

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA  
*CAMPUS CAJAZEIRAS*

DANIELLE ALVES CABRAL

**ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS ENTRE ELEMENTOS ESTRUTURAIS  
DE CONCRETO ARMADO E BAMBU**

Cajazeiras-PB  
2022

DANIELLE ALVES CABRAL

**ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS ENTRE ELEMENTOS ESTRUTURAIS  
DE CONCRETO ARMADO E BAMBU**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-*Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil, sob Orientação do Prof. Dr. Robson Arruda dos Santos.

IFPB / Campus Cajazeiras  
Coordenação de Biblioteca  
Biblioteca Prof. Ribamar da Silva  
Catalogação na fonte: Suellen Conceição Ribeiro CRB-2218

C117a Cabral, Danielle Alves

Análise comparativa de custos entre elementos estruturais de concreto armado e bambu/Danielle Alves Cabral. – Cajazeiras/PB: IFPB, 2022.

71f.:il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-IFPB, Campus Cajazeiras. Cajazeiras, 2022.

Orientador(a): Prof. Dr. Robson Arruda dos Santos.

1. Concreto Armado. 2. Bambu. 3. Custos.  
I. Cabral, Danielle Alves. II. Título

CDU: 691.32 C117a

DANIELLE ALVES CABRAL

**ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS ENTRE ELEMENTOS ESTRUTURAIS  
DE CONCRETO ARMADO E BAMBU**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, *Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 26 de março de 2022.

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
 ROBSON ARRUDA DOS SANTOS  
Data: 25/04/2022 16:02:13-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Robson Arruda dos Santos – IFPB-*Campus* Cajazeiras  
Orientador

Documento assinado digitalmente  
 CICERO DE SOUZA NOGUEIRA NETO  
Data: 25/04/2022 14:31:24-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Cícero de Souza Nogueira Neto – IFPB-*Campus* Cajazeiras  
Examinador 1

Documento assinado digitalmente  
 LEONARDO DE SOUZA DIAS  
Data: 25/04/2022 10:10:07-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Leonardo de Souza Dias – IFSERTAO-*Campus* Santa Maria da Boa Vista  
Examinador 2

Dedico este trabalho a minha mãe, sem sombra de dúvidas! Aos meus avós e a Jorge. Pois sem vocês NADA disso teria sido possível.

## AGRADECIMENTOS

São tantas pessoas... Primeiramente a Deus, por ter me mostrado incontáveis vezes que “sim!” esse era o caminho que eu deveria trilhar.

À minha melhor amiga, Zeneide Alves Cabral, minha mãe. Imprescindível seu apoio em minha vida. Que esse seja só o começo da minha retribuição pelos esforços que você fez por mim. Muito obrigada pelo incentivo e pelas broncas, quando precisei kkkk. A meu companheiro, meu amigo, Jorge Lucas Pinheiro. Sem o seu incentivo eu nem teria me inscrito para o curso nessa cidade. Obrigada pela paciência, companheirismo e estímulos no decorrer dessa caminhada.

Aos meus avós Eunice Palmeira e José Alves, por sempre torcerem por mim e terem me ajudado a permanecer na cidade estudando em um período muito difícil que tivemos. A Daniel Alves, meu irmão, e Mudinho CDO. Sempre bom ir pra casa recarregar as baterias jogando e dando risada com vocês. Ao grupo “Os cangaias” Alexandre, Amarelinho, Jackson, Mudinho CDO, Nathy barraco, O bichão, Queixo e Zeneide. Essa galera é massa demais!

Aos meus sogros Socorro Pinheiro e Jean Nedson, por me acolherem na família e me ajudarem tanto ao longo desse curso. A Lídia Maria, por sempre me divertir fazendo eu esquecer dos meus problemas e afazeres quando estamos perto kkkk.

À Mikaelle Cristina, minha amiga desde sempre. A pessoa que compartilhava dos mesmos sentimentos e que esteve ao meu lado. Obrigada por nossas conversas.

Ao grupo “Ar menina”, Amanda Jéssica, Andrêza Leite, Jéssica Silva, Thacyla Milena, meu primeiro grupinho feminino de estudo que sempre estão ali na torcida por mim. Que nossa amizade perdure.

Ao meu pai Antonio Eliezio, por me ajudar no começo de tudo e nessa reta final.

Ao professor Robson Arruda pela orientação neste trabalho tão importante.

Ao Instituto Federal da Paraíba (IFPB), Campus Cajazeiras pelas inúmeras oportunidades de realização do curso que sempre almejei.

A todos que NÃO torceram por mim. Aos que achavam que estava demorando, não sou “speed runner” (sintam-se à vontade para fazerem em um tempo melhor que o meu...). A todos que acharam que meu diploma ia ser um bacurin.

Abraços.

## RESUMO

A indústria da construção civil vem sofrendo alterações e evoluções frequentes de seus materiais e métodos. No Brasil, o sistema construtivo mais utilizado são as estruturas de concreto, no entanto a maioria dos insumos necessários para sua fabricação são recursos não renováveis da natureza, ou seja, recursos finitos. Com isso, surge uma grande necessidade de se estudar e aprimorar os métodos construtivos buscando alternativas que compilem praticidade, eficiência, sustentabilidade e economia. Pesquisadores têm estudado uma alternativa com a utilização do bambu, uma planta de rápido crescimento e de grandes propriedades físicas e mecânicas, capazes de o classificar como “aço vegetal” pelo seu comportamento similar nos quesitos de resistência. Muito se fala a respeito do bambu como uma nova técnica construtiva capaz de substituir o concreto armado, porém, pouco se sabe acerca de sua viabilidade econômica de inserção em uma possível obra. Deste modo, o presente trabalho se propõe a realizar o orçamento analítico para os elementos estruturais de uma edificação residencial unifamiliar, localizada na cidade de Fortaleza – CE, em concreto convencional e bambu, como alternativa sustentável, a fim de analisar o impacto econômico e contribuir para a adesão e inserção desse material na engenharia civil no Brasil. Para isso, adotou-se uma seção de 2x3 colmos de bambu para substituição das vigas e pilares da edificação, projetada em concreto armado, e para execução do orçamento dos dois sistemas, utilizou-se a tabela mais atualizada de banco de dados do SEINFRA. Porém, como esta não possuía uma composição para o material do bambu, foi necessária a criação de composições próprias para a estrutura 2x3 colmos e para a união dos pilares 2x3 e fundação. A partir disso foram realizados os quantitativos necessários e o orçamento para os sistemas. Como resultado, obteve-se que o custo do material sustentável ainda é extremamente elevado, para a região estudada, que pode ter relação com o fato de o bambu ainda não ser utilizado e produzido em grande escala no estado.

**Palavras-chave:** Elementos estruturais; concreto armado; bambu; orçamento.

## ABSTRACT

The civil construction industry has been suffering alterations and frequent evolutions of its methods and materials. In Brazil, the constructive system more used are the concrete structures, nonetheless the materials necessary for its fabrication are non-renewable resources, that is, finite resources. With that, rises a huge need for study and upgrade the constructive methods chasing for alternatives that combines practicality, efficiency, sustainability and economy. Researchers has been studying an alternative using the bamboo, a plant with fast growth and huge mechanical and physical properties, able to qualify him as “vegetable steel” for his similar behavior in terms of resistance. A lot has been spoken about the bamboo as a new constructive technique able to replace the reinforced concrete, although, not much knows about his economic viability of use in a potential construction. So the present work proposes the realization of the analytical budget for the structural elements of a residence, localized in the city of Fortaleza – CE, in conventional concrete and bamboo, as a sustainable alternative, with the goal of compare the obtained costs and contribute to the accession and insertion of this material on the civil engineering in the Brazil. For this, were adopted a section of 2x3 bars of bamboo to replace the beams and pillars of the construction, projected to reinforced concrete, and to the execution for the budgets to both systems, were used the most recent version of the data base from the SEINFRA. As she does not have a composition for the bamboo, were necessary the creation of an own composition to the 2x3 bars structures and the union of the pillars 2x3 with the foundation. From that, were realized the quantities necessary for the budget of the systems. As a result, obtain that the cost of the sustainable material its still extremely high, for the studied region, which can be because of the bamboo do not be used and produced in large scale on the state.

**Keywords:** Structural elements; reinforced concrete; bamboo; budget.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Disposição dos elementos estruturais de uma obra.	19
Figura 2 - Fluxo de transmissão de ações ao longo dos elementos estruturais.	19
Figura 3 - Bloco de fundação.	20
Figura 4 - Pilar de seção quadrada.	20
Figura 5 - Viga de seção quadrada.	21
Figura 6 - Lage plana.	21
Figura 7 - Tipos de corte.	25
Figura 8 - Ligação de dois colmos com auxílio de chapa e parafusos.	25
Figura 9 - Ligação de colmos com pedaços externos de bambu.	26
Figura 10 – União de colmos perpendicular e diagonal.	26
Figura 11 - Ligação com ganchos e parafusos.	26
Figura 12 - Ligação com abraçadeiras.	27
Figura 13 - Ligação com cinta e ligação amarrada.	27
Figura 14 - Ligação com tarugos.	28
Figura 15 - Luvas para ligação.	28
Figura 16 - Preenchimento dos entrenós.	28
Figura 17 - Estruturas da obra em perspectiva 3D.	41
Figura 18 - Nomeação de vigas e pilares.	42
Figura 19: Corte AA da residência.	42
Figura 20: Seção transversal dos elementos estruturais 2x3.	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de $k_{mod}$ 1.	30
Tabela 2 - Valores de $k_{mod}$ 2.	31
Tabela 3 - Coeficiente de minoração das resistências características do bambu, $\gamma_m$ .	31
Tabela 4 - Resistências características do bambu a partir da resistência característica à compressão paralela à fibras.	32
Tabela 5 - Valores de $k_{mod}$ 4.	33
Tabela 6: Composição própria - Estrutura de bambu gigante 2x3 colmos.	48
Tabela 7: Composição própria - União pilar 2x3 colmos e fundação.	49
Tabela 8: Composição própria - União viga e pilar 2x3 colmos.	50
Tabela 9: Relação do orçamento para os elementos em concreto armado e bambu.	50

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas técnicas.

BDI – Benefícios e Despesas Indiretas.

CE – Ceará.

CEF - Caixa Econômica Federal.

CPUs – Composições de Preço Unitárias.

CUB - Custo Unitário Básico.

EAP - Estrutura Analítica do Projeto.

ELS – Estado limite de serviço.

ELU – Estado limite último.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

NBRs – Normas Brasileiras.

NEC-SE-Guadua – Norma Ecuatoriana de la Construcción – Estructuras de Guadúa.

ORSE - Orçamento de Obras de Sergipe.

SEINFRA – Secretaria de Infraestrutura.

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil.

TCPO - Tabela de Composição de Preços para orçamentos.

Unit. – Unitário.

Unid. – Unidade.

Quant. – Quantidade.

Comp. Prop. – Composição própria.

## LISTA DE SÍMBOLOS

- $D_m$  – Diâmetro médio externo do colmo
- $d_m$  – Diâmetro médio interno do colmo
- $t_m$  - Espessura média das paredes do colmo
- L – comprimento
- I – momento de inércia
- $\pi$  - Pi
- $\sigma_{cd}$  - tensão máxima
- $M_d$  - momento solicitante de cálculo
- W - Módulo resistente da seção transversal
- $f_{M,d}$  – resistência à flexão
- $f_{M,k}$  – resistência característica à flexão
- $k_{mod}$  - coeficiente de modificação da resistência
- $k_{mod_1}$  - coeficiente que depende do tipo de carregamento
- $k_{mod_2}$  - coeficiente que depende da umidade relativa do ambiente
- $k_{mod_3}$  - o coeficiente que depende da qualidade do colmo
- $\gamma_m$  - coeficiente de minoração das resistências características do bambu
- $f_{c0,k}$  - resistência característica à compressão paralela às fibras
- $f_{t0,k}$  - resistência característica à tração paralela às fibras
- $f_{v0,k}$  – resistência característica ao cisalhamento paralelo às fibras
- $f_{t90,k}$  - resistência característica à compressão do colmo perpendicular às fibras
- $f_{M,k}$  - resistência característica à flexão do colmo
- $\tau_d$  - tensão de corte de cálculo
- $V_d$  - esforço cortante de cálculo
- A - área da seção transversal do colmo
- $f_{v0,d}$  – resistência ao cisalhamento paralelo às fibras
- h - altura
- $F_d$  - é a força concentrada de cálculo aplicada;
- t - é a espessura média da parede do colmo no local de aplicação;
- a - é o comprimento de contato da força aplicada com o colmo de bambu;
- D - é o diâmetro externo do colmo no local de aplicação da carga;
- $f_{c90,d}$  - é a resistência de cálculo à compressão perpendicular às fibras
- $\lambda$  - índice de esbeltez
- $L_0$  – comprimento de flambagem do pilar

## LISTA DE SÍMBOLOS

$i$  – raio de giração

$A$  – área.

$\sigma_{Nd}$  - tensão de compressão

$N_d$  - esforço normal de cálculo

$\sigma_{Md}$  – tensão normal de compressão devida ao momento fletor de cálculo

$\sigma_{fl}$  - tensão-limite a ser considerada

$F_E$  – Força de Euler

$E_b = E_{co}$  - módulo de elasticidade do bambu em compressão paralela às fibras

$F_{fl}$  - força-limite

$e$  – excentricidade total

$e_i$  - excentricidade inicial

$e_a$  - excentricidade das imperfeições acidentais

$M_{1d}$  - momento de primeira ordem

$\psi_1$  – coeficiente correspondente à representação frequente de uma ação

$\psi_2$  - coeficiente correspondente à representação quase permanente de uma ação

$\varphi$  - coeficiente de fluência do bambu com valor igual a 0,8

$N_{g,k}$  - esforço normal característico devido às ações permanentes

$N_{q,k}$  - esforço normal característico devido às ações acidentais

$I_i$  - momento de inércia do  $i$ ésimo colmo

$A_i$  - área do  $i$ ésimo colmo

$d_i$  - distância do respectivo centroide ao centroide conjunto de colmos

$k$  - coeficiente para corrigir o momento de inércia

cm – centímetros

kN - quilo newtons

m – metros

mm - milímetros

m<sup>2</sup>- metro quadrado

m<sup>3</sup> - metro cúbico

H – hora

kg – quilograma

R\$ - reais

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>17</b>
2.1. OBJETIVO GERAL.....	17
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>18</b>
3.1. ELEMENTOS ESTRUTURAIS .....	18
3.1.1. <i>Fundação</i> .....	19
3.1.2. <i>Pilar</i> .....	20
3.1.3. <i>Viga</i> .....	21
3.1.4. <i>Laje</i> .....	21
3.2. CONCRETO ARMADO.....	22
3.3. BAMBU .....	22
3.3.1. <i>Ligações</i> .....	24
3.3.2. <i>Elementos estruturais</i> .....	29
3.4. ESCOLHA DO MATERIAL DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS .....	38
3.5. ORÇAMENTO.....	38
3.5.1. <i>Tipos de orçamento</i> .....	38
3.5.2. <i>Processo de orçamentação</i> .....	39
3.5.3. <i>Banco de dados</i> .....	40
<b>4. METODOLOGIA.....</b>	<b>40</b>
4.1. DADOS DO PROJETO.....	41
4.2. DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS E PILARES COM O BAMBU .....	42
4.2.1. <i>Pilares</i> .....	43
4.2.2. <i>Vigas</i> .....	43
4.3. ORÇAMENTO ANALÍTICO .....	43
4.3.1. <i>Estruturas de concreto armado</i> .....	43
4.3.2. <i>Estruturas de bambu</i> .....	43
<b>5. RESULTADOS E ANÁLISES .....</b>	<b>47</b>
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>52</b>

<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>54</b>
<b>APÊNDICE A – PLANILHA ORÇAMENTÁRIA DOS ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO .....</b>	<b>59</b>
<b>APÊNDICE B – PLANILHA ORÇAMENTÁRIA DOS ELEMENTOS DE BAMBU.....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXO A – PLANTA BAIXA, CORTE E PLANTA DE COBERTA .....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXO B – DETALHAMENTO DAS VIGAS.....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXO C – DETALHAMENTO DOS PILARES .....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXO D – COMPOSIÇÕES DO ORÇAMENTO DE CONCRETO ARMADO .....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXO E – COTAÇÃO DE INSUMOS - BAMBU.....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXO F – COTAÇÃO DE INSUMOS – BARRAS, ARRUELAS E PORCAS.....</b>	<b>70</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil passa por alterações e evoluções frequentes de seus materiais e métodos. A busca por novas alternativas de materiais que compilem praticidade, eficiência, sustentabilidade e economia tem se tornado mais intensa com o passar dos anos.

Na escolha das técnicas e materiais construtivos a serem empregados o fator econômico se torna crucial para o ramo, tendo em vista que os demais fatores o influenciam diretamente. Segundo Carbonari *et al.* (2017), a necessidade de se repensar o consumo de materiais na construção civil, para torná-la mais sustentável atrai olhares para a exploração de novas alternativas para materiais ecológicos de baixo custo.

Normalmente, a adesão de novos métodos e materiais por si só já representa um aumento considerável no custo devido a necessidade de mão de obra especializada para execução dos serviços, bem como a baixa disponibilidade de fornecedores na região. Por esse motivo, no Brasil, o sistema construtivo mais utilizado são as estruturas de concreto, que segundo Bastos (2019) é um material composto, constituído por cimento, água, agregado miúdo (areia) e agregado graúdo (pedra ou brita) e pode também conter adições e aditivos químicos. Ainda conforme Bastos (2006), a abundância das matérias primas em quase todas as regiões, somada à sua grande versatilidade para aplicação nas mais variadas formas, foram os principais motivos para o seu desenvolvimento, desde os tempos primórdios até a atualidade, sendo este mais um motivo para a adesão do método prevalecer no país.

No entanto, a maioria dos insumos necessários para sua fabricação são recursos não renováveis da natureza, ou seja, recursos finitos. Com isso, surge uma grande necessidade de estudar e aprimorar os métodos construtivos. Pesquisadores têm visto uma alternativa para a resolução desse problema com a utilização do bambu, uma planta de rápido crescimento e proliferação, a qual pode ser adquirida em grandes quantidades em pequenos intervalos de tempo. Além disso, descarta o trabalho de replantio tendo em vista que ele não é necessário para sua proliferação. Segundo Soares (2013), é um material esteticamente favorável que pode ser utilizado de diversas maneiras por ser extremamente resistente e de rápido crescimento.

A ausência de normas técnicas nacionais relacionadas as propriedades do bambu, bem como seu uso nas construções foi também um fator determinante na resistência a sua inserção nas obras no país. O acervo sobre o assunto era bastante limitado, o que forçava a adesão de normas de outros países, os quais não possuem as mesmas características que o Brasil.

Esse cenário pôde mudar drasticamente com a criação de duas normas técnicas Brasileiras, no ano de 2020, para seu uso do bambu em projetos de construção (ABNT NBR 16828-1:2020) e determinação das propriedades (ABNT NBR 16828-2:2020). Através destas, foi possível a integração da população acerca da grandeza das propriedades físicas e mecânicas

do bambu, as quais são capazes de o classificar como “aço vegetal” por se comportar de maneira similar nos quesitos de resistência.

Isso demonstra, como afirma Soares (2013), que devido às suas propriedades físicas e mecânicas é um material muito apto para ser utilizado como material estrutural da construção. Portanto, seu uso não mais se limita a elementos de vedação e ornamentação. Atualmente, muito se fala a respeito do bambu como uma nova técnica construtiva capaz de substituir o concreto armado, porém, pouco se sabe a cerca de sua viabilidade econômica de inserção em uma possível obra. Tendo isso em vista, o presente trabalho se propõe a realizar o orçamento analítico para os elementos estruturais de uma edificação residencial unifamiliar, localizada na cidade de Fortaleza – CE, em concreto convencional e bambu, como alternativa sustentável, a fim de se comparar os custos obtidos e contribuir para a adesão e inserção desse material na engenharia civil no Brasil.

Este estudo está dividido em capítulos: o capítulo 2 deste documento se destina a especificação dos objetivos gerais e específicos do trabalho. Em seguida, o capítulo 3 visa demonstrar os termos e conceitos adotados como base. O capítulo 4 descreve os métodos e decisões arbitrárias estabelecidos para a execução do projeto, e seus resultados são expostos no capítulo 5, onde serão feitas as análises e considerações a respeito dos valores obtidos. Por fim, no capítulo 6 serão descritas as conclusões do trabalho.

## **2. OBJETIVOS**

Nesse capítulo serão listados os objetivos do Trabalho de Conclusão do Curso.

### **2.1. OBJETIVO GERAL**

Análise do impacto econômico em orçamentos para os elementos estruturais de uma edificação residencial unifamiliar, localizada na cidade de Fortaleza – CE, utilizando o bambu como alternativa para o uso do concreto armado.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Para atingir o objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- elaborar o dimensionamento equivalente dos elementos estruturais da residência de bambu.
- elaborar orçamento para os elementos estruturais, tendo como material da estrutura o concreto e o bambu;

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo serão revisados alguns conceitos e definições acerca dos elementos estruturais de uma edificação, do concreto armado utilizado na fabricação destes, da escolha do material para execução da obra e do processo de orçamentação de obra. Além disso, será dada uma introdução acerca do bambu, suas propriedades e usos na construção civil, segundo as NBR's 16828-1 e 16828-2 de 2020.

