rotação em um ou mais eixos e sua descrição é feita com uma constante experimental, a qual define o coeficiente de rigidez do apoio elástico, com valor de 1×10^8 N.m/rad.

4 RESULTADOS

4.1 Análise estática do gazebo

Para a análise estática do gazebo, utilizou-se o *software* SAP 2000 de análise estrutural para a obtenção das tensões máximas atuantes na estrutura. Nesse processo, introduziram-se as medidas das seções transversais e as respectivas propriedades dos materiais, que foram obtidas através dos ensaios experimentais feitos por Alves (2018) em laboratório ou através de dados disponíveis na literatura - como no caso dos parafusos.

Segundo a Norma Brasileira de Estruturas de bambu (2016), as tensões de corte em vigas são geralmente muito pequenas. Contudo, a tensão de cisalhamento na linha neutra nas proximidades do apoio deve ser verificada caso o comprimento da viga seja menor que 25 vezes o diâmetro de sua extremidade, o que não é o caso das barras da estrutura analisada nesse trabalho.

Para a obtenção das tensões atuantes, analisou-se, a priori, a atuação dos esforços atuantes sob as barras de sustentação do telhado e, levando em conta essas considerações, as barras que sustentam o telhado ecológico, sob o ponto de vista das tensões normais, estariam sob ação apenas de flexão simples, não atuando nenhum esforço além dos momentos fletores nas seções transversais dessas barras. A Figura 6 a seguir mostra as tensões máximas – tanto de tração como de compressão - ocorridas em cada uma das 4 situações de carga.



Figura 6 - Tensões máximas atuando nas barras de sustentação do telhado ecológico

A Figura 7 apresenta as tensões máximas atuantes nas barras do telhado de bambu, já que nessas barras a única força atuante é o peso próprio do telhado.

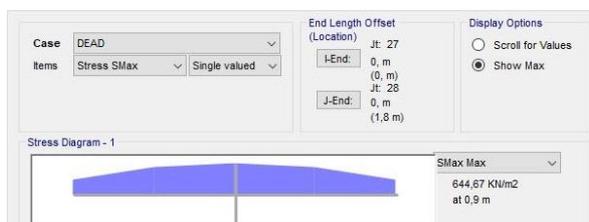


Figura 7 - Tensões máximas atuantes nas barras do telhado de bambu

Os demais elementos estruturais, que compõem as barras do tipo (iii), (iv), (v) e (vi) nos 4 casos situações de ação do forçamentos analisadas anesse trabalho, têm suas tensões máximas de tração e compressão conforme a Figura 8 e a Figura 9.

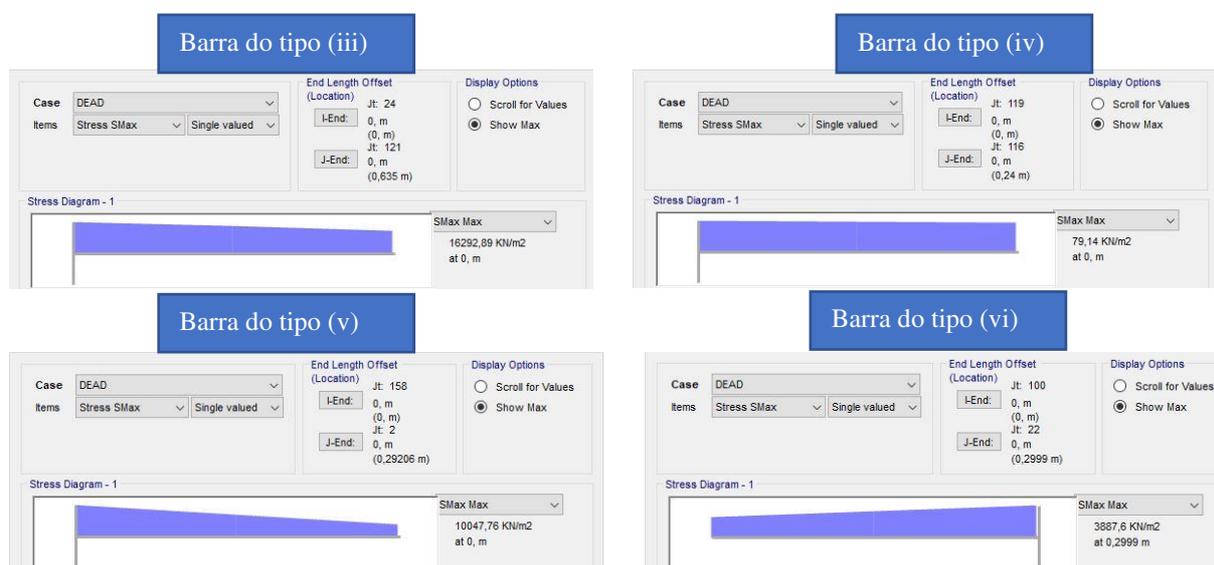


Figura 8 - Tensões máximas de tração nas barras do tipo(iii), (iv), (v), e (vi)

