

# ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS CUSTOS DIRETOS ORÇADOS: GALPÕES PRÉ-FABRICADOS EM CONCRETO COM PÓRTICO ATIRANTADO E GALPÕES COM VIGAS DE CONCRETO PROTENDIDO

Michele Bardini Arigoni (1), Mônica Elizabeth Daré (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
(1)arigoni.mba@gmail.com, (2)dare@terra.com.br

## RESUMO

A presente pesquisa tem como objetivo comparar os custos diretos orçados entre galpões pré-fabricados com sistemas de cobertura distintos: galpões com pórticos atirantados e galpões com vigas de concreto protendido. Para a obtenção desse comparativo considerou-se três vãos de cobertura para os dois sistemas: 20 m, 25 m, e 30 m, identificando qual das duas soluções teria o menor custo direto orçado. Primeiramente, fez-se necessária uma pesquisa bibliográfica para buscar informações literárias que auxiliassem no desenvolvimento da pesquisa a respeito dos elementos estruturais considerados e suas orçamentações. Após a seleção e organização dos textos, fez-se a elaboração dos projetos a serem estudados e a reunião da documentação técnica necessária. Por meio do pré-dimensionamento dos galpões fornecido pela empresa pesquisada, fez-se o levantamento dos quantitativos dos projetos e com estes elaborou-se o preenchimento e cálculo da planilha orçamentária. Além dos custos diretos orçados para cada galpão, observou-se o comportamento dos custos das etapas de fabricação, transporte e montagem para cada vão de cobertura com sistemas construtivos distintos. Os resultados apontam que os galpões com viga de concreto protendido apresentam menor custo direto orçado. Foram identificadas as seguintes variações de custos diretos totais entre os galpões de com vigas de concreto protendido e os galpões com pórticos atirantados: vãos de 20 m -8,06%; vãos de 25 m -10,85%; vãos de 30 m -10,58%. Com exceção da etapa de transporte para os galpões de 20 m e de 30 m de vão de cobertura, os galpões com viga de concreto protendido também apresentaram menores custos orçados por etapas de fabricação, transporte e montagem.

*Palavras chaves:* Pré-fabricados em concreto, custo comparado; estrutura protendida; pórtico atirantado.

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com El Debs (2017, p. 17), “[...] a indústria da construção civil tem sido considerada uma indústria atrasada quando comparada a outros ramos industriais [...]”, pois, de maneira geral, apresenta “[...] baixa produtividade, grande desperdício de materiais, morosidade e baixo controle de qualidade.”

El Debs (2017, p.17) ainda indica o uso de elementos de concreto pré-moldado (CPM) como uma maneira de reduzir esse atraso:

As características do CPM possibilitam benefícios bastante importantes para a construção, tais como: diminuição do tempo de construção, melhor controle dos componentes pré-moldados e redução do desperdício de materiais na construção.

A norma NBR 9062 - Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado (ABNT, 2001) define como elemento pré-fabricado o “[...] elemento pré-moldado, executado industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obra, sob condições rigorosas de controle de qualidade [...]” e o elemento pré-moldado como “[...] elemento que é executado fora do local de utilização definitiva da estrutura, com controle de qualidade [...]”.

Gobbo, & Serra & Ferreira (2009, p. 58) afirmam que “os materiais pré-fabricados agregam em si um maior controle de qualidade, pois a própria empresa fabricante realiza esse controle, fazendo com que o material chegue ao canteiro de obras em boas condições de utilização”.

Um mesmo projeto pode ter diferentes soluções estruturais, como por exemplo, um galpão pré-fabricado pode ser executado de maneira independente com vigas de cobertura protendidas ou de forma geminada com cobertura com pórticos atirantados. A Figura 01 ilustra essas duas diferentes soluções construtivas.

Figura 01: Coberturas de galpão pré-fabricado: A) pórtico atirantado e B) vigas de concreto protendido.



Fonte: Empresa pesquisada.

Entende-se por geminada duas ou mais construções simétricas que compartilham parte da estrutura e telhado com outra. No que se refere a pórticos atirantados, Leet & Uang & Gilbert (2010, p. 170) definem pórtico como “[...] elementos estruturais compostos de vigas e colunas conectadas por ligações rígidas.” E Santos (2010,

p.27), diz que o uso de tirantes em pórticos tem a finalidade de reduzir os esforços nas ligações e nos elementos estruturais.

Em relação às vigas protendidas, Carvalho (2012) diz que a principal diferença entre estruturas de concreto armado e de concreto protendido está no tipo de aço empregado assim como no procedimento construtivo. E a norma NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento (ABNT, 2014) define como elementos protendidos:

Aqueles nos quais parte das armaduras é previamente alongada por equipamentos especiais de protensão, com a finalidade de, em condições de serviço, impedir ou limitar a fissuração e os deslocamentos da estrutura, bem como propiciar o melhor aproveitamento de aços de alta resistência no estado-limite último (ELU).

El Debs (2017, p. 42) afirma que os elementos de concreto armado protendido podem ser aplicados para grandes vãos e altas cargas sem terem problemas de deformação excessiva.

No que diz respeito à orçamentação, Mattos (2006, p. 22), afirma que “como o orçamento é preparado antes da efetiva construção do produto, muito estudo deve ser feito para que não existam lacunas na composição do custo nem considerações descabidas.” O mesmo autor ainda diz que “um dos fatores primordiais para um resultado lucrativo e o sucesso do construtor é uma orçamentação eficiente”.

