

SISTEMAS ESTRUTURAIS MODULARIZADOS: ESTUDO DE CASOS EM FORTALEZA/CE

RAÍSSÉ LAYANE DE PAULA SARAIVA^{1*}, LUIS FILIPE BATISTA CORDEIRO ARAÚJO²; JOAQUIM ANTONIO NOGUEIRA CARACAS³; AUGUSTO TEIXEIRA ALBUQUERQUE⁴

¹PD&I – Impacto Protensão, Mestranda em Construção Civil, UFC, Fortaleza-CE, inovacao@impactoprotensao.com.br

² PD&I – Impacto Protensão, Fortaleza-CE, inovacao@impactoprotensao.com.br

³CEO – Impacto Protensão, Fortaleza, CE, joaquimcaracas@impactoprotensao.com.br

⁴Dr. em Engenharia de Estruturas, Prof. Adjunto DEECC, UFC, Fortaleza-CE, augusto.albuquerque@ufc.br

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016
29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

RESUMO: A indústria da construção civil possui diversos sistemas de execução de estruturas que apresentam índices de produtividade baixos, uma vez que não possuem alta tecnologia agregada. Este trabalho objetiva, através da realização de um acompanhamento de obras, analisar os sistemas construtivos utilizados para a execução de estruturas em Fortaleza/CE, realizando um comparativo entre os sistemas usuais, e sistemas modularizados. Foram levantados dados relativos a mão de obra, velocidade de execução, área construtiva e o tipo de sistema construtivo de 31 obras, de empresas distintas (todas reconhecidamente de qualidade no setor imobiliário), durante os meses de julho e agosto de 2015. Ao final da coleta, determinou-se o preço por metro quadrado (m²) gasto na construção dos pavimentos de cada obra. Constituiu-se então um ranking e os sistemas de cada uma das obras foi analisado. O custo de mão de obra por m², variou de R\$11,74/m² a R\$111,52, determinando uma diferença de R\$99,78 por m². Uma vez analisados os sistemas construtivos utilizados, determina-se que esta diferença pode ser atribuída à utilização excessiva da madeira e sistemas não planejados. Analisando a obra menos onerosa, percebe-se que a mesma optou por utilizar um sistema com dimensões e projetos de montagem pré-estabelecidos.

PALAVRAS-CHAVE: Modularização. Sistemas Construtivos. Sistemas Estruturais.

STRUCTURAL SYSTEMS MODULARIZED: CASE STUDY IN FORTALEZA/CE

ABSTRACT: The construction industry has several structures execution systems that have low productivity rates, since they do not have high aggregate technology. The objective of this work is to conduct a follow-up construction works, to analyze the constructive systems used for structures in Fortaleza/CE, making a comparison between the usual systems and modularized systems. It was collected information about workforce, speed of execution, constructive area and type of construction system of 31 different building of different companies (all with good reputation in construction sector) during the months of July and August of 2015. At the end collection, determined the price per square meter (m²) used for the construction of each work floor. Then it was elaborated a ranking and the systems of each construction was analyzed. The labor force cost per square meter ranged from R\$ 11,74/m² to R\$ 111,52, determining a difference of R\$ 99,78/m². Once the construction systems used analyzed, it is determined that this difference can be attributed to the excessive use of wood and systems unplanned. Analyzing the least expensive workplace, it is clear that it has chosen to use a system with dimensions and pre-determined assembly projects.

KEYWORDS: Modularization. Building Systems. Structural Systems.

INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, diversas tecnologias foram desenvolvidas para a execução de estruturas na construção civil, tais tecnologias buscam driblar e contrapor o caráter artesanal que marca uma das indústrias de maior significância no país, a construção habitacional e comercial.

Buscando mensurar o comportamento e o retorno financeiro de tais sistemas, bem como realizar um controle mais amplo dos empreendimentos, alguns autores vêm desenvolvendo metodologias para o cálculo da produtividade nos canteiros de obra, tais como Souza & Agopyan (1996) e Souza (1998). Porém, tais metodologias ainda são pouco empregadas pela equipe de administração das obras.

