

INFLUÊNCIA DO PROJETO ESTRUTURAL NA PRODUTIVIDADE DE ARMAÇÃO COM AÇO PRÉ-CORTADO E DOBRADO

**Jamil J. Salim Neto (1); Ubiraci E. Lemes de Souza (2); Felipe Germano Morasco (3);
Rodrigo R. Tomazetti (4)**

- (1) Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: jamil.salim@poli.usp.br
- (2) Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: ubiraci.souza@poli.usp.br
- (3) Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: felipe.morasco@poli.usp.br
- (4) Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: rodrigo.tomazetti@poli.usp.br

RESUMO

Proposta: As estruturas de concreto armado são largamente utilizadas na produção de edifícios de múltiplos pavimentos no Brasil. O material para as armaduras de tal estrutura pode ser fornecido de diferentes maneiras, como, por exemplo, na forma de barras, de peças pré-cortadas e pré-dobradas e de armaduras montadas (Salim Neto et al 2007). Embora a segunda opção citada de fornecimento esteja sendo bastante usada em grandes centros urbanos, dispõe-se ainda de pouca literatura versando sobre a análise da eficiência no uso de tal opção nas obras (Salim Neto et al 2007). Dentro deste contexto, neste trabalho se estuda a produtividade na execução de armaduras de pilares para estruturas de concreto armado utilizando-se de fornecimento de aço pré-cortado/dobrado, tendo por base um extenso levantamento de campo feito em 9 obras, na fase de execução do pavimento tipo localizadas na cidade de São Paulo-SP. Em trabalho anterior os autores promoveram um estudo exploratório de fatores relevantes em 2 obras; o banco maior de dados permitiu, neste momento, um processamento estatístico de dezenas de fatores e uma conclusão quanto aos que se mostraram relevantes e à valoração de sua influência. **Método de pesquisa/Abordagens:** Coleta de dados em obras de construção e análise estatística. **Resultados:** a pesquisa possibilitou a percepção dos fatores ligados ao projeto de detalhamento de armaduras de pilares, utilizando a forma de fornecimento de aço pré-cortado e pré-dobrado, que influenciam na produtividade de mão-de-obra. **Contribuições/Originalidade:** Ao registrar este conhecimento, os autores imaginam criar bases para um futuro prosseguimento da pesquisa na direção de colher com os projetistas estruturais as diretrizes de projeto cabíveis para um futuro aprimoramento da eficiência da mão-de-obra envolvida no processo de produção dessas armaduras.

Palavras-chave: estrutura de concreto armado; projeto de detalhamento das armaduras; produtividade.

ABSTRACT

Propose: Steel reinforcement is supplied in different ways: bars, pre cut and bent pieces (PCB), and pre assembled cages. There is still few papers discussing the use of PCB. This paper evaluates steel reinforcement and presents both the factors and their influences on the productivity. **Methods:** data collection and analysis. **Findings:** the paper presents factors influencing productivity on the steel reinforcement job for columns. **Originality/value:** The results provide support for designers to improve their designs in terms of reaching better labor productivity.

Keywords: labor productivity; steel reinforcement; pre cut and bent steel pieces.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Produtividade

Os estudos, mais relevantes, versando sobre produtividade na indústria da construção civil começaram a ser desenvolvidos, internacionalmente, na década de 80. Segundo (THOMAS *et al.*, 1990) o primeiro modelo significativo de produtividade da construção foi proposto por Kellogg no ano de 1981.

No Brasil o primeiro estudo consistente sobre produtividade na indústria da construção, baseado em análises estatísticas e visando a criação de modelos matemáticos para o entendimento da produtividade, foi o desenvolvido por Souza no ano de 1996.

Vários pesquisadores estudam a produtividade, nacional e internacionalmente. Entretanto, a forma de mensurar a produtividade é diversificada. Segundo (PARK *et al.*, 2005) embora exista um grande número de publicações sobre produtividade, não há definição unânime de atividades de trabalho nem um sistema de mensuração de produtividade padronizado.

