



## **Análise comparativa entre a quantidade e as características dos resíduos de construção gerados em duas obras.**

Dyanara Coelho da Silva<sup>1</sup>.

Murilo Alves<sup>2</sup>.

Robson Negri<sup>3</sup>

**Resumo:** O presente trabalho apresenta um estudo de caso, aplicado a uma construtora situada no norte do estado de Santa Catarina, comparando duas técnicas de execução de lajes, in loco e pré-fabricada, verificando a relação da geração de resíduos e consumo energético no processo. O estudo foi dividido em quatro etapas, a primeira consistiu na análise dos sistemas de lajes propostos para cada uma das obras em estudo, na segunda etapa foi realizado um inventário de resíduos gerados para as obras, no qual foram utilizadas ferramentas e informações disponibilizadas pela construtora. Na terceira etapa foi realizado o levantamento do consumo de energia e água para as duas obras em análise. Na última etapa foi realizado o comparativo entre os quesitos estudados dos dois processos construtivos, no qual foi levantado a quantidade e o custo gerado em cada obra em relação a geração de resíduos e ao consumo energético. Obteve-se como resultado que a laje in loco gera maior quantidade de resíduos de madeira em comparação a laje pré-fabricada, ocasionando um custo maior de destinação. Referente ao consumo energético, tivemos como resultado que a laje pré-fabricada tem o consumo de energia maior que a laje moldada in loco.

**Palavras-chaves:** resíduos; laje in loco; laje pré-fabricada; construção civil.

### **Comparative analysis between the quantity and characteristics of construction waste generated in two works.**

**Abstract:** The present work presents a case study, applied to a construction company located in the north of the state of Santa Catarina, comparing two slab execution techniques, on-site and prefabricated, verifying the relationship between waste generation and energy consumption in the process. The study was divided into four stages, the first consisted of analyzing the slab systems proposed for each of the works under study, in the second stage an inventory of waste

---

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Católica de Santa Catarina – e-mail: dianara.silva@catolicasc.org.br

<sup>2</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Católica de Santa Catarina – e-mail: murilo.alves@catolicasc.org.br

<sup>3</sup> Professor da Católica de Santa Catarina – e-mail: robisonnegri@gmail.com



generated for the works was carried out, in which tools and information provided by the construction company were used. In the third stage, the survey of energy and water consumption was carried out for the two works under analysis. In the last stage, a comparison was made between the studied items of the two construction processes, in which the quantity and cost generated in each work in relation to the generation of waste and energy consumption was raised. As a result, the on-site slab generates a greater amount of wood waste compared to the prefabricated slab, causing a higher destination cost. Regarding the energy consumption, we had as a result that the prefabricated slab has higher energy consumption than the slab molded in loco.

**Keywords:** waste. wlab in loco. prefabricated slab. construction.

## Introdução

Os resíduos da Construção Civil são vistos como resíduos de baixa periculosidade. No entanto, de acordo com Lima e Lima (2012), em uma obra, tanto em sua concepção, quanto na execução ou posterior utilização, ocorrem perdas e desperdícios de materiais, tendo como consequência, a geração de RCC (Resíduos de Construção Civil)

A geração de resíduos é algo a ser pensado a curto, médio e em longo prazo, envolvendo não somente a iniciativa privada, mas também os Órgãos Públicos e a sociedade em geral. Depositar e destinar de maneira correta os resíduos é uma ação que traz benefícios não somente ambientais, mas também sociais, econômicos e melhorias para o bem-estar da população (SCHNEIDER, 2003).

A questão dos Resíduos da Construção Civil (RCC) tem sido amplamente discutida e estudada no Brasil, motivada pela alta taxa de geração ainda praticada pela indústria da construção civil, sendo estimada entre 51% a 70% dos resíduos sólidos urbanos coletados (MARQUES NETO, 2005).

Os estudos desenvolvidos passam por enfoque diversos, tanto, na destinação, aproveitamento, sendo de forma mais atual, focados na redução da geração, que parece ser a solução econômica e ambientalmente mais sensata.



Segundo Ferreira (2008), a construção civil utiliza mecanismos de produção ultrapassados, resultante ao baixo investimento tecnológico, além de desprezar fatores essenciais, como perdas no processo produtivo.

Associados aos processos de perdas de materiais, tem-se também o consumo desnecessário de insumos energéticos, seja na cadeia produtiva deste em seu ciclo de vida, ou até mesmo durante o processo de produtivo dentro do canteiro de obras.