#### 3.1. ELEMENTOS ESTRUTURAIS

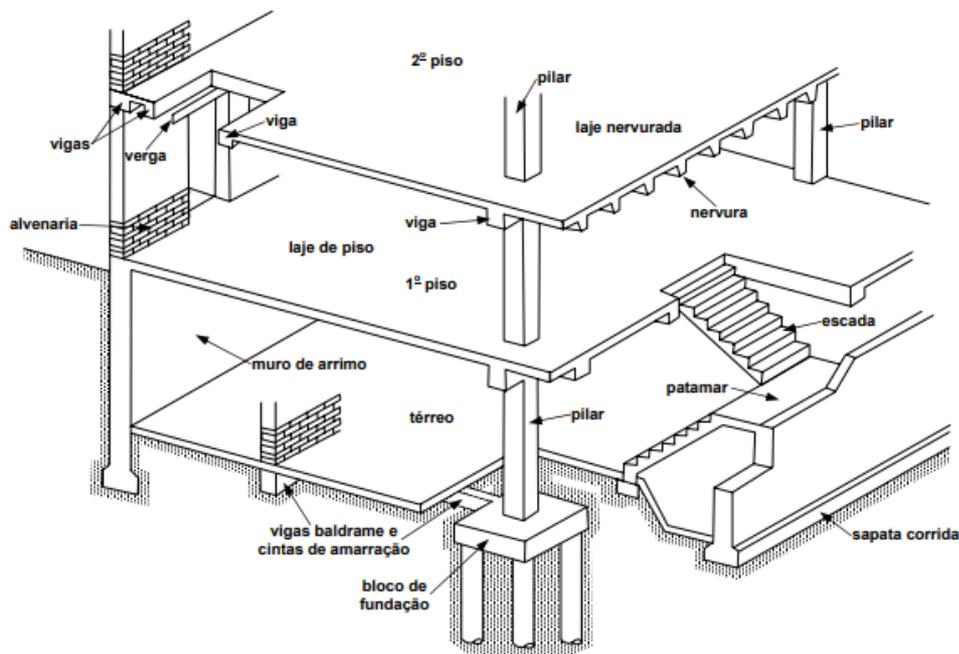
Os elementos estruturais são todos os componentes que proporcionam a sustentação de uma edificação. Segundo Bastos (2006) os sistemas estruturais podem ser compostos apenas por um tipo de elemento estrutural, ou por um conjunto deles, como é mais comum de ocorrer nas construções. Sales et al. (2020) classifica como elementos estruturais os corpos sólidos elástico-deformáveis que possuem capacidade de receber e de transmitir ações. Portanto, além da função de resistir aos esforços aos quais a edificação está submetida, esses elementos também são responsáveis por transmiti-los para o seu destino, o solo.

Segundo Torres Filho (2016) os corpos podem estar submetidos a esforços de compressão, tração, torção, flexão e cisalhamento. Tais esforços são classificados de acordo com a NBR 8681 (ABNT, 2003), durante a vida útil da construção, como: ações permanentes (quando de valores constantes ou com pequenas variações); variáveis (quando variam significativamente de valor); e excepcionais (quando de duração curta e baixa probabilidade de ocorrer). As ações podem provocar deformações e deslocamentos nos elementos estruturais que venham a comprometer a segurança do edifício como um todo. Com isso, o dimensionamento dessas estruturas deve ser executado baseando-se nas propriedades do material de escolha para execução destas.

Os elementos estruturais podem ser classificados de acordo com sua geometria em elementos lineares, de superfície e de volume. Segundo Bastos (2019) os lineares são as barras, que possuem o comprimento longitudinal pelo menos três vezes maior que a maior dimensão da seção transversal; os de superfície têm a espessura relativamente pequena em relação as demais dimensões; e os elementos de volume possuem as três dimensões na mesma ordem de grandeza.

Existem vários tipos de elementos estruturais na construção civil, porém segundo Bastos (2006), nas obras, sejam elas de pequeno ou de grande porte, três elementos estruturais são bastante comuns: as lajes, as vigas e os pilares. Além disso, também são bastantes utilizadas as chamadas fundações. A Figura 1 demonstra em uma edificação a disposição dos elementos mencionados.

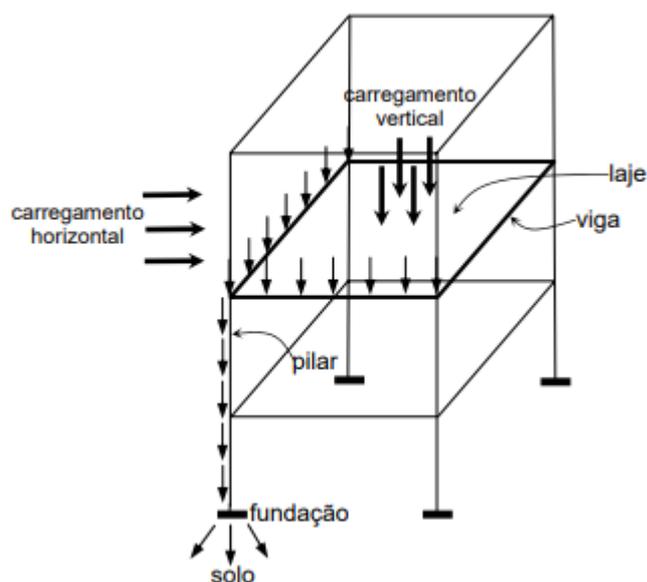
Figura 1 - Disposição dos elementos estruturais de uma obra.



Fonte: Alva, 2007

Oliveira *et al.* (2020) afirma que os esforços aos quais a edificação está submetida são comumente transmitidos das lajes para as vigas, das vigas para os pilares e dos pilares para a fundação. A Figura 2 mostra o fluxo de transmissão dessas ações.

Figura 2 - Fluxo de transmissão de ações ao longo dos elementos estruturais.



Fonte: Alva, 2008.

A seguir, uma breve introdução acerca de cada elemento anteriormente citado.

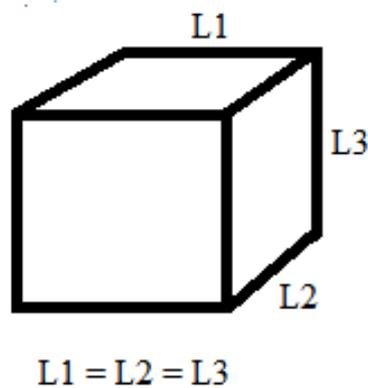
### 3.1.1. Fundação

As fundações são os elementos estruturais situados ao solo. Responsáveis pela transmissão dos esforços (provenientes dos pilares) para o seu destino final, elas podem ser

classificadas em superficiais ou profundas de acordo com o nível que será necessário escavação para o assentamento desta. Dentre esses tipos encontram-se ainda os blocos, sapatas, estacas e tubulões, sendo esse último inutilizado devido aos altos riscos à vida dos profissionais em sua execução.

A fundação é classificada como elemento estrutural de volume, pois possui a característica de que todas as suas dimensões são da mesma ordem de grandeza. A Figura 3 demonstra um exemplo de fundação tipo bloco com seção transversal e longitudinal quadrada, onde  $L1 = L2 = L3$ .

Figura 3 - Bloco de fundação.

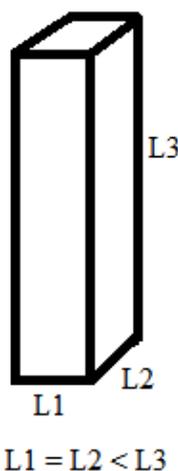


Fonte: Autoria própria, 2022.

### 3.1.2. Pilar

Os Pilares são estruturas lineares verticais responsáveis por resistir e transmitir para as fundações, as cargas a eles passadas pelas vigas e lajes. Por serem lineares, eles possuem dimensão de comprimento muito maior que as demais dimensões de sua seção transversal, podendo então serem chamados de barras. A Figura 4 demonstra um exemplo de pilar de seção transversal quadrada onde  $L1 = L2$ , portanto menores que  $L3$ .

Figura 4 - Pilar de seção quadrada.

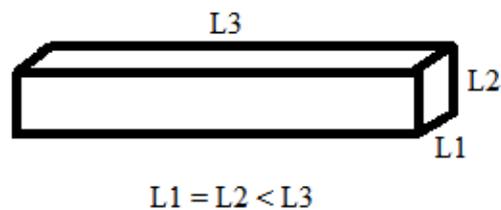


Fonte: Autoria própria, 2022.

### 3.1.3. Viga

As vigas também são classificadas como elementos lineares, porém sua disposição nas estruturas se dá na horizontal, diferentemente dos pilares. Geralmente, recebem o carregamento perpendicular ao seu eixo longitudinal, de lajes, outras vigas e da alvenaria (PINHEIRO, 2019). Bastos (2006) diz que a função das vigas é basicamente vencer vãos e transmitir as ações nelas atuantes para os apoios, geralmente os pilares. A Figura 5 demonstra um exemplo de viga de seção transversal quadrada onde  $L1 = L2$ , portanto menores que  $L3$ .

Figura 5 - Viga de seção quadrada.

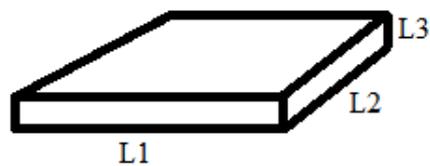


Fonte: Autoria própria, 2022.

### 3.1.4. Laje

As lajes estão enquadradas na classificação dos elementos de superfície, uma vez que a dimensão de espessura é muito pequena em comparação com suas demais dimensões (Figura 6). Segundo Bastos (2015) elas são os elementos planos que se destinam a receber a maior parte das ações aplicadas numa construção. Atualmente encontram-se diversos tipos de lajes no mercado da construção civil, com suas diferentes particularidades nas quais variam basicamente no peso próprio, a carga e o vão suportados (PINHEIRO, 2019).

Figura 6 - Laje plana.



Fonte: Autoria própria, 2022.

No mercado da construção civil, atualmente, várias são as possibilidades de materiais a serem utilizados para a fabricação dos elementos estruturais supracitados. Segundo Souza e Rodrigues (2008) a escolha dos materiais de construção adequados é aliada fundamental para o sucesso de um sistema estrutural e conseqüentemente da obra como um todo.

Atualmente, o material estrutural mais difundido no ramo da construção civil do Brasil é o concreto armado. Contudo, este projeto irá abordar não somente o sistema construtivo de concreto armado, mas também um sistema alternativo utilizando o bambu como material.

### 3.2. CONCRETO ARMADO

O concreto, segundo Bastos (2019), é um material composto, constituído por cimento, água, agregado miúdo (areia) e agregado graúdo (pedra ou brita). Para Botelho e Marchetti (2018), é uma pedra artificial formada a partir dessa mistura que possui como primeira qualidade sua resistência à compressão, porém, possui a mesma limitação da pedra (muito utilizada nas construções antigas) a incapacidade de vencer vãos maiores, se usado como viga, devido a pouca resistência a esforços de tração. Assim, desenvolveu-se a ideia de inserir no concreto um elemento que fosse capaz de resistir a tal esforço, com a intenção de que ambos trabalhassem em conjunto resistindo a tração e compressão. Surge, então, o concreto armado.

O concreto armado, segundo Carvalho e Figueiredo Filho (2014), é obtido por meio da associação entre o concreto simples e armadura convenientemente colocada. Para Botelho e Marchetti (2018) o aço é posicionado estrategicamente no concreto na parte onde o esforço de tração venha a agir com maior intensidade. Desse modo, o uso do concreto armado em estruturas que apresentam tração se torna mais viável com a inserção das barras de aço, conforme mencionado por Santos (2014).

Para COUTO *et al.* (2013) o concreto usado como material estrutural pode ser o concreto simples, sem armadura; o concreto armado quando a armadura não é pré-tracionada ou protendida e o concreto protendido quando a armadura é ativa ou protendida. Segundo Santos (2017) no interior de uma viga de concreto armado pode haver basicamente cinco tipos de armaduras, que são elas: armadura de flexão positiva; armadura de flexão negativa; armadura lateral; grampos; armadura de cisalhamento e torção.

Para utilização do concreto armado nos elementos estruturais deve-se basear o dimensionamento destes de acordo com os limites de segurança estabelecidos pela NBR 6118 (ABNT, 2014), sendo eles o ELU – Estado limite último e o ELS – Estado limite de serviço, que garantem a segurança da estrutura evitando colapso ou ruína e evitando deslocamentos e vibrações excessivas, respectivamente. Para o trabalho em questão não se foi necessária a execução do dimensionamento dos elementos, tendo em vista que o projeto escolhido já os possuía.

### 3.3. BAMBU

O campo de pesquisas, no Brasil, relacionado ao bambu vem se tornando amplo com o passar dos anos. Apesar de o bambu ser um material sem muito valor econômico, social ou cultural em nossa sociedade, segundo Marçal (2018), aos poucos mais conhecimento a respeito de suas propriedades e vantagens é disseminado na intenção de reverter esse cenário e de o material passar a ser levado em consideração, para desempenhar funções estruturais nas obras

do país.

Até então o uso do bambu no Brasil atribuiu-se às funções de delimitação de terreno cercado de animais, pequenas construções rurais e cabanas. Com as inovações tecnológicas criou-se o laminado colado de bambu, muito usado na indústria da movelaria e artesanato (GUALBERTO; SILVA; OLIVEIRA, 2020). Porém, existe um longo caminho a ser trilhado para que este material comece a fazer parte das construções no país de maneira concreta.

O bambu é uma planta que pertence à família das gramíneas e possui mais de mil espécies espalhadas por todo o globo (CARBONARI, 2017). As zonas que mais ocorre de esta planta se desenvolver são as zonas quentes e com chuvas abundantes das regiões tropicais e subtropicais da Ásia, África e América Sul. Também se desenvolve em regiões de elevações topográficas (MARÇAL, 2018). Possui forma de tronco de cone em sua parte aérea, denominada colmo, e contém uma série de entrenós (ocos) separados de forma transversal por diafragmas (nós) (MORÉ, 2003 *apud* NUNES *et al.* 2021).

Segundo Drumond e Wiedman (2017) existem no mundo em torno de 1.300 espécies de bambu e o Brasil é líder de ocorrência nas Américas, com cerca de 200 espécies. Cada espécie apresenta altura, diâmetro, espessura das paredes e crescimento distintos uma das outras (NUNES; JÚNIOR; PASTOR, 2021) e, conforme afirma Alves (2019), cada uma é indicada para fins específicos na construção, como estrutura principal (arcos, vigas e pilares), estrutura de apoio (andaimes) e em diversos outros setores.

No Brasil a região Norte, juntamente com o Maranhão no Nordeste, exhibe o maior número de espécies do bambu (FILGUEIRAS; VIANA, 2017). Segundo Gualberto, Silva e Oliveira (2020) a espécie mais usualmente empregada em estruturas de obras de engenharia civil é a *Dendrocalamus Giganteus*, conhecida como bambu gigante. Essa espécie é composta por bambus lenhosos de médio a grande porte que atingem mais de 30 metros de altura e 15 centímetros de diâmetro, como afirma Filgueiras e Viana (2017), e possui pouca variação dimensional entre os colmos, segundo Marçal (2018).

Para Marçal (2018) o bambu é motivo de orgulho em outros países devido a seu uso estar bem difundido nas construções e habitações populares, tanto que está sendo expandido para construções de maior porte e para classes com maior poder aquisitivo. Isso se dá devido ao bambu ser uma planta que possui um enorme potencial de utilização no ramo da construção civil, principalmente, devido a 4 fatores, sendo esses:

- Rápido crescimento: o bambu cresce três vezes mais rápido que outras plantas (Sharma; Dhanwantri; Mehta, 2014). Segundo Nunes, Júnior e Pastor (2021) em menos de um ano, ele atinge a sua altura máxima. Alves (2019) afirma que devido a isso ele pode ser colhido com apenas 3 anos de plantio. Portanto, é possível uma aquisição rápida do material e em grandes quantidades, uma vez que a planta atinge alturas muito grandes;
- Resistência: Nunes, Júnior e Pastor (2021) afirmam que a resistência máxima do colmo é

adquirida em sua fase de amadurecimento, logo após sua fase de crescimento, e isso tem uma duração em torno de três anos. Segundo Alves (2019) o bambu na sua forma natural é um material leve e de resistência que pode ser comparada ao aço e ao concreto, se tornando uma excelente matéria-prima para quaisquer fins, estruturais ou arquitetônicos.

As propriedades mecânicas do bambu são provenientes de suas fibras. Estas, portanto, são as principais responsáveis pela resistência do colmo. Além do conteúdo das fibras, a umidade do colmo, a idade e a sua densidade também influenciam em suas propriedades (NUNES; JÚNIOR; PASTOR, 2021).

- Construção limpa, sem deixar muitos resíduos;

- Fácil manuseio: tendo em vista que seu interior é oco e, portanto, seu peso próprio é pequeno.

Como tudo tem seus prós e contras, para o bambu não seria diferente. Apesar das vantagens supracitadas, sem os devidos cuidados o máximo desempenho da peça será comprometido. Portanto, a NBR 16828-1 (ABNT, 2020) foi criada no Brasil para estabelecer os requisitos básicos para a utilização do bambu em projetos de estruturas. Conforme a norma o bambu exige que muitos cuidados sejam tomados para garantir a integridade da peça: em sua colheita, pois somente colmos maduros devem ser selecionados para corte e emprego na construção; em seu corte, o qual deve ser feito sem choques para evitar fissuração; em seu processos de cura e secagem (tendo em vista que a umidade, assim como no aço, pode causar degradação); em seu tratamento preservativo contra ataques de insetos; em sua adesão com outros materiais (dificultada devido a sua superfície ser lisa); e na eficiência das ligações (também chamadas de conexões, são o maior problema enfrentado nos projetos estruturais de bambu).

### *3.3.1. Ligações*

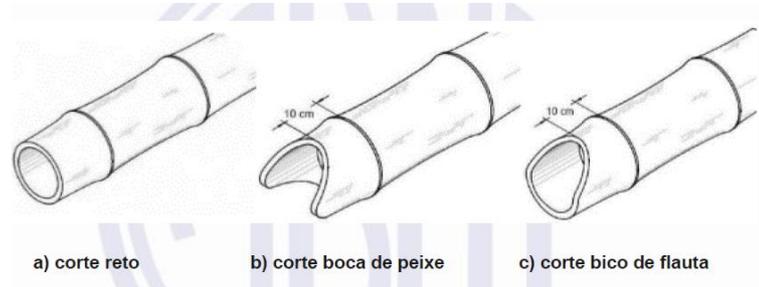
A NBR 16828-1 (ABNT, 2020) define por ligação o acoplamento entre dois ou mais elementos estruturais de bambu ou entre eles e o dispositivo de apoio. A norma ainda afirma que as ligações entre os diferentes componentes de uma estrutura de bambu, em geral, são os pontos mais suscetíveis a falhas, pois estas não permitem o máximo potencial da peça de bambu nos quesitos de resistência.

Essa limitação de desempenho ocorre tendo em vista que as ligações, muitas vezes, não possuem a mesma resistência que o bambu. Também pode ocorrer devido ao método de fixação no bambu reduzir o seu potencial pela necessidade de realizar um furo nele. Com isso, a norma NBR 16828-1 (ABNT, 2020) ressalva a necessidade, no dimensionamento dos projetos estruturais, a consideração dessas ligações como rótulas.

Muito se tem estudado a respeito dos tipos de conexões existentes e muito se tem pesquisado em busca da elaboração de novos tipos, na tentativa de suprir a necessidade em questão. A norma NBR 16828-1 (ABNT, 2020) traz os tipos de corte comumente utilizados

para o processo de junção das peças nas conexões (Figura 7), sendo esses: o corte reto, corte em boca de peixe e corte em bico de flauta (utilizado para unir peças que se encontram com ângulo diferente de  $0^\circ$  ou de  $90^\circ$ ).

Figura 7 - Tipos de corte.



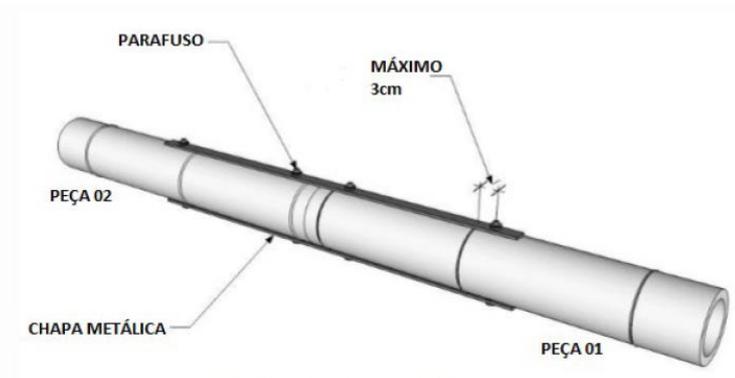
Fonte: NBR 16828-1 (ABNT, 2020).

Baseado em outras normas já existentes há muito tempo, a norma estabelece alguns tipos de conexões a serem utilizadas em projeto, são elas:

- a) ligações com auxílio de chapas e ou parafusos metálicos para união entre colmos conforme NEC-SE-Guadua:

Utilizada quando as solicitações sobre uma conexão são relativamente elevadas. Nessa conexão utilizam-se chapas de aço-carbono e parafusos para unir, longitudinalmente, duas peças de bambu (Figura 8).

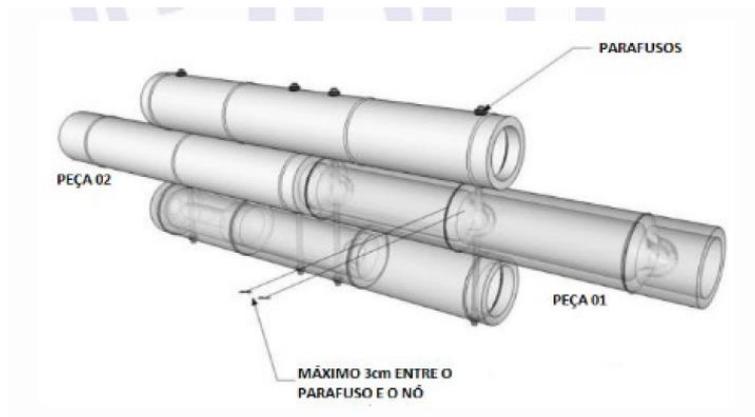
Figura 8 - Ligação de dois colmos com auxílio de chapa e parafusos.



Fonte: NBR 16828-1 (ABNT, 2020).

Também é possível fazer a conexão dessas mesmas peças com dois pedaços externos de bambu, utilizando os parafusos para fixação dos colmos (Figura 9).

