



## XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção  
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

# DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO PARA O ESTUDO DA PRODUTIVIDADE NA MONTAGEM DE ESTRUTURAS DE AÇO PARA EDIFÍCIOS<sup>1</sup>

MINGIONE, Caio Marranghello (1); SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de (2)

(1) USP, e-mail: caiomingione@usp.br; (2) USP, e-mail: ubiraci.souza@poli.usp.br

### RESUMO

O uso de estruturas de aço para construção de edifícios vem se expandindo no país como uma alternativa às tradicionais estruturas em concreto armado. Dessa forma, é fundamental que se estabeleça um método prático e padronizado para o estudo da produtividade da montagem da estrutura de aço, de forma a possibilitar a geração de bancos de dados confiáveis e metodologicamente homogêneos. Esse trabalho tem por objetivo desenvolver um método para coleta, processamento e análise de dados de produtividade da mão de obra e de equipamentos de içamento na montagem de estruturas de aço para edifícios. Esse artigo apresenta-se como um subproduto de pesquisa de mestrado realizada na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, sob o título "Produtividade na montagem de estruturas de aço para edifícios". Como método de pesquisa para elaboração desse artigo, utiliza-se de pesquisa bibliográfica e documental para o desenvolvimento do método proposto e aplicação do mesmo em um estudo de caso piloto buscando verificar sua adequabilidade. Como resultado, obtêm-se um método prático e padronizado para o estudo da produtividade da montagem estrutura de aço para edifícios. Considerando sua aplicação ao estudo de caso piloto, conclui-se que o mesmo é adequado e eficiente para o estudo que se propõe.

**Palavras-chave:** Estrutura de Aço. Produtividade. Método.

### ABSTRACT

The use of steel structures for buildings grows in Brazil as an alternative to the traditional use of reinforced concrete. Therefore, it is essential to establish a practical and standardized method to study the productivity in the erection of steel structures, in order to guide the creation of reliable and methodologically homogenous databases. This essay aims to develop a method for collecting, processing and analyzing labor and crane productivity data in the erection of steel structures for buildings. This article is presented as a byproduct of a master's research project held at the Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, under the heading "Productivity in the erection of steel structures for buildings". As research method, it is used bibliographic and documentary research for the development of the proposed method, which is then tested in a pilot case study. As a result, it is presented a practical and standardized method to study the productivity in the erection of steel structures for buildings. Considering its application to the pilot case study, it is concluded the method is appropriate and efficient for its purpose.

**Keywords:** Steel Structures. Productivity. Method.

---

<sup>1</sup> MINGIONE, Caio Marranghello; SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de. Desenvolvimento de método para estudo da produtividade na montagem de estruturas de aço para edifícios. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

## 1 INTRODUÇÃO

Nos anos recentes de 2014 a 2016, O setor da construção civil entrou de forma abrupta em um período de crise, com o mercado imobiliário, em particular, sendo fortemente afetado (EXAME, 2015). Nesse cenário, a busca por melhorias de produtividade tornou-se, mais do que nunca, fundamental para a sobrevivência e retomada da competitividade do setor.

Nesse sentido, o uso de estruturas em aço surge como uma alternativa interessante para a produção de edifícios de múltiplos pavimentos, uma vez que o caráter mais industrializado desse método construtivo tem potencial de permitir ganhos de produtividade na execução do subsistema estrutura, podendo ter impactos na redução dos custos e prazos na construção do edifício (PINHO, 2009).

Apesar deste método construtivo já ser bastante conhecido e utilizado internacionalmente, seu uso na construção de edifícios de múltiplos pavimentos ainda é pouco difundido no Brasil, onde tradicionalmente prevalece o uso de estruturas em concreto armado (TÉCHNE, 2016).

De forma a obter subsídios à discussão sobre o uso de estruturas em aço para empreendimentos de edifícios de múltiplos pavimentos, é fundamental compreender e quantificar a produtividade que pode ser alcançada por meio desse método construtivo. Para isso, faz-se necessária a criação de um método padronizado para mensuração dessa produtividade, de forma a possibilitar a geração de bancos de dados confiáveis e metodologicamente homogêneos.

### 1.1 Objetivo

O objetivo desse artigo é apresentar o desenvolvimento de um método padronizado e de fácil utilização para estudo – isto é, coleta, processamento e análise de dados - da produtividade da mão de obra e de equipamentos de içamento na montagem de estruturas de aço para edifícios de múltiplos pavimentos.

### 1.2 Método de pesquisa

Como método de pesquisa para o desenvolvimento desse trabalho utilizou-se basicamente de pesquisa bibliográfica e documental, além da condução de um estudo de caso piloto. Segundo Marconi e Lakatos (2003), a pesquisa bibliográfica, ou de fontes secundárias, abrange toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo, enquanto que a pesquisa documental consiste da obtenção de dados oriundos de fontes primárias, como, nesse caso, projetos, documentos e registros de obra. Um estudo de caso piloto, por sua vez, tem por objetivo testar a adequabilidade de um método de pesquisa antes de sua aplicação extensiva.

Não se pretende aqui determinar valores característicos de indicadores de produtividade na montagem de estruturas de aço, nem verificar a influência de fatores na produtividade desse serviço. Busca-se, entretanto, desenvolver

e testar um método de pesquisa que estabeleça uma base para realização desse tipo de estudo posteriormente.

O método aqui desenvolvido foi baseado no Modelo dos Fatores, conforme proposto por Thomas e Yakoumis (1987). Trata-se de um modelo conceitual amplo, explicativo da variação de produtividade em serviços da construção civil. No entanto, cabe ressaltar que o modelo não é imediatamente aplicável a medição de produtividade, exigindo para isso que seja definido um método para sua operacionalização - isto é, a definição de indicadores, fatores e forma de coleta, processamento e análise de dados. Observa-se ainda que, para cada serviço específico estudado, o método derivado do Modelo dos Fatores pode diferir em detalhes operacionais e analíticos, de forma a melhor se encaixar as características do referido serviço, como observado em trabalhos como Araújo (2005), Reis (2005), e Paliari (2007). É o desenvolvimento desse método, aplicado ao serviço de montagem de estruturas de aço para edifícios, que se propõe esse artigo.