No que diz respeito aos sistemas estruturais empregados para execução de estruturas de concreto, apesar dos esforços para que estes sejam cada vez mais desenvolvidos e eficientes, alguns ainda não possuem este caráter, haja vista que possuem concepções ainda um tanto retrógradas. Outros sistemas, mais modernos e atualizados, empregam o conceito de modularização, isto é, segundo Andrade (2000), a compatibilização dimensional prévia dos espaços de uma edificação e dos produtos que a compõe.

Assim sendo, este trabalho tem por objetivo realizar um comparativo da produtividade de estruturas em concreto entre obras de edificações na cidade de Fortaleza/CE, que adotam sistemas de construção distintos, através do emprego de uma planilha desenvolvida para esta finalidade e que almeja compreender um “ranking” entre as construções, apontando quais os fatores responsáveis pela sua colocação. Sabe-se que outros métodos de cálculo de produtividade são existentes e repercutem no mercado, mas o anseio deste trabalho foi desenvolver uma metodologia simples e que pudesse ser utilizada pela administração do canteiro de obras, com informações que estão disponíveis aos mesmos e as quais se possui fácil acesso.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizado um levantamento de campo em 31 obras situadas em Fortaleza/CE e que utilizam sistemas construtivos distintos; *sistema convencional* (utilizando fôrmas de madeira e cimbramentos variados) e *sistema modularizado* (isto é, que adota dimensões padrão e previamente determinadas dos sistemas construtivos que serão responsáveis por dar origem à estrutura) e que empregam ainda sistemas estruturais distintos; *estruturas em concreto armado* e *estruturas em concreto protendido*. As lajes podem classificar-se ainda, quanto à sua característica estrutural-geométrica em *laje maciça* (quando possui sessão homogênea) e *laje nervurada* (quando possui sessão com vazios).

No que diz respeito ao aço utilizado na obra, não foi realizada diferenciação entre as obras que adotavam corte e dobra *in loco* ou não. As obras foram escolhidas de forma aleatória e utilizando como único critério a facilidade de coleta dos dados, uma vez que o objetivo consistia em partir do princípio que todas as obras são iguais e, somente após a análise, identificar quais os possíveis fatores que poderiam influenciar positiva ou negativamente no seu custo total.

Através de uma ficha, entregue ao responsável pela execução da estrutura da obra, as seguintes questões eram respondidas, acerca do pavimento tipo: área do pavimento, ciclo da laje (entendido como o espaço de tempo entre a concretagem de pavimentos distintos de uma mesma torre) e a quantidade de operários envolvidos somente na execução da estrutura (mestre de obras, encarregado, servente, auxiliar e profissionais). Após o preenchimento da ficha, a mesma é devolvida para o escritório que analisa os dados e lança na planilha desenvolvida para cálculo do valor de mão de obra por m² de estrutura. De posse dos dados, é determinado o valor de lajes por mês, custo por dia, produtividade (homem/dia), m² construídos por dia e, finalmente, o preço por m² para cada estrutura em análise. As obras analisadas possuem finalidade residencial.

O *cálculo dos indicadores* foi realizado da seguinte maneira:

- “lajes por mês” é determinado dividindo-se a quantidade de dias úteis do mês pelo ciclo da laje de cada obra;
- “custo por dia” é determinado multiplicando-se o salário de cada função, pela respectiva quantidade de cada profissional presente na obra e dividindo-se tudo pela quantidade de dias úteis do mês. Para determinar o salário referente a cada função, foram utilizados os valores fixados pela convenção coletiva do trabalho 2014/2015 e adicionados 80% referentes a encargos trabalhistas, com base em dados publicados pela CBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil), em seu Boletim de

Encargos, contabilizados: Repouso semanal remunerado, Férias e adicional de 1/3, feriados, auxílio enfermidade e faltas justificadas, acidentes de trabalho, auxílio paternidade, 13º salário, adicional noturno, INSS e FGTS. Assim, os valores praticados foram: R\$1.366,54 para Serventes, R\$1.544,09 para Meio Profissionais, R\$2.075,80 para Profissionais, R\$2.444,61 para Encarregados e R\$3.609,00 para Mestres de Obras.