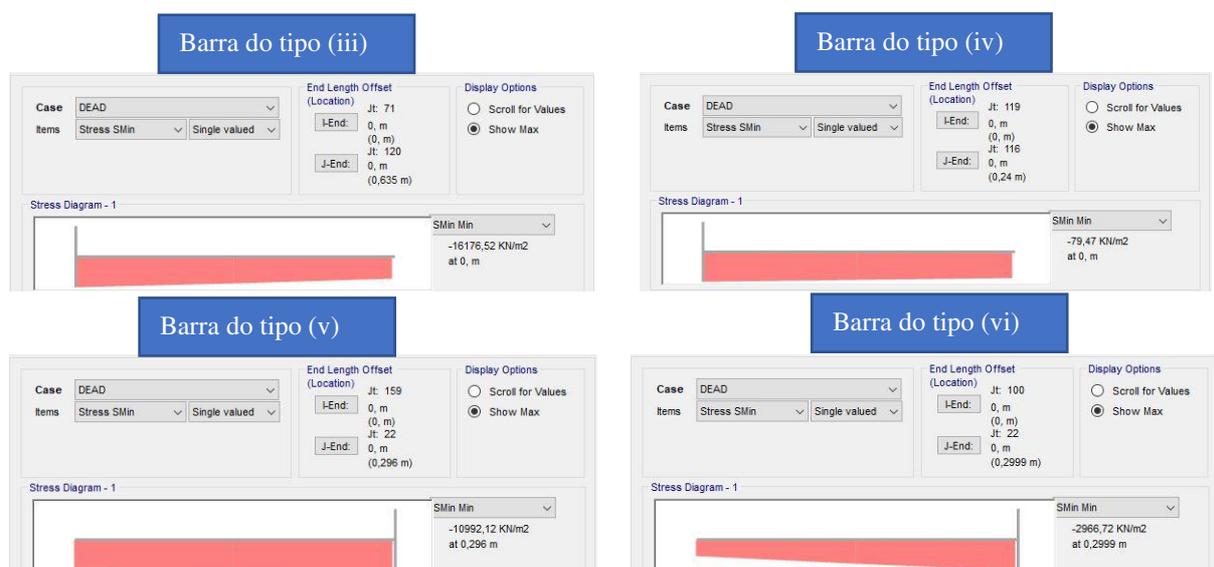


Figura 9 - Tensões máximas de compressão nas barras do tipo (iii), (iv), (v), e (vi)

Ao se comparar os valores das tensões máximas obtidas na análise estática para cada tipo de barra existente na estrutura do gazebo aos resultados de tensões admissíveis médias para o bambu obtidos por Ghavami & Marinho (2005) e expostos na Tabela 1 e na Tabela 2, é possível observar que as tensões de tração estão bem abaixo do valor limite médio, que é o de 89,96 MPa.

Já algumas das tensões de compressão atuantes na estrutura atingem valores mais próximos aos do limite médio, que é de 29,48 MPa, como no caso de uma das barras no primeiro caso de carregamento, que apresenta uma tensão de compressão máxima de 29,41 MPa.

5 CONCLUSÕES

A pesquisa apresentada nesse trabalho teve como função estudar o comportamento de um gazebo de bambu através da análise das tensões atuantes na estrutura considerando, além do seu peso próprio e do peso da placa solar, a ação do vento que incide sobre o telhado ecológico, de acordo com as recomendações dadas pela ABNT NBR 6123 e compará-las com as tensões admissíveis disponíveis na literatura.

Nesse estudo foi possível observar que as maiores tensões ocorreram nas barras de sustentação do telhado ecológico, o que se deve, previsivelmente, à pouca inércia das seções transversais dessas barras e que, mesmo para as situações mais desfavoráveis de atuação das cargas, ou seja, nos casos de tensão máxima de tração e de tensão máxima de compressão, o bambu se mostrou um material eficaz no suporte das maiores tensões atuantes na estrutura.

A importância desse resultado é que com uma busca cada vez maior pelo uso de materiais alternativos na construção civil que gerem menos impacto ao meio ambiente e que, ao mesmo tempo, se mostrem eficazes na utilização em relação à resistência e durabilidade, o bambu pode vir a se tornar uma alternativa viável no tocante a essa temática.

Em suma, o que se busca a partir dos resultados obtidos é contribuir para um maior entendimento de um segmento ainda pouco estudado, mas com um vasto campo de potencial em pesquisa. É nesse contexto que esse estudo procura ajudar no desenvolvimento de tecnologias que propiciem o emprego de materiais que sejam capazes de fazer o setor da construção civil mais sustentável.

REFERÊNCIAS

- Alves, M. N. F. *Modelagem numérica de um gazebo de bambu com vistas à sua análise estrutural*. Monografia (Monografia em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Paraíba, p.75. 2018.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR XXXXX-1: estruturas de Bambu parte 1-projeto*. São Paulo. 2017.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações*. Rio de Janeiro, p.66. 1988.
- Boogaard, R. V. D. *Estudo da viabilidade técnica do uso do bambu laminado colado na construção civil*. 2016. Monografia – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6890/1/CM_COECI_2016_1_27.pdf>
- Calixto, A. M. S. *Métodos de avaliação da sustentabilidade na construção – Análise comparativa e aplicação a caso de estudo*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil –

- Especialização em Construção Urbana) – Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. Coimbra, p.138. 2016
- Ghavami, K.; Marinho, A. B. *Propriedades físicas e mecânicas do colmo do bambu da espécie Guadua angustifolia*. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, n.1, p.107-114, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v9n1/v9n1a16.pdf>> Acesso em: 12 outubro de 2018.
- Haouli, J. S. *Estudo da construção sustentável utilizando o bambu*. Monografia (Monografia em Engenharia Civil) - Uni Evangélica, p.76. 2018.
- Makowski, D. G. *Ação do vento em coberturas isoladas*. Dissertação (Mestrado em Engenharia na modalidade Acadêmico) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p.114. 2004.
- Marçal, Victor Hugo. *Uso do bambu na construção civil*. 2008. 60 f. Monografia apresentada na Universidade de Brasília- UNB para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil e Ambiental.
- Thompson, F. F. *Estudo de resistência à fadiga de uniões parafusadas submetidas à carga axial cíclica em função do comprimento do parafuso*. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Sergipe. São Cristovão, p.68. 2017.