## **2 DESENVOLVIMENTO**

O método aqui desenvolvido constitui-se de quatro etapas:

1. Definição dos indicadores de produtividade
2. Listagem ampla e seleção de fatores potencialmente influenciadores da produtividade
3. Procedimentos de coleta e processamento de dados
4. Procedimentos de análise de dados

Apresenta-se a seguir o desenvolvimento detalhado de cada uma dessas etapas.

### **2.1 Definição de indicadores**

Indicadores de produtividade são relações matemáticas que expressam o quociente entre as entradas e saídas de um processo de produção (SOUZA, 2006). Para o método de estudo do processo de montagem de estruturas de aço para edifícios apresentado nesse trabalho, devem ser considerados como entradas os recursos físicos mão de obra e equipamentos. Como saídas, devem ser consideradas as quantidades de serviço produzidas (QS) ou a área construída da edificação ( $m^2$ ). No entanto, definir um indicador de produtividade significa determinar de forma precisa como essas entradas e saídas devem ser quantificadas.

Assim, para esse método, quatro tipos de indicadores de produtividade podem ser determinados. Os dois indicadores principais são a RUP – Razão Unitária de Produção, medida em homens-hora por quantidade de serviço ( $H.h/QS$ ) - para a produtividade da mão de obra, e a  $E_fE$  – Eficiência do Equipamento, medida em horas de equipamento por quantidade de serviço ( $h.Eq/QS$ ) - para produtividade dos equipamentos. Esses indicadores balizam as análises de dados previstas no método. Além desses, dois indicadores

com base em área –  $MO_{\text{área}}$  e  $Eq_{\text{área}}$  – podem ser calculados de forma complementar, visando permitir comparações posteriores com outros serviços e partidos estruturais. O Quadro 1 apresenta esses indicadores.

Tendo-se definidos os indicadores, é necessário entender de forma clara qual o processo para o qual se deseja medir a produtividade. O conceito de processo pode ser aplicado a diferentes níveis de abrangência (TANGEN, 2002). Assim, de um ponto de vista analítico, processos produtivos podem ser progressivamente agregados, formando processos mais amplos e complexos, ou progressivamente decompostos, gerando subprocessos cada vez menores e mais simples.

Quadro 1 - Definição dos indicadores de produtividade do método

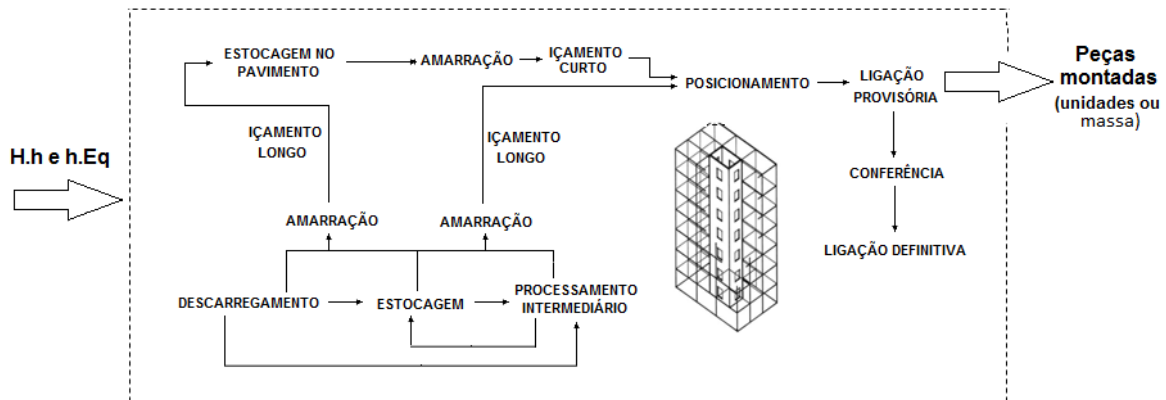
ENTRADA		SAÍDA		INDICADORES		
TIPO	UNIDADE	TIPO	UNIDADE	SIGLA	NOME	REL. MATEMÁTICA
<b>INDICADORES DE PRODUTIVIDADE FÍSICA</b>						
MÃO DE OBRA	H.h	QS	toneladas, unidades	RUP	Razão Unitária de Produção	H.h/QS
EQUIPAMENTO	h.Eq	QS	toneladas, unidades	E <sub>F</sub> E	Eficiência de Equipamento	h.Eq/ QS
<b>INDICADORES POR ÁREA DE PRODUTIVIDADE FÍSICA</b>						
MÃO DE OBRA	H.h	ÁREA	m <sup>2</sup>	$MO_{\text{área}}$	Consumo de mão de obra por área	H.h/ m <sup>2</sup>
EQUIPAMENTO	h.Eq	ÁREA	m <sup>2</sup>	$Eq_{\text{área}}$	Consumo de equipamento por área	h.Eq/ m <sup>2</sup>

Fonte: elaboração do próprio autor

A produção da estrutura de aço de um edifício envolve diferentes serviços, que variam em termos das soluções tecnológicas e construtivas adotadas (BELLEI et al., 2008). Assim, a execução da estrutura pode envolver não apenas a montagem de um reticulado metálico, mas também de elementos de concreto, no caso de se adotarem sistemas estruturais mistos ou híbridos, a execução dos sistemas de laje e a aplicação de pintura anticorrosiva e proteção passiva. O serviço de execução do reticulado metálico é, no entanto, o serviço mais importante e que confere o ritmo de execução da estrutura. Assim, esse método considera apenas a montagem do reticulado como processo cuja produtividade será estudada.