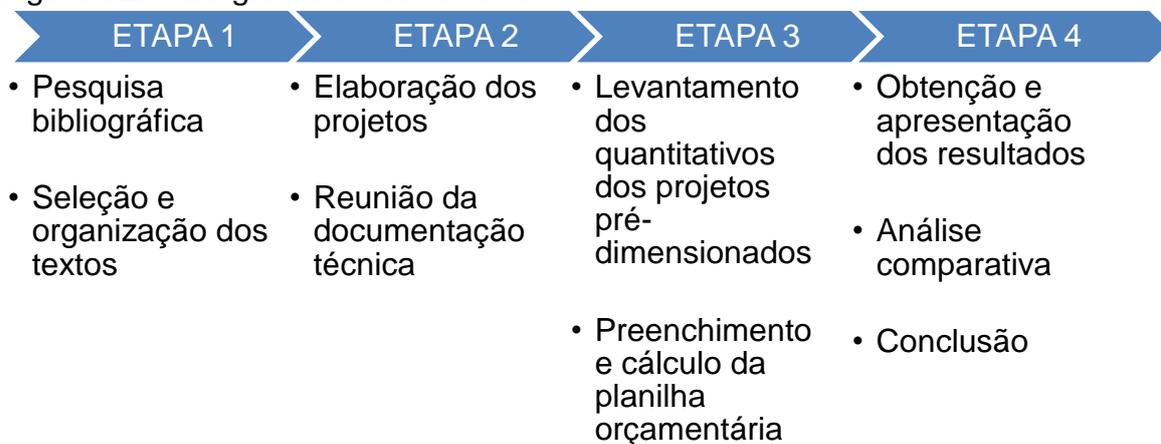
Tisaka (2006, p. 37) define custos diretos como “os custos diretamente envolvidos na produção da obra, que são os insumos constituídos por materiais, mão de obra e equipamentos auxiliares, mais toda a infra-estrutura de apoio necessária para a sua execução no ambiente da obra.”

Diante do exposto apresenta-se a seguinte questão: qual dos dois sistemas de cobertura, pórtico atirantado ou vigas protendidas apresenta menor custo direto? O objetivo geral dessa pesquisa consiste em comparar os custos diretos orçados entre galpões pré-fabricados com sistemas de cobertura com pórticos atirantados e galpões com vigas de concreto protendido. Os objetivos específicos são: a) elaborar os projetos para os galpões pré-fabricados com diferentes vãos considerando os dois sistemas de cobertura; b) determinar os custos diretos para os galpões com o uso dos sistemas de cobertura considerando vãos de 20 m, 25 m, e 30 m; c) apresentar os custos diretos orçados discriminados nas etapas de fabricação, transporte e montagem.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A Figura 02 descreve as etapas da pesquisa em um fluxograma de atividades.

Figura 02: Fluxograma de atividades.



Fonte: Da autora, 2018.

### 2.1 PERÍODO DE TEMPO DA PESQUISA

A pesquisa ocorreu em dois períodos distintos. No primeiro, entre os meses de agosto/17 e novembro/17, buscou-se informações literárias que auxiliassem no desenvolvimento da pesquisa a respeito dos elementos estruturais considerados e suas orçamentações. Para a realização da pesquisa bibliográfica utilizou-se acesso à internet e consultas ao acervo da Biblioteca Central da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. No segundo período, entre os meses de dezembro/17 e junho/18, realizou-se a obtenção dos dados, elaborou-se as planilhas orçamentárias e outros resultados e suas respectivas análises.

### 2.2 DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

Para a elaboração da pesquisa se utilizou a seguinte documentação técnica:

- Projetos dos galpões pré-fabricados;
- Quantitativo dos materiais a serem orçados;
- Composições de preços unitários;
- Planilhas orçamentárias.
- Planilhas com os preços unitários.

Toda a documentação técnica foi cedida por uma empresa fabricante de elementos pré-fabricados da região.

## 2.3 CARACTERÍSTICAS DA EMPRESA

A empresa pesquisada possui 30 anos de atuação no mercado de pré-fabricados de concreto no Brasil. A empresa conta com duas unidades fabris, ambas situadas na AMREC: a matriz onde são fabricados pilares, vigas pré-fabricados e estacas protendidas entre outros produtos; e a filial onde são fabricados lajes e painéis alveolares e terças protendidas.

## 2.4 CARACTERÍSTICAS DOS PROJETOS

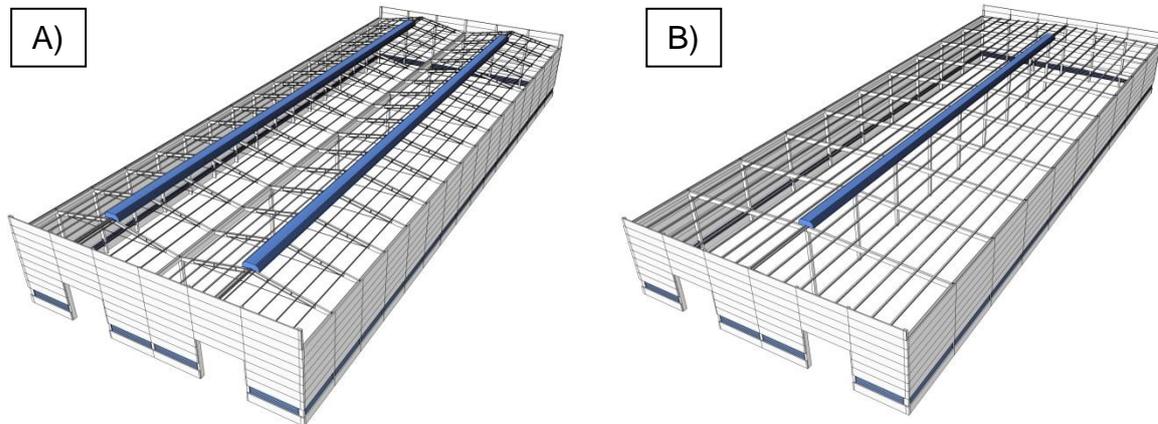
Selecionou-se seis projetos, sendo três de dois pavilhões geminados com cobertura com pórtico atirantado e três de um pavilhão independente com cobertura com vigas protendidas. Os projetos com pórtico atirantado serão denominados PA enquanto que os com viga protendida serão demoninados VP. As Figuras 03 e 04 apresentam a caracterização e perspectivas desses projetos, respectivamente.

Figura 03: Características dos projetos.

Características	PA-20	PA-25	PA-30	VP-20	VP-25	VP-30
Estrutura de Cobertura	Pórtico atirantado	Pórtico atirantado	Pórtico atirantado	Vigas protendidas	Vigas protendidas	Vigas protendidas
Vão livre da cobertura	20,00 m	25,00 m	30,00 m	20,00 m	25,00 m	30,00 m
Inclinação do telhado	20%	20%	20%	5%	5%	5%
Quantidade de águas	Quatro	Quatro	Quatro	Duas	Duas	Duas
Área (m <sup>2</sup> )	4.000,00	5.000,00	6.000,00	4.000,00	5.000,00	6.000,00
Pé-direito (m)	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Modulação lateral (m)	6,25	6,25	6,25	10,00	10,00	10,00
Fechamento	Painel alveolar					
Fundação	Estacas pré-moldadas					

Fonte: Da autora, 2018.

