

# Recomendações para projeto preliminar de canteiro de obras para a produção de pré-moldados de concreto armado

*Recommendations for preliminary construction site design to produce reinforced concrete precast*

Luiz Velloso Andrade Junior<sup>a</sup>, Cláudio Vicente Mitidieri Filho<sup>b</sup>, Olga Satomi Yoshida<sup>c</sup>

a Mestrado profissional em Habitação:

Planejamento e Tecnologia pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A., São Paulo-SP, Brasil.

b Mestrado profissional em Habitação:

Planejamento e Tecnologia pelo Centro Tecnológico do Ambiente Construído do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A., São Paulo-SP, Brasil.

c Mestrado profissional em Habitação:

Planejamento e Tecnologia pelo Centro de Metrologia Mecânica do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A., São Paulo-SP, Brasil.

\*E-mail: vellenge@bighost.com.br

## Resumo

O artigo tem como objetivo apresentar os resultados de uma pesquisa que visa estabelecer recomendações para projeto preliminar de canteiros de obras para sistemas construtivos em pré-moldados de concreto armado para a construção de edificações de shopping centers e industriais. Os aspectos da pesquisa relacionados à implantação, planejamento e leiaute são considerados para a produção de elementos pré-moldados de concreto armado no canteiro de obras, como pilares, vigas, lajes maciças e painéis de fechamento lateral. Como método de pesquisa, adotou-se a pesquisa construtiva denominada *Constructive Research* ou *Design Science Research (DSR)*, como sendo uma das mais apropriadas metodologias para orientar a condução de pesquisas científicas em tecnologia, em uma abordagem que alia a relevância da aplicação prática com o rigor científico, ou seja, trata da proposição para resolução de uma questão concreta de ordem prática, baseada em resultados, que oferece diretrizes específicas para avaliação e interação em projetos de pesquisa. Após coletar as informações necessárias, os dados são descritos e agrupados para análise do conteúdo, tendo com o resultado final vários indicadores para o dimensionamento preliminar de canteiro de obras para produção de pré moldados de concreto armado. Os objetivos para esta dissertação foram alcançados, pois as equações de predições de áreas do canteiro de obras desenvolvidas se mostraram bastante eficazes, para dimensionar as áreas para a produção de elementos pré-moldados de concreto armado.

## Abstract

*The article aims to present the results of a research that aims to establish recommendations for preliminary design of construction sites for reinforced concrete precast construction systems for the construction of shopping mall and industrial buildings. Research aspects related to the implementation, planning and layout are considered to produce precast reinforced concrete elements at the construction site, such as pillars, beams, massive slabs and side closing panels. As a research method, constructive research called Constructive Research or Design Science Research (DSR) was adopted as one of the most appropriate methodologies to guide the conduct of scientific research in technology, in an approach that combines the relevance of practical application with Scientific rigor, that is, it deals with the proposition to solve a concrete, practical, results-based question that offers specific guidelines for evaluation and interaction in research projects. After collecting the necessary information, the data are described and grouped for content analysis, with the final result having several indicators for the preliminary design of the construction site for the production of precast reinforced concrete. The objectives for this dissertation were achieved, since the predictions equations of developed site areas proved to be very effective, to dimension the areas to produce precast reinforced concrete elements.*

## 1 Introdução

O artigo visa estabelecer recomendações para projeto preliminar de canteiros de obras voltados à produção de elementos pré-moldados de concreto armado, a partir de indicadores para o projeto de áreas destinadas: à estocagem de materiais básicos; à central de fôrmas, à central de armação ou de produção de armaduras; à central de concreto; às pistas ou à central de produção de peças; e ao armazenamento de elementos pré-moldados acabados. São também consideradas as vias de circulação, considerando os espaços necessários para movimentação de caminhões tipo betoneira, bem como as instalações provisórias, como refeitórios, escritórios, sanitários, vestiários e etc.

### Palavras-chave:

canteiros de obras; sistemas construtivos; processos construtivos; pré-moldados de concreto armado; projeto preliminar.

### Keywords:

construction sites; building systems; construction processes; precast reinforced concrete; preliminary design.

Trata-se da produção de pré-moldados de concreto armado no mesmo canteiro da edificação a ser construída, considerando shoppings centers e edificações industriais.

Para o projeto preliminar do canteiro de obras, além do uso dos indicadores apresentados neste artigo, é fundamental a consideração do planejamento do empreendimento e da logística prevista para sua implantação, bem como o estabelecimento prévio dos processos de produção. Também são essenciais: o conhecimento pleno das condições locais do terreno no qual será implantado o canteiro e executada a obra, o conhecimento do projeto estrutural executivo dos elementos pré-moldados, o prazo total estimado para a produção dos elementos pré-moldados e o prazo total estimado para a construção do empreendimento. O fornecimento do concreto usinado será realizado por caminhão tipo betoneira, por usina de concreto, externa ao canteiro de obras. A produção dos elementos pré-moldados de concreto armado envolve as atividades de preparação de fôrmas e armaduras, concretagem das peças, incluindo adensamento e cura do concreto, desforma das peças, transportes internos, acabamento e armazenamento das peças.