A Figura 1 apresenta de forma sistematizada, as interfaces entre os diferentes subprocessos que constituem esse serviço. Observa-se que, dependendo do projeto e de questões como o arranjo do canteiro, etapa de obra e planejamento de montagem, existe mais de um caminho possível para as peças da estrutura, desde o seu descarregamento até a sua ligação definitiva.

Figura 1 - Subprocessos envolvidos no serviço de execução de estruturas de aço para edifícios



Fonte: elaboração do próprio autor

Para mensuração da produtividade no método aqui proposto considera-se como saídas do processo de montagem em um determinado dia a totalidade das peças da estrutura ligadas provisoriamente ao conjunto nesse dia (que serão denominadas “peças montadas”). Com relação às entradas, consideram-se os homens-hora e equipamentos-hora utilizados no serviço como um todo. Essas considerações são convenientes em termos operacionais, pois gera um indicador único representativo do processo.

Deve-se determinar a RUP e a EfE em base diária (d), cumulativa (cum) e potencial (pot), considerando-se como entrada, respectivamente, as horas disponíveis dos montadores/ oficiais ( $RUP_{of}$ ) e as horas disponíveis do equipamento de içamento. A quantidade de serviço considerada pode ser tomada como o peso das peças montadas por dia (toneladas) ou a quantidade de peças (vigas+pilares+outros) montadas por dia. Dessa forma, podem-se obter os indicadores:  $RUP_{d,of,peso}$ ,  $RUP_{d,of,peça}$ ,  $RUP_{cum,of,peso}$ ,  $RUP_{cum,of,peça}$ ,  $RUP_{pot,of,peso}$ ,  $RUP_{pot,of,peça}$ ,  $EfE_{d,peso}$ ,  $EfE_{d,peça}$ ,  $EfE_{cum,peso}$ ,  $EfE_{cum,peça}$ ,  $EfE_{pot,peso}$  e  $EfE_{pot,peça}$ . O Quadro 2 sintetiza essas considerações.

Quadro 2 - Definições quanto ao cômputo de entradas e saídas

ENTRADA		O QUE CONSIDERA	INDICADORES		
			DIÁRIOS	CUMULATIVOS	POTENCIAIS
RUP	MO	homem	$RUP_{d,of,peso}$	$RUP_{cum,of,peso}$	$RUP_{pot,of,peso}$
		hora			
	QS	tonelada	$RUP_{d,of,peça}$	$RUP_{cum,of,peça}$	$RUP_{pot,of,peça}$
		peça			
EfE	EQUIP	equipamento	$EfE_{d,peso}$	$EfE_{cum,peso}$	$EfE_{pot,peso}$
		hora			

	QS	tonelada	Peso de peças montadas	$E_r E_{d,peça}$	$E_r E_{cum,peça}$	$E_r E_{pot,peça}$
		peça	Quantidade de peças (vigas ou pilares) montadas			

Fonte: elaboração do próprio autor

Como “horas disponíveis” entende-se o tempo que pode ser utilizado para produção do serviço considerado, isto é, o total de horas úteis e extras subtraídas de horas de férias, faltas, atrasos e saídas (justificadas ou não), afastamentos com atestado, greves, empréstimo para outras tarefas, tempo para treinamentos, horas-prêmio, almoço e lanche.

O cálculo da RUP para outras agregações de mão de obra (global, ajudantes, administrativa) pode ser feito a partir das RUPs cumulativas por meio de relações auxiliares que mostrem a proporção entre as horas-homem computadas para um determinado agrupamento de mão de obra e os homens-hora de oficiais. Os indicadores  $MO_{\text{área}}$  e  $Eq_{\text{área}}$  podem ser calculados a partir dos indicadores cumulativos, por meio de relações auxiliares que mostrem a proporção entre o peso ou quantidade média de peças em um pavimento tipo e a área de projeção desse pavimento.

## 2.2 Listagem ampla e seleção de fatores

Uma segunda etapa para o desenvolvimento do método de estudo da produtividade na montagem de estruturas de aço para edifícios consiste em compreender quais são os fatores que podem potencialmente influenciar na produtividade desse serviço.

Assim, para o método proposto, elabora-se inicialmente uma listagem ampla de fatores que poderiam apresentar este tipo de influência, tomando como base: entrevistas com especialistas; pesquisa bibliográfica em trabalhos correlacionados e manuais de orçamentação; considerações feitas pelo pesquisador com base em sua experiência e conhecimento a respeito do serviço (em especial com base nos diversos aspectos tecnológicos e construtivos das estruturas de aço).

Os fatores que influenciam a produtividade dos processos produtivos em canteiro de obras, em condições normais de trabalho, podem ser divididos em dois grupos (SOUZA, 1996):

- Fatores de CONTEÚDO: dizem respeito às características do produto sendo executado e dos recursos transformados (materiais) utilizados no processo produtivo. Para as estruturas de aço, poder-se-ia tomar como exemplo de fatores de conteúdo potencialmente influenciadores: o peso e dimensões das peças, características das ligações, altura do edifício, tipologia da estrutura, entre outros.
- Fatores de CONTEXTO: associados às condições de contorno do serviço sendo executado e aos recursos de transformação (mão de obra/ equipamentos) utilizados no processo produtivo. Para as estruturas de aço, poder-se-ia tomar como exemplo de fatores de

contexto potencialmente influenciadores: tipo, quantidade e disponibilidade de equipamentos de içamento, capacitação e motivação da equipe, supervisão, entre outros.

Além disso, a produtividade pode ser alterada quando anormalidades acontecem, isso é, quando ocorrem afastamentos acentuados quanto às características regulares de conteúdo e contexto citados.