Figura 04: Perspectivas do galpão pré-fabricado: pórtico atirantado (A) e vigas de concreto protendido (B).



Fonte: Empresa pesquisada.

Considerou-se como local de execução a cidade de Criciúma/SC e adotou-se para todos os galpões analisados fundação do tipo estacas pré-moldadas de concreto com profundidade de 10,00 m.

Para uma melhor comparação entre os custos orçados, optou-se por projetos com características geométricas semelhantes. Para esta homogeneização e considerando a limitação do vão do pórtico atirantado em 30 m, os galpões PA serão constituídos de dois galpões geminados enquanto que os galpões VP serão galpões independentes de duas águas. O pé-direito ficou definido em 10,00 m para todos os galpões analisados. A modulação dos galpões PA foi limitada em 6,25 m em função dos pórticos atirantados e para os galpões VP conseguiu-se otimizar a modulação em 10,00 m. O fechamento escolhido para todos os galpões analisados foi painel alveolar, um tipo especial de placa de fechamento executadas em concreto com vazios longitudinais, denominados alvéolos, para redução do seu peso próprio e melhor desempenho estrutural

## 2.5 PROCESSO ORÇAMENTÁRIO

Inicialmente fez-se o levantamento dos quantitativos extraídos do pré-dimensionamento elaborado pela empresa pesquisada. Na sequência, preencheu-se uma planilha orçamentária elaborada no Excel 2010 com os quantitativos para obtenção dos custos diretos de cada projeto. Os custos unitários de serviços e

atividades foram obtidos no banco de dados próprio da empresa do estudo de caso. Considerou-se nos custos os seguintes itens: fundação, supraestrutura, estrutura de cobertura, telhas, vedações perimetrais e sistemas de ventilação composto por venezianas e lanternins. Não considerou-se os custos com: esquadrias, pisos internos, pintura e instalações elétricas, hidrossanitárias e preventivas contra incêndio. Os custos diretos orçados foram organizados e agrupados para cada projeto nos processos de fabricação, transporte e montagem.

## **2.6 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS**

Apresentou-se os resultados com o auxílio de gráficos e tabelas para melhor análise comparativa. Analisou-se as diferenças nos custos diretos globais bem como a influência dos custos nos processos de fabricação, transporte e montagem em cada projeto analisado.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Apresentou-se os custos expressos em reais e em CUB (Custo Unitário Básico). Para a conversão de reais para CUB utilizou-se o valor do CUB médio para galpões industriais do mês de abril de 2018 tabelado pelo Sindicato da Construção Civil (SINDUSCON) de Florianópolis com o valor de R\$ 891,61.

### **3.1 CUSTOS DIRETOS ORÇADOS DOS GALPÕES PRÉ-FABRICADOS**

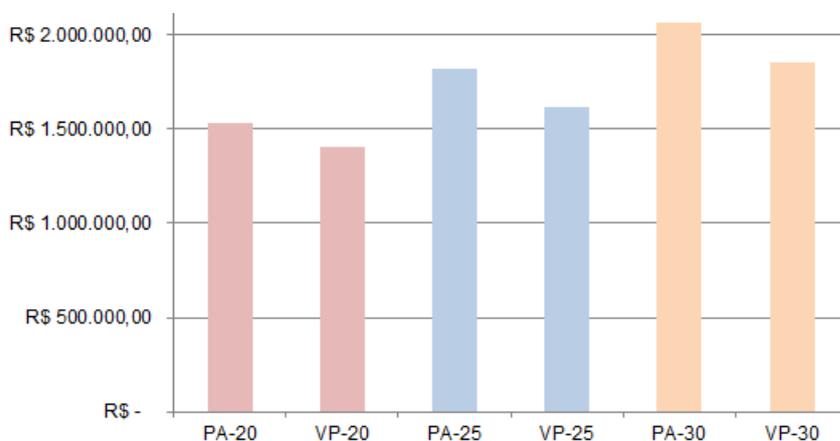
A Figura 05 mostra o comparativo dos custos diretos orçados dos galpões geminados com pórticos atirantados (PA) e dos galpões independentes com vigas protendidas (VP) com os diferentes vãos considerados neste estudo. Na Figura 05 também se apresenta os custos unitários por volume de concreto e por área dos galpões estudados e a Figura 06 apresenta graficamente a diferença de valores entre os galpões analisados.

Figura 05: Custos diretos orçados dos galpões com fundações.

GALPÃO	CUSTO TOTAL		CUSTO UNITÁRIO POR VOLUME DE CONCRETO		CUSTO UNITÁRIO POR ÁREA DE GALPÃO	
	R\$	CUBs	R\$/m³	CUBs/m³	R\$/m²	CUBs/m²
PA-20	R\$ 1.529.969,55	1.715,96	R\$ 2.840,62	3,19	R\$ 382,49	0,43
VP-20	R\$ 1.406.712,42	1.577,72	R\$ 2.406,53	2,70	R\$ 351,68	0,39
PA-25	R\$ 1.816.800,76	2.037,66	R\$ 2.885,82	3,24	R\$ 363,36	0,41
VP-25	R\$ 1.619.599,72	1.816,49	R\$ 2.500,79	2,80	R\$ 323,92	0,36
PA-30	R\$ 2.069.889,70	2.321,52	R\$ 2.912,00	3,27	R\$ 344,98	0,39
VP-30	R\$ 1.850.890,93	2.075,90	R\$ 2.494,88	2,80	R\$ 308,48	0,35

Fonte: Da autora, 2018.

Figura 06: Custos diretos orçados dos galpões com fundações.



Fonte: Da autora, 2018.

Extraiu-se das Figuras 05 e 06 as diferenças de custos diretos orçados de, ilustradas na Figura 07, entre os galpões PA e VP por tamanhos de vãos.

Figura 07: Comparativo entre os custos orçados dos galpões VP e PA por tamanhos de vãos.