O projeto do canteiro, portanto, deve prever os espaços necessários para tais atividades, além de outras destinadas a instalações provisórias, acesso de equipamentos e movimentações e, claro, para a própria construção do empreendimento, sendo instrumento fundamental para o planejamento e organização da produção das peças e da própria obra. Devem ser consideradas no projeto as condições necessárias para a segurança e saúde dos trabalhadores EL DEBS (2017) e FERREIRA; FRANCO (1998).

Este artigo, baseado em pesquisa desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Profissional em Habitação do IPT (ANDRADE JUNIOR, L. V, 2019), pretende definir alguns indicadores que podem ser adotados para o projeto preliminar do canteiro de obras, fundamentalmente para shopping centers e obras industriais, para ter-se uma estimativa inicial da área de terreno necessária para o empreendimento, considerando a produção das peças no próprio canteiro e a execução da obra. Não entra no mérito do espaço necessário à execução da obra, porém consideram-se as instalações necessárias para a produção das peças, as instalações provisórias, de forma a atender as condições de segurança e saúde conforme a Norma Regulamentadora NR-18 (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO 2015), e as vias necessárias para trânsito dos equipamentos.

Consideram-se nos indicadores as recomendações da NB -1367 - ABNT NBR 12284:1991 (ABNT 1991), incluindo, além das áreas operacionais do canteiro, as áreas de vivência que incluem vestiário, alojamento, refeitório, cozinha, lavanderia, área de lazer e ambulatório. As áreas de apoio, como almoxarifado, escritórios, guarita ou portaria compreendem aquelas instalações que desempenham funções de apoio à produção.

Apenas a título ilustrativo, são apresentadas nas **Figuras 1 e 2** imagens da construção de edificações de shopping centers e industriais, com elementos pré-moldados de concreto armado em canteiro.

Figura 1 – Edificações de shopping centers em pré-moldados de concreto armado em canteiro



Fonte: foto cedida pela Concrebem, 2012

Figura 2 – Edificações industriais em pré-moldados de concreto armado em canteiro



Fonte: foto cedida pela Engepré, 2012

## 2 Método de pesquisa

Como método de pesquisa, adotou-se a pesquisa construtiva denominada *Constructive Research* ou *Design Science Research* (DSR), por ser apropriada ao caso específico do trabalho conduzido, em uma abordagem que alia a relevância da aplicação prática com o rigor científico, ou seja, trata da proposição para resolução de uma questão concreta de ordem prática, baseada em resultados que oferecem diretrizes específicas para avaliação e interação em projetos de pesquisa. Tem abordagem metodológica que possibilita a realização de pesquisas científicas atrelada ao desenvolvimento de artefatos, com o objetivo de resolver um problema prático num contexto específico e gerar novo conhecimento específico. O método permite, com base em dados obtidos em campo, aliados a outros dados existentes na bibliografia e na experiência prática, gerar recomendações para o projeto ou o dimensionamento preliminar de canteiros de obras, dentro do contexto da pesquisa e dos limites estabelecidos.

Conforme LUKKA (2003) a pesquisa construtiva é desenvolvida em fases: identificação de problemas relevantes; obtenção do conhecimento sobre o assunto (teórico e prático); análise do escopo de aplicação; implantação e testes da solução; e reflexão sobre os resultados obtidos diante da teoria existente. Acrescentamos aqui, principalmente tratando-se de trabalho com aplicação prática, a consideração da experiência ou da vivência profissional do coordenador e da equipe envolvida na pesquisa.

No caso específico do trabalho desenvolvido, alvo deste artigo, consiste em pesquisa desenvolvida por intermédio de visitas técnicas a canteiros de obras e entrevistas com profissionais especialistas, para obtenção de informações e dados necessários que permitiram, após tratamento estatístico, formular recomendações para o projeto preliminar do canteiro de obras. Foram realizadas quatro visitas técnicas, em canteiros de obras com produção de elementos pré-moldados de concreto armado em locais diferentes, e seis entrevistas com profissionais especialistas de grande experiência, com conhecimentos em produção de sistemas construtivos em pré-moldados de concreto armado em canteiro. Foram obtidos dados de onze canteiros, sendo seis para edificações industriais e cinco para edificações de shopping centers.

As visitas técnicas e as entrevistas proporcionam a obtenção de dados e de conhecimentos práticos de diferentes realidades tecnológicas, possibilitando o estabelecimento de relações entre o conteúdo teórico e prático, e, aliado ao conhecimento em razão da atuação profissional, o desenvolvimento da visão sistêmica, traduzida na proposição de recomendações, com aplicação direta na prática dos trabalhos das empresas, guardadas as limitações e o contexto da pesquisa.

A pesquisa de campo, portanto, teve o objetivo de obter informações e conhecimento acerca de um problema para o qual se procura uma resposta, ou de uma hipótese que se queira comprovar, ou ainda, descobrir relações entre eles. Os dados coletados nas visitas técnicas e nas entrevistas, aliados aos dados obtidos nos projetos estruturais executivos dos elementos pré-moldados

de concreto armado, foram organizados, interpretados e analisados, para a identificação dos parâmetros e definição das equações preditivas possíveis visando o dimensionamento ou o projeto preliminar do canteiro de obras.