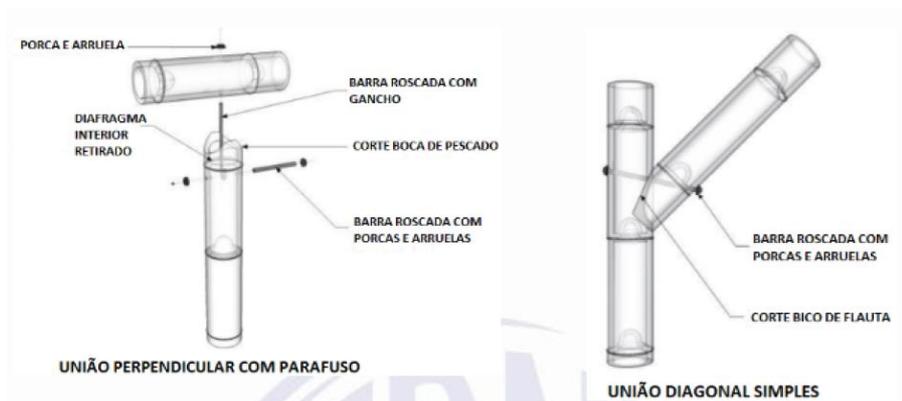
Figura 9 - Ligação de colmos com pedaços externos de bambu.



Fonte: NBR 16828-1 (ABNT, 2020).

Outro uso dessa ligação seria para unir duas peças de bambu na posição perpendicular ou diagonal, buscando o maior contato possível entre elas, conforme Figura 10.

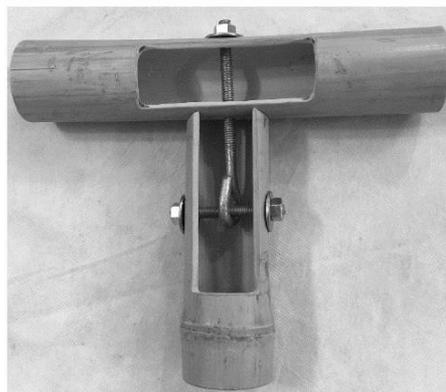
Figura 10 – União de colmos perpendicular e diagonal.



Fonte: NBR 16828-1 (ABNT, 2020).

Outra possibilidade é a ligação com ganchos e parafusos, conforme Figura 11, onde em caso de solicitações elevadas pode-se adotar o preenchimento dos entrenós com argamassa ou com outro material com resistência compatível. Essa ligação foi adotada neste trabalho para unir os elementos estruturais da edificação.

Figura 11 - Ligação com ganchos e parafusos.

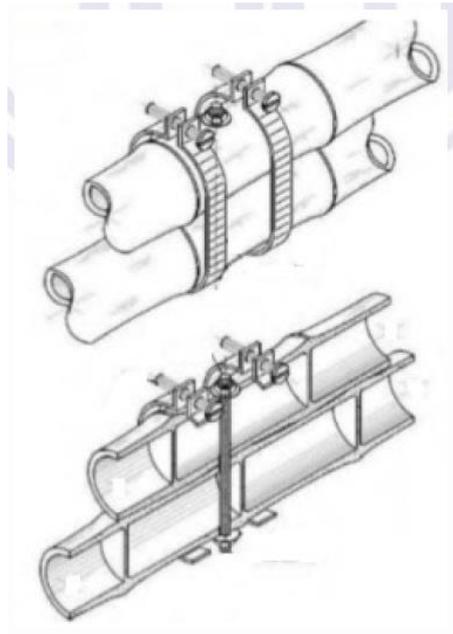


Fonte: NBR 16828-1 (ABNT, 2020).

b) ligações com abraçadeiras, cintadas e amarradas:

São usadas abraçadeiras metálicas envolvendo os colmos (Figura 12), desde que seja evitado o esmagamento e a falha por compressão perpendicular às fibras da peça, bem como a separação e deslizamento destas. Essa ligação também foi adotada neste trabalho para unir as barras que constituem os elementos estruturais da edificação.

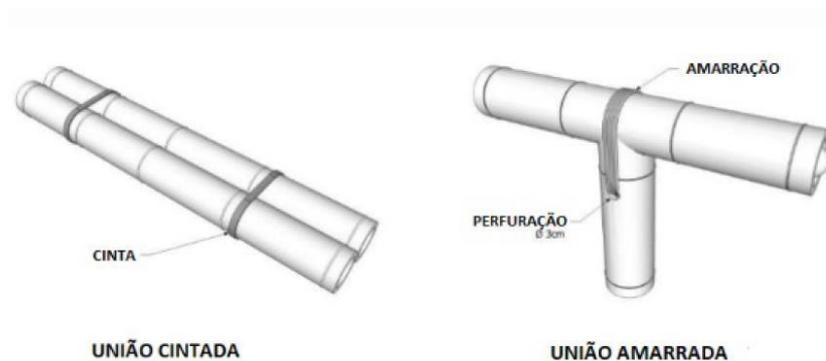
Figura 12 - Ligação com abraçadeiras.



Fonte: NBR 16828-1 (ABNT, 2020).

O cintamento e amarração (Figura 13) das peças devem ser feitos com o mesmo intuito de evitar folga e deslizamento dos colmos. Vários são os materiais que podem ser utilizados para essa finalidade, por exemplo, metal, corda, couro, plástico etc.

Figura 13 - Ligação com cinta e ligação amarrada.

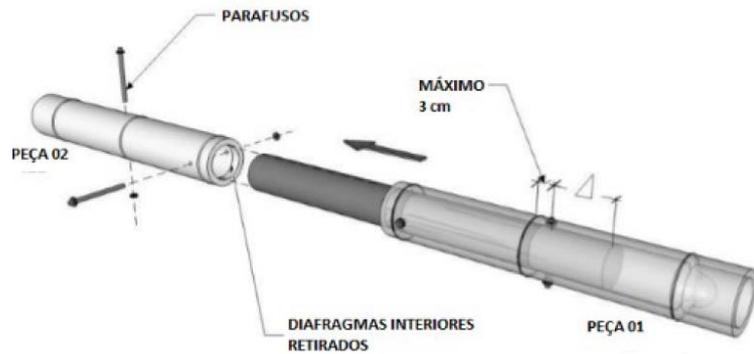


Fonte: NBR 16828-1 (ABNT, 2020).

c) ligações com tarugos e peças de madeira

Os tarugos devem ser de madeira estrutural, de bambu ou de outro material com resistência similar. Trata-se da inserção de peças roliças, desses possíveis materiais, na junção das duas peças de bambu (Figura 14). Para fixação o conjunto é parafusado.

Figura 14 - Ligação com tarugos.

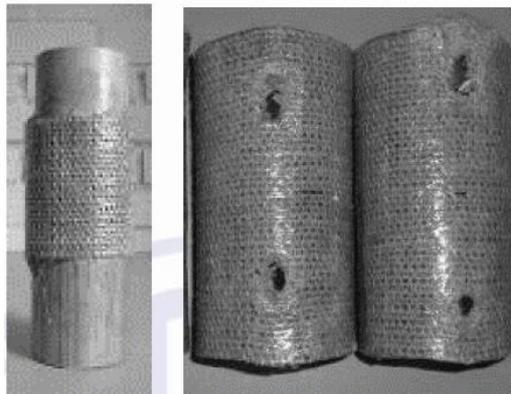


Fonte: NBR 16828-1 (ABNT, 2020).

#### d) ligações com luvas

Estas são utilizadas em caso de elementos tracionados, parafusados ou cavilhas. As luvas podem ser de materiais diversos (Figura 15).

Figura 15 - Luvas para ligação.



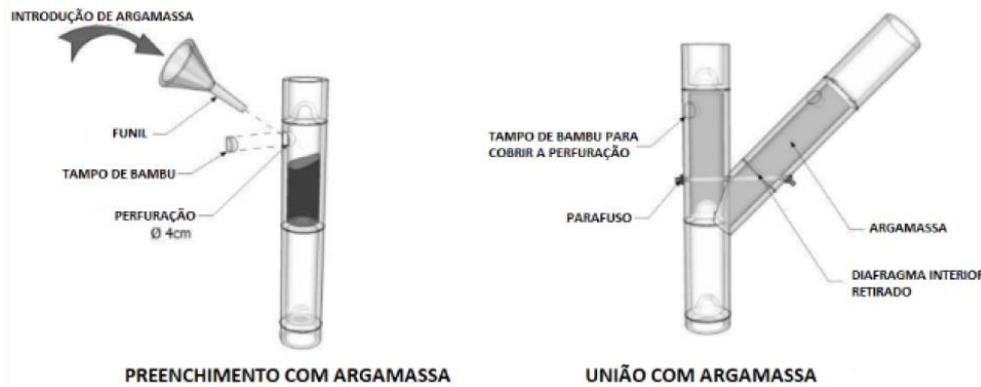
Fonte: NBR 16828-1 (ABNT, 2020).

#### e) preenchimento dos entrenós

Quando um entrenó estiver sujeito a uma força de esmagamento (compressão perpendicular às fibras), ou em outras situações, pode ser necessário o preenchimento com argamassa, (Figura 16). Segundo a norma NBR 16828-1 (ABNT, 2020), a argamassa deve ser preparada com uma proporção máxima de 1:4 (cimento e areia grossa), devendo ser suficientemente fluida para preencher completamente os entrenós. Podem ser usados aditivos redutores de água (para preparo).

O preenchimento também pode ser usado para fazer ligação dos colmos na fundação da obra, juntamente com a inserção de uma barra de ferro chumbada pelo menos a 30 cm da fundação e 30 cm do colmo (QUEIROZ, 2014). Essa conexão e as especificações expostas pela norma e por Queiroz (2014) foram adotadas nesse trabalho para o orçamento do sistema construtivo de bambu.

Figura 16 - Preenchimento dos entrenós.



Fonte: NBR 16828-1 (ABNT, 2020).

### 3.3.2. Elementos estruturais

O bambu pode exercer (sozinho ou em conjuntos de mais de uma vara) a função estrutural de vigas e pilares, de acordo com a norma NBR 16828-1 (ABNT, 2020). O cálculo de dimensionamento para cada elemento desses é fornecido pela norma em questão e, portanto, o presente trabalho toma como base as diretrizes contidas na norma para o dimensionamento equivalente dos elementos estruturais de bambu.

#### a) Vigas

As vigas podem ser compostas por um único colmo (chamada de viga simples por esta autora) ou por mais de um colmo (chamada de viga composta por esta autora), cujos colmos podem ser conectados com parafusos, cintas metálicas ou qualquer outro elemento que garanta o trabalho em conjunto. Para os seus dimensionamentos tem-se:

##### - Viga simples

Esse tipo de viga, segundo a NBR 16828-1 (ABNT, 2020), deve ser dimensionado quanto ao esforço de flexão ao qual estará submetida e sua segurança quanto ao esforço de cisalhamento deverá ser verificada em seguida.

Para isto, a norma estabelece que, inicialmente, é necessário o cálculo dos diâmetros médios externos ( $D_m$ ) e internos ( $d_m$ ), bem como a espessura média ( $t_m$ ) das paredes para as extremidades do colmo. O diâmetro externo médio de cada extremidade será dado pela média do maior diâmetro e do menor diâmetro tomados visualmente e, de mesmo modo, determina-se a espessura média de paredes de cada extremidade, através da média entre a maior espessura e a menor espessura. Com isso, a norma sugere tratar a barra como sendo de seção constante prismática até um comprimento  $L = 65D_m$ .

Em posse desses valores, o diâmetro interno médio do elemento é dado pela seguinte equação:

$$d_m = D_m - 2 * t_m \quad (1)$$

Pode-se, então, determinar o momento de inércia do elemento individual ( $I$ ) através da equação:

$$I = \frac{\pi (D_m^4 - d_m^4)}{64} \quad (2)$$

Com isso, tem-se todos os dados para a etapa de dimensionamento quanto ao esforço de flexão, realizada através da determinação da tensão máxima ( $\sigma_{cd}$ ) suportada pela seção transversal do colmo, cuja fórmula é dada a partir da relação entre o momento solicitante de cálculo ( $M_d$ ) e o módulo resistente da seção transversal ( $W$ ).

$$\sigma_{cd} = \frac{M_d}{W} \quad (3)$$

Onde

$$W = 2 * \frac{I}{D_m} \quad (4)$$

A verificação da segurança quanto ao esforço de flexão é dada conforme a equação:

$$\sigma_{cd} \leq f_{M,d} \quad (5)$$

com

$f_{M,d}$  – resistência à flexão;

$$f_{M,d} = k_{mod} * \frac{f_{M,k}}{\gamma_m} \quad (6)$$

sendo:

$f_{M,k}$  – resistência característica à flexão;

$k_{mod}$  - o coeficiente de modificação da resistência dado por:

$$k_{mod} = k_{mod_1} * k_{mod_2} * k_{mod_3} * k_{mod_4} \quad (7)$$

onde

$k_{mod_1}$  - o coeficiente que depende do tipo de carregamento, cujo seu valor é determinado pela Tabela 1:

Tabela 1 - Valores de  $k_{mod_1}$ .

Tipo de carregamento	$K_{mod,1}$
Permanente	0,7
Longa duração (mais de seis meses)	0,8
Média duração (uma semana a seis meses)	0,9
Curta duração (até uma semana)	1,0
Instantânea	1,1

Fonte: NBR 16828-1 (ABNT, 2020).

$k_{mod_2}$  - o coeficiente que depende da umidade relativa do ambiente no qual a estrutura vai estar inserida, determinado pela Tabela 2:

Tabela 2 - Valores de  $k_{mod,2}$ .

Condição ambiental	$K_{mod,2}$
UR < 75%	1,0
75% < UR < 85%	0,8
Bambu saturado	0,6

Fonte: NBR 16828-1 (ABNT, 2020).

$k_{mod,3}$  - o coeficiente que depende da qualidade do colmo que pode-se adotar, para colmos secos em boas condições, provenientes de plantações manejadas sem controle de qualidade, o valor de  $k_{mod,3} = 0,8$ .

$\gamma_m$  - o coeficiente de minoração das resistências características do bambu. Para dimensionamento nos estados-limite últimos, dado de acordo com os valores da Tabela 3.

Tabela 3 - Coeficiente de minoração das resistências características do bambu,  $\gamma_m$ .

Propriedade	$f_{c0,k}$	$f_{t0,k}$	$f_{v0,k}$	$f_{t90,k}$	$f_{M,k}$
$\gamma_m$	2,0	1,8	2,0	2,0	1,8
NOTA Para verificações nos estados-limite de serviço, $\gamma_m = 1,0$ .					

Fonte: NBR 16828-1 (ABNT, 2020).

As propriedades da tabela correspondem às propriedades mecânicas do bambu, respectivamente, resistência característica à compressão paralela às fibras, à tração paralela às fibras, ao cisalhamento paralelo às fibras, à compressão do colmo perpendicular às fibras e à flexão do colmo.

A verificação quanto ao cisalhamento da peça deve ser realizada se o comprimento da peça for menor que 25 vezes o diâmetro de sua extremidade, ou quando houver carga concentrada no colmo. Pois, as tensões de corte na viga são normalmente pequenas, mas devem ser verificadas na linha neutra nas extremidades do colmo. Para isso, calcula-se a tensão de corte de cálculo ( $\tau_d$ ) dada por:

$$\tau_d = \left[ \frac{2 * V_d}{3 * A} \right] * \left[ \frac{(3 * D_m^2) - (6 * D_m * t_m) + (4 * t_m^2)}{D_m^2 + (2 * D_m * t_m) + (2 * t_m^2)} \right] \quad (8)$$

onde

$V_d$  - esforço cortante de cálculo;

$A$  - área da seção transversal do colmo.

A verificação será dada conforme a equação:

$$\tau_d = f_{v0,d} \quad (9)$$

sendo

$f_{v0,d}$  - a resistência ao cisalhamento paralelo às fibras, dada por:

$$f_{v0,d} = \frac{k_{mod} * f_{v0,k}}{\gamma_m}$$

onde

$f_{v0,k}$  – é a resistência característica ao cisalhamento paralelo às fibras, determinada conforme a Tabela 4, referente a todas as resistências características do bambu em função da resistência característica à compressão paralela às fibras.

Tabela 4 - Resistências características do bambu a partir da resistência característica à compressão paralela à fibras.

Propriedade	$f_{t0,k}$	$f_{v0,k}$	$f_{c90,k}$	$f_{Mo,k}$	$E_b = E_{co}$
Valor	$1,3 f_{c0,k}$	$0,15 f_{c0,k}$	$0,1 f_{c0,k}$	$1,1 f_{c0,k}$	$300 f_{c0,k}$

Fonte: NBR 16828-1 (ABNT, 2020).

#### - Vigas compostas

Para as vigas compostas, a norma NBR 16828-1 (ABNT, 2020) estabelece que os colmos de formação devem ser conectados com parafusos, cintas metálicas ou qualquer outro elemento que garanta o trabalho em conjunto, de modo que os conectores sejam projetados para resistir às forças que aparecem nas uniões e nos entrenós evitando a falha por corte paralelo às fibras. O espaçamento desses conectores não pode exceder a três vezes a altura total da viga e a um quarto do vão. Além disso, o primeiro conector deve estar situado a uma distância mínima de 50 mm, medida a partir da face do apoio.

Segundo a norma, a composição da viga por meio de bambus amarrados entre si possui o momento de inércia equivalente a soma dos momentos de inércia de cada elemento, sem a aplicação do teorema dos eixos paralelos. Já para o caso de vigas compostas por bambus parafusados entre si, leva-se em consideração o diâmetro dos parafusos (o qual deve ser no mínimo 10 mm), a distância entre os parafusos ao longo da viga e a continuidade ou descontinuidade dos elementos que fazem a composição. Neste caso, o teorema dos eixos paralelos pode ser considerado relacionando o momento de inércia de um corpo rígido em relação a um eixo, que passe pelo seu centro de massa, com o seu momento de inércia em relação a qualquer eixo paralelo a esse.

Para todos os casos citados, desse tipo de viga, o espaçamento dos conectores não pode ser maior que três vezes a altura total da viga e a um quarto do vão, sendo o primeiro conector de todos situado a uma distância mínima de 50 mm, medida a partir da face do apoio.

Nas vigas de seção composta por dois ou mais colmos na vertical, segundo a norma, calcula-se a resistência à compressão paralela as fibras ( $f_{c0,d}$ ) da seguinte forma:

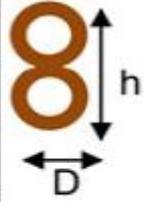
$$f_{c0,d} = k_{mod,1} * k_{mod,2} * k_{mod,3} * k_{mod,4} * \frac{f_{c0,k}}{\gamma_m} \quad (11)$$

A equação 11 leva em consideração a redução da capacidade de carga em flexão devida à instabilidade lateral por flambagem do colmo comprimido através do coeficiente de

modificação na resistência à compressão paralela às fibras,  $k_{mod,4}$ . Esse coeficiente é determinado de acordo com a Tabela 5.

Tabela 5 - Valores de  $k_{mod,4}$ .

$h/D$	$k_{mod,4}$
1	1,00
2	0,98
3	0,95
4	0,91
5	0,87



Fonte: NBR 16828-1 (ABNT, 2020).

Para esse caso, devem ser previstas contenções laterais das vigas, conforme o resultado da razão entre a altura da viga e o diâmetro médio do colmo. Desse modo:

- $h/D = 2$ : não há necessidade de suporte lateral;
- $h/D = 3$ : restringir deslocamento lateral dos apoios;
- $h/D = 4$ : restringir o deslocamento lateral dos apoios e do bordo comprimido;
- $h/D = 5$ : restringir o deslocamento lateral dos apoios e continuamente do bordo comprimido.

A tensão máxima ( $\sigma_{cd}$ ) suportada pela seção transversal do colmo calcula-se pela equação 3, de mesmo modo do cálculo para viga com um único colmo. Porém o resistente da seção transversal ( $W$ ) será dado por:

$$W = 2 * \frac{I}{h} \quad (12)$$

A verificação se dá através da relação:

$$\sigma_{cd} \leq f_{c0,d} \quad (13)$$

Quanto à verificação ao cisalhamento, esta pode ser realizada conforme as equações 8, 9 e 10, utilizadas para as vigas simples. A obtenção do esforço cortante em cada colmo dá-se por meio da divisão do valor deste pela quantidade de colmos existentes na viga.

Além das verificações quanto à flexão e cisalhamento, tanto as vigas simples quanto as vigas compostas devem ser verificadas com relação ao estado limite de serviço de deformação excessiva. Porém, a viga simples é pouco eficiente devido ao relativamente baixo valor da rigidez à flexão, o que torna o fator limitante no projeto a deflexão e não a resistência do bambu. Portanto, o uso da viga composta é mais comum, por suprir essa necessidade.

A deformação excessiva corresponde ao deslocamento máximo da viga ao longo prazo

e esta deve ser calculada e comparada com o valor limite de  $L/300$ , sendo L o comprimento total da viga. Devido a fluência do bambu, considera-se que a flecha ao longo do tempo devido às ações permanentes atinja um valor 1,7 vez maior que a flecha inicial.

A verificação quanto ao esmagamento do colmo devido a uma carga concentrada também é necessária a realização para os dois tipos de vigas. Esta é feita a partir da obtenção da força de cálculo, por meio da combinação normal das ações, de modo que:

$$F_d \leq \frac{2 * f_{c90,d} * t^2 * a}{3 * D} \quad (14)$$

onde

$F_d$  - é a força concentrada de cálculo aplicada;

$t$  - é a espessura média da parede do colmo no local de aplicação;

$a$  - é o comprimento de contato da força aplicada com o colmo de bambu;

$D$  - é o diâmetro externo do colmo no local de aplicação da carga;

$f_{c90,d}$  - é a resistência de cálculo à compressão perpendicular às fibras

sendo

$$f_{c90,d} = \frac{k_{mod} * f_{c90,k}}{\gamma_m} \quad (15)$$

As variáveis já foram mencionadas ao longo desse capítulo.

## b) Pilares

Os pilares, da mesma maneira que as vigas, podem ser compostos por um único colmo ou por mais de um colmo conectado. Para execução do dimensionamento destes, a NBR 16828-1 (ABNT, 2020), estabelece que se deve fazer algumas considerações, sendo elas:

- deve-se calcular o momento de inércia para o pilar com um único colmo de acordo com a equação 2;
- devem-se seguir as considerações de que o momento de inércia equivalente de um pilar composto por mais de um colmo, amarrados e parafusados entre si, será a soma dos momentos de inércia de cada elemento;
- diâmetro médio ( $D_m$ ) e espessura média ( $t_m$ ). Considerando a barra como prismática, para comprimentos máximos iguais a  $65 D_m$ ;
- pilares das estruturas de bambu são considerados articulados nas extremidades.