GALPÃO	CUSTO TOTAL	CUSTO UNITÁRIO POR VOLUME DE CONCRETO	CUSTO UNITÁRIO POR ÁREA DE GALPÃO
VP-20	R\$ 1.406.712,42	R\$ 2.406,53/m³	R\$ 351,68/m²
PA-20	R\$ 1.529.969,55	R\$ 2.840,62/m³	R\$ 382,49/m²
DIFERENÇA	8,06% ↓	15,28% ↓	8,06% ↓
VP-25	R\$ 1.619.599,72	R\$ 2.500,79/m³	R\$ 323,92/m²
PA-25	R\$ 1.816.800,76	R\$ 2.885,82/m³	R\$ 363,36/m²
DIFERENÇA	10,85% ↓	13,34% ↓	10,85% ↓
VP-30	R\$ 1.850.890,93	R\$ 2.494,88/m³	R\$ 308,48/m²
PA-30	R\$ 2.069.889,70	R\$ 2.912,00/m³	R\$ 344,98/m²
DIFERENÇA	10,58% ↓	14,32% ↓	10,58% ↓

Fonte: Da autora, 2018.

Com as informações da Figura 07, observa-se que, para todos os vãos, os custos diretos orçados são inferiores para os galpões com vigas de concreto protendido (VP). Embora os galpões VP apresentem elementos estruturais com maior volume de concreto por elemento, quando comparados com os elementos estruturais dos galpões PA, estes últimos possuem uma quantidade maior de elementos estruturais pré-fabricados, conforme ilustrado na Figura 08.

Figura 08: Quantidade de elementos pré-moldados nos galpões.

ELEMENTOS	PA-20	VP-20	PA-25	VP-25	PA-30	VP-30
PILARES	49	41	49	41	49	41
VIGAS	6	6	6	6	6	6
VIGAS DE COBERTURA	68	22	68	22	68	22
VIGAS DE TRANSIÇÃO	5	-	5	-	5	-
CALHAS	48	20	48	20	48	20
TERÇAS	384	180	448	220	512	280
PAINÉIS	368	260	368	260	368	260
<b>TOTAL</b>	<b>928</b>	<b>529</b>	<b>992</b>	<b>569</b>	<b>1056</b>	<b>629</b>

Fonte: Da autora, 2018.

O galpão VP-20 apresentou um custo total de 8,06% menor em relação ao PA-20; o galpão VP-25 apresentou um custo total de 10,85% menor em relação ao PA-25; e o galpão VP-30 apresentou um custo total de 10,58% menor em relação ao PA-30. Dessa forma, não há correlação entre a variação dos custos diretos orçados por pavilhão e o tamanho dos vãos.

A Figura 09 mostra os custos diretos orçados ordenados em ordem decrescente considerando o volume de concreto e a área da obra.

Figura 09: Custos diretos unitários orçados considerando (A) o volume de concreto (B) a área dos galpões.

A)	GALPÃO	VOLUME (m³)	R\$/m³	B)	GALPÃO	ÁREA (m²)	R\$/m²
	PA-30	710,81	R\$ 2.912,00		PA-20	4.000,00	R\$ 382,49
	PA-25	629,56	R\$ 2.885,82		PA-25	5.000,00	R\$ 363,36
	PA-20	538,60	R\$ 2.840,62		VP-20	4.000,00	R\$ 351,68
	VP-25	647,63	R\$ 2.500,79		PA-30	6.000,00	R\$ 344,98
	VP-30	741,88	R\$ 2.494,88		VP-25	5.000,00	R\$ 323,92
	VP-20	584,54	R\$ 2.406,53		VP-30	6.000,00	R\$ 308,48

Fonte: Da autora, 2018.

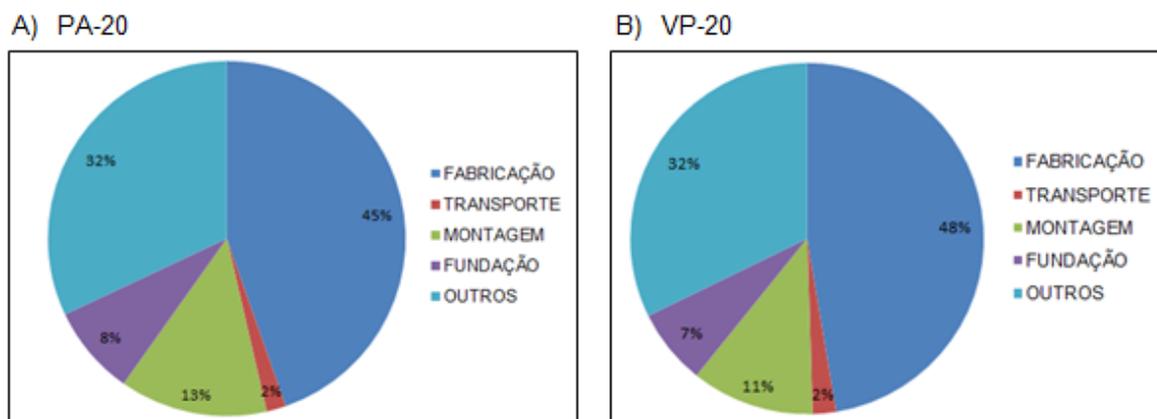
Observa-se que para todas as tipologias de galpões estudadas o volume de concreto é superior para o sistema com vigas de concreto protendido. Sendo que o volume de concreto para os galpões com vão de 20 m corresponde a 538,60 m<sup>3</sup> para o galpão PA e 584,54 m<sup>3</sup> para o galpão VP, demonstrando uma diferença de 7,86% entre os volumes de concreto para os galpões VP e PA, sendo a maior diferença entre os volumes de concreto de cada galpão e respectivos vãos.

Para os custos unitários por área de galpão, percebeu-se as mesmas variações percentuais obtidas para os custos diretos orçados, já que as áreas, para cada vão, consideradas para os galpões PA e VP são as mesmas.

### 3.2 PARTICIPAÇÃO DAS ETAPAS NOS CUSTOS DIRETOS ORÇADOS

A Figura 10 apresenta a participação das etapas de fabricação, transporte, montagem, fundações no custo direto orçado para cada galpão. A etapa descrita como “Outros” corresponde aos custos das telhas metálicas da cobertura, lanternins e venezianas laterais. Considerou-se os itens “Outros” como um grupo ou etapa a parte pelo fato desses itens não influenciarem nos custos dos elementos pré-fabricados, que são objetos principais da pesquisa.