- “m²/dia” é obtido dividindo-se a área do pavimento pelo ciclo da laje;
 - Finalmente, o “preço/m²” é calculado multiplicando-se a quantidade de cada profissional pelo salário e dividindo-se o valor obtido pela área multiplicada pelo número de lajes por mês.
- Após os dados serem lançados e os indicadores serem calculados, foi compreendido um “ranking” que ordena de maneira crescente os resultados obtidos por cada obra.

Na imagem 01 a seguir, é ilustrada a planilha desenvolvida:

Imagem 01. Modelo de planilha

CLIENTE	OBRA	FUNCIONÁRIOS					ÁREA (m ²)	CICLO DA LAJE (DIAS)	LAJES POR MÊS	CUSTO / DIA	PRODUTIVIDADE DE (HOMEM / DIA)	m ² / DIA	PREÇO (m ²)
		SERVENTE	AUXILIAR (MEIO PROF.)	PROFISSIONAL	ENCARREGADO	MESTRE							
1		0	4	26	2	1	1392,00	5	4,2	3.269,0	1,1	278,4	R\$ 11,74
2		4	5	8	0,5	0,5	518,00	6	3,5	1.562,9	1,7	86,3	R\$ 18,10
3		4	5	10	0,5	0,5	518,00	6	3,5	1.760,6	1,9	86,3	R\$ 20,39
4		3	3	10	0	1	677,50	9	2,3	1.576,1	1,2	75,3	R\$ 20,94
5		10	6	15	2	1	680,00	6	3,5	2.979,5	2,4	113,3	R\$ 26,29

Fonte: Os autores

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a implementação dos dados obtidos nas obras na planilha desenvolvida, obteve-se os seguintes resultados, descritos na Imagem 02 a seguir.

A diferença no preço das obras analisadas foi bastante expressiva, tendo uma variação de quase R\$100,00 por m² entre o primeiro e o último lugar do “ranking” apresentado. Após esta constatação, buscou-se determinar quais as principais questões que impactaram no custo de mão de obra da execução de estruturas e são responsáveis por compreenderem um preço baixo ou um preço muito oneroso.

Quando compara-se o primeiro ao último lugar, percebe-se que o cliente 01 utiliza 33 operários para construir um pavimento de 1392 m² de área, enquanto o último cliente utiliza 21 funcionários para executar uma área de 264,65 m², isto é, este possui uma área cerca de 80% menor e utiliza apenas 12 funcionários a menos.

A seguir, são realizadas análises pontuais acerca dos principais fatores identificados para a diferenciação do custo por m² das obras analisadas. Vale ressaltar que, unidades decimais de funcionários ocorrem quando um mesmo profissional trabalha em mais de uma torre. Quanto ao Sistema Construtivo, número 1 refere-se a Sistema Modularizado, número 2 refere-se a Sistema Convencional. No que diz respeito aos Sistemas Estruturais, a classificação foi realizada pelos números 1 a 4, sendo 1: Concreto Protendido e Laje Nervurada; 2: Concreto Protendido e Laje Maciça; 3: Concreto Armado e Laje Nervurada; 4: Concreto Armado e Laje Maciça.

CONCLUSÃO

Após a análise dos dados que compuseram a planilha, pode-se comprovar que as obras mais onerosas foram aquelas que optaram por sistemas construtivos arcaicos para execução de suas estruturas. Isto é, sistemas com elevada utilização de madeira e que não possuíam dimensões padronizadas e estabelecidas previamente.