Tendo-se realizado o levantamento amplo, faz-se necessária a seleção de alguns fatores dentro da listagem para que, efetivamente, sejam considerados na coleta, processamento e análise de dados. Esta seleção se faz necessária pois o grande número de fatores da listagem ampla tornaria a coleta, processamento e análise impraticáveis. A seleção desses fatores deve ser feita com base em critérios como o escopo do estudo, a disponibilidade de informações ou a relevância dos fatores.

### 2.3 Procedimentos de coleta e processamento de dados

A coleta e processamento de dados devem ser realizados para cada obra participante do estudo, por meio de pesquisa documental em projetos de estrutura dos edifícios, diários de obra, controles de montagem e registros do ritmo de produção elaborados pelas próprias equipes de execução das obras. Adicionalmente, pode-se realizar também pesquisa de campo, com visitas técnicas do pesquisador às obras. Sugere-se que todos os dados sejam coletados e processados por meio de planilhas e gráficos. Os Quadros 3 e 4 mostram exemplos desse tipo de planilha de coleta e processamento.

Quadro 3. Modelo de planilha para coleta de entradas e saídas

	PLANILHA DE COLETA DE ENTRADAS E SAÍDAS - OBRA X1													
	MÃO DE OBRA					EQUIP.		QUANTIDADE DE SERVIÇO					FATORES	
	OFICIAL	AJUDANTE	SOLDADOR	MO GLOBAL	MO ADM	GRUA 1	GRUA 2	PESO	PILAR	VIGAS	OUTROS	PEÇAS	FATOR 1	FATOR 2
DIAS	Hh	Hh	Hh	Hh	Hh	Eqh	Eqh	t	unid	unid	unid	unid	unid	unid
1	A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	D <sub>1</sub> = A <sub>1</sub> +B <sub>1</sub> + C <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	I <sub>1</sub>	J <sub>1</sub>	K <sub>1</sub>	L <sub>1</sub> = I <sub>1</sub> +J <sub>1</sub> +K <sub>1</sub>	Fat1 <sub>1</sub>	Fat2 <sub>1</sub>
2	A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>2</sub> = A <sub>2</sub> +B <sub>2</sub> + C <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	G <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	I <sub>2</sub>	J <sub>2</sub>	K <sub>2</sub>	L <sub>2</sub> = I <sub>2</sub> +J <sub>2</sub> +K <sub>2</sub>	Fat1 <sub>2</sub>	Fat2 <sub>2</sub>
3	A <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>3</sub>	D <sub>3</sub> = A <sub>3</sub> +B <sub>3</sub> + C <sub>3</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>3</sub>	G <sub>3</sub>	H <sub>3</sub>	I <sub>3</sub>	J <sub>3</sub>	K <sub>3</sub>	L <sub>3</sub> = I <sub>3</sub> +J <sub>3</sub> +K <sub>3</sub>	Fat1 <sub>3</sub>	Fat2 <sub>3</sub>
4	A <sub>4</sub>	B <sub>4</sub>	C <sub>4</sub>	D <sub>4</sub> = A <sub>4</sub> +B <sub>4</sub> + C <sub>4</sub>	E <sub>4</sub>	F <sub>4</sub>	G <sub>4</sub>	H <sub>4</sub>	I <sub>4</sub>	J <sub>4</sub>	K <sub>4</sub>	L <sub>4</sub> = I <sub>4</sub> +J <sub>4</sub> +K <sub>4</sub>	Fat1 <sub>4</sub>	Fat2 <sub>4</sub>
5	A <sub>5</sub>	B <sub>5</sub>	C <sub>5</sub>	D <sub>5</sub> = A <sub>5</sub> +B <sub>5</sub> + C <sub>5</sub>	E <sub>5</sub>	F <sub>5</sub>	G <sub>5</sub>	H <sub>5</sub>	I <sub>5</sub>	J <sub>5</sub>	K <sub>5</sub>	L <sub>5</sub> = I <sub>5</sub> +J <sub>5</sub> +K <sub>5</sub>	Fat1 <sub>5</sub>	Fat2 <sub>5</sub>

Fonte: elaboração do próprio autor

Quadro 4. Modelo de planilha de processamento de dados – cálculo de indicadores

PLANILHA DE CÁLCULO DOS INDICADORES DE PRODUTIVIDADE FÍSICA - OBRA X1												
DIAS	RUP <sub>of,peso</sub>			RUP <sub>of,peça</sub>			ErE <sub>peso</sub>			ErE <sub>peça</sub>		
	DIARIA	ACUM	POT	DIARIA	ACUM	POT	DIARIA	ACUM	POT	DIARIA	ACUM	POT
1	$M_1 = A_1/H_1$	$N_1 = M_1$	MEDIANA $[M_i > N_5]$	$O_1 = A_1/L_1$	$P_1 = O_1$	MEDIANA $[O_i > P_5]$	$Q_1 = (F_1+G_1)/H_1$	$R_1 = Q_1$	MEDIANA $[Q_i > R_5]$	$S_1 = (F_1+G_1)/L_1$	$T_1 = S_1$	MEDIANA $[Q_i > R_5]$
2	$M_2 = A_2/H_2$	$N_2 = N_1 + M_2$		$O_2 = A_2/L_2$	$P_2 = P_1 + O_2$		$Q_2 = (F_2+G_2)/H_2$	$R_2 = R_1 + Q_2$		$S_2 = (F_2+G_2)/L_2$	$T_2 = T_1 + S_2$	
3	$M_3 = A_3/H_3$	$N_3 = N_2 + M_3$		$O_3 = A_3/L_3$	$P_3 = P_2 + O_3$		$Q_3 = (F_3+G_3)/H_3$	$R_3 = R_2 + Q_3$		$S_3 = (F_3+G_3)/L_3$	$T_3 = T_2 + S_3$	
4	$M_4 = A_4/H_4$	$N_4 = N_3 + M_4$		$O_4 = A_4/L_4$	$P_4 = P_3 + O_4$		$Q_4 = (F_4+G_4)/H_4$	$R_4 = R_3 + Q_4$		$S_4 = (F_4+G_4)/L_4$	$T_4 = T_3 + S_4$	
5	$M_5 = A_5/H_5$	$N_5 = N_4 + M_5$		$O_5 = A_5/L_5$	$P_5 = P_4 + O_5$		$Q_5 = (F_5+G_5)/H_5$	$R_5 = R_4 + Q_5$		$S_5 = (F_5+G_5)/L_5$	$T_5 = T_4 + S_5$	