Figura 10: Participação das etapas nos custos diretos orçados.

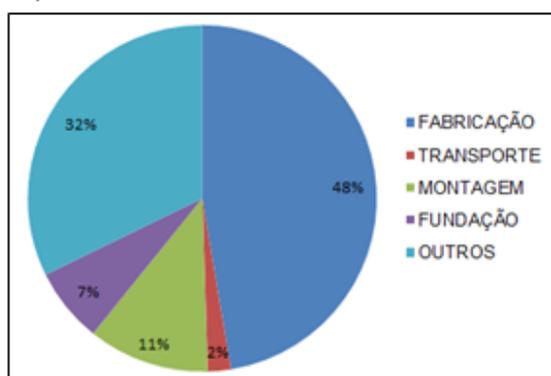


Fonte: Da autora, 2018.

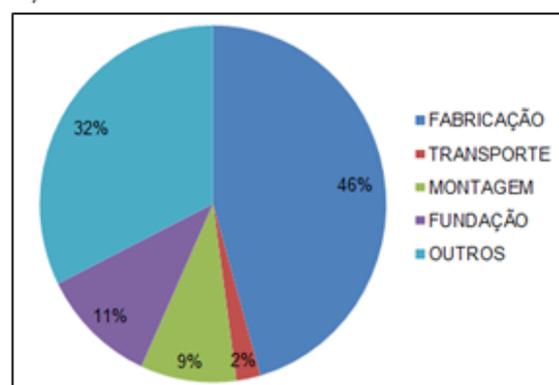
Analisou-se a participação das etapas nos custos diretos dos galpões com o mesmo vão, porém, com sistema construtivo diferente, verificando as diferenças das participações das etapas conforme o sistema construtivo.

Para os galpões com vão de 20 m, verificou-se que a etapa da fabricação tem a mesma porcentagem de participação para o galpão PA e para o galpão VP (45%). A etapa de transporte também apresentou a mesma participação (2%) para o galpão PA e para o galpão VP. Observa-se que a participação da etapa da montagem é maior para o galpão PA (13%) do que para o galpão VP (10%), enquanto que a etapa da fundação é menor para o PA (8%) do que para o VP (13%). A participação dos itens agrupados em outros variou de 32% para o PA para 30% para o VP.

C) PA-25



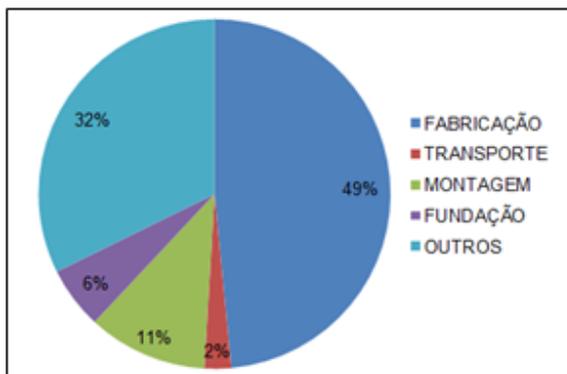
D) VP-25



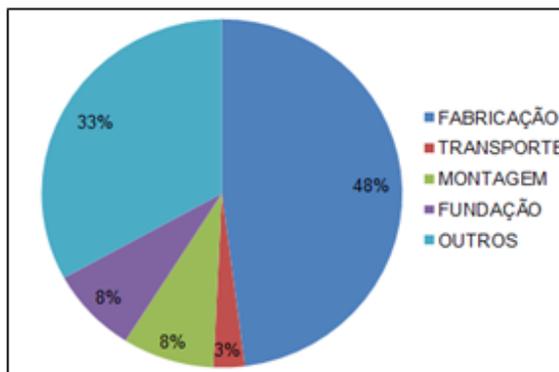
Fonte: Da autora, 2018.

Para os galpões com vão de 25 m, a etapa da fabricação tem maior participação nos custos do galpão PA (48%) do que no galpão VP (46%). A etapa de transporte também apresentou a mesma participação (2%) para o galpão PA e para o galpão VP. A participação da etapa de montagem é maior para o galpão PA (11%) do que para o galpão VP (9%), enquanto que a etapa da fundação é menor para o PA (7%) do que para o VP (11%). A participação dos itens agrupados em outros não teve variação.

E) PA-30



F) VP-30



Fonte: Da autora, 2018.

Para os galpões com vão de 30 m, a etapa da fabricação tem maior participação nos custos do galpão PA (49%) do que no galpão VP (48%). A etapa de transporte também apresentou variação, sendo 2% para o galpão PA e 3% para o galpão VP. A participação da etapa de montagem é maior para o galpão PA (11%) do que para o galpão VP (8%), enquanto que a etapa da fundação é menor para o PA (6%) do que para o VP (8%). A participação dos itens agrupados em outros variou de 32% para o PA para 33% para o VP.

### 3.3 CUSTOS DIRETOS ORÇADOS DAS ETAPAS DE FABRICAÇÃO, TRANSPORTE E MONTAGEM

A Figura 11 mostra os custos diretos orçados para as etapas de fabricação, transporte e montagem. Nela constam também os custos unitários orçados, considerando o volume de concreto e a área do galpão.

Figura 11: Custos orçados das etapas de fabricação, transporte e montagem.