Para exercer a função de pilar deve-se selecionar os colmos mais retos possíveis. O dimensionamento dos pilares começa com a determinação do comprimento de flambagem, para isto, devido às extremidades do pilar de bambu serem consideradas articuladas, seu valor será dado pela distância entre os pontos em que há deslocamento transversal impedido. Para o caso

de extremidade livre o comprimento de flambagem será o dobro do comprimento do pilar.

Após esse cálculo deve-se determinar o índice de esbeltez ( $\lambda$ ) através da seguinte equação, tendo em vista que esse índice para um pilar de bambu não pode ultrapassar 150.

$$\lambda = \frac{L_0}{i} \quad (16)$$

onde

$L_0$  – comprimento de flambagem do pilar;

$i$  – raio de giração, dado por:

$$i = \left(\frac{I}{A}\right)^2 \quad (17)$$

sendo

$A$  – área.

Com isso, pode-se classificar os pilares em:

- pilar curto ( $\lambda \leq 30$ ): composto por um único colmo

Devido ao índice de esbeltez ser menor ou igual a 30, nesse tipo de pilar deve-se desconsiderar a presença de momentos e considerar tensão de compressão ( $\sigma_{Nd}$ ) como a relação entre o esforço normal de cálculo ( $N_d$ ) e a área ( $A$ ), conforme a seguinte equação

$$\sigma_{Nd} = \frac{N_d}{A} \quad (18)$$

A partir disto verifica-se a segurança, de acordo com:

$$\sigma_{Nd} \leq f_{co,d}$$

onde

$$f_{co,d} = \frac{k_{mod} * f_{co,k}}{\gamma_m} \quad (19)$$

- pilar médio ( $30 \leq \lambda \leq 70$ ): composto por um único colmo

A segurança para esse tipo de pilar é controlada pela tensão de compressão máxima, a qual é dada pela seguinte equação:

$$\sigma_{Nd} + \sigma_{Md} \leq \sigma_{fl} \quad (20)$$

onde

$\sigma_{Nd}$  – é a tensão de compressão devida ao esforço normal de cálculo;

$\sigma_{Md}$  – tensão normal de compressão devida ao momento fletor de cálculo, dada por:

$$\sigma_{Md} = \frac{M_d}{W} \quad (21)$$

$\sigma_{fl}$  - tensão-limite a ser considerada, que será:

$$\sigma_{fl} \leq \frac{F_E}{A} \quad (22)$$

ou

$$\sigma_{fl} \leq f_{co,d} \quad (23)$$

sendo

$F_E$  – Força de Euler, dada por:

$$F_E = \frac{\pi^2 * E_b * I}{L_0^2} \quad (24)$$

com

$E_b = E_{co}$  - módulo de elasticidade do bambu em compressão paralela às fibras

Retornando à equação 21 da tensão normal de compressão, temos ainda que:

$$M_d = \frac{N_d * e}{\left(1 - \frac{N_d}{F_{fl}}\right)} \quad (25)$$

onde

$F_{fl}$  - força-limite a ser considerada, levando em conta a flambagem e esmagamento da parede do bambu, expressa por:

$$F_{fl} = \sigma_{fl} * A \quad (26)$$

$e$  – é a excentricidade total, dada por:

$$e = e_i + e_a \quad (27)$$

Composta pela excentricidade inicial ( $e_i$ ) e a excentricidade das imperfeições acidentais ( $e_a$ ). O valor de  $e_a$ , caso não seja medida, será:

$$e_a = \frac{L}{100} \quad (28)$$

O valor da excentricidade inicial é dado por:

$$e_i = \frac{M_{1d}}{N_d} \geq \frac{D_m}{20} \quad (29)$$

com  $M_{1d}$  - o momento de primeira ordem ou momento solicitante de cálculo.

Como o pilar de bambu é considerado rotulado nas extremidades, normalmente  $M_{1d} = 0$ , então deve-se considerar:

$$e_i = \frac{D_m}{20} \quad (30)$$

Porém, caso a barra seja excentricamente comprimida a excentricidade dependerá do tipo do conector utilizado (parafuso, amarração ou outro) e do projeto da ligação, e neste caso,  $M_{1d}$ , então considera-se:

$$e_i = \frac{M_{1d}}{N_d} \quad (31)$$

Contudo, se esse valor for menor que o valor obtido na equação 30, deve-se adotar o valor da equação 30.

- pilar médio ( $70 \leq \lambda \leq 150$ ): composto por um único colmo

Para esse caso, as equações utilizadas serão as mesmas citadas anteriormente, porém

deve-se considerar a fluência do bambu e, portanto, considerar a excentricidade total conforme:

$$e = ei + ea + ec \quad (32)$$

onde

$$ec = (ei \text{ ou } ea) * [2,718^\alpha - 1] \quad (33)$$

Adotando-se o maior valor entre a excentricidade inicial e a accidental.

$$\alpha = \frac{\varphi [N_{g,k} + (\psi_1 + \psi_2)N_{q,k}]}{F_E - [N_{g,k} + (\psi_1 + \psi_2)N_{q,k}]} \quad (34)$$

sendo

$$\psi_1 + \psi_2 \leq 1 \quad (35)$$

com

$\psi_1$  - coeficiente da NBR 8681 (ABNT, 2003) correspondente à representação frequente de uma ação, igual a 0,5;

$\psi_2$  - o coeficiente da NBR 8681 (ABNT, 2003) correspondente à representação quase permanente de uma ação, igual a 0,4;

$\varphi$  - o coeficiente de fluência do bambu com valor igual a 0,8;

$N_{g,k}$  - esforço normal devido às ações permanentes com seu valor característico;

$N_{q,k}$  - esforço normal devido às ações acidentais com seu valor característico.

- pilar composto

A verificação da segurança para esse tipo de pilar é feita a partir das equações supracitadas 18 a 35, desde que para colmos sem ligação entre si o momento de inércia seja a soma das inércias individuais e, para colmos garantidamente unidos ao longo do comprimento, o momento de inércia do conjunto será calculado pelo teorema dos eixos paralelos, conforme equação:

$$I = k(\sum l_i + \sum A_i * d_i^2) \quad (36)$$

onde

$l_i$  - é o momento de inércia do  $i$ ésimo colmo;

$A_i$  - é a área do  $i$ ésimo colmo;

$d_i$  - é a distância do respectivo centroide ao centroide conjunto de colmos;

$k$  - é o coeficiente para corrigir o momento de inércia, dado por  $k = 0,8$  para pilares compostos por dois colmos;  $k = 0,7$  para pilares compostos por três ou mais colmos.

Para os pilares compostos por colmos afastados entre si, conectados não continuamente, o momento de inércia é obtido conforme a equação a seguir:

$$I = k * \sum A_i * d_i^2 \quad (37)$$

Onde  $k$  possui os valores indicados anteriormente.

Assim, finalizam-se os dimensionamentos dos pilares e vigas de bambu em uma edificação.

### 3.4. ESCOLHA DO MATERIAL DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS

A escolha do material a partir do qual serão executados os elementos estruturais da obra é de suma importância e é baseada em uma série de fatores, entre eles, a resistência aos esforços aos quais a obra estará submetida, a sensação de segurança transmitida e também a durabilidade dos elementos (MARÇAL, 2018). Porém, o fator decisivo para a adesão ou não de um material, seja qual for o porte da obra, é o fator econômico.

Segundo Oliveira et al. (2020) o mercado está mais exigente tanto em relação à segurança e qualidade quanto em menor custo de execução das obras. Seja em obras públicas ou privadas o menor custo, na maioria das vezes, levará vantagem na contratação de empresas, por exemplo, bem como na aquisição de materiais. Para uma melhor relação do preço de compra de material e de execução dos serviços da obra faz-se o orçamento.

### 3.5. ORÇAMENTO

O orçamento é tido como uma etapa crucial da construção civil, uma vez que é capaz de prever (ou estimar) o valor a ser gasto para a execução da edificação como um todo (serviços, materiais, mão de obra e equipamentos). Através dele também pode-se evitar imprevistos (que possam vir a comprometer o andamento da obra quando não antecipados) e criar estimativas de produtividades e prazos de execução. Para Santos (2018) o orçamento do custo de uma obra é um dos principais documentos a se analisar no estudo de viabilidade de um empreendimento, pois o custo de uma mesma obra pode variar consideravelmente dependendo da escolha de seu sistema construtivo. Cunha (2021) complementa a ideia afirmando que a viabilidade econômica da edificação é favorecida quando se busca minimizar o custo de uma estrutura.

A elaboração do orçamento começa antes do início da obra e a preparação deve estabelecer critérios rigorosos na composição de custos para que não haja considerações incertas (MATTOS, 2006 *apud* SOARES, 2021). Ele ainda afirma que o orçamento é a tradução do projeto em termos econômicos e financeiros.

#### 3.5.1. Tipos de orçamento

O orçamento, segundo Oliveira (2018), deve ser elaborado de acordo com sua finalidade e grau de assertividade, pois existem vários tipos de orçamento para um empreendimento e cada um tem suas peculiaridades. Pode-se citar três tipos, sendo eles: Tabelado, Preliminar e Analítico.

O tabelado, como afirma Silva (2019), possui uma abordagem bem superficial em quesito de detalhamentos, pois é feito através de comparativos com projetos da mesma linha. O norteador mais utilizado nesta tipologia é o Custo Unitário Básico (CUB), que valoriza o m<sup>2</sup>

baseado em diferentes índices de construção. Devido a abordagem superficial, esse tipo de orçamento possui uma grande margem de erro para o valor final obtido.

O orçamento preliminar consegue ser mais detalhado que o tabelado, no entanto, ainda pode possuir uma margem de erro grande quanto à realidade, pois é dotado de individualidades (SILVA, 2019). Nesse tipo, realiza-se um levantamento de quantitativos e atribuição de custos a determinadas atividades com base em alguns indicadores utilizados para essa finalidade. Em muitos casos, ocorre de a construtora gerar indicadores próprios, através dos quais elabora-se os orçamentos (XAVIER, 2008 *apud* BORBA, 2020).

Já o orçamento analítico é o mais indicado, pois neste são criadas planilhas com o levantamento de custos diretos e indiretos e, por fim obtém-se o preço para execução da obra. Os custos são as despesas das composições dos serviços (considerando a aquisição de materiais, contratação de mão de obra e administração) que a construtora terá para executar a obra, já o preço corresponde ao custo acrescido do BDI (Benefícios e Despesas Indiretas) que é um fator de correção para adicionar custos indiretos no orçamento.

Devido a maior precisão no resultado obtido, o presente trabalho utilizará o método de orçamento analítico para orçamentação dos elementos estruturais em concreto armado e em bambu.

### 3.5.2. *Processo de orçamentação*

Segundo Santos (2019) as etapas que compõem o orçamento analítico, são:

1. levantamento de quantitativos: levantamento das quantidades necessárias de materiais para execução dos serviços;

2. CPUs (composições de preços unitários): determinação do custo (englobando material, mão de obra e equipamentos) para a execução de um serviço (SILVA, 2019). Para esta etapa podem ser usadas as composições contidas na Tabela de Composição de Preços para orçamentos (TCPO) ou nos bancos de dados como, por exemplo, o SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), entre outros;

3. montagem dos Custos Indiretos: que são os custos de água, energia, telefone, transporte, combustível, mão-de-obra indireta, equipamentos, máquinas, aluguel, alimentação e etc. (SANTOS, 2019). Essa etapa não será necessária para o orçamento em questão.

4. montagem do Roteiro de Orçamento: inserção dos quantitativos nas CPUs e dos custos indiretos. Computação dos impostos que incidem sobre os serviços e dos encargos sociais que incidem apenas sobre a mão-de-obra. Os custos são somados obtendo-se o custo total da obra ou reforma (SANTOS, 2019);

5. inserção do BDI: Após a realização do orçamento total da obra o valor encontrado será multiplicado pelo BDI obtendo-se assim, o preço da obra (CARVALHO, 2018). Porém, como o objetivo do trabalho é avaliar o custo dos elementos para cada método construtivo, esta

etapa não será necessária.

Neste trabalho, serão adotadas as etapas supracitadas para execução do orçamento, porém uma nova etapa será acrescentada ao início dessa lista. Baseada no trabalho de Soares (2021), a primeira etapa será a de criação de uma EAP (Estrutura Analítica do Projeto) para nortear melhor as demais etapas do orçamento que, segundo Soares (2021) consiste na listagem de todo o trabalho necessário para entregar o projeto e assegurar que no projeto não tenha trabalho desnecessário.

### 3.5.3. Banco de dados

Os bancos de dados são tabelas divulgadas mensalmente por estado para serem utilizadas como referência na etapa de composição dos preços unitários dos serviços. Como já mencionada, a composição dos preços unitários é a determinação do custo para a execução de um serviço. Essa tabela contém uma média do custo unitário, naquela região, para a execução de cada serviço da construção civil, contendo os valores unitários de material, mão de obra e equipamentos necessários para sua realização.

SOTT, 2018 afirma que um sistema de orçamentação amplamente utilizado nessa etapa é o SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), gerido pela Caixa Econômica Federal (CEF) e o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Além desse tem- se também o TCPO, ORSE (Orçamento de Obras de Sergipe), CUB (Custo Unitário Básico), SEINFRA-CE (Secretaria de Infraestrutura do Ceará), entre outros.

Neste trabalho, para a elaboração dos orçamentos, para o estudo comparativo dos sistemas construtivos, foi selecionado o projeto estrutural de uma residência unifamiliar localizada na cidade de Fortaleza - CE, onde a planta baixa, corte e planta de cobertura para esta estão disponibilizadas no Anexo A. O trabalho utilizará o banco de dados mais recente da SEINFRA (Versão 027.1) para elaboração dos custos unitários do orçamento, tendo em vista que o projeto de estudo em questão trata- se de uma residência localizada no estado do Ceará.

## 4. METODOLOGIA

A execução do presente trabalho seguiu as metodologias de pesquisa bibliográfica e experimental, com a análise dos dados obtidos feita de forma quantitativa/ comparativa. Para isso, a pesquisa foi desenvolvida conforme quatro etapas, sendo estas: revisão bibliográfica; escolha do projeto objeto do estudo; dimensionamento equivalente das vigas e pilares do projeto para o bambu e orçamentação analítica das vigas e pilares do projeto.

A primeira etapa consistiu na coleta de dados indireta através da literatura (disponível até o momento) como dissertações, teses, trabalhos de conclusão de curso, artigos, livros e notas de aulas com a finalidade de interação acerca do material bambu, suas propriedades e possibilidades de uso na construção civil como elemento estrutural de edificações. Além dessas

fontes, utilizaram-se também documentos legais, tais como as Normas Brasileiras (NBR) para embasamento do dimensionamento desses elementos estruturais de bambu.

A segunda etapa foi destinada a escolha do projeto, de uma obra de pequeno porte, a ser utilizado como base para este estudo, onde o critério de seleção utilizado foi a presença do projeto de estruturas com seus devidos dimensionamentos realizados para uma estrutura com concreto armado. Para melhor precisão nos resultados do trabalho, adotou-se que a obra em questão, a qual se trata de uma residência unifamiliar, será localizada na cidade de Fortaleza no estado do Ceará. A planta baixa, corte e planta de cobertura da obra encontram-se disponibilizadas no Anexo A deste trabalho.

O dimensionamento dos elementos estruturais do projeto para o material bambu, terceira etapa, foi realizado com base nas especificações da norma NBR 16828-1 (ABNT, 2020) de modo que as vigas e pilares de bambu fossem equivalentes às de concreto armado.

Por fim, na última etapa, foram realizados e analisados os orçamentos analíticos (uma vez que esse tipo de orçamento obtém resultados mais precisos) das vigas e pilares para os dois sistemas construtivos (concreto armado e bambu) aplicados à mesma obra e através de análise quantitativa será definida a viabilidade da substituição do concreto armado pelo bambu.

#### 4.1. DADOS DO PROJETO

Como mencionado, o projeto se trata de uma residência unifamiliar, localizada na cidade de Fortaleza- CE. Após a sua escolha foram localizados, no projeto estrutural, todos os elementos de estrutura da edificação. A Figura 17 demonstra em perspectiva 3D essas localizações. Em seguida, a Figura 18 mostra esses elementos em perspectiva 2D devidamente nomeados e enumerados, onde em amarelo são representadas as vigas, identificadas com a letra “V” e seu número correspondente, e em ciano são representados os pilares, seguindo o mesmo critério de nomeação, porém com o uso da letra “P”. Além disso, a Figura 18 mostra os vãos teóricos.

Figura 17 - Estruturas da obra em perspectiva 3D.

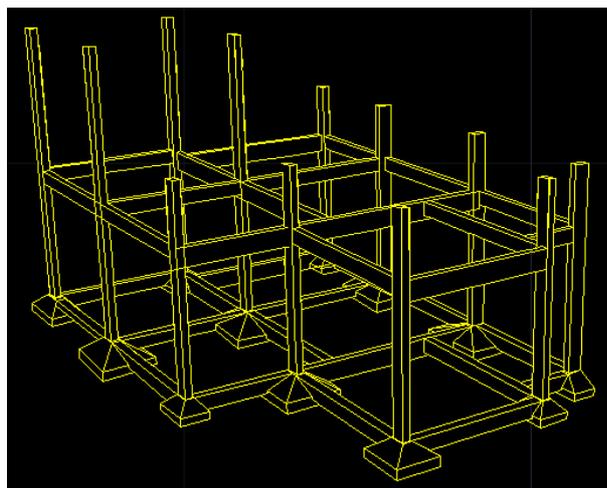
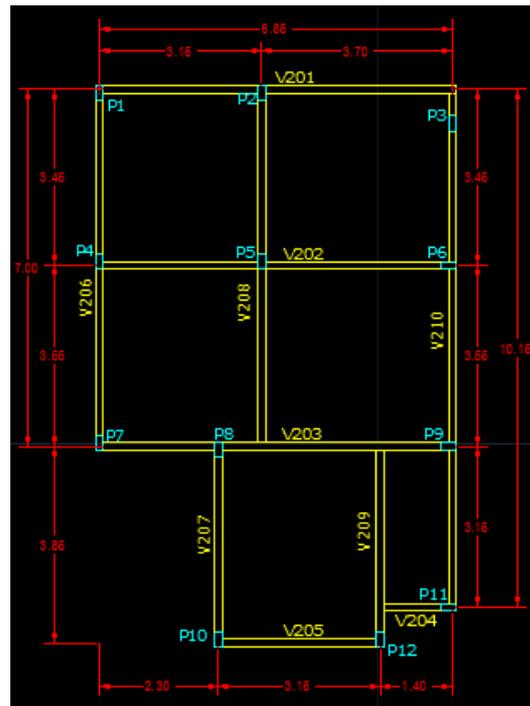


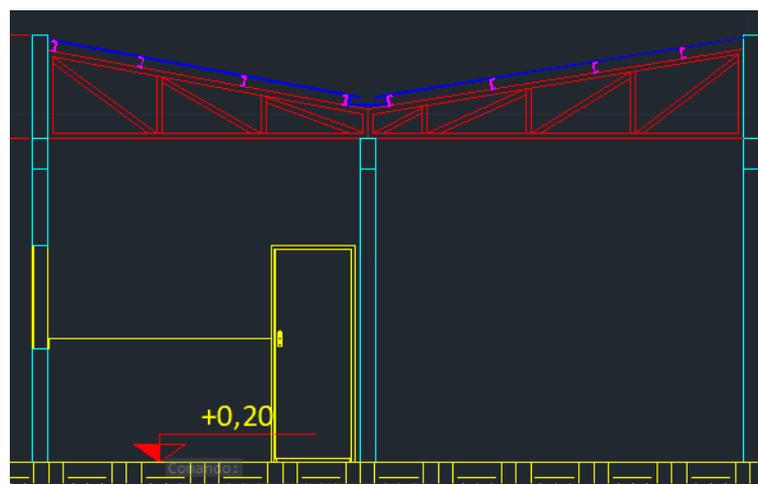
Figura 18 - Nomeação de vigas e pilares.



Fonte: Autoria própria, 2022.

A cobertura da residência, contida no projeto estrutural, se tratava de uma laje e um telhado com duas águas (convergindo para o centro da edificação, onde há uma calha para captação e destinação das águas pluviais no sistema próprio). Para a realização deste trabalho adotou-se apenas o telhado de duas águas, com telhas metálicas e apoio em treliças metálicas (para diminuição das cargas atuantes nos elementos estruturais). A Figura 19 mostra a perspectiva em corte da residência, para visualização dessa cobertura.

Figura 19: Corte AA da residência.



Fonte: Autoria própria, 2022.

#### 4.2. DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS E PILARES COM O BAMBU

Para essa etapa levaram-se em consideração as cargas atuantes nos pilares e vigas já disponibilizadas no projeto estrutural. A espécie do bambu *Dendrocalamus Giganteus* foi a escolhida para esse dimensionamento devido a sua variação de diâmetros ser pequena, girando

em torno de 15 cm.

Com base no trabalho de Carbonari *et al.* (2021) foram adotadas, para a espécie de bambu em questão, as dimensões de 14 cm de diâmetro externo médio e 1,25 cm de espessura média das paredes do colmo.

#### 4.2.1. Pilares

Os pilares de bambu foram dimensionados de acordo com os resultados obtido por Carbonari *et al.* (2021). Portanto, foi adotada uma seção de 2x3 para estes, tendo em vista que os valores das cargas atuantes nos pilares, fornecidos pelo projeto estrutural anteriormente mencionado, não ultrapassaram 50,26 KN (limite estabelecido por Carbonari *et al.* (2021) para a carga máxima suportada pelo pilar de seção apresentada).

#### 4.2.2. Vigas

O dimensionamento das vigas, de mesmo modo dos pilares, foi baseado no trabalho de Carbonari *et al.* (2021) que dimensionou esses elementos de seu projeto para um vão máximo de 5,31m e uma carga distribuída máxima de 29,37 kN/m. Uma vez que o maior vão encontrado na estrutura do presente trabalho possui um valor de 3,85m e a maior carga distribuída encontrada foi de 21,85 kN/m, adotou-se a mesma seção de 2x3 para as vigas.

### 4.3. ORÇAMENTO ANALÍTICO

Os orçamentos dos dois processos executivos aqui estudados, concreto armado e bambu, foram elaborados levando em consideração a seção de bambu encontrada no item anterior e os detalhamentos das vigas e pilares contidos nos anexos B e C, respectivamente.