Nagalli (2014) comenta que uma das estratégias possíveis para a redução das perdas e desperdícios é repensar os processos construtivos e o modo como são desenvolvidos os empreendimentos.

Segundo Ruthes (2016), o setor de construção civil carece de inovação, sendo este vinculado ao conceito de melhoria contínua, uma vez que incorpora novas ideias em processos e produtos, e se transforma em um resultado econômico.

Logo, a redução das perdas e desperdícios dos insumos materiais e energéticos, passa pelo estabelecimento de critérios de execução dos processos construtivos e pela identificação de deficiências operacionais e de qualidade, sendo necessários para isso o desenvolvimento de técnicas construtivas diferenciais das tradicionalmente utilizadas, ou inovadoras.

Baseado nisso realizou-se uma análise comparativa entre a quantidade de resíduos gerados, energia e água consumida, em duas obras de projetos semelhantes, no entanto, aplicando métodos construtivos distinto para o subsistema de lajes.

A primeira obra foi executada pela técnica construtiva convencional, composta por lajes de concreto armado maciças, executadas in loco. Já a outra obra, de arquitetura e concepção estrutural equivalentes, foi executada com lajes maciças, porem estas foram pré-fabricadas em uma planta fabril externa ao canteiro de obras, com processo e controle de qualidade da indústria fechada.

Estudou-se as diferenças nos volumes de geração de resíduos e o conseqüente reflexo financeiro de sua adequada destinação final, bem com o volume de energia associa ao ciclo de vida dos materiais da massa de resíduos. Também foram comparados os consumos de água e energia das duas obras, frente a mudança de processo construtivo.

## Métodologia

De maneira a possibilitar a análise comparativa proposta, foram elencadas, em conjunto com o setor de pesquisa e desenvolvimento de uma construtora situada no norte do estado de Santa Catarina, duas obras com características construtivas condizentes.

A primeira obra é caracterizada pela execução de lajes pré-fabricadas, no qual sua área total construída é de 28.507,85 m<sup>2</sup>, sendo ela 3 torres com 12 pavimentos tipo e 1 pavimento diferenciado no último andar

A segunda obra possui sistema construtivo de lajes realizadas in loco, no qual sua área total construída é de 20.416,06 m<sup>2</sup>, sendo ela 2 torres com 12 pavimentos tipo e 1 pavimento diferenciado no último andar

O procedimento metodológico aplicado na pesquisa está apresentado na Figura 1. Para facilitar a apresentação dos resultados chamamos de Obra 1 a obra cuja as lajes foram modadas in loco e Obra 2 a obra composta por laje pré-fabricadas.



Figura 1 -Etapas da Pesquisa

Inicialmente foi realizada uma análise qualitativa e descritiva, com o intuito de identificar as principais alterações nos processos construtivos das lajes de uma para a outra obra, procurando relacioná-las com o aumento ou redução na geração de resíduos em decorrência da execução desse subsistema.

A segunda etapa consistiu na realização do inventário dos resíduos gerados nas Obras. Na Obra 1, o inventário foi realizado analisando os registros das quantidades de resíduos coletados, através da emissão de MRT (Manifesto de transporte de resíduos) para as caçambas

da obra, cruzando-os temporalmente com o cronograma real de execução das lajes. No caso da Obra 2, contabilizou-se os resíduos gerados no canteiro de obra, seguindo a mesma metodologia da Obra 1, e também os resíduos associados a industrialização das peças pré-fabricadas, levantados através do cruzando as datas de fabricação dos lotes de lajes disponibilizadas para obra com os resíduos industriais gerados.

Por fim, na terceira etapa, realizou-se o levantamento dos consumos de energia elétrica e água nos canteiro de obra.

Os projetos e os dados relacionados a geração de resíduos foram fornecidos pela construtora. Também foi disponibilizadas as ferramentas AutoDoc e SAP, bem como os históricos de planejamento e execução das obras.

## Resultados e discussões

A primeira etapa de análise foi realizada com auxílio formulário que permitiu a comparação sistemática dos projetos e procedimentos dos dois sistemas construtivos. Na Figura 2 a seguir são apresentados de forma ilustrativa os dois sistemas construtivos estudados, ambas as fotos foram fornecidas pela construtora parceira.













Figura 2 – Execução das lajes: (a)laje in loco e (b) laje pré-fabricada.

Na Tabela 1, são apresentados de forma gráfica binária os resultados finais da análise entre as duas técnicas construtivas estudadas, sendo considerado negativa a técnica que indica maior perda e desperdícios de insumos materiais, em cada subcategoria ou subsistema.