GALPÃO	FABRICAÇÃO			TRANSPORTE			MONTAGEM			TOTAL
	TOTAL	R\$/m³	R\$/m²	TOTAL	R\$/m³	R\$/m²	TOTAL	R\$/m³	R\$/m²	
PA-20	R\$ 683.065,73	R\$ 1.268,21	R\$ 170,77	R\$ 27.013,46	R\$ 50,15	R\$ 6,75	R\$ 204.610,00	R\$ 379,89	R\$ 51,15	R\$ 914.689,19
VP-20	R\$ 637.341,78	R\$ 1.090,33	R\$ 159,34	R\$ 28.452,90	R\$ 48,68	R\$ 7,11	R\$ 135.690,00	R\$ 232,13	R\$ 33,92	R\$ 801.484,68
PA-25	R\$ 860.610,21	R\$ 1.367,00	R\$ 172,12	R\$ 38.720,90	R\$ 61,50	R\$ 7,74	R\$ 204.610,00	R\$ 325,00	R\$ 40,92	R\$ 1.103.941,10
VP-25	R\$ 738.462,75	R\$ 1.140,25	R\$ 147,69	R\$ 36.273,85	R\$ 56,01	R\$ 7,25	R\$ 144.990,00	R\$ 223,88	R\$ 29,00	R\$ 919.726,60
PA-30	R\$ 1.003.453,59	R\$ 1.411,70	R\$ 167,24	R\$ 51.004,11	R\$ 71,75	R\$ 8,50	R\$ 227.410,00	R\$ 319,93	R\$ 37,90	R\$ 1.281.867,70
VP-30	R\$ 887.811,60	R\$ 1.196,71	R\$ 147,97	R\$ 51.819,79	R\$ 69,85	R\$ 8,64	R\$ 152.190,00	R\$ 205,14	R\$ 25,37	R\$ 1.091.821,39

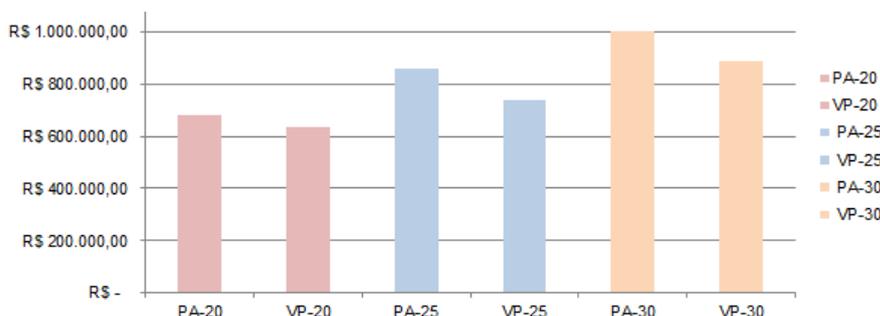
Fonte: Da autora, 2018.

Com os custos explicitados na Figura 11 apresenta-se nos próximos itens os resultados e discussões dos custos orçados por etapas.

### 3.3.1. ETAPA DE FABRICAÇÃO

Para uma análise comparativa por tamanhos de vãos, considerou-se a Figura 12.

Figura 12: Custos diretos de fabricação.



Fonte: Da autora, 2018.

Extraiu-se das Figuras 11 e 12 as diferenças de custos orçados de fabricação, ilustradas na Figura 13, entre os galpões PA e VP por tamanhos de vãos.

Figura 13: Comparativo entre os custos orçados de fabricação para os galpões VP e PA por tamanhos de vãos.

GALPÃO	CUSTO TOTAL	CUSTO UNITÁRIO POR VOLUME DE CONCRETO	CUSTO UNITÁRIO POR ÁREA DE GALPÃO
VP-20	R\$ 637.341,78	R\$ 1.090,33/m <sup>3</sup>	R\$ 159,34/m <sup>2</sup>
PA-20	R\$ 683.065,73	R\$ 1.268,21/m <sup>3</sup>	R\$ 170,77/m <sup>2</sup>
DIFERENÇA	6,69% ↓	14,03% ↓	6,69% ↓
VP-25	R\$ 738.462,75	R\$ 1.140,25/m <sup>3</sup>	R\$ 147,69/m <sup>2</sup>
PA-25	R\$ 860.610,21	R\$ 1.367,00/m <sup>3</sup>	R\$ 172,12/m <sup>2</sup>
DIFERENÇA	14,19% ↓	16,59% ↓	14,19% ↓
VP-30	R\$ 887.811,60	R\$ 1.196,71/m <sup>3</sup>	R\$ 147,97/m <sup>2</sup>
PA-30	R\$ 1.003.453,59	R\$ 1.411,70/m <sup>3</sup>	R\$ 167,24/m <sup>2</sup>
DIFERENÇA	11,52% ↓	15,23% ↓	11,52% ↓

Fonte: Da autora, 2018.

Com as informações das Figuras 12 e 13, observa-se que, para todos os vãos, os custos de fabricação são inferiores para os galpões com vigas de concreto protendido (VP). Embora os galpões VP apresentem elementos estruturais com maior volume de concreto por elemento, quando comparados com os elementos estruturais dos galpões PA, estes últimos possuem uma quantidade maior de elementos estruturais pré-fabricados, conforme ilustrado na Figura 08.

Não observou-se correlação entre o tamanho dos vãos e o custo orçado da etapa de fabricação, pois, como ilustrado na Figura 13, a diferença para o vão de 20 m é 6,69%; para o vão de 25 m é 14,19% e para o vão de 30 m é 11,52%.

A Figura 14 mostra os custos de fabricação ordenados em ordem decrescente considerando o volume de concreto e a área da obra.

Figura 14: Custos orçados da etapa de fabricação considerando (A) o volume de concreto (B) a área dos galpões.

A)	GALPÃO	VOLUME (m <sup>3</sup> )	R\$/m <sup>3</sup>	B)	GALPÃO	ÁREA (m <sup>2</sup> )	R\$/m <sup>2</sup>
	PA-30	710,81	R\$ 1.411,70		PA-25	5.000,00	R\$ 172,12
	PA-25	629,56	R\$ 1.367,00		PA-20	4.000,00	R\$ 170,77
	PA-20	538,60	R\$ 1.268,21		PA-30	6.000,00	R\$ 167,24
	VP-30	741,88	R\$ 1.196,71		VP-20	4.000,00	R\$ 159,34
	VP-25	647,63	R\$ 1.140,25		VP-30	6.000,00	R\$ 147,97
	VP-20	584,54	R\$ 1.090,33		VP-25	5.000,00	R\$ 147,69

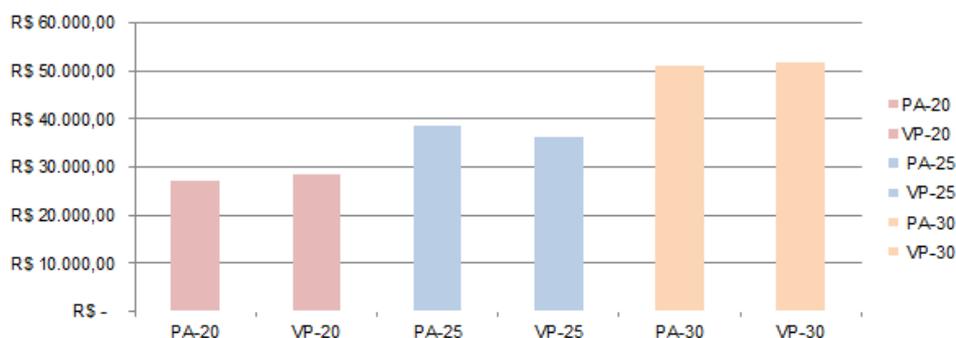
Fonte: Da autora, 2018.