Com a simulação do artefato, ou seja, com a aplicação a casos práticos, verificou-se a capacidade preditiva para o dimensionamento preliminar das áreas de canteiros para a produção de elementos pré-moldados de concreto armado, considerando parâmetros de entrada e saída disponíveis quando da realização do planejamento do canteiro e da execução do empreendimento. Os resultados obtidos nos métodos estatísticos (ajuste de equações pelo método dos mínimos quadrados ordinários) foram analisados à luz da vivência profissional, de forma a eleger os parâmetros ou os fatores mais adequados para elaboração das recomendações de ordem prática.

### 3 Resultados e análises

Após testes com relações lineares e quadráticas, modelos de equações foram propostos para explicar as associações entre parâmetros de entrada e saída. Foram tratados 84 modelos, considerando 12 parâmetros de entrada e 7 parâmetros de saída, para obter os dados de interesse e definir os indicadores, por intermédio de equações ajustadas. A **Tabela 1** apresenta os dados obtidos em campo e nos projetos estruturais, para os onze canteiros pesquisados, referentes a edificações de shopping centers e industriais.

Tabela 1 – Dados Obtidos de Casos de Edificações Shopping Centers (SHC) e Industriais (IND)

	Caso 01	Caso 02	Caso 03	Caso 04	Caso 05	Caso 06	Caso 07	Caso 08	Caso 09	Caso 10	Caso 11
Empresa	SHC	SHC	SHC	SHC	SHC	IND	IND	IND	IND	IND	IND
ATC (m <sup>2</sup> )	35.000	74.000	76.000	103.000	88.000			24.000	10.000	23.514	42.178
VTCP (m <sup>3</sup> )	6.700	12.800	15.000	20.628	17.978	4.528	2.858	483	2.000	1.401	2.725
PTA (kg)	1.060.000	2.030.000	2.368.000	2.952.000	2.762.349	911.160	450.236	31.040	300.000	116.006	292.078
ATF (m <sup>2</sup> )	1.650	1.600	2.700	3.100	3.105	35.496	19.162	4.490	15.980	1.646	21.663
PRAZO P (mês)	5	7	9	11	6	6	4	3	3	4	6
PRAZO I C (mês)	2	2	2	3	3	2,5	2	1	1,5	1	1
PRAZO M (mês)	2	4	6	8	5	3	2	2	2	3	5
PRAZO T P (mês)	9	13	17	22	14	11,5	8	6	6,5	8	12
NP (unid.)	215	370	417	580	134	185	172	279	75		
NV (unid.)	715	1.496	1.536	2.747	700	725	515	35	160		
NL (unid.)	1.992	4.213	4.327	6.401	1.251	2.070	356		490		
NPF (unid.)								318	290		
NTEPMCA (unid.)	2.922	6.079	6.280	9.728	2.085	2.980	1.043	632	1.015		
ATCP (m <sup>2</sup> )	16.000	18.000	20.000	25.000	24.710	18.933	15.800	5.500	4.500	2.500	2.500
ACF (m <sup>2</sup> )	1.650	1.600	2.700	3.100	2.817	1.294	480	275	225	100	780
AE (m <sup>2</sup> )	3.000	6.500	5.000	8.400	8.264	3.643	975	1.500	540	2.500	2.500
ACA (m <sup>2</sup> )	2.400	3.000	3.000	4.000	3.690	1.046	754	100	169	150	150
AC (m <sup>2</sup> )	8.950	6.900	9.300	10.500	10.150	10.378	10.060	2.872	5.600	2.500	2.500
LAC (m)	10	10	10	10		5	3,5	3,5	3,5		
NMTP (mês)	70	90	100	140	92	75	50	30	35	40	50

Fonte: elaborado pelo autor

Onde:

ATC (m<sup>2</sup>) – Área total da construção

VTCP (m<sup>3</sup>) – Volume total de concreto pré-moldado

PTA (kg) – Peso total das armaduras

ATF (m<sup>2</sup>) – Área total de fôrmas

PRAZO P (mês) – Prazo de produção dos pré-moldados

PRAZO I C (mês) – Prazo de implantação do canteiro

PRAZO M (mês) – Prazo de montagem dos pré-moldados

PRAZO TP (mês) – Prazo total

ATCP (mês) – Área total do canteiro de produção

ACF (mês) – Área central de fôrmas

AE (m<sup>2</sup>) – Área de estocagem

ACA (m<sup>2</sup>) – Área central de armação

AC (m) – Área de circulação

LAC (m) – Largura da área de circulação

NP (unid) – Número de pilares

NV (unid) – Número de vigas

NL (unid) – Número de lajes

NPF (unid) – Número de painéis de fechamento

NTEPMCA (unid) – Número total de elementos pré-moldados de concreto armado

NMT (mês) – Número médio de trabalhadores



Com os dados obtidos apresentados na **Tabela 1** foram feitas análises estatísticas de potenciais de predição de correlações entre os parâmetros de entradas e saídas, combinando métodos estatísticos e a experiência profissional para definição de indicadores, por intermédio de equações ajustadas, entre os parâmetros apresentados, MONTGOMERY; PECK; VINING (2012). Para a análise dos resultados foram considerados parâmetros de saídas, tais como: **ATCP** – Área Total do Canteiro de Obras; **ACF** – Área da Central de Fôrmas; **AE** – Área de Estoques ou Armazenagem de Elementos Acabados; **AC** – Área de Circulação; **LAC** – Largura da Área de Circulação; e **NMT** – Número Médio de Trabalhadores na Produção. Os demais itens, mencionados na **Tabela 1**, foram considerados como parâmetros de entrada.

