

ESTUDO DOS ÍNDICES DE PRODUÇÃO DIÁRIA DAS EQUIPES DE MONTAGEM DE ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS: ESTUDO DE CASO DE UMA OBRA LOCALIZADA EM PORTO ALEGRE/RS.

Maiko Arcaro (1), Prof. Esp. Eng^a. Mônica Elisabeth Daré (2).

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1)maiko.arcaro@gmail.com, (2)dare@terra.com.br

RESUMO

Este estudo de caso tem por objetivo estudar os indicadores de produção das equipes de montagem de elementos pré-fabricados de concreto, na obra de um shopping center, situado em Porto Alegre - RS . Esta obra constitui-se de estrutura em pré-fabricados de concreto, com pilares, vigas e lajes alveolares. Buscou-se neste estudo, apropriar a quantidade de elementos montados diariamente e por meio do método de Razão Unitária de Produção (RUP), encontrar os índices de montagem diária para pilares, vigas e lajes, para pilares e vigas e para cada elemento separadamente. Elaborou-se a curva S para a produção planejada e para a produção realizada, obtendo-se um comparativo entre elas. A pesquisa permitiu elencar alguns fatores de contorno que interviram negativamente nos índices de produção de montagem dos elementos pré-fabricados. Os índices de produção obtidos na obra foram: para pilares 6 peças/dia e 16,97 m³/dia; para as vigas 11,86 peças/dia e 21,95 m³/dia; para as lajes 19,27 peças/dia, 27,53 m³/dia e 203,43 m²/dia. Os resultados apontam que os índices de produção de montagem considerados no planejamento encontram-se diferentes dos obtidos na pesquisa. O estudo também identifica que os documentos e registros adotados pela empresa do estudo de caso proporcionam informação que podem ser organizadas para o cálculo de índices de produção de montagem.

Palavras-Chave: Índice de produção. Planejamento de obra. Pré-fabricados de concreto. Mão de obra de montagem. Curva S.

1. INTRODUÇÃO

A NBR 9062 (2006) define como pré-moldado o “[...] elemento moldado previamente e fora do local de utilização definitiva da estrutura [...]”. A mesma norma define como pré-fabricado o “[...] elemento pré-moldado executado industrialmente, em instalações permanentes de empresa destinada para este fim, que se enquadram e atendem aos requisitos mínimos das especificações de 12.1.2”, em resumo, sob condições rigorosas de controle de qualidade. A utilização de sistemas estruturais em concreto pré-fabricado vem ganhando grande espaço no setor da construção

civil no Brasil, principalmente quando se deseja a chamada industrialização do seguimento da construção civil. A busca por obras mais limpas, estruturas com maior controle de qualidade, redução do desperdício de materiais, previsibilidade dos custos e redução no prazo de execução são alguns fatores que justificam a crescente utilização desta modalidade de construção.

Há mais de 50 anos no mercado nacional, a estrutura pré-fabricada de concreto já vem sendo amplamente utilizada em setores da construção, em especial, em edificações industriais, shopping centers, centros logísticos, arenas esportivas e, mais recentemente, em aeroportos. (ABCIC, 2013, p. 23).

Com a busca por redução nos prazos de obras pré-fabricadas, é fundamental que as empresas deste ramo conheçam a produção diária das suas equipes, a fim de estabelecer junto aos seus clientes prazos exequíveis, de forma que seja possível cumpri-los sem demanda de recursos não previstos no orçamento inicial. Assim, como em outros sistemas construtivos, é necessário conhecer a produtividade e/ou produção da mão de obra, o que reduzirá os desperdícios deste insumo, que representa boa parte do custo final do produto. Este conhecimento resultará no aumento da competitividade da empresa no mercado.

A construção vem sendo considerada, há muito tempo, uma indústria caracterizada pela má produtividade no uso da mão de obra. Se tal colocação já merecia atenção há algumas décadas, torna-se cada vez mais preocupante na medida em que tem um crescente acirramento da competição no mercado e dentro do contexto de buscar-se a minimização do desperdício do esforço humano. (SOUZA, 2006, p. 14).

Empresas que conhecem sua produtividade de forma precisa e buscam melhorias constantes desse resultado podem alcançar reduções significativas de seus custos e, conseqüentemente, produtos com preços mais competitivos ou melhorar seus resultados financeiros.

A produtividade está intrinsecamente relacionada ao lucro, uma vez que empresas com melhores índices de produtividade terão menores custo de produção, podendo assim oferecer produtos a preços mais competitivos ou trabalhar com maior margem de lucro. (MARUOKA & SOUZA, 1999, apud PALIARI, 2008, p. 1).

Souza (2006) explica que, para a avaliação da produtividade das equipes de mão de obra, utiliza-se o indicador denominado de Razão Unitária de Produção (RUP), relacionando o esforço humano, avaliado em Homens x hora (Hh), com a quantidade de serviço realizado, conforme Equação 1:

$$RUP = H_h / Q_s$$

Equação (1)

Onde:

RUP = Razão unitário de produção

H_h = Horas homem

Q_s = Quantidade de serviço, com unidade bem definida.

Esta pesquisa tem o objetivo geral de estudar os indicadores de produção das equipes de montagem de elementos pré-fabricados para a obra do estudo de caso da ampliação de um shopping center, localizado na Zona Sul de Porto Alegre, RS. Para representar o objetivo desta pesquisa, foram elencados os seguintes objetivos específicos: a) Apropriar a produção diária de elementos na obra de estudo de caso; b) Comparar os indicadores de produção realizados com os planejados; c) Apresentar contribuições para a obtenção de indicadores de produção; d) Elaborar curva S da produção planejada (linha de base) e compará-la com a produção realizada.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 PERÍODO DE TEMPO DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA E DA PESQUISA DE CAMPO

A pesquisa ocorreu em dois períodos distintos. O primeiro período nos meses de março a junho de 2014, onde por meio de um levantamento bibliográfico foram selecionadas e analisadas as informações literárias necessárias para o desenvolvimento deste trabalho. No segundo período, que corresponde à pesquisa de campo, levantou-se a quantidade de peças montadas, dias consumidos, quantidade de equipes empregadas e encontrou-se os indicadores de produção para cada tipo de peça pré-fabricada, período que iniciou no mês de agosto de 2014 e finalizou em novembro 2014.

2.2 CARACTERÍSTICAS DA EMPRESA

O estudo de caso foi elaborado na sede da empresa BPM Pré-Moldados Ltda, fabricante dos elementos pré-fabricados de concreto, a qual dispõe atualmente de duas unidades fabris, sendo a matriz localizada em Criciúma/SC, onde produz vigas e pilares pré-fabricados, além de outros produtos, e outra unidade localizada em

Forquilha/SC, destinada à produção de lajes alveolares pré-fabricadas protendidas. As equipes de montagem são terceirizadas e gerenciadas pela empresa, sendo os terceiros responsáveis pelos custos de transporte, alimentação e estadias destes funcionários. A empresa tem mais de 25 anos de história e encontra-se consolidada no mercado de pré-fabricados de concreto no Brasil.