Para (PARK *et al.*, 2005) produtividade pode ser simplesmente ilustrada como uma associação entre uma saída e uma entrada. Ainda segundo este autor duas formas de produtividade foram usadas em estudos anteriores da indústria: (1) produtividade = saída / entrada e (2) produtividade = entrada / saída, onde a segunda forma tem sido largamente utilizada e existe na literatura há anos na indústria da construção.

Neste trabalho o conceito de produtividade será direcionado para o estudo da produtividade da mão-de-obra (recurso físico) envolvida no serviço de armação voltada para a execução de estruturas de concreto armado.

Nesse contexto o conceito de produtividade seguido pelos pesquisadores envolvidos nesse trabalho é o proposto por (SOUZA, 2006), que define a produtividade da mão-de-obra na construção, do ponto de vista físico, como sendo a eficiência/eficácia na transformação de entradas em saídas. Neste trabalho o indicador que será utilizado para mensurar a produtividade da mão-de-obra (razão de entradas por saídas) será o intitulado Razão Unitária de Produção (RUP), que foi proposto por (SOUZA, 1996). Esse indicador é representado pela eq. 1.

$$RUP = \frac{\text{homens - hora}}{\text{quantidade de serviço}} \quad \text{, onde:} \quad (\text{eq.1})$$

RUP – Razão Unitária de Produção

homens-hora – homens-hora despendidos (entrada)

quantidade de serviço – quantidade de serviço executado (saída)

1.2 Modelagem da produtividade

Existem várias formas de modelar a produtividade, como, por exemplo, o modelo de produtividade total (SUMANTH, 1979), o modelo da hierarquia de produtividade da construção (KELLOGG *et al.*, 1981), o modelo dos fatores de produtividade da construção (THOMAS; YIAKOUMIS, 1987) dentre outros.

Os pesquisadores envolvidos nesse trabalho entendem que o Modelo dos Fatores de produtividade da construção, proposto por Thomas e Yiakoumis em 1987, é o mais adequado para entender e analisar a variação de produtividade ocorrida na construção civil.

O modelo dos fatores leva em consideração melhorias de produtividade para operações repetitivas e pode ser usada para executar rigorosa análise estatística dos fatores que afetam a produtividade de trabalho – atividades de construção intensa (THOMAS; YIAKOUMIS, 1987).

Segundo (THOMAS *et al.*, 1990) as características essenciais do modelo dos fatores são: a) diferentemente do estudo do trabalho tradicional, o modelo dos fatores mensura produtividade não

como uma função do tempo, mas como uma função de saída; b) o foco é sobre a equipe, como unidade básica de trabalho, antes que sobre cada membro da equipe; c) a produtividade ideal necessária para desempenho do trabalho pode ser tempo-dependente, sendo que as melhorias resultantes de repetição podem ser modeladas; d) o modelo inclui os principais fatores que afetam a produtividade. A forma do modelo permite validação estatística, e fatores podem ser adicionados ou excluídos conforme a necessidade.

A produtividade da mão-de-obra pode ser influenciada por um grande número de fatores (SOUZA, 1996). Essa gama de fatores pode ser classificada em dois grandes grupos: o dos relacionados ao “conteúdo do trabalho” e o dos associados ao “contexto do trabalho” (THOMAS; SMITH, 1990 *apud* SOUZA, 1996).

Entendida a natureza dos fatores que podem interferir significativamente sobre a produtividade, o passo seguinte envolve a eleição prévia daqueles a serem observados durante a coleta de dados. (SOUZA, 1996). Após essa etapa correlacionam-se os fatores estatisticamente para descobrir-se quais são os influenciadores da produtividade da mão-de-obra envolvida no serviço analisado, no caso, o serviço de armação e, mais especificamente, a tarefa intitulada pilar (as tarefas que compõem o serviço de armação para estruturas de concreto armado são pilar, viga, laje e escada).

1.3 Projeto de Estruturas de concreto armado

A definição de projeto, no sentido mais amplo, abrange o projeto sob duas óticas, que são a do processo e a do produto. Neste trabalho o projeto será estudado sob a ótica do produto.

Para (MARQUES, 1979) o conceito de projeto do produto (conceito “estático”) refere-se ao projeto como um produto, constituído de elementos gráficos e descritivos, ordenados e elaborados segundo uma linguagem apropriada, visando atender às necessidades da fase do empreendimento que lhe sucede que é a fase de execução, implantação ou, mais particularmente, de obra.