Pode-se verificar que na execução das formas da laje pré-fabricada a geração de resíduos é menor devido ao menor consumo de madeira, que acaba sendo descartada no final do processo, sendo a laje pré-fabricada mais vantajosa, pois faz uso de formas metálicas reutilizáveis. Na concretagem da laje pré-fabricada há uma menor probabilidade de perdas e desperdício, pois a execução é realizada com elevado controle de quantidades e das geometria das peças. Por outro lado, a laje pré-fabricada necessita de transporte e instalação no local gerando consumo de insumos e possibilidade de quebra.

Tabela 1 – Planilha de Análise Comparativa do Sistema de Lajes

Etapa Construtiva	“In loco”	Pré-Fabricada
Formas		
Armação		
Concretagem		
Transporte		
Instalações		

Os resultados do inventário dos resíduos gerados na obra caracterizada pela construção de lajes in loco e pré-fabricada, para sua execução, estão apresentados nas Tabela 2 e 3. Não foi possível, a detecção de quantitativos significativos de perdas e desperdícios de aço e concreto, através da metodologia proposta, porém nos dois processos construtivos ocorre a geração de tais resíduos em volumes muito menores que os de madeira e plásticos.

As quantidades inventariadas correspondem a execução de 7.153,70 m<sup>2</sup> de Laje In Loco e de 6.388,80 m<sup>2</sup> de Laje Pré-Fabricada.

Por tanto, o indicador de geração média relativa de resíduos de madeira para a execução da laje moldada in loco foi de 43 l/m<sup>2</sup>, enquanto, para a laje pré-fabrica foi de 14 l/m<sup>2</sup>, representando uma redução de aproximadamente 67% no volume. Já com relação a geração de resíduos de plásticos para a execução da laje moldada in loco foi de 12 l/m<sup>2</sup> e na laje pré-fabricada 14 l/m<sup>2</sup>, sendo praticamente equivalente.

Tabela 2 – Planilha Inventário Resíduos Laje In Loco

Torre			
Laje	Data Inicio	Madeira (m <sup>3</sup> )	Plástico (m <sup>3</sup> )
Laje Térreo	02/08/2017	36,7	15,0
Laje 1° Pavimento	23/08/2017	36,7	5,0
Laje 2° Pavimento	11/09/2017	22,5	7,5
Laje 3° Pavimento	25/09/2017	22,5	8,3
Laje 4° Pavimento	13/10/2017	26,3	7,3
Laje 5° Pavimento	23/10/2017	26,3	5,6
Laje 6° Pavimento	10/11/2017	23,8	4,6
Laje 7° Pavimento	23/11/2017	23,8	5,6
Laje 8° Pavimento	08/12/2017	18,3	4,0
Laje 9° Pavimento	15/01/2018	20,0	3,3
Laje 10° Pavimento	22/01/2018	20,0	3,8
Laje 11° Pavimento	12/02/2018	16,3	4,3
Laje 12° Pavimento	19/02/2018	16,3	15,0
<b>Total</b>		<b>309,2</b>	<b>89,4</b>

Tabela 3 – Planilha Inventário Resíduos Laje Pré-Fabricada

Torre			
Laje	Data Inicio	Madeira (m <sup>3</sup> )	Plástico (m <sup>3</sup> )
Laje Térreo	22/01/2018	6.7	3.3
Laje 1° Pavimento	31/01/2018	6.9	3.8
Laje 2° Pavimento	16/02/2018	7.1	4.3
Laje 3° Pavimento	27/02/2018	7.1	4.3
Laje 4° Pavimento	07/03/2018	10.0	7.5
Laje 5° Pavimento	19/03/2018	10.0	7.5
Laje 6° Pavimento	29/03/2018	8.3	8.8
Laje 7° Pavimento	12/04/2018	6.7	10.0
Laje 8° Pavimento	19/04/2018	6.7	10.0
Laje 9° Pavimento	30/04/2018	7.0	9.0
Laje 10° Pavimento	16/05/2018	7.0	9.0
Laje 11° Pavimento	28/05/2018	4.8	8.3
Laje 12° Pavimento	18/06/2018	1.3	3.8
<b>Total</b>		<b>89.5</b>	<b>89.4</b>

O custo médios relativos para a destinação dos resíduos de madeira gerados foram de R\$ 1,30 R\$/m<sup>2</sup> para a técnica de lajes moldada in loco e de R\$ 0,42 R\$/m<sup>2</sup> para a laje pré-fabrica. Referente a destinação dos resíduos de plásticos os valores são respectivamente R\$ 0,38 R\$/m<sup>2</sup> e R\$ 0,42 R\$/m<sup>2</sup>. Considerando a base média de preço para Joinville-SC, em julho de 2020.