Fonte: elaboração do próprio autor

Além disso, de forma a embasar ainda mais os resultados do estudo, pode-se realizar coletas de dados complementares, por meio de:

- Pesquisa bibliográfica, em manuais de orçamento e outras publicações que já tenham tratado da produtividade do serviço em estudo anteriormente.
- Uso de técnicas de estudo do trabalho, como os estudos de tempos e de amostragem do trabalho.
- Cálculo de indicadores de ritmo de produção como, por exemplo: número médio de peças montadas por dia, número máximo de peças montadas por dia, entre outros.

## 2.4 Procedimentos de análise de dados

A análise de dados consiste na exploração e interpretação dos dados que foram coletados e convenientemente processados na etapa anterior, buscando extrair deles conclusões relativas aos objetivos da pesquisa. O método proposto prevê a possibilidade de três tipos de análise:

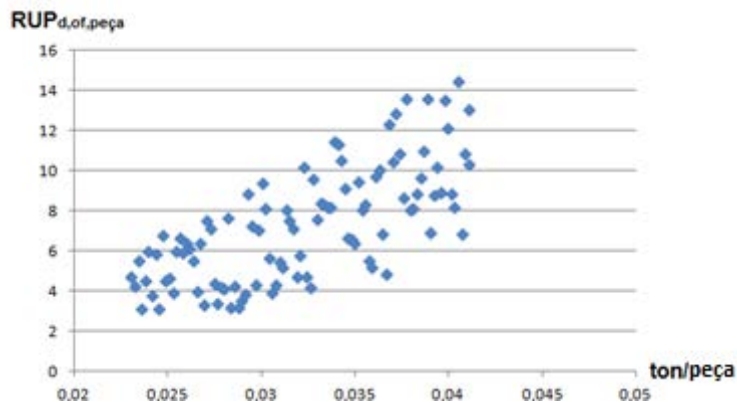
- Análise intraobra;
- Análise interobras;
- Análise comparativa com dados complementares.

A análise intraobra é aquela realizada dentro do conjunto de dados coletados e processados de uma mesma obra, com base na técnica de análise de correlação (LIRA, 2004), aplicada por meio da observação de gráficos de dispersão e/ou de coeficientes de correlação. Assim, verifica-se ou não a variação conjunta entre os valores assumidos pelos indicadores de



produtividade em base diária e pelos fatores potencialmente influenciadores observados a cada dia. Uma questão importante e que deve ser observada é a necessidade de excluir do conjunto de dados os dias nos quais ocorreram anormalidades (*outliers*), de forma a não contaminar a análise. A Figura 2 mostra um gráfico de dispersão hipotético que se poderia obter nesse tipo de análise.

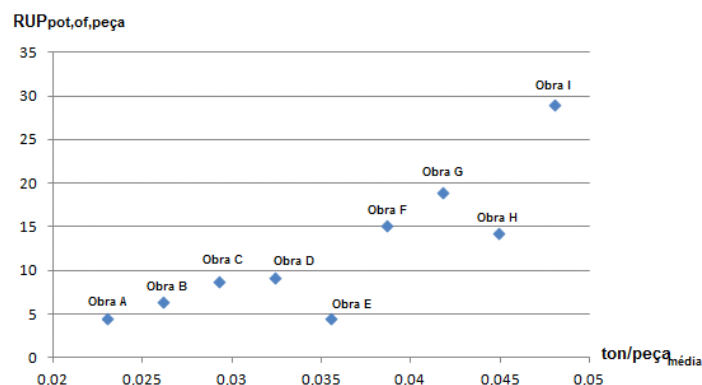
Figura 2 - Gráfico de dispersão hipotético de análise intraobra



Fonte: elaboração do próprio autor

A análise interobras é aquela realizada dentro do banco de dados formado por todas as obras que participam do estudo, também com base na técnica de análise de correlação, aplicada por meio da observação de gráficos de dispersão e/ou de coeficientes de correlação. Nesse caso, verifica-se ou não a ocorrência de correlação entre os valores assumidos pelos indicadores de produtividade potencial obtidos para todo período de estudo de cada obra e pelos fatores potencialmente influenciadores característicos de cada obra. Deve-se tomar como valor de fator característico aquele que melhor representa o fator em questão para a obra em estudo. Por exemplo, se considerado o fator "toneladas por peça", um valor representativo poderia ser tomado como a média aritmética do peso de todas as peças utilizadas na obra. A Figura 3 mostra um gráfico de dispersão hipotético que se espera obter nesse tipo de análise.

Figura 3 - Gráfico de dispersão hipotético de análise interobras



Fonte: elaboração do próprio autor

A análise comparativa com dados complementares deve ser realizada no caso de ter-se realizado uma coleta de dados complementar para maior embasamento do estudo. Trata-se, basicamente, de contrastar os resultados obtidos por dois métodos de coleta distintos, verificando se ocorre ou não aderência entre as diferentes fontes de dados.