As projeções das áreas de projeto ( $y$ ), parâmetros de saída, foram obtidas por outros parâmetros de entrada ( $x$ ), por meio de relações matemáticas  $y = f(x)$ . Se a relação for linear, a equação é:

$$y_i = a + b \cdot x_i + \varepsilon_i$$

Onde:

- $y_i$  representa a variável resposta, o parâmetro de saída do  $i$  – ésimio empreendimento;
- $x_i$  é a variável preditora, o parâmetro de entrada do  $i$  – ésimio empreendimento;
- $a + b \cdot x_i$  seria a relação linear sistemática entre  $y_i$  e  $x_i$ , a média do parâmetro de área  $y_i$  dado o parâmetro de entrada  $x_i$ ;
- $a$  é a média do parâmetro de saída  $y_i$  quando o parâmetro de entrada  $x_i = 0$ ;
- $b$  é o acréscimo no parâmetro de área de saída  $y_i$  a cada variação unitária de  $x_i$ .

Os coeficientes  $a$  e  $b$  são determinados pelo método dos mínimos quadrados, a partir dos  $n$  pares de dados levantados nas visitas técnicas e entrevistas. A escolha da equação  $\hat{y}_i = \hat{a} + \hat{b} \cdot x_i$  é feita de tal forma que a soma dos quadrados dos erros  $SSE = \sum (y_i - \hat{y}_i)^2$  seja minimizada, sendo  $\hat{a}$  é a estimativa de  $a$  e  $\hat{b}$  é a estimativa de  $b$ .

Numa relação quadrática, na qual a equação é  $y_i = a + b \cdot x_i + c \cdot x_i^2 + \varepsilon_i$ , o método dos mínimos quadrados para estimar  $a$ ,  $b$  e  $c$  se aplica da mesma forma.

Observa-se que nos 11 casos pesquisados, seis edificações industriais e cinco shoppings centers, as áreas de leiaute e os parâmetros de entrada são positivamente correlacionados.

O padrão de correlações acima de 70 % indica que os parâmetros de entrada podem cumprir o papel de preditores das áreas de leiaute. Portanto, verificou-se a capacidade preditiva dos parâmetros para dimensionar as áreas de leiaute de canteiros para a produção de pré-moldados de concreto armado.

Após testes com relações lineares e quadráticas, modelos (equações) foram propostos para explicar as associações entre parâmetros de entrada e de saída. Foram ajustados 84 modelos (12 parâmetros de entrada x 7 parâmetros de saída).

Conforme RAO (1965), para análise dos resultados foi considerado como padrão de correlações, valores  $R^2$  ou  $R^2_{pred}$  acima de 70 %, para que os parâmetros de entrada cumprissem o papel de predição das áreas de leiaute em relações lineares, conforme os indicadores de qualidade do ajuste dos modelos, que foram quantificados por  $S$ ,  $R^2$  e  $R^2_{pred}$ , sendo que:

- $S$  é medido na unidade do parâmetro ajustado de saída e representa quanto o modelo proposto está errando em relação aos parâmetros nos 11 casos;
- quanto mais alto o valor de  $R^2$ , melhor a qualidade da previsão de áreas para os parâmetros de entrada medidos na amostra analisada; e
- quanto maior o valor de  $R^2_{pred}$ , melhor a qualidade da previsão de áreas de leiaute para valores nos parâmetros de entrada não medidos na amostra analisada. Modelos que têm valores de  $R^2_{pred}$  mais elevado têm melhor capacidade preditiva.

Para determinar o modelo foram ajustados os dados e analisada sua qualidade, pela quantificação de  $S$ ,  $R^2$  e  $R^2_{pred}$ .

A análise de regressão foi adotada para desenvolver ferramentas preditivas de áreas para leiaute de canteiro de obras, para a produção de elementos pré-moldados em concreto armado no próprio local de construção do empreendimento. Tais ferramentas consistem num conjunto de equações que, a partir de dados reais de áreas em canteiros, produzem estimativas de parâmetros de áreas para o dimensionamento preliminar de canteiro de obras, para a produção dos pré-moldados de concreto armado.

O termo análise de regressão conforme MONTGOMERY et al (2012) consiste num conjunto de técnicas estatísticas que irá modelar, com equações, as relações entre os parâmetros de áreas para prever uma grandeza dependente (variável de saída da equação) a partir de outras grandezas independentes (preditivas ou variáveis de entrada da equação).

Para a definição das equações preditivas, adotam-se os melhores índices da qualidade de modelos e da capacidade preditiva.