2.3 CARACTERÍSTICAS DA OBRA

A obra de estudo de caso é a ampliação de um shopping Center localizado na grande Porto Alegre, RS (Figura 1), com a utilização de estrutura pré-fabricada de concreto e lajes alveolares protendidas.

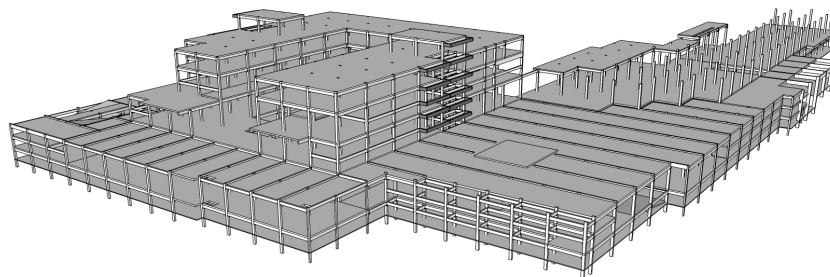
Figura 1: Localização da ampliação do empreendimento.



Fonte: Adaptado do Google Maps. (acesso em 14/06/14 às 17h18min)

Para melhor compreensão do escopo de fornecimento, a empresa fabricante elaborou uma perspectiva ilustrativa da estrutura pré-fabricada conforme Figura 2.

Figura 2: Perspectiva da ampliação da obra.



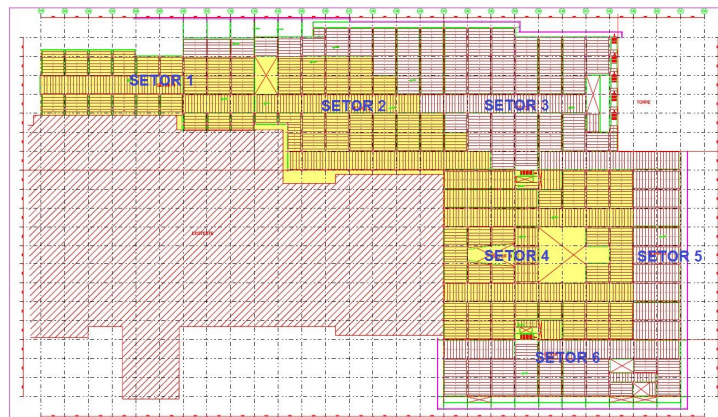
Fonte: BPM Pré-Moldados Ltda.

A obra foi dividida em seis setores definidos pela gerenciadora da obra, os quais estão ligados estruturalmente, porém, para o melhor gerenciamento do canteiro de obras,

optou-se por dividi-los em alguns eixos do projeto. Na Figura 3 estão identificados os setores dentro do canteiro de obras.

Para a presente pesquisa o autor acompanhou os diários de montagem das peças pré-fabricadas recebidos diariamente, assim, os dados foram organizados em planilhas eletrônicas identificando a produção das equipes em cada setor. Devido à distância entre a sede da empresa e o canteiro, o estudo foi direcionado à organização dos dados repassados pelo engenheiro residente da obra ao escritório da empresa em Criciúma/SC.

Figura 3: Forma 2^o pavimento.



Fonte: BPM Pré-Moldados Ltda.

Para este estudo foram considerados os dados obtidos desde o início da obra, que iniciou em Maio/2014 até o fim de Agosto/2014, período em que foram montadas peças dos setores 1, 2, 3 e 4. A Tabela 1 apresenta o volume de peças por setor a serem montadas.

Tabela 1: Quantitativo de peças, volume de concreto e área de lajes por setor.

SETOR	Quant. Pilares (peças)	(%)	Volume Pilares (m³)	(%)	Quant. Vigas (peças)	(%)	Volume Vigas (m³)	(%)	Quant. Lajes (peças)	(%)	Volume Lajes (m³)	(%)	Área Lajes (m²)	(%)
1	44	10,6%	140,23	10,0%	105	7,2%	200,31	6,9%	274	5,5%	392,98	6,4%	2.967,16	6,0%
2	74	17,9%	277,91	19,7%	273	18,8%	507,29	17,6%	909	18,3%	704,90	11,5%	9.582,24	19,3%
3	66	15,9%	176,28	12,5%	201	13,9%	387,81	13,4%	661	13,3%	1.002,46	16,4%	7.222,78	14,5%
4	172	41,5%	660,31	46,9%	671	46,3%	1.307,62	45,3%	2.382,00	48,0%	3.063,24	50,1%	22.502,54	45,3%
5	22	5,3%	59,97	4,3%	66	4,6%	203,30	7,0%	332	6,7%	338,13	5,5%	2.940,29	5,9%
6	36	8,7%	94,4	6,7%	133	9,2%	278,68	9,7%	408	8,2%	616,24	10,1%	4.460,57	9,0%
TOTAL	414	100%	1.409,10	100%	1.449,00	100%	2.885,01	100%	4.966,00	100%	6.117,95	100%	49.675,58	100%

Fonte: Adaptado de BPM Pré-Moldados Ltda.

Durante o período de pesquisa deste estudo de caso, verificou-se a montagem de 10.067,20 m² de lajes, o que representa 20,26% do total da obra. Assim, no decorrer

dos demais 79,73% da obra poderá haver alterações nos índices obtidos nesta pesquisa.

2.4 OBTENÇÃO DE DADOS

Para a obtenção dos dados destinados à elaboração deste estudo, a empresa disponibilizou ao autor as seguintes informações:

- a) Previsão de diárias necessárias com equipes de montagem no canteiro de obra, indicada na Tabela 2.

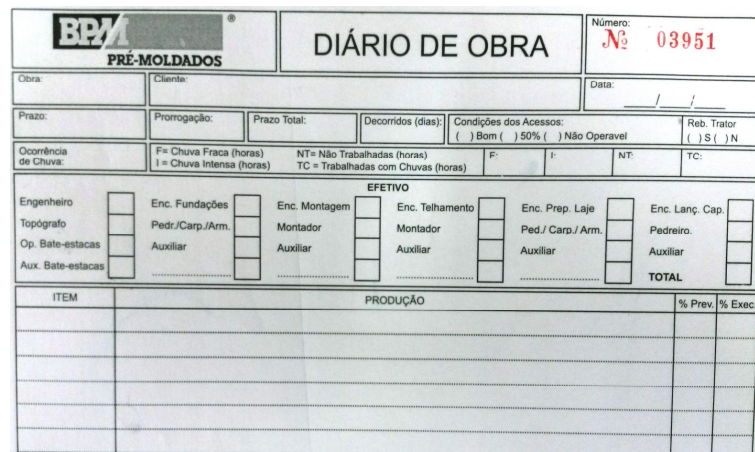
Tabela 2: Planejamento esperado da produção média diária de uma equipe nos setores 1 a 4.

Elemento Estrutural	Quantidade peças	Produção Diária Planejada	Dias Necessários
Pilares	356	8	44,5
Vigas	1.250,00	12	104,17
Lajes Alveolares	4.226,00	15	281,73
		TOTAL	431

Fonte: Adaptado de BPM Pré-Moldados Ltda.