### 3 APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO EM ESTUDO DE CASO PILOTO

#### 3.1 Caracterização do caso

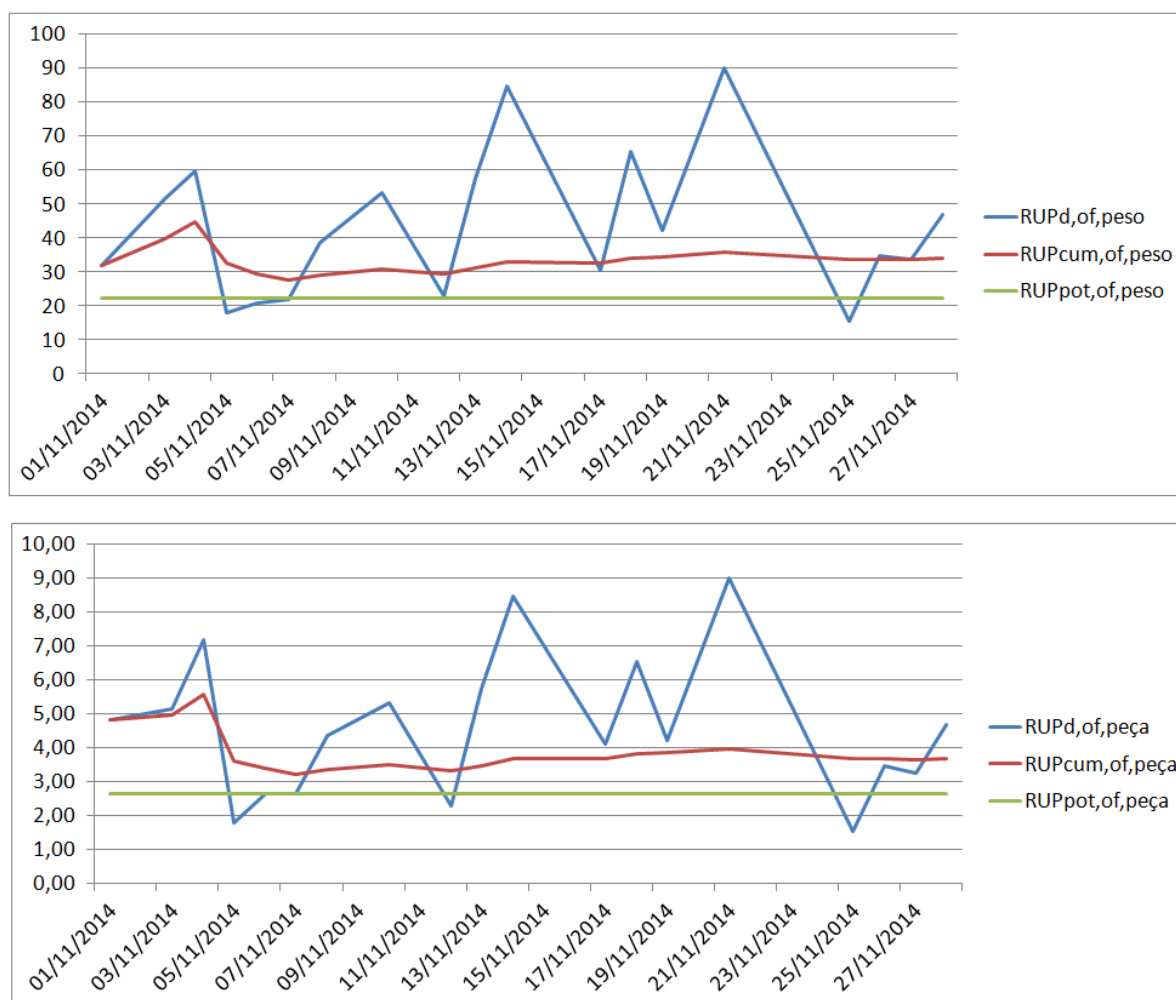
A obra utilizada nesse estudo de caso piloto está localizada na cidade do Rio de Janeiro – RJ e consiste em um hotel composto por um único edifício com cerca de 90 m de altura, sendo 22 pavimentos tipo, 4 atípicos, 5 sobressolos, térreo e 1 subsolo. O pavimento tipo apresenta área projetada de 927 m<sup>2</sup>, com 3 m de pé direito. A estrutura consiste em três núcleos de concreto circundados por um reticulado metálico em pórtico tridimensional. Foram utilizados dois tipos de pilares: em perfil tubular de seção quadrada e circular, preenchidos com concreto armado, e em perfil I revestido de concreto. Para as vigas utilizaram-se perfis I soldados e laminados de diferentes tamanhos. O sistema de laje utilizado foi o de fôrma de aço aderida (*steel deck*). Duas gruas fixas foram utilizadas como equipamento de içamento para a mesma torre. Para composição dos resultados, foram considerados os dados em base diária para o período de 1/11/2014 a 30/11/2014.

#### 3.2 Coleta, processamento e análise de dados

Apresentam-se a seguir os produtos oriundos da etapa de coleta e processamento de dados para o estudo de caso piloto. Não foi realizada coleta de dados complementar, e será apresentada apenas análise intraobra (uma vez que só se tem dados de uma única obra). Foi selecionado como fator potencialmente influenciador para esse estudo a “Disponibilidade de Equipamento (DispEquip)”, definida como sendo a porcentagem de tempo disponível que o equipamento de içamento fica efetivamente engajado na montagem de peças estruturais a cada dia.