O projeto de estruturas de concreto armado, sob a ótica de produto, pode ser definido como sendo o documento que traz consigo informações técnicas, por meio de elementos gráficos e descritivos, à equipe que irá executar a estrutura de concreto armado.

Segundo (BARROS; MELHADO, 1998) o concreto armado pode ser entendido como uma composição resultante do “trabalho solidário” da armadura (aço) e do concreto, devendo tal “solidariedade” ser garantida pela aderência completa entre os materiais (aço + concreto), a fim de que suas deformações sejam iguais ao longo da peça de concreto.

Os projetos de estruturas de concreto armado são constituídos, basicamente, pelos projetos de fôrmas e projetos de detalhamento das armaduras.

O projeto de detalhamento das armaduras, de forma simplificada, pode ser entendido como sendo o documento técnico que traz informações a respeito dos tipos de peças (bitola, comprimento unitário, número de peças, espaçamento, disposição da peça perante o conjunto armadura etc.) que constituem as armaduras das estruturas de concreto armado. O projeto de detalhamento de armaduras para estruturas de concreto reticuladas é dividido em pilares, vigas, lajes e escadas. (Figura 1).

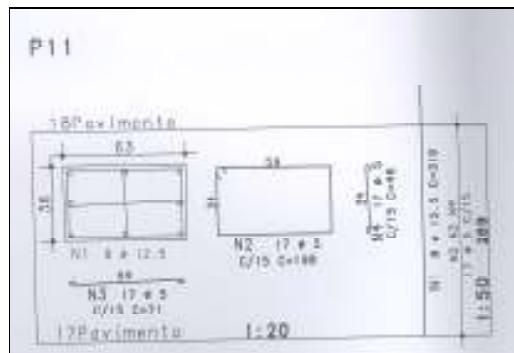


Figura 1 – Parte de um projeto de detalhamento de pilares

1.4 Tecnologia do Aço pré-cortado e pré-dobrado

O aço pré-cortado e pré-dobrado pode ser definido, de maneira simples, como sendo o aço utilizado em estruturas de concreto armado, cujas etapas de corte e dobra são executadas fora do canteiro de obras, pelo próprio fabricante do aço.

Segundo (ARAÚJO, 2005) as operações de corte e dobra do aço, quando transferidas do canteiro de obras para as empresas especializadas, apresentam como principais vantagens: a) redução do uso intensivo de mão-de-obra no canteiro; b) elevado patamar de racionalização ao longo de todo o processo de produção de armaduras.

Ainda segundo esse autor as etapas de “fornecimento” do aço pré-cortado e pré-dobrado seguem o fluxograma mostrado na Figura 2.

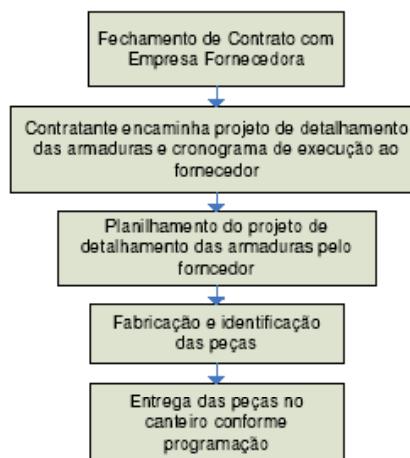


Figura 2 – Fluxograma da etapa de fornecimento do aço pré-cortado e pré-dobrado (fonte ARAÚJO, 2005)

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é o de quantificar a influência de fatores associados ao projeto estrutural, mais especificamente o de detalhamento das armaduras de pilares, visando melhorar a produtividade no serviço de armação de pilares utilizando-se a tecnologia do aço pré-cortado e pré-dobrado.

3 METODOLOGIA

A pesquisa desenvolvida nesse artigo é classificada como pesquisa aplicada com uma abordagem quantitativa. O método de pesquisa abrange as seguintes etapas: a) levantamento preliminar de informações (o que é produtividade, tipos de modelagens de produtividades, o que é o modelo dos fatores, o que é o projeto de estruturas de concreto armado e o que é o fornecimento do aço pré-cortado e pré-dobrado); b) concepção de método de coleta de informações sobre armaduras em execução; c) levantamento em campo de dados; d) processamento dos dados; e) análise dos dados.