Dentre as várias equações ajustadas encontradas, podem ser consideradas as equações ajustadas seguintes, com  $R^2$  ou  $R^2_{pred} > 70\%$ :

$$ATCP (m^2) = 1009 + 0,3416*ATC (m^2) - 0,000001*ATC (m^2)*ATC (m^2)$$

$$ACF (m^2) = 207,1 + 0,000960*PTA (kg)$$

$$AE (m^2) = 670,6 + 0,3831*VTCP (m^3)$$

$$ACA (m^2) = - 178 + 0,3423*VTCP (m^3) - 0,000007*VTCP (m^3)*VTCP (m^3)$$

$$AC (m^2) = - 7967 + 12797*PRAZO I C (mês) - 2224*PRAZO I C (mês)*PRAZO I C (mês)$$

$$LAC (m) = 1,939 + 0,001080*VTCP (m^3) - 0,000000*VTCP (m^3)*VTCP (m^3)$$

$$NMTP (unid) = 16,28 + 0,001052*ATC (m^2)$$

Os indicadores encontrados são aplicáveis ao dimensionamento preliminar de áreas específicas do canteiro de obras, como: central de fôrmas; central de armação; central de concreto, central de pré-moldados; áreas de estoques e armazenamento de elementos acabados; vias de circulação e acessos; e número médio de trabalhadores na produção por mês. As áreas de vivência e apoio são calculadas como base no número médio de trabalhadores, considerando os parâmetros da NR-18.

Para uma melhor utilização das equações preditivas, para o dimensionamento preliminar das áreas no canteiro de obras, devem ser respeitadas as considerações de faixas e limites, quanto à área de construção do empreendimento ( $m^2$ ), volume do concreto pré-moldado ( $m^3$ ), peso das armaduras (kg), área do canteiro de produção ( $m^2$ ), prazo total da produção do pré-moldado (mês), e o número de trabalhadores na produção por mês (unid), conforme apresentados nas **Tabelas 3 e 4**.

Como exemplo, segue um estudo comparativo das equações preditivas no estudo de caso de uma edificação industrial específica, considerando as áreas reais de implantação no canteiro comparadas às áreas calculadas conforme as equações ajustadas, conforme a **Tabela 2**. Apresentam-se também os valores das áreas quanto às margens de segurança encontradas, ou seja, os valores de áreas mínimas e máximas obtidas, em função dos resultados das correlações ajustadas e do gráfico de linha ajustada. Considerou-se o IC (Intervalo de Confiança) de 95 % e o IP (Intervalo de Predição) de 95%, sendo recomendado que os resultados obtidos sejam acompanhados das margens de erro conservadoras dadas pelo IP de 95 %.

**Tabela 2 – Exemplo de Estudo Comparativo de Áreas para Leiaute Edificação Industrial**

	Áreas reais implantação canteiro (m <sup>2</sup> )	Áreas calculadas conforme equações (m <sup>2</sup> )	Equações ajustadas	Margem de Segurança	
				Mínimo (m <sup>2</sup> )	Máximo (m <sup>2</sup> )
ATCP (m <sup>2</sup> )	24.710	23.325	$ATCP = 1009 + 0,3416 * ATC - 0,000001 * ATC * ATC$	18.195	27.103
ACF (m <sup>2</sup> )	2.817	2.858	$ACF = 207,1 + 0,000960 * PTA$	2.497	3.225
ACA (m <sup>2</sup> )	3.690	3.713	$ACA = - 178 + 0,3423 * VTCP - 0,000007 * VTCP * VTCP$	3.170	4.244
AE (m <sup>2</sup> )	8.264	7.557	$AE = 670,6 + 0,3831 * VTCP$	6.323	8.798
AC (m <sup>2</sup> )	10.150	10.408	$AC = - 7967 + 12797 * PRAZO   C - 2224 * PRAZO   C * PRAZO   C$	8.726	12.096
NMTP (unid.)	92	108	$NMTP = 16,28 + 0,001052 * ATC$	92	124

**Fonte: elaborado pelo autor**

Segue outro exemplo, independente do acima apresentado, considerando uma aplicação específica das equações preditivas, para o dimensionamento preliminar de áreas necessárias para implantação de um canteiro de obras para produção de elementos pré-moldados de concreto armado em canteiro, em uma edificação industrial, considerando inicialmente, as informações técnicas fornecidas pelos projetos estruturais executivos (parâmetros de entrada):

- 1 – Área Total de Construção = 11.508 m<sup>2</sup>
- 2 - Prazo Total de Produção = 6 meses
- 3 - Prazo de Produção = 3 meses
- 4- Prazo de Implantação do Canteiro = 1 mês
- 5- Número de pilares = 78 unidades
- 6- Número de vigas = 136 unidades
- 7- Número de painéis de fechamento = 245 unidades
- 8- Número total de elementos pré-moldados = 459 unidades
- 9 – Volume de concreto dos pilares = 240,69 m<sup>3</sup>
- 10 – Volume de concreto das vigas = 320,90 m<sup>3</sup>

11 - Volume de concreto dos painéis de fechamento = 548,71 m<sup>3</sup>

12 - Volume total de concreto dos elementos pré-moldados = 1.110,30 m<sup>3</sup>