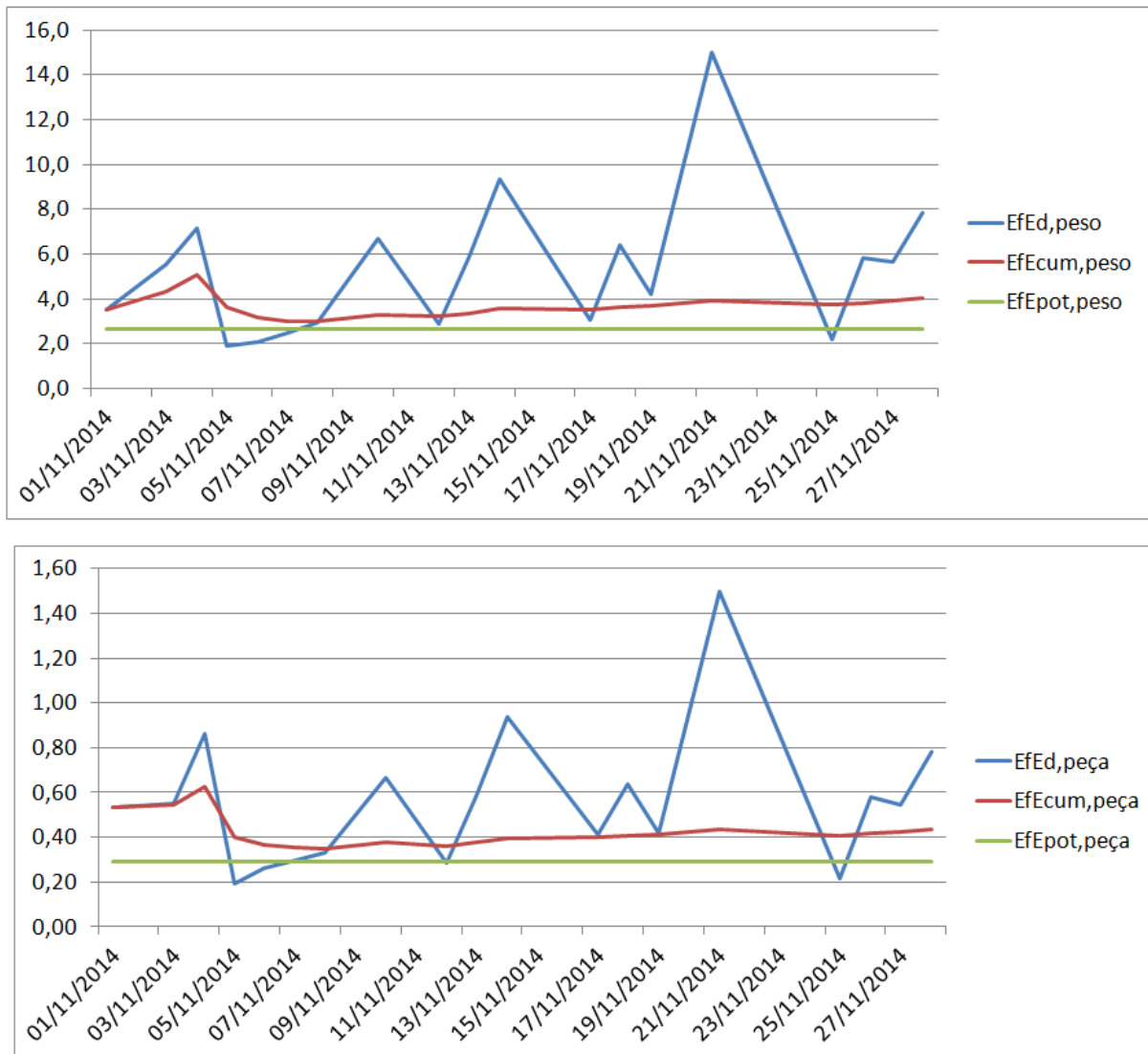
As Figuras 4 e 5 apresentam os gráficos de indicador de produtividade por dia de produção, para  $RUP_{of,peso}$  (Hh/t),  $RUP_{of,peça}$  (Hh/peça),  $E_fE_{peso}$  (Eq.h/t) e  $E_fE_{peça}$  (Eq.h/peça), em base diária, cumulativa e potencial, conforme coletado e processado segundo o método proposto. O estudo apresentou os indicadores cumulativos de 34,0 Hh/t, 3,7Hh/peça, 4,0 Eq.h/t e 0,44 Eq.h/t. Com relação aos indicadores potenciais, obtiveram-se os valores de 22,4 Hh/t, 2,7 Hh/peça, 2,6 Eq.h/t e 0,29 Eq.h/peça.