4 LEVANTAMENTO DE CAMPO: CARACTERIZAÇÃO, MÉTODO DE COLETA, RESULTADOS E ANÁLISE

4.1 Caracterização das obras

Foram estudadas nove obras nesta pesquisa (Figura 3). Definiram-se as seguintes características principais e em comum que essas obras deveriam ter: a) serem pertencentes ao seguimento das edificações de multipavimentos; b) serem constituídas por estruturas reticuladas de concreto armado;

c) utilizarem a tecnologia do aço pré-cortado e pré-dobrado; d) estarem executando o pavimento tipo; e) pertencerem a construtoras diferentes (no máximo duas obras de uma mesma construtora).

Visando-se preservar a identidade das construtoras envolvidas nesta pesquisa optou-se pelo uso de códigos para a identificação das obras (Ex. Obra SP 101).

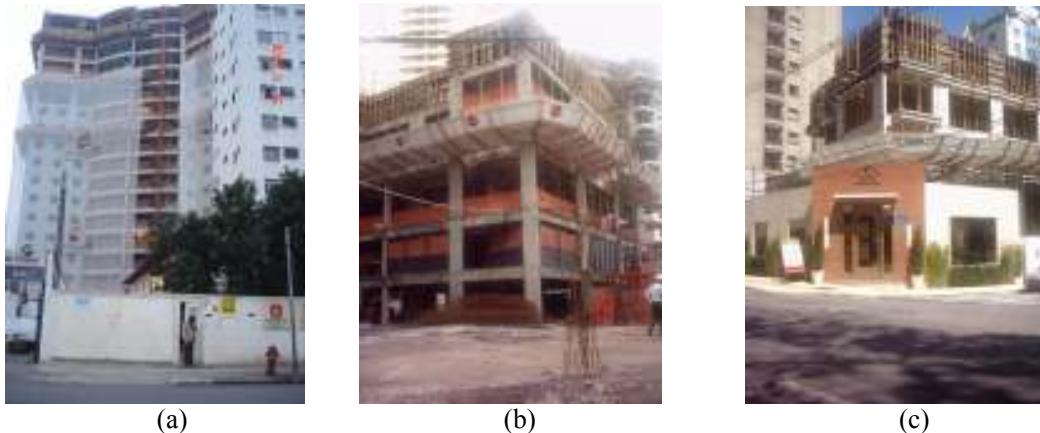


Figura 3 – Algumas obras estudadas nesta pesquisa onde (a) Obra SP 52, (b) Obra SP 101 e (c) Obra SP 169

4.2 Método de Coleta

O método para o levantamento de dados basicamente abrangeu três macro etapas. Tais etapas serão explicadas nos parágrafos seguintes.

A primeira etapa correspondeu ao entendimento analítico do serviço de armação de pilares e ao estudo dos projetos de detalhamentos de pilares. Entende-se analiticamente o serviço de armação de pilares como sendo dividido em 2 partes; a primeira se denominou como “pré-montagem”¹ e a segunda se denominou como “montagem final”² (Figura 4). O estudo dos projetos de detalhamento de pilares constituiu-se na detecção e quantificação dos vários fatores que poderiam influenciar na produtividade da mão-de-obra, segundo a experiência dos autores e a revisão da literatura.



Figura 4 - Serviço de armação de pilares na fase de (a) Pré-montagem e (b) Montagem final

¹ Define-se o termo pré-montagem como sendo a montagem da armadura em local que não seja o definitivo. A atividade de pré-montagem se caracteriza pela ida do armador ao estoque das peças de aço, o transporte dessas peças até o local onde será feita a pré-montagem, a montagem dessas armaduras (união das peças) e a estocagem dessas armaduras.

² Define-se o termo montagem final como sendo a colocação das armaduras em seu local definitivo. A atividade de montagem final se caracteriza pela ida do armador ao estoque das armaduras, transportes dessas armaduras ao local definitivo, colocação dessas armaduras no seu local definitivo e, eventualmente, a montagem complementar dessas armaduras já no seu local definitivo. Note-se que é possível ter-se montagem final sem a correspondente pré-montagem.