#### 4.3.1. Estruturas de concreto armado

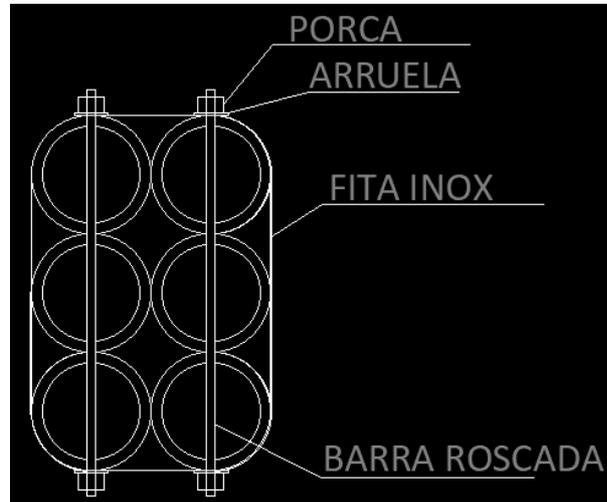
Como mencionado, será utilizado o banco de dados mais recente da SEINFRA (versão 027.1) para determinação dos custos unitários dos serviços do sistema construtivo com concreto armado. O quantitativo de cada serviço foi realizado para cada pilar e viga com a finalidade de um melhor entendimento dos custos por elemento, levando em consideração suas dimensões e armações (especificadas em projeto), a fabricação do concreto realizada “in loco”, com agregados adquiridos, o lançamento desse concreto considerando elevação e o sistema de formas para cada estrutura. As composições de preços utilizadas para orçamentação dos itens mencionados são encontradas no Anexo D.

#### 4.3.2. Estruturas de bambu

Tendo em vista que a tabela da SEINFRA não possui composição para o uso desse material, foi necessária a criação de composições próprias para determinação do custo unitário

da estrutura de 2x3 colmos, da união dos pilares 2x3 com a fundação e da união de pilares e vigas 2x3. As composições auxiliares, utilizadas para compor as principais, foram adotadas a partir da tabela da SEINFRA (por já existir as especificações necessárias) e a estrutura 2x3 colmos foi adotada conforme ilustra a Figura 20.

Figura 20: Seção transversal dos elementos estruturais 2x3.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Para a criação da composição Estrutura de bambu *Dendrocalamus giganteus* 2x3 colmos – M, se levou em consideração a mão de obra de carpinteiro e ajudante de carpinteiro, onde os coeficientes e preços adotados para esses profissionais serão os mesmos existentes na composição dos itens da tabela SEINFRA, para serviços com madeira. A lista de materiais da composição incluirá os colmos do bambu *Dendrocalamus giganteus*, as barras roscáveis, arruelas e porcas, para fixação transversal das varas e fita inox, para cintamento do elemento todo, conforme demonstra a Figura 20.

Os colmos do bambu, dados em metros, possuirão um coeficiente definido a partir do seu total na estrutura 2x3 e seu preço ( $Preço_{bambu}$ ) foi determinado através da relação do seu custo de aquisição -  $Preço_{fornec}$  - (coletado através de pesquisas de mercado, onde cotaram-se as barras na empresa REPAROS E REFORMAS JA, CNPJ: 19.805.663/0001-01, localizada no município de São Paulo – SP (Anexo E) e a metragem total de barras necessárias para execução de todos os elementos ( $Total_{bar\ bambu}$ ), através da equação abaixo:

$$Preço_{bambu} = \frac{Preço_{fornec}}{Total_{bar\ bambu}} \quad (38)$$

Para as barras roscadas, também se adotou a unidade em metros. A definição de seu coeficiente (feito para vigas e pilares em conjunto) levou em conta um comprimento de 48cm de barra, por ligação, e as exigências da NBR 16828-1 (ABNT, 2020) a respeito do espaçamento desses conectores (o primeiro conector deve estar a uma distância de 50 mm da face do apoio e os demais a uma distância que não exceda  $3 * h$  e  $\frac{1}{4} l_{vão}$ , com  $h$  sendo a altura do elemento e

$l_{v\tilde{a}o}$  o comprimento do v\~ao) para determina\~ao da metragem total do material para as vigas e pilares ( $Total_{bar\ rosc}$ ). Em seguida, fez-se a rela\~ao desse valor com o comprimento total de estrutura ( $Comp_{tot\ estr}$ ), atrav\~es da equa\~ao seguinte, e obteve-se o coeficiente do material ( $Coef_{barra\ rosc}$ ). Seu pre\~co foi determinado atrav\~es de pesquisas no mercado local.

$$Coef_{barra\ rosc} = \frac{Total_{bar\ rosc}}{Comp_{tot\ estr}} \quad (39)$$

As arruelas e porcas, dadas em unidades, possuir\~ao um coeficiente resultado da quantidade de barras roscadas, das vigas ( $n^{\circ}_{bar\ vigas}$ ) e pilares ( $n^{\circ}_{bar\ pilares}$ ), multiplicado por dois (devido esta ser a quantidade necess\~aria dessas pe\~cas para cada uni\~ao) e, em seguida, o valor encontrado ser\~a dividido pelo comprimento total das estruturas da edifica\~ao. Seus pre\~cos, de mesmo modo das barras roscadas, foram estabelecidos a partir de pesquisas no mercado local. O Anexo F mostra a cota\~ao dos itens mencionados.

$$Coef_{arruelas} = \frac{(n^{\circ}_{bar\ vigas} + n^{\circ}_{bar\ pilares}) * 2}{Comp_{tot\ estr}} = Coef_{porcas} \quad (40)$$

A fita de inox foi adotada para a uni\~ao dos 6 colmos dos elementos, com unidade em metros, seu coeficiente ( $Coef_{fita}$ ) ser\~a dado por:

$$Coef_{fita} = \frac{[n^{\circ}_{bar\ vigas} + n^{\circ}_{bar\ pilares}] * [(2 * a) + (2 * b) + folga]}{Comp_{tot\ estr}} \quad (41)$$

onde,

$a$  – \u00e9 a menor dimens\~ao da se\~ao transversal do elemento;

$b$  – \u00e9 a maior dimens\~ao da se\~ao transversal do elemento;

$folga$  – folga de 6 cm adotada para o comprimento da fita.

O pre\~co da fita inox foi estabelecido atrav\~es da tabela de insumos do SEINFRA.

Por fim, tem-se o material grampo, respons\~avel pelo travamento da fita de inox ao redor do elemento estrutural. Para este, calculou-se seu coeficiente ( $Coef_{grampo}$ ) de acordo com a seguinte equa\~ao e seu pre\~co foi tamb\~em determinado pela tabela de insumos do SEINFRA.

$$Coef_{grampo} = \frac{[n^{\circ}_{bar\ vigas} + n^{\circ}_{bar\ pilares}]}{Comp_{tot\ estr}} \quad (42)$$

A composi\~ao Uni\~ao pilar 2x3 colmos e funda\~ao – Unidade, ser\~a feita para a constru\~ao de uma base de concreto com 28 de largura, 42 de comprimento e 15 cm de altura, a fim de elevar os colmos de bambu evitando problemas como o seu contato com o solo. Para isso considerou-se a m\~ao de obra de pedreiro e servente, onde os coeficientes e pre\~cos adotados para esses profissionais ser\~ao os mesmos existentes na composi\~ao dos itens da tabela SEINFRA, para servi\~cos com concreto. Como materiais tem-se: o concreto de 30 Mpa, para constru\~ao da base (coeficiente ( $Coef_{conc}$ ) calculado a partir do volume da base), uma armadura de a\~co CA-50 (coeficiente ( $Coef_{a\~co}$ ) calculado a partir da quantidade de barras necess\~aria por

pilar e seu comprimento de 60 cm), para ancoragem da base e dos colmos e argamassa no traço de 1:4, para preenchimento interno dos colmos nessa união (coeficiente ( $Coef_{argm}$ ) calculado a partir do diâmetro interno do bambu e uma altura de preenchimento adotada de 35 cm). Todos esses itens já possuíam composições formadas na tabela SEINFRA portanto, seus preços foram adotados de acordo com esta.

A composição União pilar e viga 2x3 – Unidade, foi feita para a união tipo gancho das vigas nos pilares e o preenchimento do interior do colmo com argamassa. Para isso considerou-se a mão de obra de carpinteiro e ajudante de carpinteiro, onde os coeficientes serão de 0,5 (equivalentes a um trabalho de 30 minutos para execução de cada união) e preços adotados também serão os mesmos existentes na composição dos itens da tabela SEINFRA, para serviços com madeira. Como materiais tem-se os ganchos feitos com as barras roscadas, as arruelas e porcas para sua fixação e a argamassa. Seus coeficientes serão adotados da seguinte maneira: um comprimento de 0,55 m \*6 para as barras roscáveis ( $Coef_{barra\ rosc}$ ) e 6 unidades para as arruelas ( $Coef_{arr}$ ) e porcas ( $Coef_{porc}$ ). O preço desses itens se dá a partir dos valores estabelecidos na pesquisa de mercado local realizada para as composições anteriores.

## 5. RESULTADOS E ANÁLISES

Este capítulo tem por finalidade apresentar os resultados dos cálculos das composições próprias para os elementos estruturais de bambu, do orçamento total para execução dos pilares e vigas em concreto armado e em bambu. Para uma melhor apresentação e entendimento dos dados, serão expostos os cálculos com as equações necessárias, de acordo com os modelos expostos no capítulo dois.

### 5.1. COMPOSIÇÕES PRÓPRIAS

Como visto na seção 4.3.2, foram necessárias algumas considerações, para elaboração dessas composições, quanto a mão de obra e os materiais para execução do serviço. Inicialmente calculou-se a composição Estrutura de bambu *Dendrocalamus giganteus* 2x3 colmos – M, que corresponde ao valor a ser gasto para execução de um metro da estrutura com 6 varas de bambu (essa composição servirá tanto para os pilares, quanto para as vigas). Para seu cálculo adotou-se que a equipe da mão de obra levaria 1,5 horas para execução do metro de estrutura e seus preços foram determinados através tabela do SEINFRA, obtendo-se um total de R\$ 56,31 de mão de obra por metro.

Para os materiais foi calculado todo o bambu necessário para a construção de todos os pilares e vigas, obtendo se um total de 90 bambu gigante com 4 metros de comprimento e 84 com 3 metros. A partir disso, cotou-se com o fornecedor o valor de aquisição das peças e calculou-se, através da equação 38, o valor equivalente a 1m de peça para a composição, conforme cálculo descrito abaixo:

$$Preço_{bambu} = \frac{23000}{((90 * 4) + (84 * 3))} \rightarrow Preço_{bambu} = 37,5817 \quad (43)$$

Para as barras roscadas foi calculado o número de barras para cada elemento (levando em consideração as exigências da norma) e adotado um comprimento de 48cm de barra, por ligação. Com isso, foram obtidas as metragens de barras necessárias para todas as vigas (75,84 metros) e todos os pilares (48,96 metros). Utilizando a equação 39 dividiu-se essa metragem pelo comprimento total da estrutura (pilares + vigas), obtendo-se um coeficiente de 1,4211 para esse material. Seu preço de 16,27 foi determinado através da pesquisa de mercado local.

$$Coef_{barra\ rosc} = \frac{(75,84 + 48,96)}{87,82} \rightarrow Coef_{barra\ rosc} = 1,4211 \quad (44)$$

As arruelas e porcas tiveram um coeficiente de 6,8777, que foi calculado através da equação 40, conforme o seguinte cálculo, onde:  $n^{\circ}_{bar\ vigas} = 158\ barras$ ;  $n^{\circ}_{bar\ pilares} = 144\ barras$  e  $Comp_{tot\ estr} = 87,82$ . O preço desses materiais de 0,16 e 0,6, respectivamente, também foram determinados através da pesquisa de mercado local.

$$Coef_{arruelas} = Coef_{porcas} = \frac{(158 + 144) * 2}{87,82} = 6,8777 \quad (45)$$

Para a fita de inox calculou-se seu coeficiente adotando  $a = 28 \text{ cm}$ ;  $b = 42 \text{ cm}$  e  $folga = 6 \text{ cm}$ . De acordo com a equação 41, obteve-se:

$$Coef_{fita} = \frac{[158 + 144] * [(2 * 0,28) + (2 * 0,42) + 6]}{87,82} = 5,4334 \quad (46)$$

Seu preço de 2,35 foi estabelecido através da tabela de insumos da SEINFRA.

O último material dessa composição, o grampo, teve seu coeficiente calculado a partir da equação 42 e seu resultado é demonstrado a seguir. Seu preço de 0,73 foi também estabelecido através da tabela de insumos do SEINFRA.

$$Coef_{grampo} = \frac{[158 + 144]}{87,82} = 3,4389 \quad (47)$$

A Tabela 6 a seguir sintetiza todos os coeficientes e preços estabelecidos para geração dessa composição, resultando em um valor de R\$325,43 para cada metro de estrutura de bambu gigante 2x3 colmos.

Tabela 6: Composição própria - Estrutura de bambu gigante 2x3 colmos.

COMPOSIÇÃO PRÓPRIA- ESTRUTURA DE BAMBU DENDROCALAMUS GIGANTEUS 2X3 COLMOS- M					
MAO DE OBRA		Unidade	Coeficiente	Preço	Total
I0041	AJUDANTE DE CARPINTEIRO	H	1,5000	16,7700	25,1550
I0498	CARPINTEIRO	H	1,5000	20,7700	31,1550
				Total:	56,3100
MATERIAIS					
REPAROS E REFORMAS JA	BAMBU DENDROCALAMUS GIGANTEUS	M	6,0000	37,5817	225,4902
DRAGÃO DOS PARAFUSOS	BARRA ROSCADA 10 MM	M	1,4211	16,2700	23,1211
DRAGÃO DOS PARAFUSOS	ARRUELA LISA EM AÇO INOX 3/8"	UNID.	6,8777	0,1600	1,1004
DRAGÃO DOS PARAFUSOS	PORCA 10 MM	UNID.	6,8777	0,6000	4,1266
I6422	FITA DE INOX P/ FIXAÇÃO DO ELETRODUTO NO POSTE	UNID.	5,4334	2,3500	12,7685
I6423	GRAMPO DE INOX P/ PRENDER FITA DE FIXAÇÃO	UNID.	3,4389	0,7300	2,5104
				Total:	269,1172
				Total Simples:	325,43
				Encargos Sociais:	INCLUSO

Fonte: Autoria própria, 2022.

A composição União pilar 2x3 colmos e fundação – Unidade, foi feita para a construção de uma base de concreto com 28 de largura, 42 de comprimento e 15 cm de altura para elevar os colmos de bambu. Para isso considerou-se 1,6 horas da mão de obra de pedreiro e servente para execução da unidade da base. Os preços dos profissionais foram adotados da tabela SEINFRA, obtendo-se R\$ 58,1120 de mão de obra por unidade.

Como materiais dessa composição tem-se o concreto de 30 Mpa, com um coeficiente dado por:

$$Coef_{conc} = 0,28 * 0,42 * 0,15 = 0,0203 \quad (48)$$

Tem-se ainda, 6 unidades de armadura de aço CA-50 com 60 cm de altura e para

ancoragem da base e de cada colmos, de coeficiente calculado por:

$$Coef_{conc} = 0,6 * 6 = 0,0218 \quad (49)$$

Por último, argamassa no traço de 1:4, para preenchimento interno dos colmos nessa união com coeficiente igual a:

$$Coef_{conc} = Área_{interna} * 0,35 * 6 = 0,0218 \quad (50)$$

Todos esses itens já possuíam composições formadas na tabela SEINFRA portanto, seus preços foram adotados de acordo com esta. A Tabela 7 a seguir sintetiza todos os coeficientes e preços estabelecidos para geração dessa composição, resultando em um valor de R\$133,40 para cada unidade de união do pilar com a fundação.

Tabela 7: Composição própria - União pilar 2x3 colmos e fundação.

COMPOSIÇÃO PRÓPRIA- UNIÃO PILAR 2X3 COLMOS E FUNDAÇÃO - UNIDADE					
MAO DE OBRA		Unidade	Coeficiente	Preço	Total
10041	SERVENTE	H	1,6000	15,5500	24,8800
10498	PEDREIRO	H	1,6000	20,7700	33,2320
Total:					58,1120
MATERIAIS					
C4151	ARMADURA DE AÇO CA 50/60 12MM	KG	3,6000	13,5500	48,7800
C0165	ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA PEN. TRAÇO 1:4	M3	0,0218	791,0800	17,2554
C0844	CONCRETO P/VIBR., FCK 30 MPa COM AGREGADO ADQUIRIDO	M3	0,0203	456,9100	9,2524
Total:					75,2878
Total Simples:					133,40
Encargos Sociais:					INCLUSO

Fonte: Autoria própria, 2022.

A composição União pilar e viga 2x3 – Unidade, considerou-se a mão de obra de carpinteiro e ajudante de carpinteiro, onde os coeficientes serão de 0,5 (equivalentes a um trabalho de 30 minutos para execução de cada união) e preços adotados também serão os da tabela SEINFRA, obtendo-se R\$18,77 de mão se obra por unidade. Como materiais tem-se:

$$Coef_{barra\ rosca} = 0,55 * 6 = 3,3 \quad (51)$$

$$Coef_{arr} = 6 = Coef_{porc} \quad (52)$$

O preço desses itens se dá a partir dos valores estabelecidos na pesquisa de mercado local realizada para as composições anteriores. A Tabela 8 a seguir sintetiza todos os coeficientes e preços estabelecidos para geração dessa composição, resultando em um valor de R\$133,40 para cada unidade de união viga com pilar.

Tabela 8: Composição própria - União viga e pilar 2x3 colmos.

COMPOSIÇÃO PRÓPRIA- UNIÃO VIGA E PILAR 2X3 COLMOS- UNIDADE				Unidade	Coefficiente	Preço	Total
<b>MAO DE OBRA</b>							
ID041	AJUDANTE DE CARPINEIRO			H	0,5000	16,7700	8,3850
ID498	CARPINEIRO			H	0,5000	20,7700	10,3850
						Total:	18,7700
<b>MATERIAIS</b>							
DRAGÃO DOS PARAFUSOS	BARRA ROSCADA 10 MM			M	3,3000	16,2700	53,6910
DRAGÃO DOS PARAFUSOS	ARRUELA LISA EM AÇO INOX 3/8"			UNID.	6,0000	0,1600	0,9600
DRAGÃO DOS PARAFUSOS	PORCA 10 MM			UNID.	6,0000	0,6000	3,6000
						Total:	58,2510
						Total Simples:	77,02
						Encargos Sociais:	INCLUSO

Fonte: Autoria própria, 2022.

Através das composições criadas e as existentes na tabela do SEINFRA, foram elaboradas as planilhas orçamentárias para os elementos estruturais em concreto armado e bambu. Para os dois casos, como os pilares possuem as mesmas dimensões e a sua maioria possui a mesma altura, o custo obtido para execução destes foi o mesmo. Essa situação também ocorreu para algumas vigas e, portanto, as quantidades e custos necessários para execução de todos os pilares e vigas, dos dois sistemas construtivos, foram sintetizadas na Tabela 9, porém suas versões completas podem ser encontradas nos Apêndice A e Apêndice B deste trabalho. Conforme a Tabela 9, obteve-se um custo de execução dos pilares igual a R\$ 12.229,63 e de R\$ 10.978,19 para as vigas, totalizando R\$ 23.207,81 para o material do concreto armado. Já para o sistema construtivo em bambu obteve-se o custo de R\$ 17.481,64 para os pilares e R\$ 20.263,38 para as vigas, totalizando R\$ 37.745,02 para essas etapas da obra em questão.

Tabela 9: Relação do orçamento para os elementos em concreto armado e bambu.

ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO								
OBRA: RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR - FORTALEZA-CE						TOTAL	R\$	23.207,81
Item	Código	Banco	Descrição	Unidade	Quant.	Custo unit.	Custo total	
<b>1</b>	<b>PILARES</b>						<b>12.229,63</b>	
1.1	C1401	SEINFRA	Forma de tábuas de 1" de 3A. p/superestrutura - util. 2 X	M2	42,94	133,83	5747,20	
1.2	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 5mm	Kg	51,50	13,55	697,79	
1.3	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 10mm	Kg	220,27	13,55	2984,64	
1.4	C4152	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 6,3mm	Kg	12,29	13,55	166,52	
1.5	C4153	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 12,5mm	Kg	34,38	13,55	465,84	
1.6	C4154	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 16mm	Kg	56,33	13,55	763,33	
1.7	C0844	SEINFRA	Concreto p/vibr., Fck 30 MPa com agregado adquirido	M3	2,05	456,91	936,48	
1.8	C1603	SEINFRA	Lançamento e aplicação de concreto c/ elevação	M3	2,05	228,25	467,82	
<b>2</b>	<b>VIGAS</b>						<b>10.978,19</b>	
2.1	C1401	SEINFRA	Forma de tábuas de 1" de 3A. p/superestrutura - util. 2 X	M2	49,57	133,83	6633,69	
2.2	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 5mm	Kg	39,98	13,55	541,71	
2.3	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 6,3mm	Kg	1,45	13,55	19,69	
2.4	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 8mm	Kg	57,92	13,55	784,80	
2.5	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 10mm	Kg	43,98	13,55	595,93	
2.6	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 10mm	Kg	51,50	13,55	697,84	
2.7	C0844	SEINFRA	Concreto p/vibr., Fck 30 MPa com agregado adquirido	M3	2,49	456,91	1136,70	
2.8	C1603	SEINFRA	Lançamento e aplicação de concreto c/ elevação	M3	2,49	228,25	567,84	
ELEMENTOS DE BAMBU								
OBRA: RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR - FORTALEZA-CE						TOTAL	R\$	37.745,02
Item	Código	Banco	Descrição	Unidade	Quant.	Custo unit.	Custo total	

1	PILARES				17.481,64	
1.1.1	COMP. PRÓP.	União pilar 2x3 colmos e fundação	Unid.	12,00	133,399837	1600,80
1.1.2	COMP. PRÓP.	Estrutura de bambu Dendrocalamus Giganteurs 2x3 colmos	M	48,80	325,427183	15880,85
2	VIGAS				20.263,38	
2.1.1	COMP. PRÓP.	Estrutura de bambu Dendrocalamus Giganteurs 2x3 colmos	M	54,22	325,427183	17644,66
2.1.2	COMP. PRÓP.	União viga e pilar 2x3 colmos	Unid.	34,00	77,021	2618,71

Fonte: Aatoria própria, 2022.