Figura 4 - Gráficos do indicador de produtividade – RUP - por dia de produção



Fonte: elaboração do próprio autor

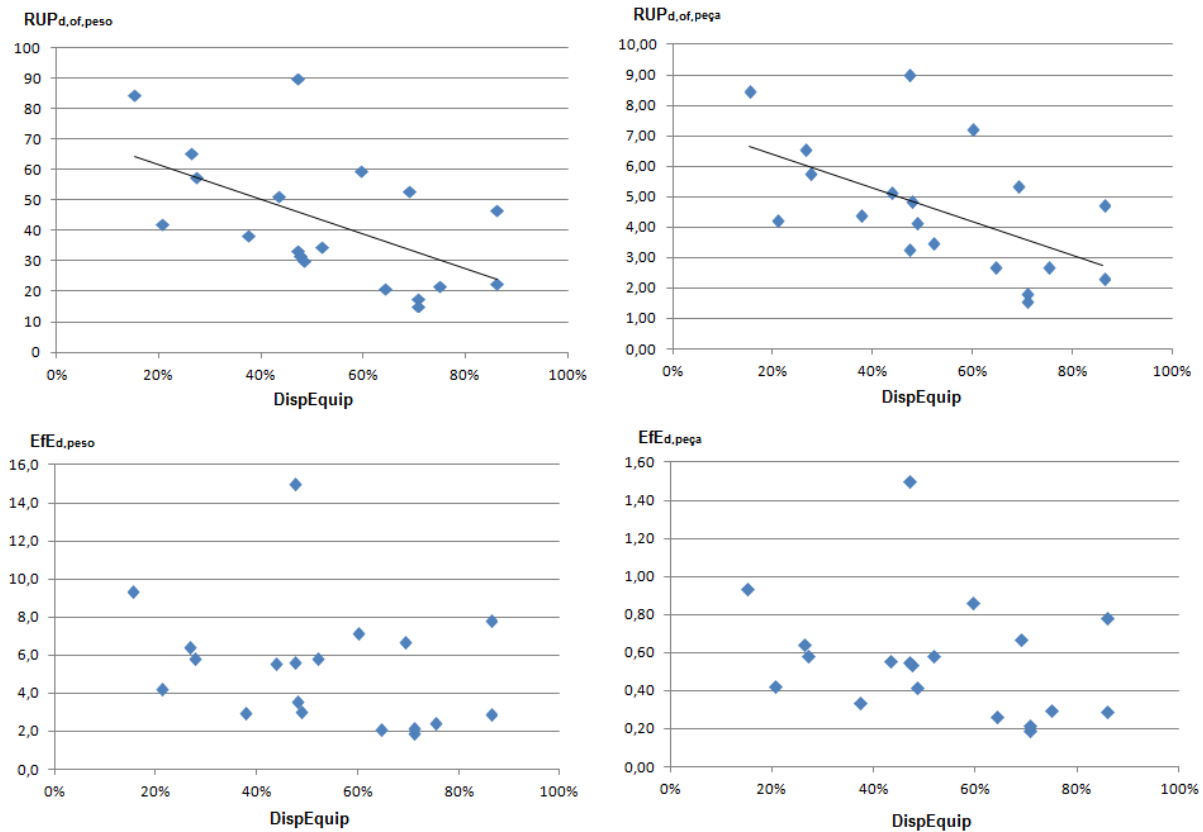
Figura 5 - Gráficos do indicador de produtividade – E<sub>r</sub>E - por dia de produção



Fonte: elaboração do próprio autor

A Figura 6 apresenta os gráficos de dispersão para análise de correlação, conforme estabelecido pelo método proposto. Nota-se que pode ser observada certa correlação negativa entre as RUP e a disponibilidade de equipamentos, indicativo de que, quanto mais tempo o equipamento de içamento fica disponível para montagem de peças estruturais, melhor a produtividade da equipe de montagem. Já com relação a E<sub>r</sub>E não se verifica uma correlação expressiva com o fator DispEquip.

Figura 6 - Gráficos de dispersão



Fonte: elaboração do próprio autor

#### 4 CONCLUSÕES

Esse artigo apresentou o desenvolvimento de um método para estudo da produtividade da mão de obra e de equipamentos de içamento na montagem de estruturas de aço para edifícios de múltiplos pavimentos.

O método foi apresentado de forma estruturada, permitindo a padronização desse tipo de estudo e, por consequência, possibilitando a geração de bancos de dados confiáveis e metodologicamente homogêneos. Além disso, o método é de fácil aplicação, uma vez que se considera como dados de entrada apenas dados coletados por meio de pesquisa documental, isto é, já existente em projetos, documentos e registros de obra, exigindo menos tempo para a coleta por parte do pesquisador.

A aplicação do método ao estudo de caso piloto obteve resultados válidos e comprovou sua adequabilidade a esse tipo de estudo. Com base no exposto, acredita-se que o método proposto tenha atingido o seu objetivo.

Cabe considerar que o estabelecimento desse método contribui para o desenvolvimento da gestão da produção na construção civil, uma vez que estabelece uma base para o desenvolvimento de estudos quantitativos para definição de indicadores de produtividade na montagem de estruturas de aço para edifícios e a análise da influência de fatores sob essa produtividade.

## REFERÊNCIAS

BELLEI, I.H.; PINHO, F.O.; PINHO, M.O.; **Edifícios de múltiplos andares em aço**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2008. 559 p.

ARAÚJO, L. O. C.; **Método para a proposição de diretrizes para melhoria da produtividade da mão-de-obra na produção de armaduras**. 2005. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

EXAME. **Construção civil vive crise sem precedentes no Brasil**. Revista Exame. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/revista-exame/edicoes/109202/noticias/a-crise-e-a-crise-da-construcao>>. Acesso em: 12 jul. 2015.

LIRA, A. S.; **Análise de correlação: abordagem teórica e de construção dos coeficientes com aplicações**. 2004. Dissertação (Mestrado) – Universidade federal do Paraná, Curitiba, 2004.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M.; **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. 311 p.

PALIARI, J. C.; **Método para prognóstico da produtividade da mão-de-obra e consumo unitário de materiais: sistemas prediais hidráulicos**. 2008. 621 p. 2 v. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

PINHO, F. O.; **Quando construir em aço?**. Roteiro para escolha do sistema estrutural mais adequado. Revista Engenharia, número 593, 2009.

REIS, F. S. B.; **Produtividade da mão de obra e consumo unitário de materiais no serviço de coberturas com telhado**. 2005. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

SOUZA, U. E. L.; **Como aumentar a eficiência da mão-de-obra – manual de gestão da produtividade na construção civil**. São Paulo: PINI, 2006.

SOUZA, U. E. L.; **Metodologia para o estudo da produtividade da mão-de-obra no serviço de formas para estruturas de concreto armado**. 1996. 280 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

TANGEN, S. **Understanding the concept of productivity**. Proceedings of the 7th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference (APIEMS2002), Taipei, 2002.

TÉCHNE. **Logística metálica**. Revista publicada pela Editora PINI, ISSN 0104-1053. Artigo publicado na edição 229, abril de 2016, p. 26 a 33.

THOMAS, H. R.; YIAKOUMIS, I.; **Factor Model of Construction Productivity**. Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 113, No. 4, December, 1987.