A segunda etapa foi caracterizada por visitas diárias as nove obras, durante a execução de três pavimentos-tipo consecutivos em cada obra, objetivando-se quantificar os homens-hora envolvidos diretamente no serviço de armação, mais especificamente para a tarefa pilar; e, também, para verificar a quantidade de serviço executado por eles em cada dia. De posse dessas informações, pode-se mensurar a produtividade, através do indicador RUP a nível cumulativo (RUP_{cum}³).

A terceira etapa constituiu-se na atividade de se relacionarem os fatores ligados ao conteúdo (nesta pesquisa são os fatores levantados com base no projeto de detalhamento de pilares) com as produtividades obtidas pela mão-de-obra envolvida no serviço de armação, mais especificamente na tarefa pilar. Este cruzamento entre os fatores levantados e a produtividade da mão-de-obra ocorreu através de análises estatísticas, possibilitando-se detectar os fatores que influenciavam significativamente a produtividade da mão-de-obra envolvida no serviço e tarefa estudados.

4.3 Resultados e Análises

Devido à limitação de páginas desse artigo (e em função do foco dado ao entendimento da influência do projeto do produto), decidiu-se elencar e explicar a influência dos principais fatores ligados ao conteúdo (Tabela 1). Vale ressaltar que não há limitação teórica no número de fatores que podem ser levantados; nessa pesquisa levantaram-se, até o momento, mais de noventa fatores ligados ao conteúdo, voltados exclusivamente ao serviço de armação na tarefa pilar.

Tabela 1 – Fatores ligados ao produto no serviço de armação na tarefa pilar

Fator ligado ao conteúdo	Abreviatura	Influência na produtividade
Taxa de armadura	Kg/m ³	Quanto maior o valor da taxa de armadura, maior a quantidade (em massa) de aço num mesmo m ³ de concreto. Espera-se que a concentração das armaduras diminua o esforço do trabalhador por Kg produzido.
Porcentagem de peças transversais	%petrans	Acredita-se que, quanto menor a porcentagem de peças transversais (em massa) em relação à massa total das armaduras dos pilares, melhor seja a produtividade da mão-de-obra relativa à tarefa. Isso porque, quanto mais peças transversais, maiores serão os esforços nas operações de corte, dobrar e pré-montagem desses elementos.
Massa mediana das armaduras dos pilares	Mmedarm	Imagina-se que, quanto maior a massa das armaduras de cada pilar, menores os esforços, principalmente na operação de montagem.
Massa de peças longitudinais pela massa total	Kg _{longit.} /kg _{total}	Quanto maior a razão Kg _{longit.} /Kg _{total} ter-se-á, com o mesmo esforço, maior quantidade (em massa) de armadura produzida, alcançando-se assim melhores índices de produtividade.
Porcentagem (em massa) de estribos com diâmetro > 5mm	%est>5	O trabalho para se executarem estribos de tamanhos distintos e com diâmetros próximos acaba sendo o mesmo (mesmo número de cortes e dobras). Portanto, acredita-se que maiores massas médias de estribos induzam melhores produtividades. Além de o fato das barras com diâmetros superiores a 5mm apresentarem nervuras, o que facilita a montagem.
Número de peças totais (dos pilares) pela massa total	Peças/Kg	Quanto maior a massa média das peças (ou menor a relação Peças/Kg), mais peças precisarão ser trabalhadas para computarem um quilo. Quanto mais peças, num mesmo quilo, pior a produtividade.
Diâmetro equivalente das peças das armaduras	Dequi	Quanto maior o diâmetro equivalente das barras de aço de uma tarefa, serão necessários mais Kg de aço para cada metro linear processado. Supondo-se o trabalho demandado associado ao comprimento processado de armaduras, diâmetros equivalentes maiores levariam a melhores produtividades.

³ Calcula-se RUP_{cum}, nesta pesquisa, através do somatório de todos os homens-hora envolvidos na tarefa estudada durante a coleta dividido pela quantidade total executada de serviço de armação (toneladas de aço), no período de coleta, para a tarefa estudada.