## 6. CONCLUSÃO

A partir dos resultados discutidos no capítulo 5 deste trabalho foram examinados alguns pontos significativos, apresentados a seguir.

Com relação aos objetivos do presente trabalho, verificou-se que estes foram cumpridos. Visto que foi comparado os orçamentos dos elementos estruturais de ambos os métodos construtivos, um de concreto armado e o outro com bambu. Por meio dessa comparação, foi averiguado que o custo do material sustentável ainda é elevado para a região estudada. Essa discrepância se explica pelo fato de que o bambu ainda não é utilizado e produzido em grande escala no estado, conseqüentemente, o custo para execução de uma obra com esse material, nessas proporções, se tornou 62,64% maior em comparação com o concreto convencional, uma vez que só a aquisição do bambu, cotada com o fornecedor, já resultou em um valor bem próximo ao do orçamento total dos elementos feitos com o concreto armado.

Outro motivo que pode ter influenciado nessa divergência, foi a necessidade de criação de composições próprias para a determinação de preço unitário das estruturas de bambu 2x3 e suas uniões. As considerações realizadas para seu desenvolvimento podem ter influenciado no custo de execução, como por exemplo a mão de obra adotada. Para a composição criada, a mão de obra foi composta aderindo coeficientes provenientes de outras composições já existentes de serviço com madeira, dessa forma haverá uma variação nos preços de execução, pois a mão de obra para executar estruturas de bambu precisa de um carpinteiro com especialidades em trabalhos com eucalipto, já que essa madeira também é trabalhada em sua forma roliça.

Além disso, outro fator a ser mencionado seria que a área útil da construção diminuiu consideravelmente para as estruturas em bambu em comparação com as de concreto armado, pois os pilares de bambu adotados possuem o dobro da espessura dos pilares de concreto e 12 cm a mais de comprimento. Vale-se ressaltar que neste trabalho foi considerada uma seção de estrutura de bambu em função de uma carga distribuída limite nas vigas e carga concentrada limite nos pilares, portanto, cabe uma análise mais precisa para definir uma estrutura de bambu totalmente coerente com as cargas adotadas.

Conclui-se, portanto, que ainda que mais caro, o sistema estrutural alternativo com barras de bambu é uma boa opção a ser considerada, visto que oferece um design inovador e ajuda na não degradação dos recursos finitos que compõem o concreto.

Sugere-se, para estudos futuros, a adoção de estruturas de cobertura e de vedação mais leves que as tradicionais, a fim de diminuição das cargas atuantes e, conseqüentemente, das

seções dos elementos. Sugere-se também, a execução do dimensionamento individual dos elementos estruturais de bambu feitas de acordo com as especificações da NBR 16828-1:2020 (bem como os ensaios para determinação das propriedades mecânicas das peças de bambu, através das diretrizes da NBR 16828-2:2020) para melhor precisão de resultado das seções encontradas e das características do bambu e com isso, obter uma possível diminuição no custo de execução destes.

## REFERÊNCIAS

ALVA, Gerson Moacyr Sisniegas. **Concepção estrutural de edifícios em concreto armado**: notas de aula. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2007. Disponível em [http://coral.ufsm.br/decc/ECC1008/Downloads/Concep\\_Estrut\\_2007.pdf](http://coral.ufsm.br/decc/ECC1008/Downloads/Concep_Estrut_2007.pdf). Acesso em 28 fev. 2022.

ALVES, Amanda Altrão. **Uso do bambu na construção civil**: aplicações estruturais e arquitetônicas para um desenvolvimento sustentável. 2019. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Campo Mourão, 2019. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/25425>. Acesso em: 10 mar. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16828-1**: Estruturas de bambu Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16828-2**: Estruturas de bambu Parte 2: Determinação das propriedades físicas e mecânicas do bambu. Rio de Janeiro, 2020.

BASTOS, Paulo Sérgio. **Histórico e principais elementos estruturais de concreto armado**: notas de aulas. Universidade Estadual Paulista UNESP - Campus de Bauru/SP. Bauru, 2006. Disponível em [http://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/58857715/HIST\\_DOS\\_SANTOS-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1645740813&Signature=PtmyLDnnqrbR4hhZVV5Ma4~XYqCQryf~vaKU hRKYYTQzUfSzNVPWGGKV5-RA~k05iufU1VldnHHr-Rbb~mt-jowBS2jBzv4zBWnJFLU53yfvI1bZhZvzkVLCKCgpazzzF7S~vgryEJUPKuC5EIURdZ8gIaEu8CCmpKinex5EJXn8ULuLkw36iP5UbdX9jUluWI9kYnFQds2BnTf9GVd4McKIcguBkTeGdDWdPjCr6-rWbYbynjwJyOy6qYmjnInMYCUuamfei2hmRrj0ozwaEBzy2nz3XCHnRg1ybJDjQWv5NSBhAwezHj~86CjsUn0TXspFBG5Ev-HLP7D3QOe38IQ\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](http://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/58857715/HIST_DOS_SANTOS-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1645740813&Signature=PtmyLDnnqrbR4hhZVV5Ma4~XYqCQryf~vaKU hRKYYTQzUfSzNVPWGGKV5-RA~k05iufU1VldnHHr-Rbb~mt-jowBS2jBzv4zBWnJFLU53yfvI1bZhZvzkVLCKCgpazzzF7S~vgryEJUPKuC5EIURdZ8gIaEu8CCmpKinex5EJXn8ULuLkw36iP5UbdX9jUluWI9kYnFQds2BnTf9GVd4McKIcguBkTeGdDWdPjCr6-rWbYbynjwJyOy6qYmjnInMYCUuamfei2hmRrj0ozwaEBzy2nz3XCHnRg1ybJDjQWv5NSBhAwezHj~86CjsUn0TXspFBG5Ev-HLP7D3QOe38IQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA). Acesso em 25 fev. 2022.

BASTOS, Paulo Sérgio. **Lajes de concreto**: notas de aulas. Universidade Estadual Paulista UNESP - Campus de Bauru/SP. Bauru, 2015. Disponível em [wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Fundamentos%20CA.pdf](http://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Fundamentos%20CA.pdf). Acesso em 22 fev. 2022.

BASTOS, Paulo Sérgio. **Fundamentos do concreto armado**: notas de aulas. Universidade Estadual Paulista UNESP - Campus de Bauru/SP. Bauru, 2019. Disponível em [wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Fundamentos%20CA.pdf](http://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Fundamentos%20CA.pdf). Acesso em 22 fev. 2022.

BORBA, Natalia Marques de Freitas. **Estudo de caso**: comparativo de custos entre projetos estruturais e análise do seu impacto no orçamento final da obra. 2020. 43 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Instituto Federal Goiano – campus Rio Verde, Rio Verde. 2020. Disponível em: [https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/909/1/tcc\\_Natalia%20Marques%20de%20](https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/909/1/tcc_Natalia%20Marques%20de%20)

Freitas%20Borba.pdf. Acesso em: 09 mar. 2022.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto armado e u te amo**: volume 1. 9. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2018. 536 p.

CARBONARI, Gilberto; SILVA JUNIOR, Nelson; PEDROSA, Nicolas Henrique; ABE, Camila Hiromi; SCHOLTZ, Marcos Ferreira; ACOSTA, Caio Cesar Veloso; CARBONARI, Luana Toralles. BAMBÚ – O AÇO VEGETAL. **Mix Sustentável**, [S.L.], v. 3, n. 1, p. 17-25, 12 mar. 2017. *Mix Sustentavel*. <http://dx.doi.org/10.29183/2447-3073.mix2017.v3.n1.17-25>. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/1876/1052>. Acesso em: 28 dez. 2021.

CARBONARI, Gilberto; BERNARDE, Giovanna Bocatti; BENEDETTI, Bruna Morgana; LOPES, Miguel Felipe dos Santos; GUADANHIM, Sidnei Junior. Estudo de caso: avaliação de cargas e dimensionamento de vigas e pilares de bambu para construções de dois andares com predominância em bambu. In: ENCONTRO DE SUSTENTABILIDADE EM PROJETO, 8., 2021, Florianópolis. **ENSUS Anais**. Florianópolis: Ufsc/Virtuhab, 2021. v. 9, p. 615-625. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/228826/614-625.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 08 mar. 2022.

CARVALHO, Felipe Augusto. **Construção de sobrados: proposta de projeto arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e orçamento**. 2018. 146 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná- UTFPR - Campus Pato Branco, Pato Branco, 2018. Disponível em: [http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/14351/1/PB\\_COECI\\_2018\\_2\\_50.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/14351/1/PB_COECI_2018_2_50.pdf). Acesso em: 09 mar. 2022.

CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues de. **Cálculo e dimensionamento de estruturas usuais de concreto armado**: segundo a nbr 6118:2014. 4. ed. São Carlos: Edufscar, 2019. 415 p.

COUTO, José Antônio Santos; CARMINATTI, Rafael Lima; NUNES, Rogério Reginato Alves; MOURA, Ruan Carlos A. **O concreto como material de construção**. Cadernos de Graduação: Ciências Exatas e Tecnológicas, Sergipe, v. 1, n. 17, p. 49-58, out. 2013. Semestral. Disponível em <http://periodicos.set.edu.br/cadernoexatas/article/view/552/566>. Acesso em 22 fev. 2022.

CUNHA, Andressa Aires da Fraga. **Análise de custos dos elementos estruturais viga e laje maciça, considerando diferentes métodos de pré-dimensionamento**. 2021. 156 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 2021. Disponível em [http://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/228570/TCC\\_Andressa\\_Aires\\_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/228570/TCC_Andressa_Aires_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em 25 fev. 2022.

CUNHA, Yan Silva da; FARIAS, Helena Portes Sava de (Org). **A importância da Engenharia de custos e orçamento na construção civil**. Florianópolis: Editora Epitaya, 2022. Ebook. Disponível em: <https://portal.epitaya.com.br/index.php/ebooks/article/view/319/251>. Acesso em: 09 mar. 2022.

DRUMOND, Patrícia Maria; WIEDMAN, Guilherme. **Bambus no Brasil**: da biologia à tecnologia. Rio de Janeiro: Embrapa Acre, 2017. 655 p. Disponível em <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1078373/bambus-no-brasil-da>

biologia-a-tecnologia. Acesso em 04 mar. 2022.

FILGUEIRAS, Tarciso S.; VIANA, Pedro Lage. Bambus brasileiros: morfologia, taxonomia, distribuição e conservação. In: DRUMOND, Patrícia Maria; WIEDMAN, Guilherme. **Bambu no Brasil: da biologia à tecnologia**. Rio de Janeiro: Ich - Instituto Ciência Hoje, 2017. Cap. 1, Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1078373/bambus-no-brasil-da-biologia-a-tecnologia>. Acesso em: 4 mar. 2022.

GUALBERTO, Franklim Barbosa; SILVA, Marco Antônio Alves Machado; OLIVEIRA, Muriel Batista de. O uso do bambu como elemento estrutural em moradias. **Revista Interdisciplinar Pensamento Científico**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 168-262, jun. 2020. Disponível em: <http://reinpeconline.com.br/index.php/reinpec/article/view/546/456>. Acesso em: 04 mar. 2022.

MARÇAL, V. H. S. (2018). **Análise comparativa de Normas Técnicas Internacionais para o emprego do bambu** – colmo em estruturas prediais. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 178p. Disponível em <https://repositorio.unb.br/handle/10482/33946>. Acesso em: 12 mar 2022.

NUNES, Gabrielly da Mota; SOBRINHO JÚNIOR, Antônio da Silva; PASTOR, Jaiane dos Santos. O uso do bambu como material estrutural na construção civil. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, [S.l.], n. 55, p. 152-164, set. 2021. ISSN 2447-9187. Disponível em doi:<http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id4366>. Acesso em: 04 Mar. 2022.

OLIVEIRA, Manoel Gomes de. **Orçamento de obras: prédio de 3 andares de padrão popular**. Curso de Graduação em Engenharia Civil Centro Universitário do Sul de Minas (UNIS/MG) 23 p. 2018. Fundação de Ensino e Pesquisa do Sul de Minas- FEPESMIG, Disponível em: <http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/635/1/Manoel.pdf>. Acesso em: 09 mar. 2022.

OLIVEIRA, Murylo Rodrigues Cândido de.; SILVA, Marcos Vinicius Dias da; TEIXEIRA, Mateus Borba; SANTOS, Douglas Freitas Augusto dos. Estudo comparativo da estabilidade global em diferentes tipos de lajes. **Technology Science**, v.2, n.1, p.28-32, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2674-6425.2020.001.0005>

PINHEIRO, Jorge Lucas. **Avaliação da deformação imediata de laje nervurada com vigotas treliçadas pré-moldadas**. 2019. 68 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Federal da Paraíba - Ifpb- Campus Cajazeiras, Cajazeiras, 2019.

QUEIROZ, Lucas Lo Ami Santana de. **Potencial de uso do bambu na construção civil**. 2014. 68 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Instituto Federal de Sergipe - Ifs- Campus Aracaju, Aracaju, 2014.

SALES, José Jairo de; MALITE, Maximiliano; GONÇALVES, Roberto Martins. **SET-403 - Sistemas Estruturais** - Elementos Estruturais: notas de aulas. Universidade de São Paulo - USP. São Carlos, 2020. Disponível em <http://repositorio.eesc.usp.br/bitstream/handle/RIEESC/7518/Sistemas%20estruturais%20elementos%20estruturais.pdf?sequence=1>. Acesso em 24 fev. 2022.

SANTOS, Hediheit Helvecio Rodrigues. **A importância do levantamento de quantitativos e orçamento na construção civil, com a utilização do software “ORSE”**. 2019. 76 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Faculdade Regional da Bahia – UNIRB, Aracaju,

2019. Disponível em:

<http://dspace.unirb.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/193/TCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 09 mar. 2022.

SANTOS, José Sérgio dos. **Desconstruindo o projeto estrutural de edifícios: concreto armado e protendido**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

SANTOS, Paulo Reiser dos. **Análise e cálculo de elementos estruturais em concreto armado de um edifício residencial**. 2014. 184 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 2014. Disponível em

<http://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/127433/TCC->

[%20Paulo%20Reiser%20dos%20Santos%20-%20Formato%20A5.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/127433/TCC-%20Paulo%20Reiser%20dos%20Santos%20-%20Formato%20A5.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Acesso em 24 fev. 2022

SANTOS, Plínio Roberto Mazepa dos. **Orçamento de custo de obra para um mesmo empreendimento: análise comparativa entre sistema construtivo**. 2018. 58 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gerenciamento de Obras, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná UTFPR - Campus Curitiba, Curitiba, 2018. Disponível em:

[http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/19018/1/CT\\_GEOB\\_XXIV\\_2018\\_21.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/19018/1/CT_GEOB_XXIV_2018_21.pdf).

Acesso em: 11 jan. 2022.

SHARMA, P.; DHANWANTRI, K.; MEHTA, S. Bamboo as a Building

Material. **International Journal Of Civil Engineering Research**. India, p. 249-254. out.

2014. Disponível em: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/41239846/ijcerv5n3spl\\_08-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1647494278&Signature=a-y5y1i7DRzfH1F3AOWn006B6DsUNh-vybFWLQsjqr-WKzxDPaCgkuUfBP4BxdZOHhHOee4uYIpjGYvxOarWunPMVAt-OssT6YhJx9Xpj3AQVBzLrV-9~migQVAUWCnDWpHJ9vIH0f6twgFRYrR6uiXx0ogC~vqB5L5kGN-VB3fqgq8aM0~1K36NALIpihBDF9FFlszL5KwAHce7LQVAEooCSCX0mpbbjSNX0e6JJjW4SFgiVnBe6cEdqX-y-oOWnYKvXo1QQXswymcMOWQVvSFbLly5zUwiDnW0etbsxqIc~k4fzcxNMr1RnAwPg4mK~B2u7rJFnF2i3VKOhM5mMw\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/41239846/ijcerv5n3spl_08-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1647494278&Signature=a-y5y1i7DRzfH1F3AOWn006B6DsUNh-vybFWLQsjqr-WKzxDPaCgkuUfBP4BxdZOHhHOee4uYIpjGYvxOarWunPMVAt-OssT6YhJx9Xpj3AQVBzLrV-9~migQVAUWCnDWpHJ9vIH0f6twgFRYrR6uiXx0ogC~vqB5L5kGN-VB3fqgq8aM0~1K36NALIpihBDF9FFlszL5KwAHce7LQVAEooCSCX0mpbbjSNX0e6JJjW4SFgiVnBe6cEdqX-y-oOWnYKvXo1QQXswymcMOWQVvSFbLly5zUwiDnW0etbsxqIc~k4fzcxNMr1RnAwPg4mK~B2u7rJFnF2i3VKOhM5mMw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA).

Acesso em: 5 mar. 2022.

SILVA, Sabrina Jovedi da. **Análise da viabilidade econômica da substituição do aço por bambu em estruturas de concreto armado na construção de casas populares na região do Araguaia**. 2019. 74 f. TCC (Graduação) - Curso Bacharelado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT - Campus Universitário do Araguaia. Barra do Garças, 2019. Disponível em:

[https://bdm.ufmt.br/bitstream/1/1727/1/TCC\\_2019\\_SABRINA%20JOVEDI%20DA%20SILVA.pdf](https://bdm.ufmt.br/bitstream/1/1727/1/TCC_2019_SABRINA%20JOVEDI%20DA%20SILVA.pdf). Acesso em: 09 mar. 2022.

SOARES, Gustavo Valadares. **Elaboração do orçamento de uma residência unifamiliar utilizando a metodologia BIM para a extração dos quantitativos**. 2021. 76 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Uberlândia, 2021. Disponível em:

<http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/32945/1/Elabora%20o%20Or%20amentoResid%20ancia.pdf>. Acesso em 24 fev. 2022.

SOARES, Sebastião Fróes Brandão de Sousa. **Estruturas em bambu**. 2013. 150 f.

Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil,

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2013. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/68733/2/26866.pdf>. Acesso em: 28 dez. 2021.

SOTT, Júlia Welter. **Análise comparativa entre os materiais e sistemas construtivos convencionais e sustentáveis aplicados a edificações de baixo e médio padrão**. 2018. 71 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Ijuí, 2018. Disponível em: <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/handle/123456789/5998>. Acesso em: 28 dez. 2021.

SOUZA, Marta Francisca Suassuna Mendes de; RODRIGUES, Rafael Bezerra. **Sistemas estruturais de edificações e exemplos: notas de estudos**. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas. 2008. Disponível em [http://www.fec.unicamp.br/~nilson/apostilas/sistemas\\_estruturais\\_grad.pdf](http://www.fec.unicamp.br/~nilson/apostilas/sistemas_estruturais_grad.pdf). Acesso em 28 fev. 2022.

TORRES FILHO, Daniel. Manual básico de materiais para construção. 2. ed. Cajazeiras: Gráfica Real, 2016. 171 p.

## APÊNDICE A – Planilha Orçamentária dos Elementos de Concreto Armado

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA – ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO								
OBRA: RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR - FORTALEZA-CE						TOTAL	R\$	23.183,94
Item	Código	Banco	Descrição	Unidade	Quant.	Custo unit.	Custo total	
<b>1</b>			<b>PILARES</b>				<b>12.205,75</b>	
<b>1.1</b>			<b>P1</b>				<b>976,41</b>	
1.1.1	C1401	SEINFRA	Forma de tábuas de 1" de 3A. p/superestrutura - util. 2 X	M2	3,65	133,83	488,75	
1.1.2	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 5mm	Kg	5,15	13,55	69,78	
1.1.3	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 10mm	Kg	22,03	13,55	298,46	
1.1.4	C0844	SEINFRA	Concreto p/vibr., Fck 30 MPa com agregado adquirido	M3	0,17	456,91	79,64	
1.1.5	C1603	SEINFRA	Lançamento e aplicação de concreto c/ elevação	M3	0,17	228,25	39,78	
<b>1.2</b>			<b>P2</b>				<b>976,41</b>	
1.2.1	C1401	SEINFRA	Forma de tábuas de 1" de 3A. p/superestrutura - util. 2 X	M2	3,65	133,83	488,75	
1.2.2	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 5mm	Kg	5,15	13,55	69,78	
1.2.3	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 10mm	Kg	22,03	13,55	298,46	
1.2.4	C0844	SEINFRA	Concreto p/vibr., Fck 30 MPa com agregado adquirido	M3	0,17	456,91	79,64	
1.2.5	C1603	SEINFRA	Lançamento e aplicação de concreto c/ elevação	M3	0,17	228,25	39,78	
<b>1.3</b>			<b>P3</b>				<b>976,41</b>	
1.3.1	C1401	SEINFRA	Forma de tábuas de 1" de 3A. p/superestrutura - util. 2 X	M2	3,65	133,83	488,75	
1.3.2	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 5mm	Kg	5,15	13,55	69,78	
1.3.3	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 10mm	Kg	22,03	13,55	298,46	
1.3.4	C0844	SEINFRA	Concreto p/vibr., Fck 30 MPa com agregado adquirido	M3	0,17	456,91	79,64	
1.3.5	C1603	SEINFRA	Lançamento e aplicação de concreto c/ elevação	M3	0,17	228,25	39,78	
<b>1.4</b>			<b>P4</b>				<b>976,41</b>	
1.4.1	C1401	SEINFRA	Forma de tábuas de 1" de 3A. p/superestrutura - util. 2 X	M2	3,65	133,83	488,75	
1.4.2	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 5mm	Kg	5,15	13,55	69,78	
1.4.3	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 10mm	Kg	22,03	13,55	298,46	
1.4.4	C0844	SEINFRA	Concreto p/vibr., Fck 30 MPa com agregado adquirido	M3	0,17	456,91	79,64	
1.4.5	C1603	SEINFRA	Lançamento e aplicação de concreto c/ elevação	M3	0,17	228,25	39,78	
<b>1.5</b>			<b>P5</b>				<b>1295,07</b>	
1.5.1	C1401	SEINFRA	Forma de tábuas de 1" de 3A. p/superestrutura - util. 2 X	M2	2,77	133,83	370,98	
1.5.2	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 6,3mm	Kg	5,17	13,55	70,11	
1.5.3	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 16mm	Kg	56,33	13,55	763,33	
1.5.4	C0844	SEINFRA	Concreto p/vibr., Fck 30 MPa com agregado adquirido	M3	0,13	456,91	60,45	
1.5.5	C1603	SEINFRA	Lançamento e aplicação de concreto c/ elevação	M3	0,13	228,25	30,20	
<b>1.6</b>			<b>P6</b>				<b>976,41</b>	
1.6.1	C1401	SEINFRA	Forma de tábuas de 1" de 3A. p/superestrutura - util. 2 X	M2	3,65	133,83	488,75	
1.6.2	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 5mm	Kg	5,15	13,55	69,78	
1.6.3	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 10mm	Kg	22,03	13,55	298,46	
1.6.4	C0844	SEINFRA	Concreto p/vibr., Fck 30 MPa com agregado adquirido	M3	0,17	456,91	79,64	
1.6.5	C1603	SEINFRA	Lançamento e aplicação de concreto c/ elevação	M3	0,17	228,25	39,78	
<b>1.7</b>			<b>P7</b>				<b>976,41</b>	
1.7.1	C1401	SEINFRA	Forma de tábuas de 1" de 3A. p/superestrutura - util. 2 X	M2	3,65	133,83	488,75	
1.7.2	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 5mm	Kg	5,15	13,55	69,78	
1.7.3	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 10mm	Kg	22,03	13,55	298,46	
1.7.4	C0844	SEINFRA	Concreto p/vibr., Fck 30 MPa com agregado adquirido	M3	0,17	456,91	79,64	
1.7.5	C1603	SEINFRA	Lançamento e aplicação de concreto c/ elevação	M3	0,17	228,25	39,78	
<b>1.8</b>			<b>P8</b>				<b>1170,41</b>	
1.8.1	C1401	SEINFRA	Forma de tábuas de 1" de 3A. p/superestrutura - util. 2 X	M2	3,65	133,83	488,75	
1.8.2	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 6,3mm	Kg	7,11	13,55	96,41	
1.8.3	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 12,5mm	Kg	34,38	13,55	465,84	
1.8.4	C0844	SEINFRA	Concreto p/vibr., Fck 30 MPa com agregado adquirido	M3	0,17	456,91	79,64	
1.8.5	C1603	SEINFRA	Lançamento e aplicação de concreto c/ elevação	M3	0,17	228,25	39,78	
<b>1.9</b>			<b>P9</b>				<b>976,41</b>	
1.9.1	C1401	SEINFRA	Forma de tábuas de 1" de 3A. p/superestrutura - util. 2 X	M2	3,65	133,83	488,75	