13 - Peso total das armaduras = 154.110 kg

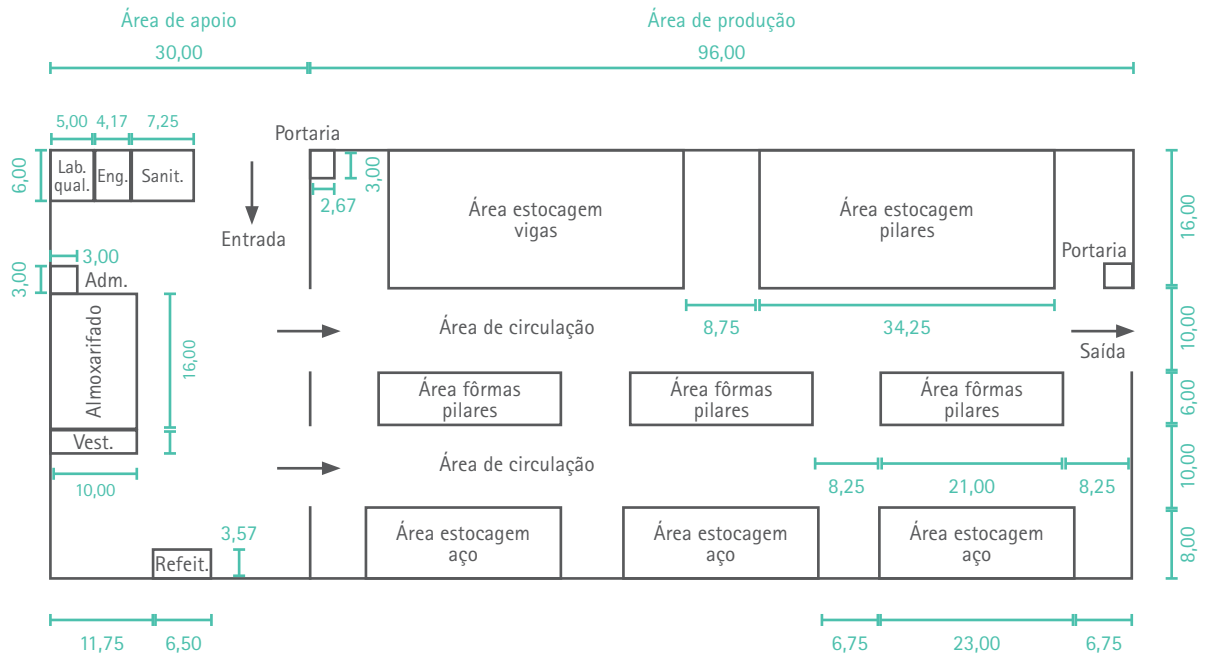
Com a aplicação das equações preditivas, e com as informações técnicas fornecidas nos projetos, calculam-se as áreas ATCP, ACF, AE, ACA, AC, LAC e NMTP, conforme resultados apresentados na **Figura 3**.

No cálculo das ATCP – Área Total do Canteiro de Produção, não estão contempladas as áreas necessárias para apoio e áreas de vivência, tais como as áreas de escritórios administrativos e engenharia, refeitórios, vestiários, sanitários, almoxarifado, ambulatório e portarias.

Com o resultado obtido do NMTP – Número Médio de Trabalhadores na Produção por mês dimensionam-se as áreas de apoio e áreas de vivência no canteiro de obras, tais como as áreas de escritórios da administração, escritórios de engenharia, refeitórios, sanitários, vestiários, almoxarifado e portaria, conforme apresentado a seguir, lembrando que estes valores referem-se apenas aos trabalhadores na produção de pré-moldados de concreto armado. Para estabelecer as áreas totais, há necessidade de considerar também os trabalhadores nas outras etapas de produção do empreendimento, as quais não são objeto desse artigo.

- Escritórios da administração – área mínima de 9,00 m<sup>2</sup> (parâmetro, número de trabalhadores da área administrativa, considerando 1m<sup>2</sup>/trabalhador);
- Escritórios de engenharia – área mínima de 25,00 m<sup>2</sup> (parâmetro, número de trabalhadores na área técnica, considerando 1m<sup>2</sup>/trabalhador);
- Refeitório – área mínima de 23,20 m<sup>2</sup> (parâmetro, 0,80 m<sup>2</sup> vezes o número de trabalhadores na produção);
- Vestiário – área mínima de 29,00 m<sup>2</sup> (parâmetro, número de trabalhadores na produção, considerando 1m<sup>2</sup>/trabalhador);
- Sanitários – área mínima de 43,50 m<sup>2</sup> (parâmetro, 1,50 m<sup>2</sup> vezes o número de trabalhadores na produção de pré-moldados);
- Almoxarifado – área mínima de 160,00 m<sup>2</sup> (parâmetro, 0,014 vezes a área da construção, em m<sup>2</sup>);
- Portaria – área mínima de 16,00 m<sup>2</sup>, sendo 8,00 m<sup>2</sup> para cada uma das duas portarias, funcionando 24 horas, considerando vigias diferentes para os períodos diurno e noturno (parâmetro, número de vigias, considerando 1m<sup>2</sup>/vigia).