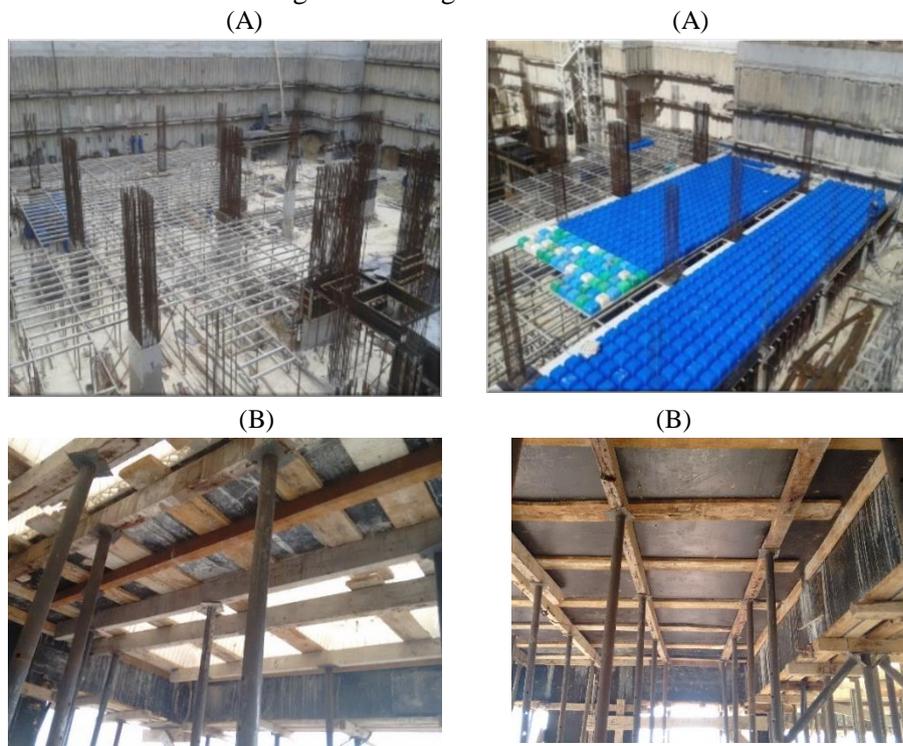
Por outro lado, as obras mais econômicas foram aquelas que adotaram o princípio da modularização, compreendendo projetos mais produtivos e de mais rápida execução. Outro fator de extrema importância para o alcance de uma obra produtiva é o emprego de sistemas estruturais que favoreçam o emprego da modularização, isto é, que apresentem estruturas de simples execução e de fácil adaptação ao princípio da modularização, característica alcançada com projetos que optam, principalmente, por vigas do tipo faixa. Ressalta-se ainda o fato desse estudo objetivar a visualização, por parte dos calculistas e clientes, de opções estruturais que sejam mais econômicas e produtivas, potencializando o desenvolvimento do setor.