- b) Diários de obra preenchidos pelo engenheiro residente, responsável pela supervisão da montagem das peças pré-fabricadas, conforme modelo apresentado na Figura 4.

Figura 4: Modelo do diário de obras.



O formulário 'DIÁRIO DE OBRA' da BPM Pré-Moldados Ltda. contém os seguintes campos:

- Obra:** []
- Cliente:** []
- Data:** [] / [] / []
- Prazo:** []
- Promulgação:** []
- Prazo Total:** []
- Decorridos (dias):** []
- Condições dos Acessos:** () Bom () 50% () Não Operavel
- Reb. Trator:** () S () N
- Ocorrência de Chuva:** F = Chuva Fraca (horas) NT = Não Trabalhadas (horas) I = Chuva Intensa (horas) TC = Trabalhadas com Chuvas (horas)
- EFETIVO:**
 - Engenheiro: []
 - Topógrafo: []
 - Op. Bate-estacas: []
 - Aux. Bate-estacas: []
 - Enc. Fundações: []
 - Pedr./Carp./Arm.: []
 - Auxiliar: []
 - Enc. Montagem: []
 - Montador: []
 - Auxiliar: []
 - Enc. Telhamento: []
 - Montador: []
 - Auxiliar: []
 - Enc. Prep. Laje: []
 - Ped./Carp./Arm.: []
 - Auxiliar: []
 - Enc. Lanç. Cap.: []
 - Pedreiro: []
 - Auxiliar: []
 - TOTAL:** []
- ITEM:** []
- PRODUÇÃO:** []
- % Prev. % Exec.:** []

Fonte: BPM Pré-Moldados Ltda.

- c) Registros fotográficos do andamento da obra;

Figura 5: Fotos da montagem da obra (19/09/14).



Fonte: BPM Pré-Moldados Ltda.

- d) Projetos de formas recebidos da gerenciadora da obra do shopping, distribuídos em subsolo, 1º pavimento, 1º pavimento intermediário, 2º pavimento, 2º pavimento intermediário, 3º pavimento, 4º pavimento, cobertura e coroamento;
- e) Projetos estruturais executivos necessários para a fabricação das peças.

2.5 ORGANIZAÇÃO E COMPILAÇÃO DOS DADOS

Os dados fornecidos pela empresa foram organizados e compilados em tabela elaborada pelo autor, seguindo o modelo apresentado na Tabela 3.

Tabela 3: Modelo de organização de dados da produção diária realizada.

DATA	Quantidade de Equipes	PILARES		VIGAS		LAJES		
		Pilares	Volume (m³)	Vigas	Volume (m³)	Lajes	Volume (m3)	Área (m2)
TOTAL								
TOTAL DE PECAS								
TOTAL ACUMULADO								
TOTAL DE PECAS ACUMULADA								

Fonte: Maiko Arcaro, 2014.

Para a determinação dos índices de produção foi elaborada a Tabela 4, na qual se apresenta três índices de produção diária da equipe de montagem, podendo ser avaliada em peças/dia, m³/dia e também a m²/dia. O índice de produção é a razão entre a quantidade total de peças, volume ou área montada e a quantidade de dias gastos para montá-las, conforme Equação 2:

$$I_p = Q_s / Q_d$$

Equação (2)

Onde:

I_p = Índice de produção

Q_p = Quantidade de serviço (peças, volume ou área)

Q_s = Quantidade de dias

Fonte: Maiko Arcaro, 2014.

Tabela 4: Modelo de tabela de índices de produção da equipe de montagem.

Elemento Estrutural	Quantidade peças	Volume (m ³)	Área (m ²)	Diárias de Montagem (dias)	Índice de produção (pç/dia)	Índice de produção (m ³ /dia)	Índice de produção (m ² /dia)
Pilar							
Viga							
Laje							
Pilar+Viga+Laje							

Fonte: Maiko Arcaro, 2014.

Utilizou-se o índice de produção adotado pela empresa para definir o número de diárias necessárias planejadas para a montagem dos elementos. O desempenho da equipe de montagem pôde ser obtido através da razão entre as diárias planejadas e a quantidade de dias efetivados para montagem da mesma quantidade de peças.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. EQUIPE DE MONTAGEM

O Quadro 1 apresenta a composição das equipes de montagem dispostas no canteiro de obras e a quantidade de equipes que havia disponível no momento de cada avaliação de índice de produção diária de montagem de cada elemento. Além da equipe de montagem, para a realização da montagem das peças pré-moldadas é necessária a utilização de equipamentos que podem variar sua capacidade de carga de acordo com o tipo de peças a serem içadas.

Quadro 1: Composição das equipes de montagem e quantidade de equipes

ELEMENTO ESTUDADO	Quantidade de equipes disponíveis no momento da avaliação	composição de cada equipe
PILARES	1	1 Encaregado de montagem 4 montadores
VIGAS	1	1 Encaregado de montagem 4 montadores
LAJES	1	1 Encaregado de montagem 4 montadores
PILARES + VIGAS	1	1 Encaregado de montagem 4 montadores
PILARES + VIGAS + LAJES	64 dias=1 / 12 dias=3	1 Encaregado de montagem 4 montadores

Fonte: Maiko Arcaro, 2014.

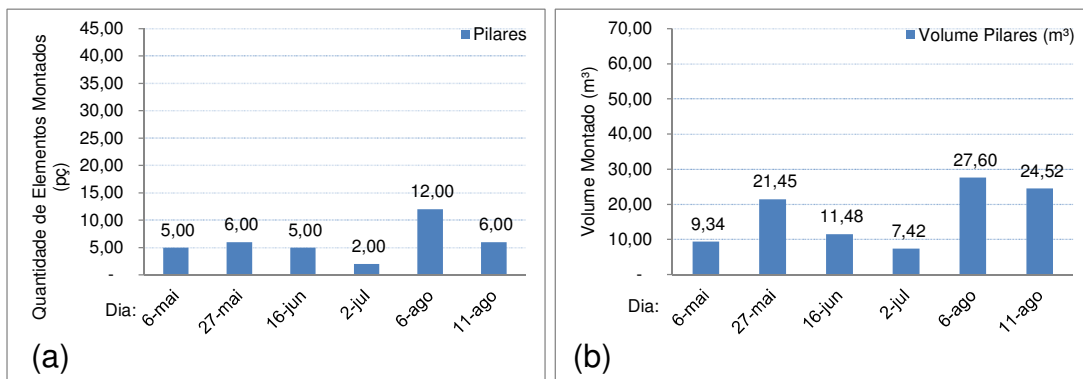
Para o bom desempenho da equipe de montagem é fundamental que esteja disponível em campo o equipamento correto para cada tipo de atividade. Trabalhos em baixa altura e com peças leves, podem ser realizados apenas com um Munk e dispensada a utilização de Plataformas de Trabalho em Altura (PTA). Porém, trabalhos com peças de maior altura e peso, podem exigir a utilização de guindaste com capacidade compatível com as condições de contorno (raio e altura da lança, peso da peça, local da montagem, entre outros) além de uma ou mais PTAs, porém será necessária a mesma equipe básica de montagem.