Diâmetro equivalente das peças longitudinais	Dequilon	Raciocínio análogo ao do fator anterior. Restringindo-se tal raciocínio para o caso de peças na posição longitudinal.
Diâmetro equivalente das peças transversais	Dequitrans	Raciocínio análogo ao do fator intitulado <i>diâmetro equivalente das peças das armaduras</i> . Restringindo-se tal raciocínio para o caso de peças na posição transversal.
Número de posições distintas por tonelada	Nposdis	Quanto menor a quantidade de posições distintas numa mesma quantidade (em massa) de aço, maior o número de operações (corte e dobra) que poderão ser repetidas, bem como mais facilitado/organizado será o processo de produção.
Porcentagem de pilares com estribos “acorrentados”	%estracor	Quanto menor a quantidade de pilares com estribos acorrentados, menor será o esforço demandado na montagem.
Número de estribos por ml de pilar	Nestr/pil	Quanto menor a quantidade de estribos por metro linear de pilares, menor será o esforço demandado nas operações de corte, dobra e pré-montagem

Nota: a maioria dos fatores apresentados, na tabela, já havia sido definidas por (ARAÚJO, 2005)

Os valores das RUP's cumulativas obtidas nas obras estudadas são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores de RUP cumulativas para o serviço de armação (incluindo pré-montagem e montagem final)

Obra	Quantidade de homens- hora (Hh)	Quantidade de serviço (ton)	RUP _{cum} (Hh/ton)
SP 11a	176	4,37	40
SP 11b	88	2,15	41
SP 52	113	1,99	57
SP 83a	339	6,77	50
SP 83b	192	5,64	34
SP 101	292	9,75	30
SP 121	317	5,76	55
SP 145	369	5,77	54
SP 169	449	12,37	36

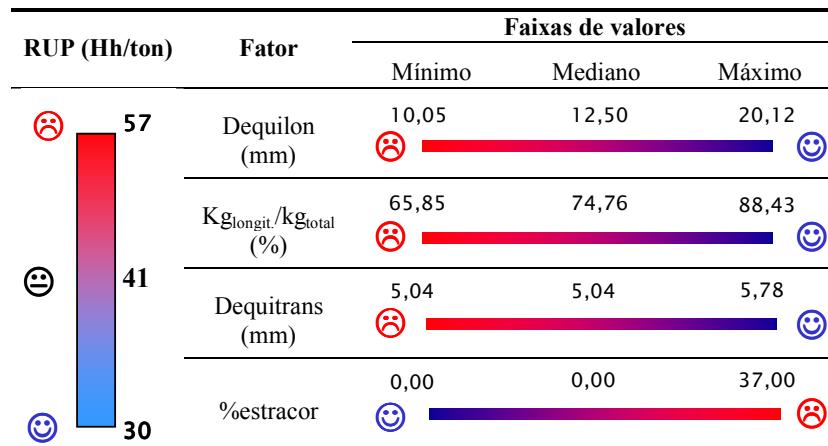
Após análises estatísticas chegou-se à constatação de que os fatores que influenciaram de forma significativa a produtividade da mão-de-obra (Tabela 3) foram: (a) diâmetro equivalente longitudinal; (b) massa das peças longitudinais pela massa total; (c) diâmetro equivalente transversal e (d) porcentagem de pilares com estribos “acorrentados”. Tais fatores foram quantificados para que se pudesse visualizar claramente a sua influência sobre a produtividade da mão-de-obra envolvida no serviço e tarefa estudados.

Tabela 3 – Quantificação da influência dos fatores ligados ao projeto estrutural sobre a produtividade

Obra	RUP _{cum} (Hh/ton)	Quantificação dos fatores			
		Dequilon (mm)	K _{glongit./kg_{total}} (%)	Dequitrans (mm)	%estracor
SP 11a	40	12,89	81,68	5,04	0,00
SP 11b	41	13,64	82,95	5,13	0,00
SP 52	57	11,95	73,36	5,04	37,00
SP 83a	50	11,01	68,85	5,04	0,00
SP 83b	34	12,50	74,32	5,04	0,00
SP 101	30	20,12	88,43	5,78	0,00
SP 121	55	10,05	65,85	5,04	0,00
SP 145	54	11,26	74,76	5,04	0,00
SP 169	36	16,00	85,67	5,41	0,00

Para melhor visualização da influência dos fatores ligados ao projeto estrutural apresenta-se, na Tabela 4, a faixa de variação (valores máximo, mínimo e mediano) da RUP associada às faixas de variação dos fatores relevantes (faixas de valores de mínimos, máximos e medianos).