De acordo com a Figura 14, confirmou-se que os custos maiores da etapa de fabricação são dos galpões PA. Também observou-se que o custo da etapa de fabricação por volume de concreto aumentou conforme aumentou o vão da cobertura. Porém, essa mesma correlação não mostrou-se válida para os custos da etapa de fabricação por área de galpão.

### 3.3.2. ETAPA DE TRANSPORTE

Para uma análise comparativa por tamanhos de vãos, considerou-se a Figura 15.

Figura 15: Custos diretos de transporte.



Fonte: Da autora, 2018.

Extraíu-se das Figuras 11 e 15 as diferenças de custos orçados de transporte, ilustradas na Figura 16, entre os galpões PA e VP por tamanhos de vãos.

Figura 16: Comparativo entre os custos orçados de transporte para os galpões VP e PA por tamanhos de vãos.

GALPÃO	CUSTO TOTAL	CUSTO UNITÁRIO POR VOLUME DE CONCRETO	CUSTO UNITÁRIO POR ÁREA DE GALPÃO
VP-20	R\$ 28.452,90	R\$ 48,68/m <sup>3</sup>	R\$ 7,11/m <sup>2</sup>
PA-20	R\$ 27.013,46	R\$ 50,15/m <sup>3</sup>	R\$ 6,75/m <sup>2</sup>
DIFERENÇA	5,33% ↑	2,95% ↑	5,33% ↑
VP-25	R\$ 36.273,85	R\$ 56,01/m <sup>3</sup>	R\$ 7,25/m <sup>2</sup>
PA-25	R\$ 38.720,90	R\$ 61,50/m <sup>3</sup>	R\$ 7,74/m <sup>2</sup>
DIFERENÇA	6,32% ↓	8,93% ↓	6,32% ↓
VP-30	R\$ 51.819,79	R\$ 69,85/m <sup>3</sup>	R\$ 8,64/m <sup>2</sup>
PA-30	R\$ 51.004,11	R\$ 71,75/m <sup>3</sup>	R\$ 8,50/m <sup>2</sup>
DIFERENÇA	1,60% ↑	2,65% ↑	1,60% ↑

Fonte: Da autora, 2018.

De acordo com as figuras 15 e 16, observa-se que, exceto para o vão de 25 m, os custos de transporte são inferiores para os galpões com pórticos atirantados (PA). Não observou-se correlação entre o tamanho dos vãos e o custo orçado da etapa de transporte, pois, como ilustrado na Figura 16, a diferença para o vão de 20 m é 5,06%; para o vão de 25 m é 6,32% e para o vão de 30 m é 1,57%.

A Figura 17 ilustra os custos de transporte ordenados em ordem decrescente considerando o volume de concreto e a área da obra.

Figura 17: Custos diretos unitários orçados da etapa de transporte considerando (A) o volume de concreto (B) a área dos galpões.

A)	GALPÃO	VOLUME (m <sup>3</sup> )	R\$/m <sup>3</sup>	B)	GALPÃO	ÁREA (m <sup>2</sup> )	R\$/m <sup>2</sup>
	PA-30	710,81	R\$ 71,75		VP-30	6.000,00	R\$ 8,64
	VP-30	741,88	R\$ 69,85		PA-30	6.000,00	R\$ 8,50
	PA-25	629,56	R\$ 61,50		PA-25	5.000,00	R\$ 7,74
	VP-25	647,63	R\$ 56,01		VP-25	5.000,00	R\$ 7,25
	PA-20	538,60	R\$ 50,15		VP-20	4.000,00	R\$ 7,11
	VP-20	584,54	R\$ 48,68		PA-20	4.000,00	R\$ 6,75

Fonte: Da autora, 2018.

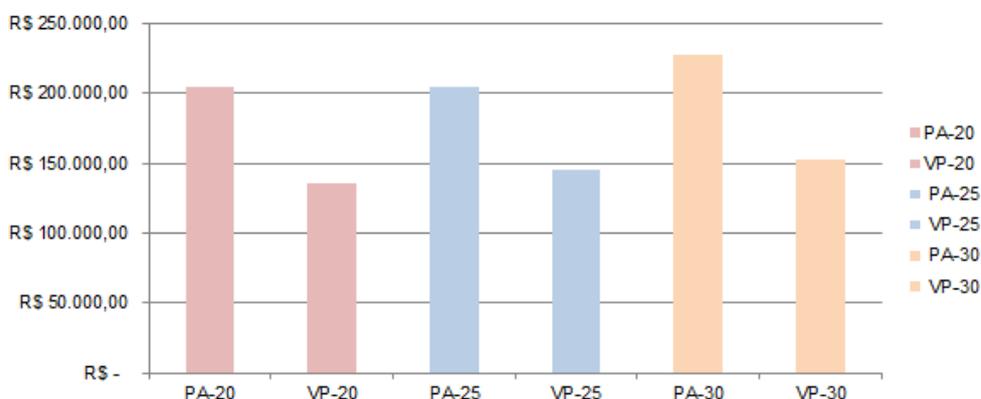
De acordo com a Figura 17, observou-se que o custo de transporte considerando o volume de concreto aumenta conforme aumenta o vão da cobertura, sendo que os custos do PA é sempre superior ao VP para cada vão. Em relação ao custo de

transporte considerando a área de galpão, também observou-se que o custo aumenta conforme aumenta o volume da cobertura, porém, o custo do VP é superior ao PA com exceção do vão de 25 m.

### 3.3.3. ETAPA DE MONTAGEM

Para uma análise comparativa por tamanhos de vãos, considerou-se a Figura 18.