3.2. ÍNDICES DE PRODUÇÃO DIÁRIA DE MONTAGEM

3.2.1. ÍNDICE DE PRODUÇÃO DIÁRIA DE MONTAGEM DE PILARES

O Gráfico 1 apresenta a produção diária por equipe, durante os dias em que foram montados apenas pilares, em quantidade de elementos montados (a) e volume de concreto correspondente a estes elementos (b).

Gráfico 1: (a) produção diária de montagem de pilares em quantidade de peças e (b) em volume de concreto.



Fonte: Maiko Arcaro, 2014.

Os resultados dos índices de produção diária de montagem de pilares realizados são apresentados na Tabela 5, onde foram utilizados para análise os dias em que foram montados apenas pilares, resultando em 36 pilares montados em 6 dias, o que indica um índice de produção médio de 6 peças/dia ou 16,97 m³/dia.

Tabela 5: Índice de produção da montagem de pilares (apenas) por equipe.

Elemento Estrutural	Quantidade peças	Volume (m³)	Área (m²)	Diárias de Montagem (dias)	Índice de produção (peças/dia)	Índice de produção (m³/dia)	Índice de produção (m²/dia)
Pilar	36	101,81	-	6	6,000	16,968	-

Fonte: Maiko Arcaro, 2014.

Durante os dias em que foram montados apenas pilares, esteve disponível no canteiro de obra apenas uma equipe de montagem. Observou-se que mesmo se tratando da mesma equipe de montagem, houve uma variação acentuada na produção diária. Quando comparada a produção do dia 27/maio e 6/agosto, verificou-se que foram montados 6 e 12 pilares respectivamente, uma diferença de rendimento de 50%, porém, quando aviamos os mesmos dias mas comparando a produção diária em m³, o resultado é de 21.45 m³ e 27.60 m³ respectivamente, ficando a diferença de rendimento de 22%.

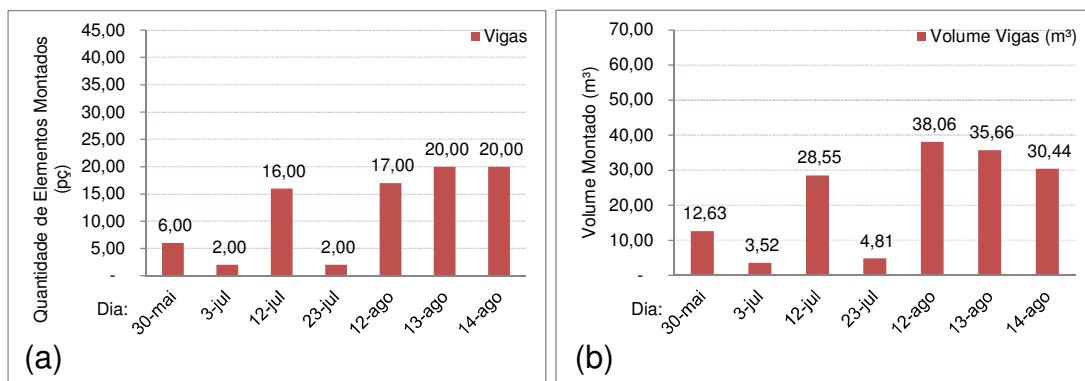
Esta variação de produção dependendo da unidade a qual se estuda, pode ser explicada pela diferença de dificuldade encontrada para montagem de peças com seções mais robustas ou mais compridas, as quais necessitam de maiores cuidado ou maior distancia de raio do equipamento de montagem em casos de peças mais longas, ou seja, um pilar de 25x30 cm com 5 m de altura é mais simples de montar

que um pilar de 40x60 cm com 22 m de altura, porém o volume de concreto do pilar de 22 m é muito superior ao de 5 m.

3.2.2. ÍNDICE DE PRODUÇÃO DIÁRIA DE MONTAGEM DAS VIGAS

O Gráfico 2 apresenta a produção diária por equipe, durante os dias em que foram montados apenas vigas, em quantidade de elementos montados (a) e volume de concreto correspondente a estes elementos (b).

Gráfico 2 – Produção diária de montagem de vigas.



Fonte: Maiko Arcaro, 2014.

Os resultados dos índices de produção diária de montagem de vigas realizadas são apresentados na Tabela 6, onde foram utilizados para análise os dias em que foram montadas apenas vigas, resultando em 83 vigas montadas em 7 dias, o que indica um índice de produção de 11.86 peças/dia ou 21.95 m³/dia.

Tabela 6: Índice de produção da montagem de vigas (apenas) por equipe.

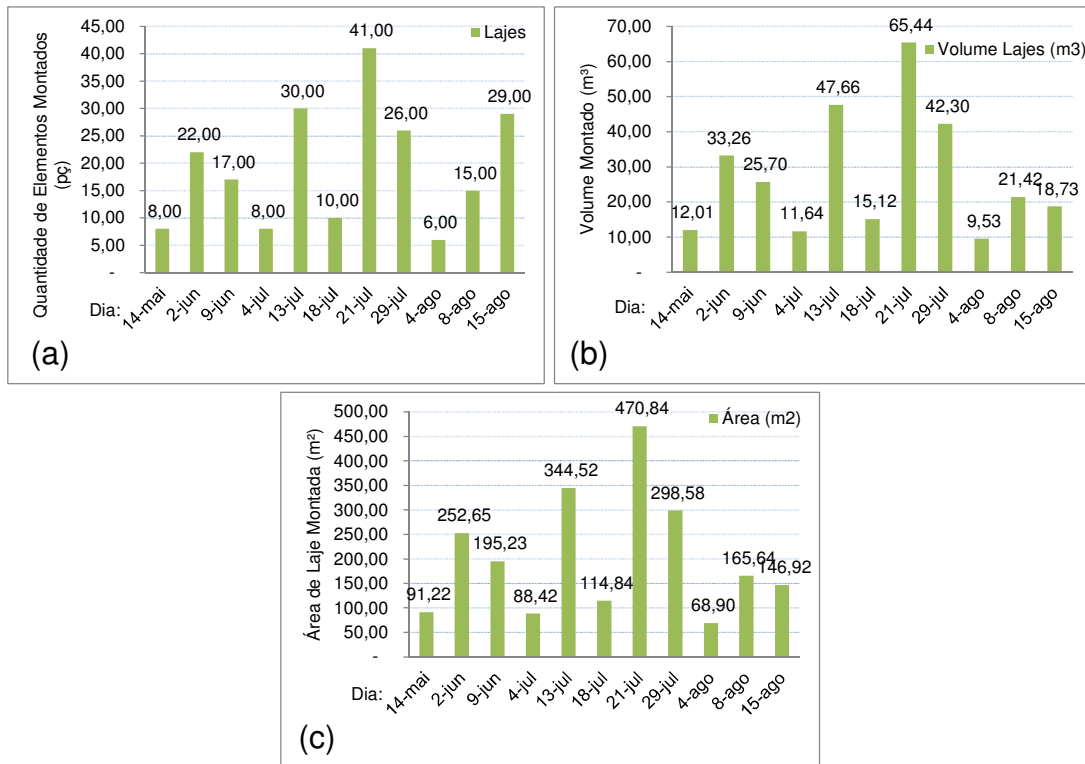
Elemento Estrutural	Quantidade peças	Volume (m³)	Área (m²)	Diárias de Montagem (dias)	Índice de produção (pc/dia)	Índice de produção (m³/dia)	Índice de produção (m²/dia)
Viga	83	153,67	-	7	11,857	21,953	-

Fonte: Maiko Arcaro, 2014.