Figura 3 – Exemplo de leiaute de canteiro de obras com aplicação das equações preditoras – edificação industrial



## Áreas

Administrativo = 9,00m<sup>2</sup>  
 Almoxarifado = 160,00m<sup>2</sup>  
 Engenharia = 25,00m<sup>2</sup>  
 Laboratório qualidade = 30,00m<sup>2</sup>  
 Portarias = 16,00m<sup>2</sup>  
 Refeitório = 23,20m<sup>2</sup>  
 Vestiário = 29,00m<sup>2</sup>  
 Sanitários = 43,50m<sup>2</sup>

## Áreas

ATCP = 5.040,00m<sup>2</sup>  
 ACF = 355,00m<sup>2</sup>  
 ACA = 550,00m<sup>2</sup>  
 AC = 2.606,00m<sup>2</sup>  
 AE = 1.096,00m<sup>2</sup>  
 LAC = 3,00m<sup>2</sup>  
 NMT = 29 mês

Fonte: elaborado pelo autor

Para melhor compreensão, considerou-se um terreno hipotético de 50 m de frente por 126 m da frente aos fundos, perfazendo uma área total de 6300 m<sup>2</sup>. A área total, portanto, resultante das áreas de produção e de apoio, ficam acima da somatória das áreas estimadas, em aproximadamente 25%, pois há ainda vazios na área de apoio e também espaços de circulação entre as duas áreas, de apoio e de produção.

## 4 Recomendações

Em razão dos estudos e análises conduzidas, recomenda-se a adoção das equações ajustadas para o dimensionamento preliminar de áreas para o leiaute de canteiro de obras para produção de elementos pré-moldados em concreto armado, em edificações de shopping centers e industriais, sendo:

$$ATCP (m^2) = 1009 + 0,3416*ATC (m^2) - 0,000001*ATC(m^2)*ATC (m^2)$$

$$ACF (m^2) = 207,1 + 0,000960*PTA (kg)$$

$$AE (m^2) = 670,6 + 0,3831*VTCP (m^3)$$

$$ACA (m^2) = - 178 + 0,3423*VTCP (m^3) - 0,000007*VTCP(m^3)*VTCP (m^3)$$

$$AC (m^2) = - 7967 + 12797*PRAZO I C (mês) - 2224*PRAZO I C (mês)* PRAZO*I C(mês)$$

$$LAC (m) = 1,939 + 0,001080*VTCP (m^3) - 0,000000* VTCP(m^3)*VTCP (m^3)$$

$$NMTP (unid) = 16,28 + 0,001052*ATC (m^2)$$

Entretanto, para que tais equações preditivas possam ser utilizadas, devem ser respeitadas as faixas e os limites mencionados nas **Tabelas 3 e 4**.

**Tabela 3 – Considerações de faixas e limites em edificações shopping centers**

Considerações	Unidade	Faixas e limites
Área construção empreendimento	m <sup>2</sup>	35.000 a 103.000
Volume concreto pré-moldado	m <sup>3</sup>	6.700 a 20.628
Peso das armaduras	kg	1.060.000 a 2.952.000
Área canteiro produção	m <sup>2</sup>	16.000 a 25.000
Prazo total produção pré-moldado	mês	9 a 22
Número médio trabalhadores na produção	mês	70 a 140

**Fonte: elaborado pelo autor**

**Tabela 4 – Considerações de Faixas e Limites em Edificações Industriais**

Considerações	Unidade	Faixas e limites
Área construção empreendimento	m <sup>2</sup>	10.000 a 42.178
Volume concreto pré-moldado	m <sup>3</sup>	483 a 4.528
Peso das armaduras	kg	31.040 a 911.160
Área canteiro produção	m <sup>2</sup>	2.500 a 18.933
Prazo total produção pré-moldado	mês	5,5 a 12
Número médio trabalhadores na produção	mês	30 a 75

**Fonte: elaborado pelo autor**



Para facilitar a aplicação dos parâmetros aqui desenvolvidos, apresenta-se um rápido roteiro, considerando as equações preditivas:

- a) com os dados da área total da construção da edificação, obtidos pelos projetos executivos, calcula-se a área necessária total do canteiro de produção dos elementos pré-moldados de concreto armado, bem como o número médio de trabalhadores por mês, necessários para a produção dos elementos pré-moldados de concreto armado;
- b) com os dados do volume total do concreto pré-moldado, obtidos pelos projetos executivos, calcula-se a área necessária de estocagem e armazenamento dos elementos pré-moldados de concreto armado, bem como a área necessária para a implantação da central de armação e a largura da área de circulação;
- c) com os dados do peso total das armaduras, obtidos pelos projetos executivos, calcula-se a área necessária para a central de fôrmas; e
- d) com os dados do prazo de implantação necessário do canteiro, em função do cronograma da edificação, calcula-se a área de circulação, incluindo circulação de trabalhadores, veículos, caminhões, e equipamentos necessários para a produção dos elementos pré-moldados de concreto armado.

Com a obtenção do NMTP (número médio de trabalhadores para produção dos elementos pré-moldados de concreto armado) dimensionam-se as áreas de apoio à produção, como áreas de estoque de materiais e almoxarifado; equipamentos necessários como caminhão tipo betoneira, caminhão tipo munck, pórticos rolantes ou gruas para transporte vertical; e a área de apoio técnico e administrativo, para execução das atividades de gerenciamento do canteiro de obras. Conforme a NR 18 e a NB 1367 – ABNT NBR 12284:1991 – Áreas de vivência (ABNT 1991), calculam-se as áreas mínimas para: recepção e guarita, escritório administrativo, escritório de engenharia, refeitórios, sanitários, vestiários, almoxarifado de ferramentas, almoxarifado de empreiteiro, laboratório de controle tecnológico, vias de circulação para caminhões tipo betoneira e aços, e vias de circulação para os trabalhadores. Com as áreas mínimas definidas, em função da área disponível no canteiro de obras, define-se o leiaute do canteiro de obras, para posterior implantação.