Tabela 4 – RUP associada aos fatores influenciadores da produtividade



A influência dos fatores não ocorre de maneira isolada sobre a produtividade e sim de forma conjunta; portanto, a análise deve ser feita de forma individual, num primeiro momento, e conjunta em seguida. Citam-se, como exemplo de análise individual, os gráficos de tendências e, como exemplo de análise conjunta, a regressão linear. Os dois exemplo citados foram usados por estes pesquisadores para analisar a relevância dos fatores expostos neste artigo.

Salienta-se aqui que pequenas modificações na organização do canteiro mostraram-se de pouca significância, bem inferior as relativas aos fatores estudados neste trabalho, quanto à determinação de produtividade.

Cabe salientar ainda que, embora não seja motivo deste trabalho, tem-se detectado, para o uso de armação feita com aço em barras, fatores semelhantes influenciando a produtividade da mão-de-obra.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo da produtividade da mão-de-obra se insere em um estudo maior que é o de uma gestão baseada no uso de indicadores. A pesquisa apresentada neste artigo faz parte de um trabalho mais abrangente, que visa propor diretrizes para o projeto de detalhamento de armaduras das estruturas de concreto armado (pilar, viga, laje e escadas) que utilizam a tecnologia do aço pré-cortado e pré-dobrado, com ênfase na melhoria da produtividade da mão-de-obra. Tal pesquisa será documentada numa dissertação de mestrado.

Acredita-se que se torna cada vez mais importante a pesquisa com abordagem quantitativa, visto que tal abordagem ajuda o pesquisador a comprovar as suas suposições, de uma forma objetiva, como também o ajuda na descoberta de novas suposições que ele não havia observado antes de fazer tais quantificações.

6 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L. O. C. **Método para a proposição de diretrizes para melhoria da produtividade da mão-de-obra na produção de armaduras.** 2005. 503 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

KELLOGG, J. C.; HOWELL, G. E.; TAYLOR, D. C. Hierarchy model of construction productivity. **Journal of the Construction Division.** Reston, v.107, n.1, p.137-152, July 1981.

MARQUES, G. A. C. **O projeto na engenharia civil:** sistemas e procedimentos para sua condução. 1979. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979.

BARROS, M. M. S. B.; MELHADO, S. B. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios.** São Paulo: Projeto Epusp/Senai. 1998. 40 p.

PARK, H.; THOMAS, S.R.; TUCKER, R.L.; Benchmarking of construction productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, Reston, v.131, n.7, p.772-778, July 2005.

SALIM NETO, J.J; TOMAZETTI, R.R; SOUZA, U.E.L; MORASCO, F.G. Visão crítica das alternativas de fornecimento do aço para aumentar o nível de industrialização das armaduras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 5., 2007, Campinas. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2007. p. 1-9.

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

SOUZA, U. E. L. **Como aumentar a eficiência da mão-de-obra:** manual de gestão da produtividade na construção civil. São Paulo: Pini, 2006. 100 p.

SUMANTH, D. J. **Productivity measurement and evaluation models for manufacturing companies.** 1979. 291 f. Dissertation Thesis – Illinois Institute of Technology, University Microfilms International, Chicago, 1979.

THOMAS, H.R.; YIAKOUMIS, I. Factor model of construction productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, Reston, v.113, n.4, p.623-639, May 1987.

THOMAS, H.R.; MALONEY, W.F.; HORNER, R.M.W.; SMITH, G.R.; HANDA, V.K.; SANDERS, S.R. Modeling Construction Labor Productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, Reston, v.116, n.4, p.705-726, November/December 1990.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a CAPES e a Arcelor Mittal Belgo pelo apoio financeiro (bolsas de estudos) e apoio de campo (visita as obras, fábricas de corte e dobra de aço e discussões sobre a produção do aço etc) respectivamente.