3.2.3. ÍNDICE DE PRODUÇÃO DIÁRIA DE MONTAGEM DE LAJES ALVEOLARES

O Gráfico 3 apresenta a produção diária por equipe durante os dias em que foram montadas apenas lajes alveolares, em quantidade de elementos montados (a), volume de concreto correspondente a estes elementos (b) e área correspondente a projeção das lajes, em m²/dia (c).

Gráfico 3 – Produção diária de montagem de lajes.



Fonte: Maiko Arcaro, 2014.

Os resultados dos índices de produção de montagem de lajes alveolares realizados são apresentados na Tabela 7 onde foram utilizados para análise os dias em que foram montadas apenas lajes, resultando em 212 lajes montadas em 11 dias, o que indica um índice de produção de 19.27 peças/dia ou 27.53 m³/dia ou 203.43 m²/dia.

Tabela 7: Índice de produção de montagem de lajes alveolares (apenas) por equipe.

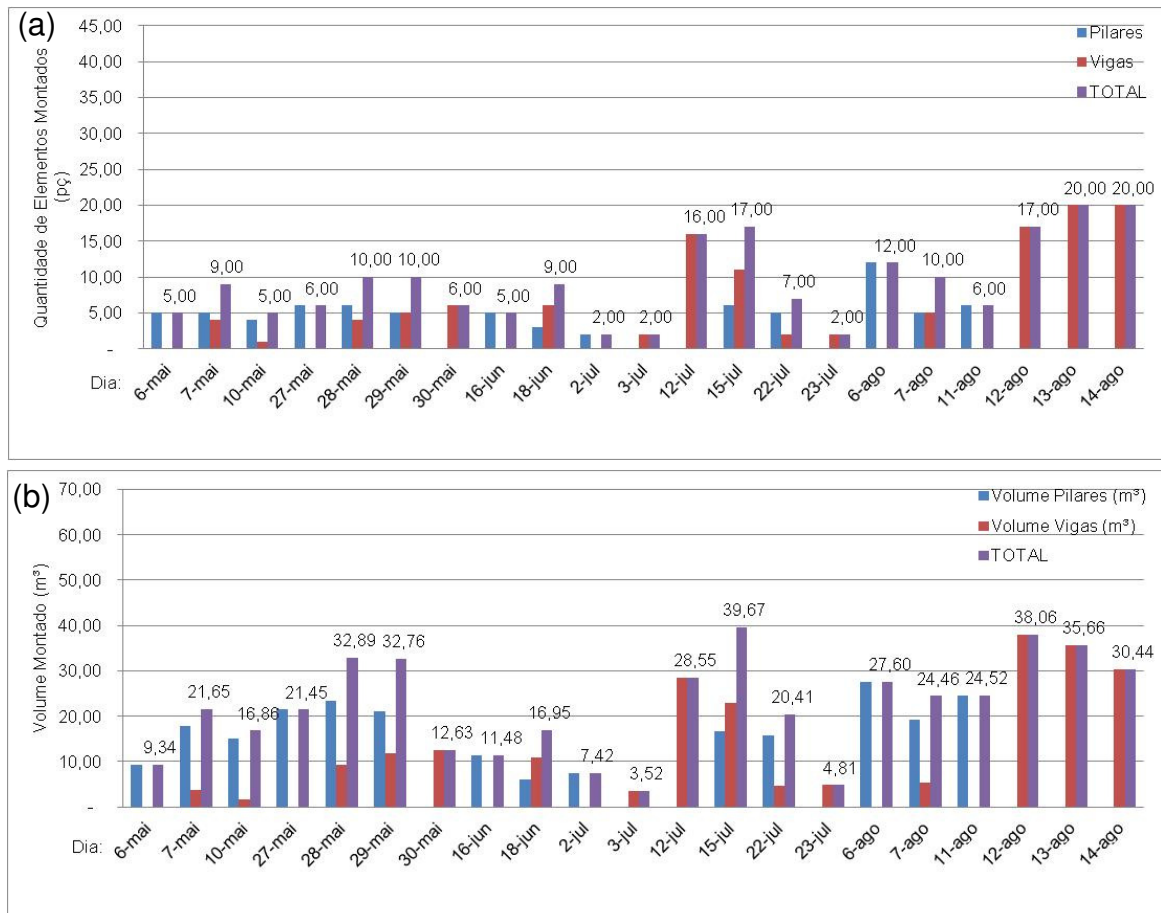
Elemento Estrutural	Quantidade peças	Volume (m³)	Área (m²)	Diárias de Montagem (dias)	Índice de produção (pc/dia)	Índice de produção (m³/dia)	Índice de produção (m²/dia)
Lajes	212	302,83	2.237,76	11	19,273	27,530	203,433

Fonte: Maiko Arcaro, 2014.

3.2.4. ÍNDICE DE PRODUÇÃO DIÁRIA DE MONTAGEM DE PILARES E VIGAS

O Gráfico 4 apresenta a produção diária por equipe, segregada entre pilares e vigas, somente, e os dois elementos agrupados (a) tomando como unidade de referência a quantidade de peças/dia e (b) tomando como unidade de referência volume/dia.

Gráfico 4: Produção diária de montagem pilares e vigas.



Fonte: Maiko Arcaro, 2014.

Os resultados dos índices de produção diária de montagem de pilares e vigas realizados em campo são apresentados na Tabela 8, onde foram utilizados para análise os dias em que se montaram apenas pilares, apenas vigas e dias em que montaram pilares e vigas, resultando em 75 pilares e 121 vigas, totalizando 196 elementos montados em 21 dias, obtendo-se assim os índices de produção de 9,33 peça/dia e 21,96 m³/dia.

Tabela 8: Índice de produção de montagem de pilares e vigas.

Elemento Estrutural	Quantidade peças	Volume (m³)	Área (m²)	Diárias de Montagem (dias)	Índice de produção (pç/dia)	Índice de produção (m³/dia)	Índice de produção (m²/dia)
Pilar	75	236,71	-				
Viga	121	224,42	-				
Pilar+Viga	196	461,13	-	21	9,333	21,959	-

Fonte: Maiko Arcaro, 2014.

3.2.5. ÍNDICE DE PRODUÇÃO DIÁRIA DE MONTAGEM DE PILARES, VIGAS E LAJES

O Gráfico 5 apresenta a produção diária por equipe, considerando a produção de todos os dias em que a equipe de montagem esteve disponível no canteiro de obras, independente de quais elementos foram montados ou se não foi possível montar peças naquele dia, (a) tomando como unidade de referência a quantidade de peças/dia, (b) tomando como unidade de referência volume/dia, (c) tomando como unidade de referência m^2 /dia de lajes. Não foram considerados os dias em que houve desmobilizações das equipes.