1.9.2	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 5mm	Kg	5,15	13,55	69,78
1.9.3	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 10mm	Kg	22,03	13,55	298,46
1.9.4	C0844	SEINFRA	Concreto p/vibr., Fck 30 MPa com agregado adquirido	M3	0,17	456,91	79,64
1.9.5	C1603	SEINFRA	Lançamento e aplicação de concreto c/ elevação	M3	0,17	228,25	39,78
1.10			P10				976,41
1.10.1	C1401	SEINFRA	Forma de tábuas de 1" de 3A. p/superestrutura - util. 2 X	M2	3,65	133,83	488,75
1.10.2	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 5mm	Kg	5,15	13,55	69,78
1.10.3	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 10mm	Kg	22,03	13,55	298,46
1.10.4	C0844	SEINFRA	Concreto p/vibr., Fck 30 MPa com agregado adquirido	M3	0,17	456,91	79,64
1.10.5	C1603	SEINFRA	Lançamento e aplicação de concreto c/ elevação	M3	0,17	228,25	39,78
1.11			P11				976,41
1.11.1	C1401	SEINFRA	Forma de tábuas de 1" de 3A. p/superestrutura - util. 2 X	M2	3,65	133,83	488,75
1.11.2	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 5mm	Kg	5,15	13,55	69,78
1.11.3	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 10mm	Kg	22,03	13,55	298,46
1.11.4	C0844	SEINFRA	Concreto p/vibr., Fck 30 MPa com agregado adquirido	M3	0,17	456,91	79,64
1.11.5	C1603	SEINFRA	Lançamento e aplicação de concreto c/ elevação	M3	0,17	228,25	39,78
1.12			P12				952,54
1.12.1	C1401	SEINFRA	Forma de tábuas de 1" de 3A. p/superestrutura - util. 2 X	M2	3,65	133,83	488,75
1.12.2	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 5mm	Kg	3,39	13,55	45,91
1.12.3	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 10mm	Kg	22,03	13,55	298,46
1.12.4	C0844	SEINFRA	Concreto p/vibr., Fck 30 MPa com agregado adquirido	M3	0,17	456,91	79,64
1.12.5	C1603	SEINFRA	Lançamento e aplicação de concreto c/ elevação	M3	0,17	228,25	39,78
2			VIGAS				10.978,19
2.1			V201				1141,83
2.1.1	C1401	SEINFRA	Forma de tábuas de 1" de 3A. p/superestrutura - util. 2 X	M2	5,07	133,83	678,38
2.1.2	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 5mm	Kg	5,15	13,55	69,78
2.1.3	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 8mm	Kg	5,63	13,55	76,32
2.1.4	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 10mm	Kg	8,87	13,55	120,22
2.1.5	C0844	SEINFRA	Concreto p/vibr., Fck 30 MPa com agregado adquirido	M3	0,29	456,91	131,45
2.1.6	C1603	SEINFRA	Lançamento e aplicação de concreto c/ elevação	M3	0,29	228,25	65,67
2.2			V202				1202,54
2.2.1	C1401	SEINFRA	Forma de tábuas de 1" de 3A. p/superestrutura - util. 2 X	M2	5,07	133,83	678,38
2.2.2	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 5mm	Kg	4,74	13,55	64,27
2.2.3	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 10mm	Kg	19,39	13,55	262,77
2.2.4	C0844	SEINFRA	Concreto p/vibr., Fck 30 MPa com agregado adquirido	M3	0,29	456,91	131,45
2.2.5	C1603	SEINFRA	Lançamento e aplicação de concreto c/ elevação	M3	0,29	228,25	65,67
2.3			V203				1654,03
2.3.1	C1401	SEINFRA	Forma de tábuas de 1" de 3A. p/superestrutura - util. 2 X	M2	7,40	133,83	990,07
2.3.2	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 5mm	Kg	4,74	13,55	64,27
2.3.3	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 8mm	Kg	9,14	13,55	123,90
2.3.4	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 12,5mm	Kg	15,72	13,55	212,95
2.3.5	C0844	SEINFRA	Concreto p/vibr., Fck 30 MPa com agregado adquirido	M3	0,38	456,91	175,27
2.3.6	C1603	SEINFRA	Lançamento e aplicação de concreto c/ elevação	M3	0,38	228,25	87,56
2.4			V204				255,82
2.4.1	C1401	SEINFRA	Forma de tábuas de 1" de 3A. p/superestrutura - util. 2 X	M2	1,23	133,83	164,88
2.4.2	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 5mm	Kg	1,08	13,55	14,69
2.4.3	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 8mm	Kg	2,65	13,55	35,97
2.4.4	C0844	SEINFRA	Concreto p/vibr., Fck 30 MPa com agregado adquirido	M3	0,06	456,91	26,87
2.4.5	C1603	SEINFRA	Lançamento e aplicação de concreto c/ elevação	M3	0,06	228,25	13,42
2.5			V205				566,49
2.5.1	C1401	SEINFRA	Forma de tábuas de 1" de 3A. p/superestrutura - util. 2 X	M2	2,77	133,83	370,98
2.5.2	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 5mm	Kg	2,30	13,55	31,22

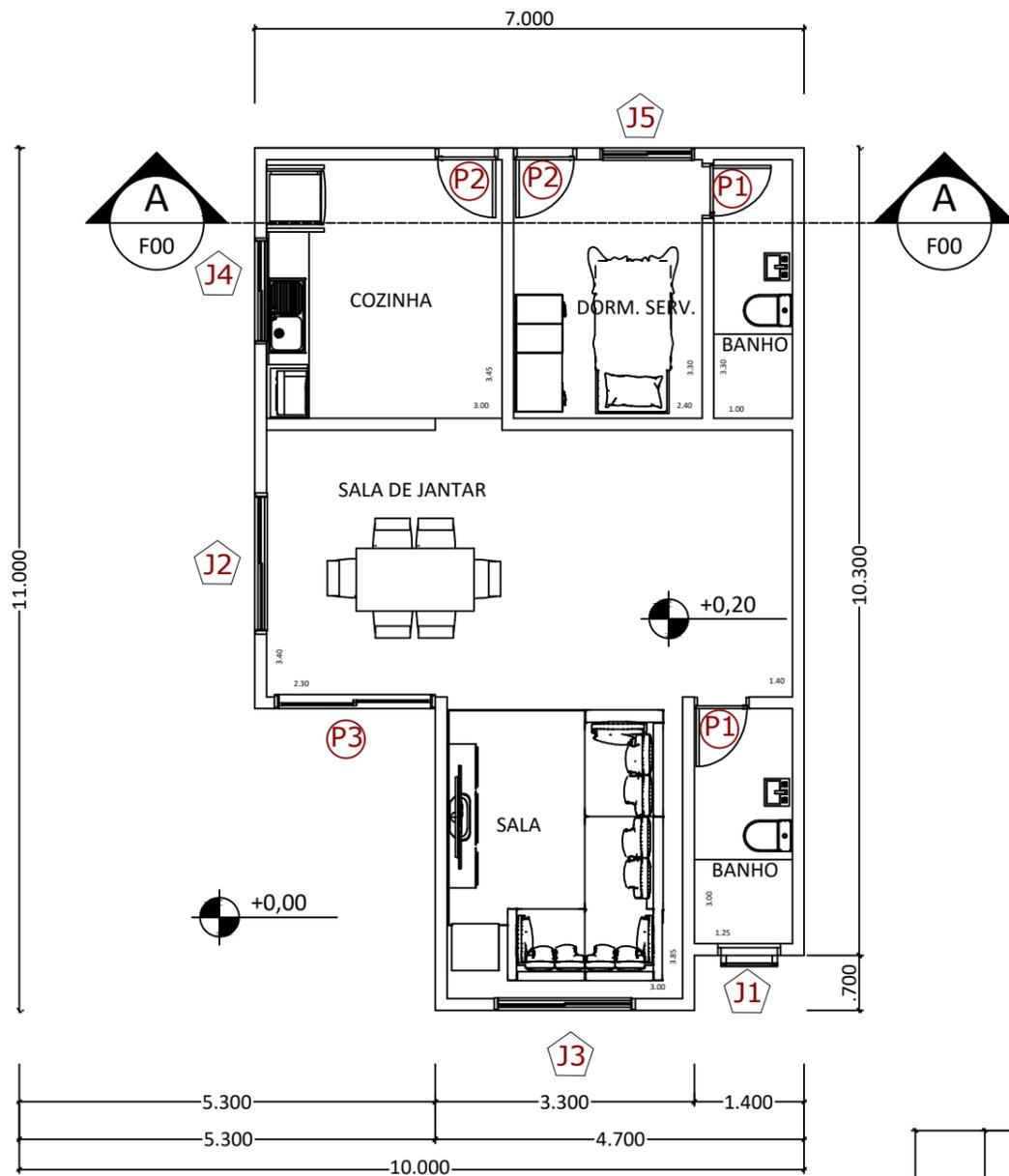
2.5.3	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 8mm	Kg	5,44	13,55	73,65
2.5.4	C0844	SEINFRA	Concreto p/vibr., Fck 30 MPa com agregado adquirido	M3	0,13	456,91	60,45
2.5.5	C1603	SEINFRA	Lançamento e aplicação de concreto c/ elevação	M3	0,13	228,25	30,20
2.6			V206				1324,36
2.6.1	C1401	SEINFRA	Forma de tábuas de 1" de 3A. p/superestrutura - util. 2 X	M2	6,16	133,83	824,39
2.6.2	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 5mm	Kg	4,74	13,55	64,27
2.6.3	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 6,3mm	Kg	1,45	13,55	19,69
2.6.4	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 8mm	Kg	7,88	13,55	106,72
2.6.5	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 10mm	Kg	7,96	13,55	107,85
2.6.6	C0844	SEINFRA	Concreto p/vibr., Fck 30 MPa com agregado adquirido	M3	0,29	456,91	134,33
2.6.7	C1603	SEINFRA	Lançamento e aplicação de concreto c/ elevação	M3	0,29	228,25	67,11
2.7			V207				750,23
2.7.1	C1401	SEINFRA	Forma de tábuas de 1" de 3A. p/superestrutura - util. 2 X	M2	3,39	133,83	453,42
2.7.2	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 5mm	Kg	2,71	13,55	36,73
2.7.3	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 8mm	Kg	3,26	13,55	44,21
2.7.4	C4152	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 10mm	Kg	7,76	13,55	105,09
2.7.5	C0844	SEINFRA	Concreto p/vibr., Fck 30 MPa com agregado adquirido	M3	0,16	456,91	73,88
2.7.6	C1603	SEINFRA	Lançamento e aplicação de concreto c/ elevação	M3	0,16	228,25	36,91
2.8			V208				1520,23
2.8.1	C1401	SEINFRA	Forma de tábuas de 1" de 3A. p/superestrutura - util. 2 X	M2	6,16	133,83	824,39
2.8.2	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 5mm	Kg	4,74	13,55	64,27
2.8.3	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 8mm	Kg	4,16	13,55	56,41
2.8.4	C4152	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 12,5mm	Kg	27,58	13,55	373,71
2.8.5	C0844	SEINFRA	Concreto p/vibr., Fck 30 MPa com agregado adquirido	M3	0,29	456,91	134,33
2.8.6	C1603	SEINFRA	Lançamento e aplicação de concreto c/ elevação	M3	0,29	228,25	67,11
2.9			V209				756,42
2.9.1	C1401	SEINFRA	Forma de tábuas de 1" de 3A. p/superestrutura - util. 2 X	M2	3,39	133,83	453,42
2.9.2	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 5mm	Kg	2,71	13,55	36,73
2.9.3	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 8mm	Kg	3,27	13,55	44,32
2.9.4	C4152	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 12,5mm	Kg	8,20	13,55	111,17
2.9.5	C0844	SEINFRA	Concreto p/vibr., Fck 30 MPa com agregado adquirido	M3	0,16	456,91	73,88
2.9.6	C1603	SEINFRA	Lançamento e aplicação de concreto c/ elevação	M3	0,16	228,25	36,91
2.10			V210				1806,24
2.10.1	C1401	SEINFRA	Forma de tábuas de 1" de 3A. p/superestrutura - util. 2 X	M2	8,93	133,83	1195,37
2.10.2	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 5mm	Kg	7,05	13,55	95,49
2.10.3	C4151	SEINFRA	Armadura de aço CA 50/60 8mm	Kg	16,48	13,55	223,30
2.10.4	C0844	SEINFRA	Concreto p/vibr., Fck 30 MPa com agregado adquirido	M3	0,43	456,91	194,78
2.10.5	C1603	SEINFRA	Lançamento e aplicação de concreto c/ elevação	M3	0,43	228,25	97,30

## APÊNDICE B – Planilha Orçamentária dos Elementos de Bambu

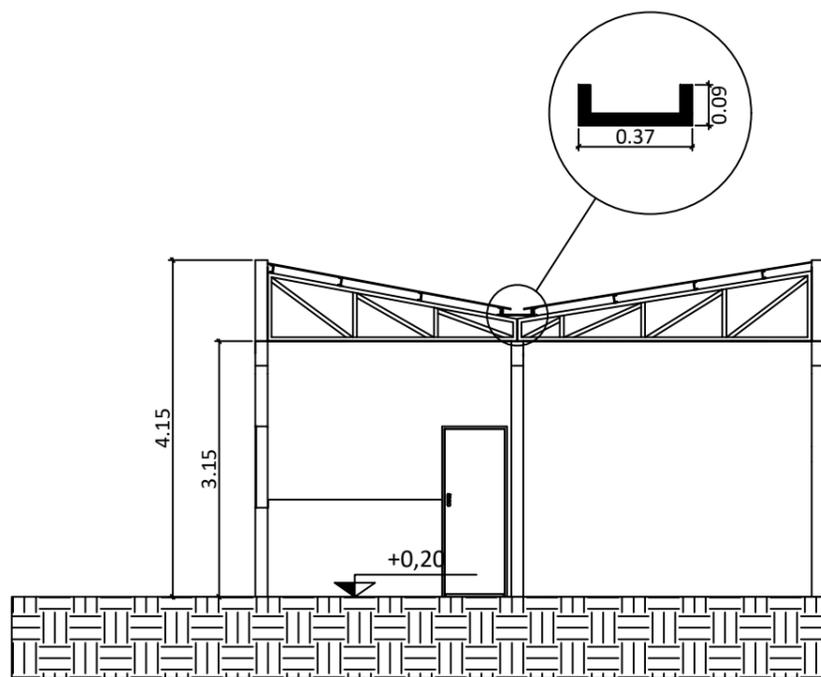
PLANILHA ORÇAMENTÁRIA – ELEMENTOS DE BAMBU							
OBRA: RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR - FORTALEZA-CE					TOTAL	R\$	37.745,02
Item		Descrição	Unidade	Quant.	Custo unit.	Custo total	
<b>1</b>		<b>PILARES</b>				<b>17.481,64</b>	
1.1		P1				1483,92	
1.1.1	COMP. PRÓP.	UNIÃO PILAR 2X3 COLMOS E FUNDAÇÃO	Unid.	1,00	133,40	133,40	
1.1.2	COMP. PRÓP.	ESTRUTURA DE BAMBU DENDROCALAMUS GIGANTEUS 2X3 COLMOS	M	4,15	325,43	1350,52	
1.2		P2				1483,92	
1.2.1	COMP. PRÓP.	UNIÃO PILAR 2X3 COLMOS E FUNDAÇÃO	Unid.	1,00	133,40	133,40	
1.2.2	COMP. PRÓP.	ESTRUTURA DE BAMBU DENDROCALAMUS GIGANTEUS 2X3 COLMOS	M	4,15	325,43	1350,52	
1.3		P3				1483,92	
1.3.1	COMP. PRÓP.	UNIÃO PILAR 2X3 COLMOS E FUNDAÇÃO	Unid.	1,00	133,40	133,40	
1.3.2	COMP. PRÓP.	ESTRUTURA DE BAMBU DENDROCALAMUS GIGANTEUS 2X3 COLMOS	M	4,15	325,43	1350,52	
1.4		P4				1483,92	
1.4.1	COMP. PRÓP.	UNIÃO PILAR 2X3 COLMOS E FUNDAÇÃO	Unid.	1,00	133,40	133,40	
1.4.2	COMP. PRÓP.	ESTRUTURA DE BAMBU DENDROCALAMUS GIGANTEUS 2X3 COLMOS	M	4,15	325,43	1350,52	
1.5		P5				1158,50	
1.5.1	COMP. PRÓP.	UNIÃO PILAR 2X3 COLMOS E FUNDAÇÃO	Unid.	1,00	133,40	133,40	
1.5.2	COMP. PRÓP.	ESTRUTURA DE BAMBU DENDROCALAMUS GIGANTEUS 2X3 COLMOS	M	3,15	325,43	1025,10	
1.6		P6				1483,92	
1.6.1	COMP. PRÓP.	UNIÃO PILAR 2X3 COLMOS E FUNDAÇÃO	Unid.	1,00	133,40	133,40	
1.6.2	COMP. PRÓP.	ESTRUTURA DE BAMBU DENDROCALAMUS GIGANTEUS 2X3 COLMOS	M	4,15	325,43	1350,52	
1.7		P7				1483,92	
1.7.1	COMP. PRÓP.	UNIÃO PILAR 2X3 COLMOS E FUNDAÇÃO	Unid.	1,00	133,40	133,40	
1.7.2	COMP. PRÓP.	ESTRUTURA DE BAMBU DENDROCALAMUS GIGANTEUS 2X3 COLMOS	M	4,15	325,43	1350,52	
1.8		P8				1483,92	
1.8.1	COMP. PRÓP.	UNIÃO PILAR 2X3 COLMOS E FUNDAÇÃO	Unid.	1,00	133,40	133,40	
1.8.2	COMP. PRÓP.	ESTRUTURA DE BAMBU DENDROCALAMUS GIGANTEUS 2X3 COLMOS	M	4,15	325,43	1350,52	
1.9		P9				1483,92	
1.9.1	COMP. PRÓP.	UNIÃO PILAR 2X3 COLMOS E FUNDAÇÃO	Unid.	1,00	133,40	133,40	
1.9.2	COMP. PRÓP.	ESTRUTURA DE BAMBU DENDROCALAMUS GIGANTEUS 2X3 COLMOS	M	4,15	325,43	1350,52	
1.10		P10				1483,92	
1.10.1	COMP. PRÓP.	UNIÃO PILAR 2X3 COLMOS E FUNDAÇÃO	Unid.	1,00	133,40	133,40	
1.10.2	COMP. PRÓP.	ESTRUTURA DE BAMBU DENDROCALAMUS GIGANTEUS 2X3 COLMOS	M	4,15	325,43	1350,52	
1.11		P11				1483,92	
1.11.1	COMP. PRÓP.	UNIÃO PILAR 2X3 COLMOS E FUNDAÇÃO	Unid.	1,00	133,40	133,40	
1.11.2	COMP. PRÓP.	ESTRUTURA DE BAMBU DENDROCALAMUS GIGANTEUS 2X3 COLMOS	M	4,15	325,43	1350,52	
1.12		P12				1483,92	
1.12.1	COMP. PRÓP.	UNIÃO PILAR 2X3 COLMOS E FUNDAÇÃO	Unid.	1,00	133,40	133,40	
1.12.2	COMP. PRÓP.	ESTRUTURA DE BAMBU DENDROCALAMUS GIGANTEUS 2X3 COLMOS	M	4,15	325,43	1350,52	
<b>2</b>		<b>VIGAS</b>				<b>20.263,38</b>	
2.1		V201				2540,51	
2.1.1	COMP. PRÓP.	ESTRUTURA DE BAMBU DENDROCALAMUS GIGANTEUS 2X3 COLMOS	M	6,86	325,43	2232,43	
2.1.2	COMP. PRÓP.	UNIÃO VIGA E PILAR 2X3 COLMOS	Unid.	4,00	77,02	308,08	
2.2		V202				2540,51	
2.2.1	COMP. PRÓP.	ESTRUTURA DE BAMBU DENDROCALAMUS GIGANTEUS 2X3 COLMOS	M	6,86	325,43	2232,43	
2.2.2	COMP. PRÓP.	UNIÃO VIGA E PILAR 2X3 COLMOS	Unid.	4,00	77,02	308,08	
2.3		V203				2540,51	
2.3.1	COMP. PRÓP.	ESTRUTURA DE BAMBU DENDROCALAMUS GIGANTEUS 2X3 COLMOS	M	6,86	325,43	2232,43	
2.3.2	COMP. PRÓP.	UNIÃO VIGA E PILAR 2X3 COLMOS	Unid.	4,00	77,02	308,08	
2.4		V204				609,64	
2.4.1	COMP. PRÓP.	ESTRUTURA DE BAMBU DENDROCALAMUS GIGANTEUS 2X3 COLMOS	M	1,40	325,43	455,60	
2.4.2	COMP. PRÓP.	UNIÃO VIGA E PILAR 2X3 COLMOS	Unid.	2,00	77,02	154,04	
2.5		V205				1182,39	
2.5.1	COMP. PRÓP.	ESTRUTURA DE BAMBU DENDROCALAMUS GIGANTEUS 2X3 COLMOS	M	3,16	325,43	1028,35	