A área final preliminarmente estimada vai depender, portanto, não só das estimativas feitas por meio das equações, mas também do leiaute definido previamente, em razão da experiência do profissional responsável. Observou-se, no exemplo apresentado, que essa área final será superior, o que deve ser considerado.

A construção das edificações desses tipos de empreendimentos demanda prazos de curta duração, sendo que as mobilizações nos canteiros de obras são sempre dependentes dos prazos de construção, variável caso a caso. Assim sendo, é fundamental a consideração de aspectos específicos de cada empreendimento e a experiência dos colaboradores para a definição do melhor leiaute para a implantação das áreas de produção dos elementos pré-moldados de concreto armado, mesmo com a possibilidade de estimar as áreas específicas por meio das equações preditivas. Alguns estudos e análises preliminares são importantes, tais como:

- a) Estudo dos acessos provisórios;
- b) Estudo de reconhecimento da área para avaliar o terreno e realizar sondagens;
- c) Estudo topográfico do terreno;
- d) Estudo com as concessionárias de água, esgoto, telefone e energia elétrica; e
- e) Estudo com licenças de construção e de adequação do canteiro às restrições legais.

É também aconselhável prever uma certa flexibilidade na implantação do canteiro de obras, em razão de possíveis mudanças futuras, considerando alterações de projetos e cronograma do empreendimento.

## 5 Conclusões

O problema tratado neste artigo surgiu da falta de recomendações na literatura para o projeto preliminar de áreas de trabalho de canteiros de obras voltadas à produção de elementos pré-moldados de concreto armado. O objetivo deste artigo foi tecer recomendações importantes para o dimensionamento preliminar das áreas de canteiro de obras, com base em uma ferramenta preditiva das áreas de trabalho, mais especificamente, um conjunto de equações de predição das áreas necessárias em canteiro para a produção dos elementos pré-moldados de concreto armado, em função de dados iniciais disponíveis em projetos executivos. A ferramenta preditiva consiste em importante instrumento na ação de dimensionamento preliminar das áreas do canteiro de obras, mas é sempre importante a adequação em razão de cada empreendimento, das condições reais do terreno e da experiência dos profissionais envolvidos.

Tais equações de predição mostraram-se eficazes, em razão das aplicações práticas efetuadas, verificando-se a proximidade entre os valores de áreas preditos com os das áreas reais praticadas em casos reais. Reforça-se aqui que o contexto é de dimensionar áreas para implantar a produção de elementos pré-moldados de concreto armado, como pilares, vigas, lajes maciças e painéis de fechamento lateral, em canteiros de obras para edificações industriais e shopping centers, e também os limites que devem ser respeitados para aplicação de tais equações.

Conclui-se que os resultados desta pesquisa, sumarizados nas equações de predição, dão contribuição técnica original e útil ao problema de dimensionamento preliminar de áreas no canteiro de obras, para a produção de elementos pré-moldados de concreto armado.

Ressalta-se que os resultados encontrados para estas equações preditivas foram obtidos apenas com a participação de 11 casos específicos. Os parâmetros e fórmulas de dimensionamento preliminar podem ficar mais consistentes na consideração de um número maior de dados reais de campo e mais visitas técnicas para obtenção de maior significância estatística dos resultados. A aplicabilidade do método desenvolvido neste artigo é limitada pela baixa representatividade das tipologias de shopping centers e indústrias, o que impactou diretamente na margem de erro das estimativas das áreas nos canteiros. Portanto, o aumento de número de dados, mediante pesquisas futuras, deverá conduzir à diminuição das margens de erros das áreas estimadas, já que foi comprovada a alta capacidade preditiva dos parâmetros considerados.

## 6 Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. **NBR 12284**: Área de vivência em canteiros de obras. Rio de Janeiro, 1991.

ANDRADE JUNIOR, L. V. **Recomendações para projeto preliminar de canteiro de obras para a produção de pré-moldados de concreto armado**. Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Habitação: Planejamento e Tecnologia, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2019.

BRASIL, MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, **NR-18, Norma Regulamentadora, Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção**, Brasília, 2015.

EL DEBS, M. K. **Concreto pré-moldado**: fundamentos e aplicações. Escola Engenharia São Carlos: Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017. 456 p.

FERREIRA, E. A. M.; FRANCO, L. S. **Metodologia para elaboração do projeto do canteiro de obras de edifícios**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, São Paulo, n. BT/PCC/210, 1998. 20p.

LUKKA, K. The Constructive research approach. In: case study research in logistics. **Turku School of Economics and Business Administration**, s. B1, p. 83-101, 2003.

MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A.; VINING, G. G. **Introduction to linear regression analysis**. 5th Edition, 2012. 672 p.

RAO, C. R. **Linear statistical inference and its applications**, Wiley. 1965.