No Gráfico 5 estão apresentados os índices de produção médios por equipe, e não a produção total da montagem nos últimos 12 dias, pois neste últimos 12 dias de pesquisa esteve disponível na obra 3 equipes de montagem, diferentemente dos demais dias pesquisados quando havia apenas 1 equipe. Para avaliar o índice de produção diária por equipe nestes dias em que havia mais de uma equipe, a produção diária foi dividida pelo número de equipes, uma vez que os diários de obra não tinham informações registradas nos diários de obra da produção de cada equipe.

Observa-se que após a inclusão de mais duas equipes, os índices de produção diária tiveram uma queda. Isso pode ser resultado da curva de aprendizado das equipes novas, falta de frente de trabalho para tantas equipes, acúmulo de equipamento em uma pequena área de trabalho, ou até mesmo falta de logística para o recebimento de uma grande quantidade de peças.

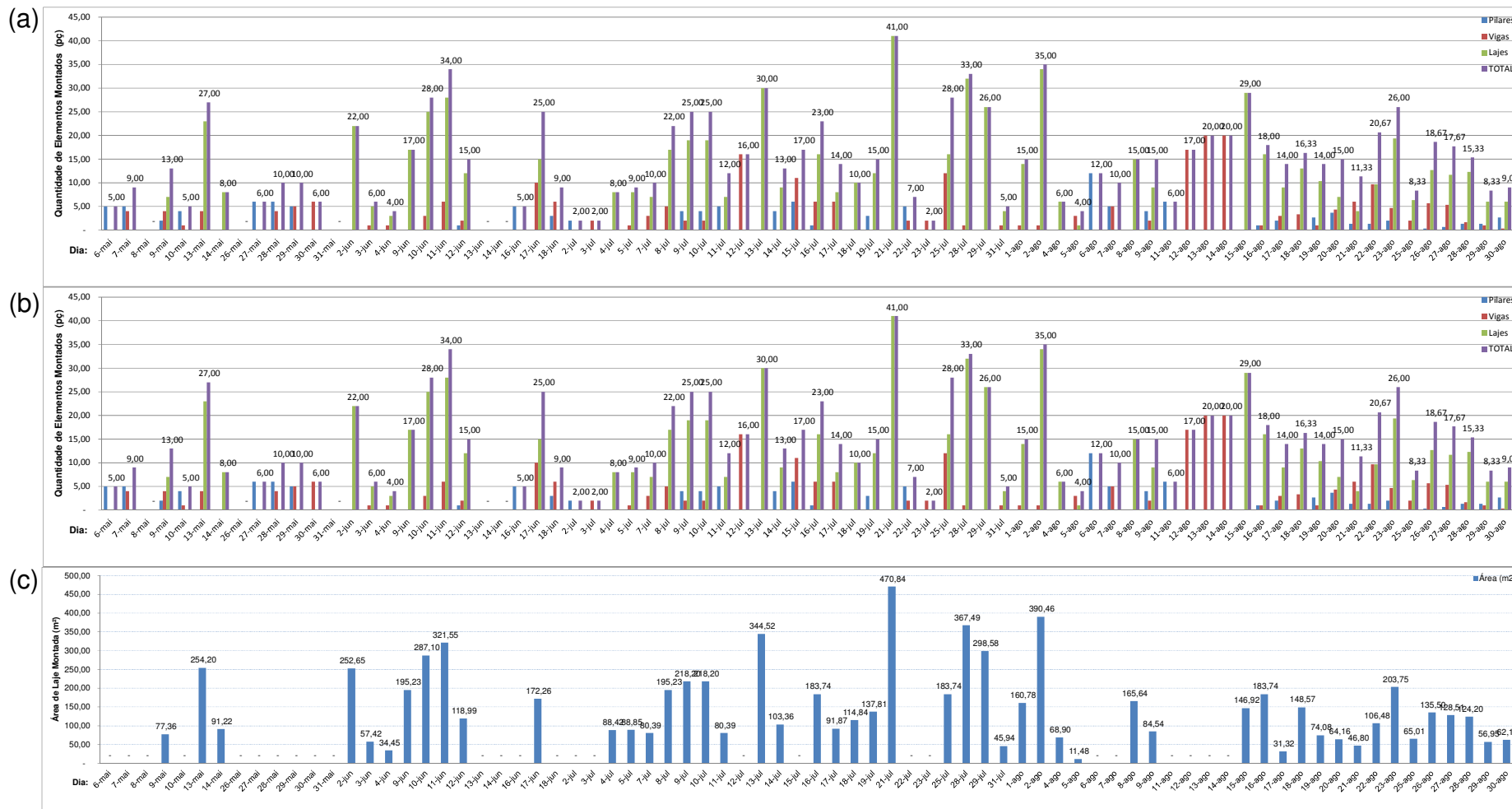
Mesmo havendo uma queda no índice de produção com mais equipes, o coeficiente de variação da produção diária por equipe, em termos de elementos montados por dia sofreu redução, ficando uma produção mais constante. O coeficiente de variação da produção que estava em 71.82% com apenas uma equipe passou a ser 34.51% com as três equipes no canteiro de obras. Conforme Tabela 9.

Tabela 9: Alteração no coeficiente de variação com a inclusão de 3 equipes.

ELEMENTO	PERÍODO	QUANT. EQUIPES	\bar{x}	Sd	C.V.
Pilar + Viga + Laje	06/05/14 à 17/08/14	1	13,98	10,04	71,82%
Pilar + Viga + Laje	18/08/14 à 30/08/14	3	15,06	5,19	34,51%

Fonte: Maiko Arcaro, 2014.

Gráfico 5: Produção diária da montagem pilares, vigas e lajes: (a) Quantidade peças, (b) Volume e (c) área de lajes.



Os resultados dos índices de produção diária de montagem de pilares, vigas e lajes realizados são apresentados na Tabela 10, onde foram utilizados para análise todos os dias em que houve equipe de montagem à disposição no canteiro, resultando na montagem de 158 pilares, 337 vigas e 942 lajes, totalizando 1437 elementos montados com a utilização de 100 diárias de equipe, obtendo-se assim os índices de produção de 14,37 peça/dia, 25,41 m³/dia e 100,67 m²/dia.

Tabela 10: Índice de produção diária de montagem de pilares, vigas e lajes.

Elemento Estrutural	Quantidade peças	Volume (m ³)	Área (m ²)	Diárias de Montagem (dias)	Índice de produção (pç/dia)	Índice de produção (m ³ /dia)	Índice de produção (m ² /dia)
Pilar	158	566,35	-				
Viga	337	629,32	-				
Laje	942	1.344,96	10.067,20				
Pilar+Viga+Laje	1437	2.540,63	10.067,20	100	14,370	25,406	100,672

Fonte: Maiko Arcaro, 2014.