2.5.2	COMP. PRÓP.	UNIÃO VIGA E PILAR 2X3 COLMOS	Unid.	2,00	77,02	154,04
2.6		V206				2625,13
2.6.1	COMP. PRÓP.	ESTRUTURA DE BAMBU DENDROCALAMUS GIGANTEUS 2X3 COLMOS	M	7,12	325,43	2317,04
2.6.2	COMP. PRÓP.	UNIÃO VIGA E PILAR 2X3 COLMOS	Unid.	4,00	77,02	308,08
2.7		V207				1410,19
2.7.1	COMP. PRÓP.	ESTRUTURA DE BAMBU DENDROCALAMUS GIGANTEUS 2X3 COLMOS	M	3,86	325,43	1256,15
2.7.2	COMP. PRÓP.	UNIÃO VIGA E PILAR 2X3 COLMOS	Unid.	2,00	77,02	154,04
2.8		V208				2625,13
2.8.1	COMP. PRÓP.	ESTRUTURA DE BAMBU DENDROCALAMUS GIGANTEUS 2X3 COLMOS	M	7,12	325,43	2317,04
2.8.2	COMP. PRÓP.	UNIÃO VIGA E PILAR 2X3 COLMOS	Unid.	4,00	77,02	308,08
2.9		V209				1410,19
2.9.1	COMP. PRÓP.	ESTRUTURA DE BAMBU DENDROCALAMUS GIGANTEUS 2X3 COLMOS	M	3,86	325,43	1256,15
2.9.2	COMP. PRÓP.	UNIÃO VIGA E PILAR 2X3 COLMOS	Unid.	2,00	77,02	154,04
2.10		V210				2779,17
2.10.1	COMP. PRÓP.	ESTRUTURA DE BAMBU DENDROCALAMUS GIGANTEUS 2X3 COLMOS	M	7,12	325,43	2317,04
2.10.2	COMP. PRÓP.	UNIÃO VIGA E PILAR 2X3 COLMOS	Unid.	6,00	77,02	462,13

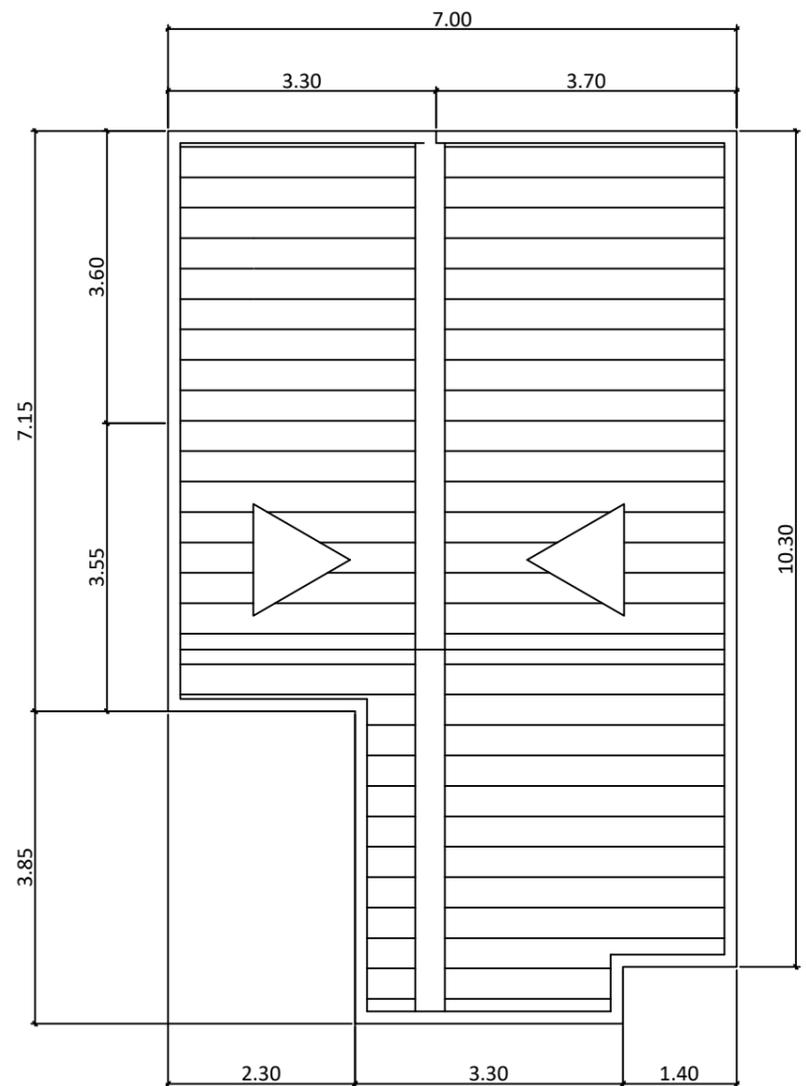
# ANEXO A - Planta Baixa, Corte e Planta de Coberta



PLANTA BAIXA



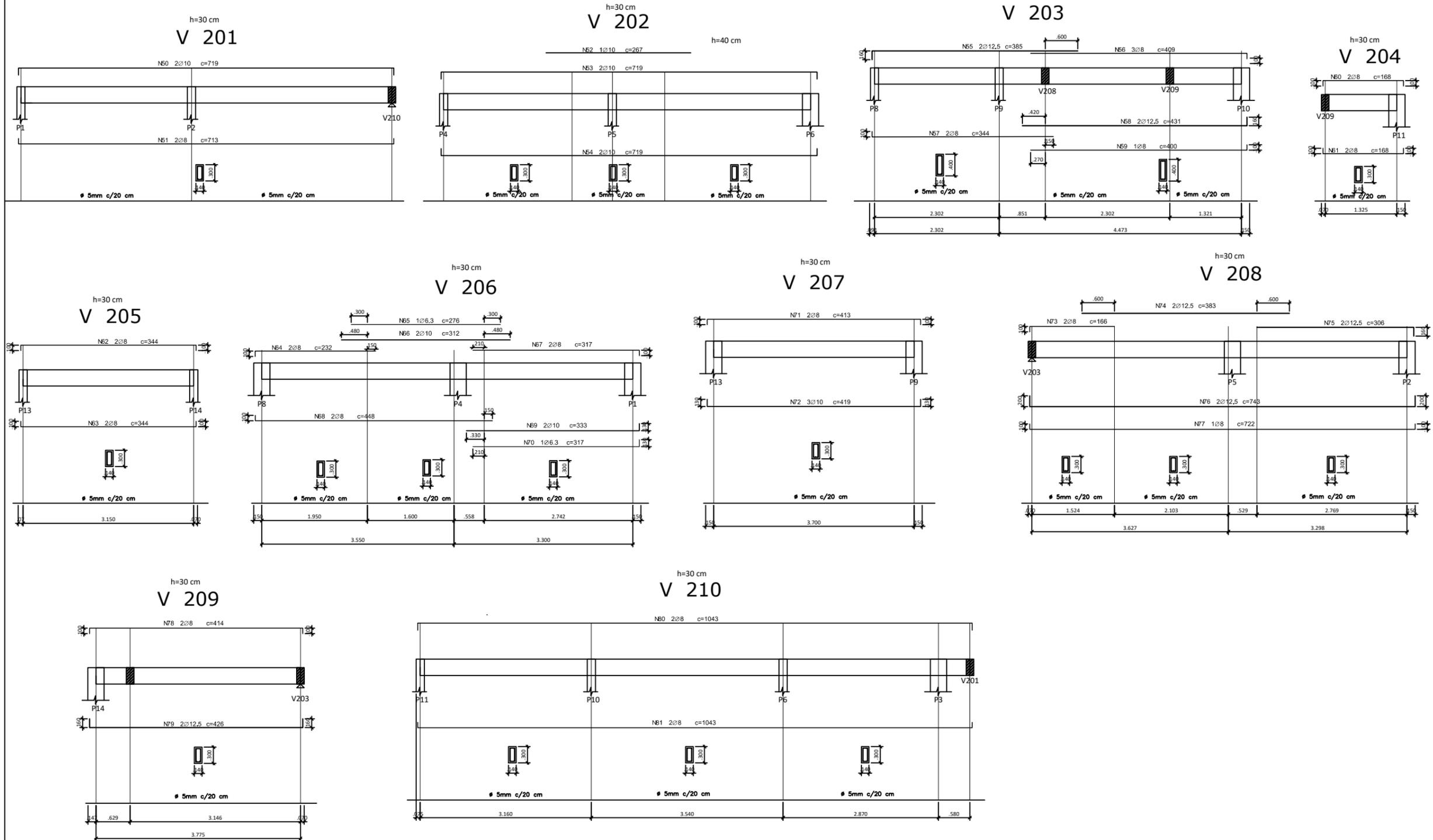
CORTE AA



PLANTA DE COBERTA

<b>TÍTULO:</b> PLANTA BAIXA, CORTE E PLANTA DE COBERTA	<b>DATA:</b> 21/01/2022
<b>PROJETO:</b> CASA UNIFAMILIAR PLANA	
<b>ALUNA:</b> DANIELLE ALVES CABRAL	<b>ESCALA:</b> 1/80
<b>END.:</b> Rua 02, Itaperi, CEP 60743-220 FORTALEZA-CE	<b>PAG.:</b> ÚNICA

## ANEXO B - Detalhamento das Vigas

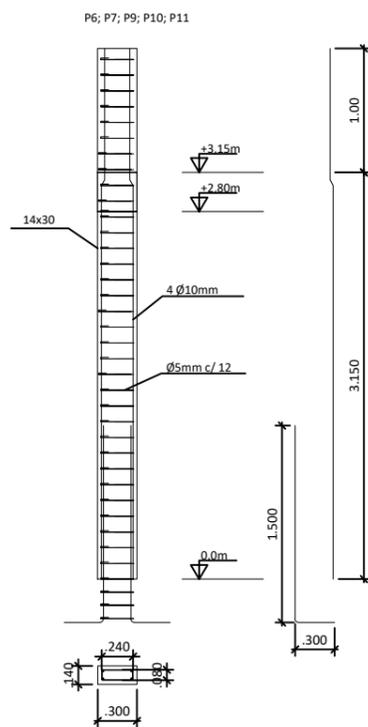
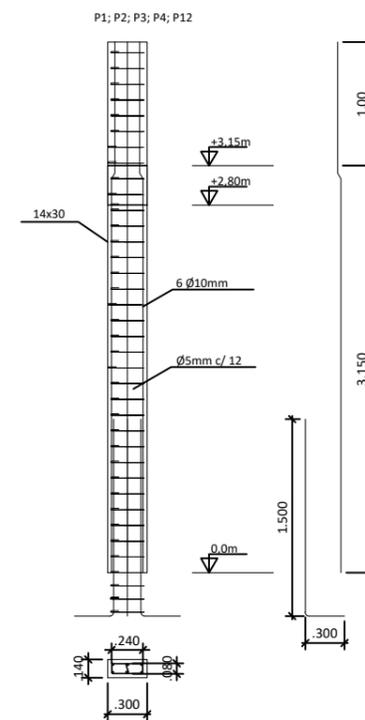
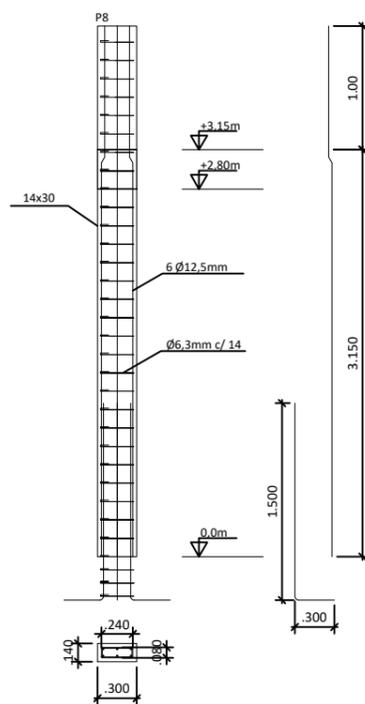
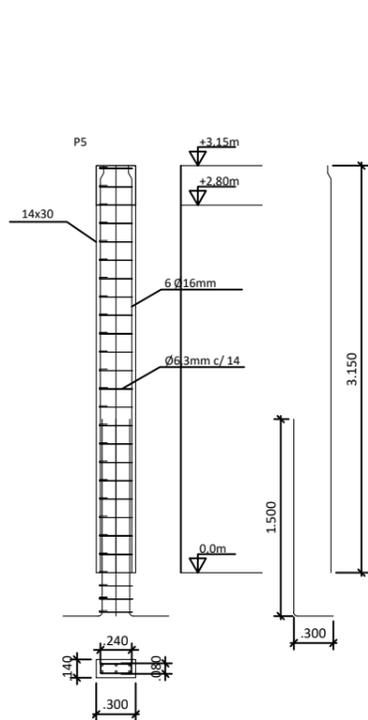


PRODUZIDO POR UMA VERSÃO DO AUTODESK PARA ESTUDANTES

PRODUZIDO POR UMA VERSÃO DO AUTODESK PARA ESTUDANTES

<b>TÍTULO:</b> DETALHAMENTO DAS VIGAS DE CONCRETO ARMADO	<b>DATA:</b> 21/01/2022
<b>PROJETO:</b> CASA UNIFAMILIAR PLANA	
<b>ALUNA:</b> DANIELLE ALVES CABRAL	<b>ESCALA:</b> 1/70
<b>END.:</b> Rua 02, Itaperi, CEP 60743-220 FORTALEZA-CE	<b>PÁG.:</b> ÚNICA

# ANEXO C - Detalhamento dos Pilares



<b>TÍTULO:</b> DETALHAMENTO DOS PILARES DE CONCRETO ARMADO	<b>DATA:</b> 21/01/2022
<b>PROJETO:</b> CASA UNIFAMILIAR PLANA	
<b>ALUNA:</b> DANIELLE ALVES CABRAL	<b>ESCALA:</b> 1/70
<b>END.:</b> Rua 02, Itaperi, CEP 60743-220 FORTALEZA-CE	<b>PÁG.:</b> ÚNICA

## ANEXO D - Composições do Orçamento de Concreto Armado

### C1401 - FORMA DE TÁBUAS DE 1" DE 3A. P/SUPERESTRUTURA - UTIL. 2 X - M2

MAO DE OBRA		Unidade	Coefficiente	Preço	Total
I0041	AJUDANTE DE CARPINTEIRO	H	1,5000	16,7700	25,1550
I0498	CARPINTEIRO	H	1,5000	20,7700	31,1550
				Total:	56,3100
MATERIAIS					
I0965	DESMOLDANTE PARA FORMAS	L	0,1700	7,3500	1,2495
I1691	PONTALETE / BARROTE DE 3"x3"	M	3,0000	12,6100	37,8300
I1728	PREGO 18X27 (2.1/2" X 10) (APROXIMADAMENTE 198UN/KG)	KG	0,2000	13,8000	2,7600
I1846	SARRAFO DE 1"X4"	M	1,5300	4,7400	7,2522
I1916	TABUA DE 1" DE 3A. - L = 30cm	M	2,8400	10,0100	28,4284
				Total:	77,5201
				<b>Total Simples:</b>	<b>133,83</b>
				<b>Encargos Sociais:</b>	<b>INCLUSO</b>

### C4151 - ARMADURA DE AÇO CA 50/60 - KG

EQUIPAMENTOS (CHORARIO)		Unidade	Coefficiente	Preço	Total
I0705	CAMINHÃO COMERC. EQUIP. C/GUINDASTE (CHP)	H	0,0080	126,2862	1,0103
				Total:	1,0103
MAO DE OBRA					
I0040	AJUDANTE DE ARMADOR/FERREIRO	H	0,0800	16,7700	1,3416
I0121	ARMADOR/FERREIRO	H	0,0800	20,7700	1,6616
				Total:	3,0032
MATERIAIS					
I0103	ARAME RECOZIDO N.18 BWG	KG	0,0200	10,0500	0,2010
I7952	AÇO CA-50/60	KG	1,0500	8,8900	9,3345
				Total:	9,5355
				<b>Total Simples:</b>	<b>13,55</b>
				<b>Encargos Sociais:</b>	<b>INCLUSO</b>

### C0844 - CONCRETO P/VIBR., FCK 30 MPa COM AGREGADO ADQUIRIDO - M3

EQUIPAMENTOS (CHORARIO)		Unidade	Coefficiente	Preço	Total
I0682	BETONEIRA ELÉTRICA 580L (CHP)	H	0,7140	22,3108	15,9299
				Total:	15,9299
MAO DE OBRA					
I2543	SERVENTE	H	6,0000	15,5500	93,3000
				Total:	93,3000
MATERIAIS					
I0109	AREIA MEDIA	M3	0,9290	67,5000	62,7075
I0280	BRITA	M3	0,6270	76,1900	47,7711
I0805	CIMENTO PORTLAND	KG	396,0000	0,5600	221,7600
I1605	PEDRISCO	M3	0,2090	73,9000	15,4451
				Total:	347,6837
				<b>Total Simples:</b>	<b>456,91</b>
				<b>Encargos Sociais:</b>	<b>INCLUSO</b>

---

**C0165 - ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA PEN. TRAÇO 1:4 - M3**

MAO DE OBRA		Unidade	Coefficiente	Preço	Total
I2543	SERVENTE	H	32,4500	15,5500	504,5975
				Total:	504,5975
MATERIAIS					
I0109	AREIA MEDIA	M3	1,2160	67,5000	82,0800
I0805	CIMENTO PORTLAND	KG	365,0000	0,5600	204,4000
				Total:	286,4800
				<b>Total Simples:</b>	<b>791,08</b>
				<b>Encargos Sociais:</b>	<b>INCLUSO</b>

---

**C1603 - LANÇAMENTO E APLICAÇÃO DE CONCRETO C/ ELEVAÇÃO - M3**

MAO DE OBRA		Unidade	Coefficiente	Preço	Total
I2391	PEDREIRO	H	5,0000	20,7700	103,8500
I2543	SERVENTE	H	8,0000	15,5500	124,4000
				Total:	228,2500
				<b>Total Simples:</b>	<b>228,25</b>
				<b>Encargos Sociais:</b>	<b>INCLUSO</b>

## ANEXO E – Cotação de Insumos – Bambu



**Orçamento N° 269**

BambuArte

---

Data Emissão: 22 de Março de 2022

Situação do Orçamento: Aguardando Retorno

CNPJ: 19.805.663/0001-01 Márcio de Jesus Marcelo Rua: Pedro Ferraz Lopes 85 cp 08440-220 Guaianases São Paulo/SP fone (11)982215701

Bambu gigante 4M 15cm diâmetro 84 Bambu gigante 3M 15cm•n diâmetro

Valor: 20.000,00 (vinte mil reais)

Frete: 3.000,00 (três mil reais)

### Dados do Cliente

Nome: Danielle

Telefone:(83) 998500919

Endereço: O -1 - CEP: 60743-220

# ANEXO F – Cotação De Insumos – Barras, Arruelas e Porcas

21/03/2022 16:02:21 Page 1 of 1

## Orçamento de venda



COMERCIAL DRAGAO LTDA  
AVENIDA SANTOS DUMONT  
FORTALEZA  
8534339887  
Cnpj: 06891105000407



107094655

**Num. Orçamento :** 107094655

**Num.Ped.RCA:** 0

**Data :** 21/03/2022

**Posicao :** Orçamento

**Dt.Prev.Fat.:** 22/03/2022

**Região :** 2

**T.V.:** 1

**Cliente :** - 1-JORGE

**Endereço:** RUA ANTONIO POMPEU, 170

**Carregamento:** 0

**Bairro:** CENTRO

**Atividade:** 45 OUTROS

**Cnpj:** 000.000.001-91

**I.E.:** ISENTO

**Cidade:** FORTALEZA

**UF:** CE **Cep :** 60040000

**Contato:**

**Telefone:** 2

**Rca :** 107 RENILDO

**Num.Ped.Cliente:**

**Cobranca :** DH - DINHEIRO EM TRANSITO

**Prazo de Pagamento :** 0 / / / / / / / / / / / / / / / **Prazo Médio :** 0 dias

**Validade da Proposta:** 7 dias corridos

Cod.	Descricao	NCM	Embalagem	UN	Qt.(Un.)	P.Líquido	VI. Total
18111	ARRUELA LISA GALV C5.8 MA 10MM	73182200	CENTO	CT	1,00	16,00	16,00
11649	BARRA ROSC GALV ACO C5.8 MA 1MT 10MM	73181900	UNIDADE	UN	90,00	16,27	1.464,30
18548	PORCA SX GALV ACO C5.8 MA 10MM	73181600	CENTO	CT	1,00	60,00	60,00
<b>Total :</b>					92,00		1.540,30

**Frete de Despacho :** G

**Frete de Redespacho :**

**Transportador :** 0

**Observações :**

**Observações de Entrega :**

**Peso Total:** 45,08 Kg

**Volume Total:** 0

**VI. Desconto :**

**VI. Outras Desp.:** 0,00

**VI.Frete :** 0,00

**VI. Total :** 1.540,30

**Emitente :** 107 RENILDO

\*Preço para quantidade que temos disponível em estoque.