Imagem 02. Resultados obtidos na análise de 31 obras

POSICÃO	SISTEMA CONSTRUTIVO	SISTEMA ESTRUTURAL	FUNCIONARIOS					ÁREA (m²)	CICLO DA LAJE (DIAS)	LAJES POR MÊS	CUSTO/ DIA	m²/ DIA	PREÇO (m²)
			SERVENTE	AUXILIAR (MEIO PROF.)	PROFISSIONAL	ENCARREGADO	MESTRE						
1	1	1	0	4	26	2	1	1392,00	5	4,2	3.269,0	278,4	R\$ 11,74
2	1	4	4	5	8	0,5	0,5	518,00	6	3,5	1.562,9	86,3	R\$ 18,10
3	1	4	4	5	10	0,5	0,5	518,00	6	3,5	1.760,6	86,3	R\$ 20,39
4	1	1	3	3	10	0	1	677,50	9	2,3	1.576,1	75,3	R\$ 20,94
5	1	1	10	6	15	2	1	680,00	6	3,5	2.979,5	113,3	R\$ 26,29
6	1	2	3	7	17	1	1	800,00	10	2,1	2.678,7	80,0	R\$ 33,48
7	1	2	4	8	14	2	1	364,00	5	4,2	2.637,3	72,8	R\$ 36,23
8	1	3	4	5	10	2	0,33	358,80	7	3,0	1.906,1	51,3	R\$ 37,19
9	1	1	0	8	13	2	1	457,95	8	2,6	2.278,1	57,2	R\$ 39,80
10	1	1	10	0	12	2	1	363,00	7	3,0	2.241,8	51,9	R\$ 43,23
11	1	1	6,67	4,33	12,67	1,33	0,33	402,00	8	2,6	2.216,5	50,3	R\$ 44,11
12	1	1	1	1	9	2	0,5	365,00	12	1,8	1.347,2	30,4	R\$ 44,29
13	2	1	4	10	11	2	1	393,00	7	3,0	2.487,8	56,1	R\$ 44,31
14	2	1	6	7	9	0	1	307,52	7	3,0	1.966,6	43,9	R\$ 44,77
15	2	1	5,67	4,33	8,67	1,33	0,33	272,28	7	3,0	1.756,0	38,9	R\$ 45,15
16	2	1	5,67	4,33	8,67	1,33	0,33	272,28	7	3,0	1.756,0	38,9	R\$ 45,15
17	2	1	4	8	16	2	1	545,00	9	2,3	2.834,9	60,6	R\$ 46,82
18	2	1	3	1	9	2	0,5	458,70	15	1,4	1.477,3	30,6	R\$ 48,31
19	2	1	6	1	18	2	2	868,00	15	1,4	2.819,9	57,9	R\$ 48,73
20	2	1	4	8	16	2	1	390,00	7	3,0	2.834,9	55,7	R\$ 50,88
21	2	1	4	6	16	2	1	760,00	15	1,4	2.687,9	50,7	R\$ 53,05
22	2	1	10	3	25	1,33	0,67	462,00	7	3,0	3.612,4	66,0	R\$ 54,73
23	2	2	0	17	17	0	1	393,00	7	3,0	3.102,2	56,1	R\$ 55,26
24	2	1	6	0	8	0	1	161,00	7	3,0	1.353,1	23,0	R\$ 58,83
25	2	1	8	7	17	1	0,5	294,00	6	3,5	2.918,1	49,0	R\$ 59,55
26	2	1	11	5	27	1,33	0,67	462,00	7	3,0	4.022,2	66,0	R\$ 60,94
27	2	1	1	12	19	2	1	367,00	7	3,0	3.230,4	52,4	R\$ 61,61
28	2	1	11	8	13	2	1	380,40	8	2,6	2.993,9	47,55	R\$ 62,96
29	2	1	9	9	12	2	1	220,00	7	3,0	2.838,5	31,4	R\$ 90,31
30	2	1	7	6	10	2	1	200,00	8	2,6	2.290,0	25,0	R\$ 91,60
31	2	1	0	3	15	2	1	264,65	14	1,5	2.108,2	18,9	R\$ 111,52

Fonte: Os autores

Imagem 03. Imagens das obras



(A) – Primeiro lugar do ranking; (B) – Último lugar do ranking.

Fonte: Os autores.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à todas as empresas participantes desta análise, bem como aos projetistas que disponibilizaram suas informações, entendendo que este trabalho possuiu caráter sério e visou obter informações úteis a todo o setor da construção civil.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14931:2013 Execução de Estruturas de Concreto - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15696:2009 Fôrmas e Escoramentos para Estruturas de Concreto – Projeto, Dimensionamento e Procedimentos Executivos - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro, 2009.

ANDRADE, M. Coordenação Dimensional como Ferramenta para a qualidade em projetos de habitação Popular. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UnB. Brasília, 2000.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL (CBIC) – Encargos Previdenciários e Trabalhistas no setor da Construção Civil: Análise Nacional. Brasília, 2009.

FAJERSZTAJN, H. Fôrmas para concreto armado: aplicação para o caso do edifício. 1987. 247 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1987.

SANTOS, A. DOS.; BEZERRA, D. L.; SAMPAIO, C. L.; KARAM, R. Modularização como estratégia para ampliar o ciclo de vida de produtos. II Encontro de Sustentabilidade em Projeto do Vale do Itajaí. 2008.

SOUZA, U.E.L. Produtividade e custos dos sistemas de vedação vertical. Tecnologia e gestão na produção de edifícios: vedações verticais. PCC-EPUSP, São Paulo, 1998, p. 237-248.

SOUZA, U.E.L.; AGOPYAN, V. Estudo da produtividade da mão de obra no serviço de fôrmas para estruturas de concreto armado. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1996.

ZORZI, A. C. Forma com molde em madeira para estruturas de concreto armado: recomendações para melhoria da qualidade e produtividade com redução de custos. 2002. 213p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo. São Paulo.