3.2.6. VARIAÇÃO DA PRODUÇÃO

Por não se tratar de um processo industrializado, a produção de montagem de elementos pré-moldados pode ser afetada por muitos fatores ligados à logística do canteiro de obra. Observou-se durante o levantamento da produção diária que existiram variações nesta. A Tabela 11 apresenta a média de produção diária (\bar{x}), o desvio padrão (Sd) e o Coeficiente de Variação (C.V.), todos em termos de elementos montados por dia.

Tabela 11: Análise estatística da produção de montagem

ELEMENTO	\bar{x}	Sd	C.V.
Pilar	6,00	3,29	54,77%
Viga	11,86	8,21	69,28%
Laje	19,27	11,29	58,57%
Pilar + Viga	9,33	5,72	61,30%
Pilar + Viga + Laje	14,15	9,44	66,69%

Fonte: Maiko Arcaro, 2014.

Diante de tal análise pode-se observar que o coeficiente de variação da produção é muito elevado quando comparado a qualquer processo produtivo. Esta diferença pode ser justificada devido a diferença de processo, pois a central de concreto da empresa trabalha com ciclos repetitivos e industrializados, com poucos fatores

interferentes externos. Já o processo de montagem de peças esta ligado a fatores como: intempéries, chegada de peças ao canteiro dentro do prazo necessário, serviços de terceiros entre outros.

3.3. PLANEJADO x REALIZADO

3.3.1. ÍNDICE DE PRODUÇÃO DIÁRIA DE PILARES: PLANEJADO x REALIZADO

O resultado do desempenho da equipe para a montagem de pilares está apresentado na Tabela 12, onde se observou que o prazo planejado para a montagem dos 36 pilares deveria ser de 4,5 dias e foram utilizados 6 dias, resultando em um desempenho de apenas 75% do esperado da equipe, sendo este resultado negativo.

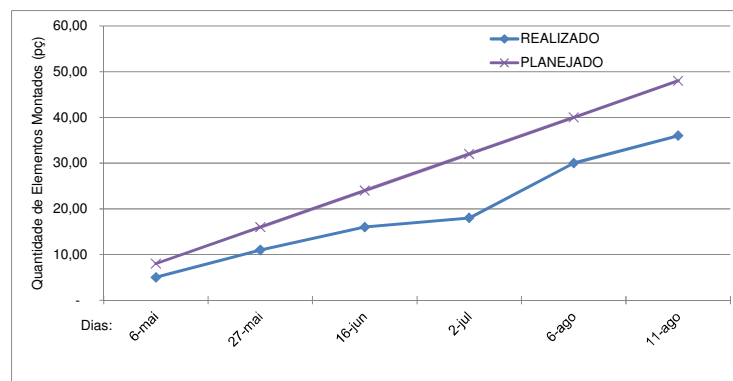
O Gráfico 6 apresenta a Curva S da produção de pilares, comparando o planejado com o realizado.

Tabela 12: Desempenho da equipe para montagem de pilares

Elemento Estrutural	Quantidade peças	Planejado p/ dia	Diárias Planejadas	Diárias Realizadas	Desempenho da equipe
Pilar	36	8	4,50	6	0,75

Fonte: Maiko Arcaro, 2014.

Gráfico 6: Curva S – Planejado x Realizado de montagem dos pilares



Fonte: Maiko Arcaro, 2014.

3.3.2. ÍNDICE DE PRODUÇÃO DIÁRIO DE VIGAS: PLANEJADO x REALIZADO

O resultado do desempenho da equipe para a montagem de vigas está apresentado na Tabela 13, onde se observou que o prazo planejado para a montagem das 83

vigas deveria ser de 6,92 dias e foram utilizados 7 dias, resultando em um desempenho de 99% do esperado da equipe, sendo este resultado satisfatório.

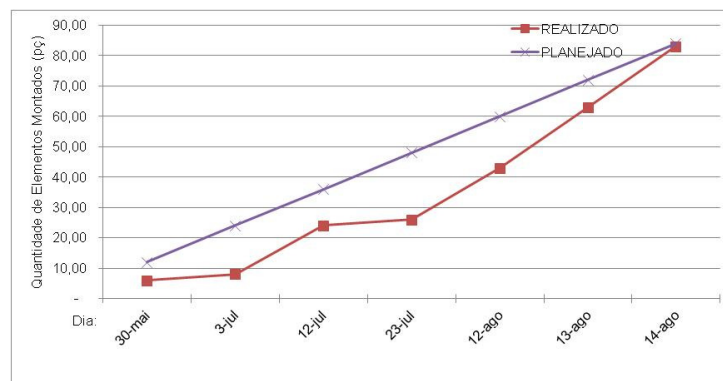
O Gráfico 7 apresenta a Curva S da produção de vigas, comparando o planejado com o realizado.

Tabela 13: Desempenho da equipe para montagem de vigas

Elemento Estrutural	Quantidade peças	Planejado p/ dia	Diárias Planejadas	Diárias Realizadas	Desempenho da equipe
Viga	83	12	6,92	7	0,99

Fonte: Maiko Arcaro, 2014.

Gráfico 7: Curva S – Planejado x Realizado de montagem das vigas



Fonte: Maiko Arcaro, 2014.

3.3.3. ÍNDICE DE PRODUÇÃO DIÁRIO DE LAJES: PLANEJADO x REALIZADO

O resultado do desempenho da equipe para lajes está apresentado na Tabela 14, onde se observou que o prazo planejado para a montagem das 212 lajes deveria ser de 14,13 dias e foram utilizados 11 dias, resultando em um desempenho de 128% do esperado da equipe, sendo este resultado ótimo.

Tabela 14: Desempenho da equipe para montagem de lajes

Elemento Estrutural	Quantidade peças	Planejado p/ dia	Diárias Planejadas	Diárias Realizadas	Desempenho da equipe
Lajes	212	15	14,13	11	1,28

Fonte: Maiko Arcaro, 2014.

Gráfico 8: Curva S – Planejado x Realizado de montagem das lajes



Fonte: Maiko Arcaro, 2014.

3.3.4. ÍNDICE DE PRODUÇÃO DIÁRIO DE PILARES E VIGAS OU PILARES, VIGAS E LAJES: PLANEJADO x REALIZADO

Não foram encontrados índices de produção na empresa considerando a montagem de mais de um tipo de peça em um mesmo dia. Para realizar um comparativo entre o planejado e o realizado, verificou-se o rendimento da equipe através da razão entre a quantidade de peças montadas e a quantidade de peças planejadas. A Tabela 15 apresenta os indicadores de rendimento da equipe, sendo abaixo de 1,00 insatisfatório, e acima de 1,00 superior à produção planejada, ou seja, satisfatório. Para o cálculo do rendimento das equipes de montagem, quando montadas tipos de peças diferentes em um único dia, foi utilizado da Equação 3.

Equação (3)

$$IR = (TR_{\text{pilar}} / TP_{\text{pilar}}) + (TR_{\text{viga}} / TP_{\text{viga}}) + (TR_{\text{laje}} / TP_{\text{laje}})$$

Onde:

IR = Índice de rendimento das equipes

TR = Tempo consumido para realização do serviço

TP = Tempo planejado para elaboração do serviço

Fonte: Maiko Arcaro, 2014.