Figura 18: Custos diretos de montagem.



Fonte: Da autora, 2018.

Extraiu-se das Figuras 11 e 18 as diferenças de custos orçados de montagem, ilustradas na Figura 19, entre os galpões PA e VP por tamanhos de vãos.

Figura 19: Comparativo entre os custos orçados de montagem para os galpões VP e PA por tamanhos de vãos.

GALPÃO	CUSTO TOTAL	CUSTO UNITÁRIO POR VOLUME DE CONCRETO	CUSTO UNITÁRIO POR ÁREA DE GALPÃO
VP-20	R\$ 135.690,00	R\$ 232,13/m <sup>3</sup>	R\$ 33,92/m <sup>2</sup>
PA-20	R\$ 204.610,00	R\$ 379,89/m <sup>3</sup>	R\$ 51,15/m <sup>2</sup>
DIFERENÇA	33,68% ↓	38,90% ↓	33,68% ↓
VP-25	R\$ 144.990,00	R\$ 223,88/m <sup>3</sup>	R\$ 29,00/m <sup>2</sup>
PA-25	R\$ 204.610,00	R\$ 325,00/m <sup>3</sup>	R\$ 40,92/m <sup>2</sup>
DIFERENÇA	29,14% ↓	31,12% ↓	29,14% ↓
VP-30	R\$ 152.190,00	R\$ 205,14/m <sup>3</sup>	R\$ 25,37/m <sup>2</sup>
PA-30	R\$ 227.410,00	R\$ 319,93/m <sup>3</sup>	R\$ 37,90/m <sup>2</sup>
DIFERENÇA	33,08% ↓	35,88% ↓	33,08% ↓

Fonte: Da autora, 2018.

Com as informações das Figuras 18 e 19, observa-se que, para todos os vãos, os custos de montagem são inferiores para os galpões com vigas de concreto

protendido (VP). Essa diferença se dá pela maior quantidade de elementos estruturais dos galpões PA, observada na Figura 08, uma vez que a etapa de montagem depende quase que exclusivamente da quantidade de elementos. Dessa forma, o tempo de montagem para os galpões VP também são inferiores em relação aos galpões PA, o que pode ser um fator determinante na escolha desse sistema construtivo.

Não observou-se correlação entre o tamanho dos vãos e o custo orçado da etapa de montagem, pois, como ilustrado na Figura 19, a diferença para o vão de 20 m é 33,68%; para o vão de 25 m é 29,14% e para o vão de 30 m é 33,08%.

A Figura 20 mostra os custos de fabricação ordenados em ordem decrescente considerando o volume de concreto e a área da obra.

Figura 20: Custos orçados da etapa de montagem considerando (A) o volume de concreto (B) a área dos galpões.

A)	GALPÃO	VOLUME (m <sup>3</sup> )	R\$/m <sup>3</sup>	B)	GALPÃO	ÁREA (m <sup>2</sup> )	R\$/m <sup>2</sup>
	PA-20	538,60	R\$ 379,89		PA-20	4.000,00	R\$ 51,15
	PA-25	629,56	R\$ 325,00		PA-25	5.000,00	R\$ 40,92
	PA-30	710,81	R\$ 319,93		PA-30	6.000,00	R\$ 37,90
	VP-20	584,54	R\$ 232,13		VP-20	4.000,00	R\$ 33,92
	VP-25	647,63	R\$ 223,88		VP-25	5.000,00	R\$ 29,00
	VP-30	741,88	R\$ 205,14		VP-30	6.000,00	R\$ 25,37

Fonte: Da autora, 2018.

De acordo com a Figura 20, confirmou-se que os custos maiores da etapa de montagem são dos galpões PA. Também observou-se que o custo da etapa de fabricação por volume de concreto aumentou conforme aumentou o vão da cobertura. Observou-se também a mesma correlação para os custos da etapa de fabricação por área de galpão.

#### 4 CONCLUSÃO

Com a finalização da pesquisa constatou-se a adequação da metodologia proposta e o alcance de todos os objetivos.

Para todos os vãos estudados, os custos diretos totais orçados foram inferiores para os galpões VP, sendo identificadas as seguintes variações entre os VP e PA: vãos de 20 m -8,06%; vãos de 25 m -10,85%; vãos de 30 m -10,58%.

Com exceção da etapa de transporte para os vãos de 20 m e 30 m, cujas variações foram de +5,33% e +1,60%, respectivamente, os custos diretos orçados por etapas de fabricação, transporte e montagem, também foram inferiores para os galpões VP, sendo que as maiores diferenças encontradas são as seguintes: fabricação vão de 25 m com -14,19%; transporte vão de 25 m com -6,32%; montagem vãos de 20 m com -33,68%.

Conclui-se que a tipologia galpões pré-fabricados com vigas de concreto protendido apresenta os menores custos diretos orçados quando comparados com os galpões pré-fabricados com pórtico atirantado.

Recomenda-se para futuros estudos analisar até que distância de transporte das peças, da fábrica para o local de montagem da obra, os galpões com vigas protendida apresentam menor custo direto orçado.

## 5 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto e execução de estruturas de concreto pré-Moldado – NBR 9062:2001**. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

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

CARVALHO, Roberto Chust. **Estrutura em concreto protendido: Pré tração, pós tração. cálculo e detalhamento**. São Paulo: Editora PINI, 2012.

EL DEBS, Mounir Khalil. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 456 p.

GOBBO, Pedro H.; SERRA, Sheyla M.B.; FERREIRA, Marcelo de A. **Selo de qualidade setorial para elementos pré-fabricados de concreto**. Concreto & Construções. São Paulo. Ano XXXVII. Edição n. 53, pg. 57-65 Jan. fev. mar. 2009.

LEET, Kenneth M.; UANG, Chia-ming; GILBERT, Anne M. **Fundamentos da Análise Estrutural**. 3. ed. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2010. 810 p.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamentos de obras**. São Paulo: PINI, 2006. 281 p. ISBN 857266176X (broch.).

SANTOS, Andreilton de Paula. **Análise estrutural de galpões atirantados de concreto pré-moldado**. 2010. 190 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

TISAKA, Maçahico. **Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução**. São Paulo: Editora PINI, 2006.