Conforme a análise realizada, foi possível verificar que o custo para a destinação dos resíduos da Laje Pré-Fabrica é inferior na Laje In Loco, no qual o seu maior benefício está na geração de sobras de madeira, sendo uma diferença de 244% no custo final da destinação.

Ambientalmente os resíduos gerados representam também um desperdício energético, dentro do ciclo de vida dos materiais utilizados, sendo possível estimar tal desperdício

energético, através dos indicadores de referência propostos por Tavares (2006) referências, aplicados aos volumes inventariados.

Logo, através de uma análise simples, pode-se aproximar um ganho energético pela aplicação da técnica de construção pré-fabricada, em relação ao resíduos gerados, de 1.071.031,5 MJ.

Tabela 04 – Consumo mensal – Laje In Loco

Torre	Área (m <sup>2</sup> )	Mês início	Consumo total de energia (kWh)	Indicador (kWh/m <sup>2</sup> )	Consumo total de água (m <sup>3</sup> )	Indicador (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
Laje Térreo	565,0	02/08/2017	107,33	0,19	20,00	0,04
Laje 1° Pavimento	565,0	23/08/2017	107,33	0,19	20,00	0,04
Laje 2° Pavimento	565,0	11/09/2017	438,25	0,78	17,00	0,03
Laje 3° Pavimento	565,0	25/09/2017	438,25	0,78	17,00	0,03
Laje 4° Pavimento	565,0	13/10/2017	462,75	0,82	24,50	0,04
Laje 5° Pavimento	565,0	23/10/2017	462,75	0,82	24,50	0,04
Laje 6° Pavimento	565,0	10/11/2017	478,00	0,85	23,50	0,04
Laje 7° Pavimento	565,0	23/11/2017	478,00	0,85	23,50	0,04
Laje 8° Pavimento	565,0	08/12/2017	227,00	0,40	38,33	0,07
Laje 9° Pavimento	565,0	15/01/2018	0,33	0,00	10,00	0,02
Laje 10° Pavimento	565,0	22/01/2018	0,33	0,00	10,00	0,02
Laje 11° Pavimento	565,0	12/02/2018	736,00	1,30	22,50	0,04
Laje 12° Pavimento	373,7	19/02/2018	736,00	1,97	22,50	0,06
<b>Total</b>	<b>7153,7</b>		<b>4672,33</b>	<b>0,69</b>	<b>273,33</b>	<b>0,04</b>

Tabela 05 – Consumo mensal – Laje Pré-Fabricada

Torre	Área (m <sup>2</sup> )	Mês início	Consumo total de energia (kWh)	Indicador (kWh/m <sup>2</sup> )	Consumo total de água (m <sup>3</sup> )	Indicador (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
Laje Térreo	510,3	22/01/2018	885,00	1,73	33,00	0,06
Laje 1° Pavimento	510,3	31/01/2018	885,00	1,73	33,00	0,06
Laje 2° Pavimento	510,3	16/02/2018	1162,50	2,28	48,25	0,09
Laje 3° Pavimento	510,3	27/02/2018	1162,50	2,28	48,25	0,09
Laje 4° Pavimento	510,3	07/03/2018	246,17	0,48	39,50	0,08
Laje 5° Pavimento	510,3	19/03/2018	246,17	0,48	39,50	0,08
Laje 6° Pavimento	510,3	29/03/2018	246,17	0,48	39,50	0,08
Laje 7° Pavimento	510,3	12/04/2018	696,00	1,36	36,29	0,07
Laje 8° Pavimento	510,3	19/04/2018	696,00	1,36	36,29	0,07
Laje 9° Pavimento	510,3	30/04/2018	696,00	1,36	36,29	0,07
Laje 10° Pavimento	510,3	16/05/2018	803,43	1,57	21,14	0,04
Laje 11° Pavimento	510,3	28/05/2018	803,43	1,57	21,14	0,04
Laje 12° Pavimento	264,7	18/06/2018	740,29	2,80	29,29	0,11
<b>Total</b>	<b>6388,8</b>		<b>9268,64</b>	<b>1,50</b>	<b>461,43</b>	<b>0,07</b>

Nas Tabelas 4 e 5 são apresentados os consumos mensais no canteiro de obras de energia e água, durante os períodos de execução das lajes. Considerando que não houveram alterações nos demais processos construtivos nas duas obras neste período, atribuiu-se as diferenças nos gastos energéticos e de água a diferença entre as técnicas utilizadas para a execução do subsistema de lajes.