Tabela 15: Comparativo: Planejado x Realizado

ÍNDICE DE PRODUÇÃO DIÁRIO DE PILARES E VIGAS: PLANEJADO x REALIZADO					
Período Equivalente	PILARES		VIGAS		
	Planejado	Realizado	Planejado	Realizado	
21 dias	168	75,00	252	121,00	
Índice de rendimento	0,93				

ÍNDICE DE PRODUÇÃO DIÁRIO DE PILARES, VIGAS E LAJES: PLANEJADO x REALIZADO						
Período Equivalente	PILARES		VIGAS		LAJES	
	Planejado	Realizado	Planejado	Realizado	Planejado	Realizado
100 dias	800	123,33	1200	247,00	1500	705,33
Índice de rendimento	0,83					

Fonte: Maiko Arcaro, 2014.

3.4. FATORES INTERVENIENTES AO DESEMPENHO DA EQUIPE

As variações de produção de montagem dos elementos pré-fabricados podem ser justificadas na apresentação dos fatores intervenientes que foram apontados nos diários de obra. Na Tabela 16 foram elencados os diferentes tipos de ocorrência indicadas nos diários de obra e levantou-se a quantidade de dias em que houve tais acontecimentos que remetem a uma baixa na produção da equipe de montagem.

Tabela 16: Fatores que podem influenciar o desempenho das equipes de montagem

TIPO E NÚMERO DE OCORRÊNCIAS QUE PROVOCARAM ATRASOS							
TEMPO DE OBRA (DIAS)	PROBLEMAS DE ACESSO	CHUVA FORTE	ERRO DE EXECUÇÃO DAS FUNDAÇÕES DO CLIENTE	ATRASO NA EXECUÇÃO DAS FUNDAÇÕES DO CLIENTE	TREINAMENTO DA EQUIPE	VENTO FORTE	FALTA DE SEGURANÇA
76	28	11	7	5	2	1	1
% OCORRENCIA	50,91%	20,00%	12,73%	9,09%	3,64%	1,82%	1,82%

Fonte: Maiko Arcaro, 2014.

Observou-se que o cliente da empresa não efetuou em tempo hábil os acessos necessários para a movimentação e trânsito dos equipamentos pelo canteiro de obra, houve atrasos e erros na execução das fundações, prejudicando de forma significativa o desempenho da equipe de montagem dos pré-fabricados.

4. CONCLUSÃO

O presente estudo de caso proporcionou a identificação de índices de montagem de elementos pré-fabricados em concreto para uma obra de um shopping center, situada em Porto Alegre - RS. Estabeleceu-se para os elementos considerados na

pesquisa, pilares, vigas e lajes, índices de produção de montagem considerando-se peças/dia, volume de concreto/dia para os pilares, vigas e lajes. Para as lajes se determinou, além dos índices anteriormente citados, índices de área de laje/dia.

Na comparação entre os índices de produção aplicados no planejamento e os índices apropriados na pesquisa encontrou-se, para os pilares (somente), uma produção realizada 25% menor que a planejada. Para os elementos vigas (somente) o desvio encontrado entre o planejado e o realizado foi de 1,17%, enquanto o planejamento adota para as vigas uma produção de 12 vigas por dia, encontrou-se na pesquisa uma produção de 11,86 vigas/dia. Para o elemento lajes ocorreu um desvio positivo, no planejamento adotou-se a produção de 15 lajes/dia, e a produção apropriada no período do estudo corresponde a 19,27 lajes/dia, com uma produção realizada 28% superior à planejada. Quando calculada a produção de montagem de todos os elementos juntos, os pilares, as vigas e as lajes, considerando todos os dias do período da pesquisa com a equipe de montagem disponível no canteiro, obteve-se um índice de produção 14,37 peças/dia, correspondendo a uma produção 12% inferior à produção planejada. A pesquisa determinou que o rendimento da equipe de montagem no canteiro de obras, quando comparado com o planejado foi de 75% para pilares, 99% para vigas, 128% para lajes, 93% para pilares e vigas juntos e de 83% no total da obra.

Estes desvios negativos e positivos encontrados no estudo de caso apontam para a necessidade de identificação das causas dos desvios e a proposição de ações corretivas, tanto para o planejamento como para a produção.

A pesquisa possibilitou a identificação de complicações de contorno ocorridas no canteiro de obras como: a) não disponibilidade de acessos para as manobras dos equipamentos de montagem, com uma participação de 36.84% do total de ocorrências; b) chuvas fortes, com 14.47% de participação; c) atraso na execução de serviços de terceiros predecessores às atividades de montagem, d) falhas na execução terceirizada das fundações. Sugere-se um estudo sobre estas complicações de contorno e os impactos provocados na produção de montagem dos elementos pré-fabricados.

A pesquisa identificou que os documentos e registros adotados pela empresa do estudo de caso proporcionam a possibilidade de apropriação da produção de montagem dos elementos pré-fabricados e a obtenção de índices para a aplicação

no planejamento. Por outro lado o estudo realizado e a vivência profissional do autor na empresa sugerem a verificação da utilização do sistema BIM (Building Information Modeling) em implantação na empresa, a aplicação das fichas técnicas de produção dos elementos e do sistema de códigos de barras para o acompanhamento e o rastreamento. A adoção destas tecnologias pode colaborar decididamente com a obtenção de índices de produção de montagem confiáveis, integrados na rotina da empresa, e que poderão ser adotados na gestão e planejamento das obras contratadas. Sugere-se também, a anotação da produção por equipe nos diários de obra, podendo-se assim verificar o rendimento individual das equipes dispostas em um mesmo canteiro de obra.

Observou-se que uma das limitações deste estudo de caso consiste no fato de que a documentação utilizada não continha a apropriação dos horários produtivos em horas extras a jornada de trabalho normal. Foram registradas nos diários de obra algumas horas de improdutividade devido a fatores externos a equipe de montagem, porem como não houve registros das horas efetivamente trabalhadas, e sim apenas em dias trabalhados, não sendo possível determinar índices de produção de montagem descontando as horas improdutivas. A utilização de uma apropriação onde estejam contempladas as horas produtivas e improdutivas distintamente contribuirá para a obtenção de índices de produção independentes dos fatores externos a equipe de montagem.

Sugere-se para estudos futuros uma pesquisa considerando a apropriação da produção contemplando as horas produtivas e improdutivas juntamente com a quantidade de homens necessários para elaboração da produção, para a determinação da produtividade média das equipes de montagem para cada elemento pré-fabricado.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE CONCRETO. **Anuário ABCIC 2013**. São Paulo, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado - NBR 9062:2006**. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

PALIARI, José Carlos. **Método para prognóstico da produtividade da mão de obra e consumo unitário de materiais: sistemas prediais hidráulicos**. São Paulo: EPUSP, 2008, 321 p. (Tese de Doutorado da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil).

SOUZA, Ubiraci E. Lemes de. **Como aumentar a eficiência da mão de obra: Manual de gestão da produtividade na construção civil**. São Paulo: PINI, 2006. 100 p.