Os valores obtidos mostram uma variação insignificante, para o consumo de água consumida no canteiro sendo que a laje moldada in loco apresentou uma média relativa de 40 l/m<sup>2</sup> e a laje pré-fabricada 70 l/m<sup>2</sup> de laje. Também foi estimado o consumo relativo médio de energia elétrica no canteiro, sendo respectivamente 0,69 kWh/m<sup>2</sup> e 1,50 kWh/m<sup>2</sup> de laje.

## Conclusões

O presente artigo constatou que na execução das formas da laje pré-fabricada a geração de resíduos é menor devido a quantidade de madeira gerada na laje in loco. Na montagem da laje pré-fabricada também é mais vantajosa, pois faz uso de formas metálicas, sendo reutilizadas. Na concretagem a laje pré-fabricada a probabilidade de desperdício é pequena pois a execução é realizada por maquinários. O transporte da laje pré-fabricada não é mais viável do que a in loco, pois esse custo não é gerado na mesma. Já nas instalações, a laje pré-fabricada é a que gera menos resíduos devido à perda de material ser menor, pois são kits prontos no qual a possibilidade de perda é menor do que a laje in loco.

No inventário realizado diante aos resíduos gerados para a obra caracterizada pela construção de lajes in loco e para a obra caracterizada pela construção de lajes pré-fabricadas, visualiza-se que a laje pré-fabricada gera menos resíduos, sendo a mais indicada para execução, pois a geração de resíduos de madeira da laje in loco é 244% maior que a laje pré-fabricada, resultado em um gasto menor na destinação final.

O levantamento de energia e água para a obra caracterizada pela construção de lajes in loco e para obra caracterizada pela construção de laje pré-fabricadas foram realizados com base nas faturas mensais, no qual a laje moldada in loco é a que menos consome energia comparada



com a laje pré-fabricada, pelo fato de ser mais artesanal e fazer uso de menos equipamentos para execução de obra.

Através de uma análise simples, pode-se aproximar o ganho energético, em relação aos resíduos gerados, no qual a diferença entre o volume de madeira 219,7 m<sup>3</sup> resulta em 1.071.031,5MJ, ou seja, causando menor impacto ambiental.

Como sugestões para trabalhos futuros recomenda-se para a realização da análise dos sistemas de laje in loco e pré-fabricada, o levantamento do consumo de energia e água e a realização do inventário dos mesmos seja realizado um levantamento apenas da execução da laje, para não ter interferência de outros processos que estejam ocorrendo no mesmo tempo da execução, assim a comparação será mais assertiva.

Para a realização do levantamento de custos: Sugere-se uma ferramenta no qual seja realizada a coleta de dados de todos os resíduos gerados na realização das lajes.

## Referências

**FERREIRA, J. C.; CARVALHO, R. A.; COSTA, H. G.** Emprego de uma metodologia para aquisição de materiais numa empresa de construção civil da cidade de Campos dos Goytacazes. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v.13, p. 23-35, 2008.

MARQUES NETO, J. C., *Gestão dos Resíduos de Construção Civil no Brasil*. São Carlos, Ed. RIMA, 2015.

LIMA, Rosimeire S.; LIMA, Ruy Reynaldo R. *Guia para elaboração de projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil*. Série de Publicações Temáticas do Crea-PR. Curitiba: Crea, 2012.

MARQUES, Cristian; GOMES, Bárbara; BRANDLI, Luciana. *Consumo de água e energia em canteiros de obra: um estudo de caso do diagnóstico a ações visando à sustentabilidade – RS*. 2017. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo - RS – Brasil, 2017.

NAGALLI, André. *Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil*. São Paulo: Oficina de textos, 2014.

RUTHES, Tarcísio. *Impactos do desenvolvimento de um processo construtivo industrializado em alvenaria estrutural – SC*. 2016. Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. 2016.



SCHNEIDER, Dan Moche. Deposições Irregulares de Resíduos da Construção Civil na Cidade de São Paulo. (Dissertação de mestrado) Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

TAVARES, Sérgio. **Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras** - SC. 2006. Tese (Doutorado) (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. 2006.