

FATORES QUE INFLUENCIAM A PRODUTIVIDADE DA ALVENARIA: DETECÇÃO E QUANTIFICAÇÃO

Luís Otávio Cocito de Araújo (1); Ubiraci Espinelli Lemes de Souza (2)

(1) Eng. Civil, Mestrando do Departamento de Engenharia de Construção Civil da EPUSP; Av. Prof. Almeida Prado, trav.2, n. 271 CEP 05508 900 São Paulo SP Brasil. E-mail: otavio@pcc.usp.br

(2) Eng. Civil, Professor Doutor do Departamento de Engenharia de Construção Civil da EPUSP; Av. Prof. Almeida Prado, trav.2, n. 271 CEP 05508 900 São Paulo SP Brasil. E-mail: ubisouza@pcc.usp.br

RESUMO

Embora o assentamento de alvenaria seja um serviço realizado há milhares de anos, identificam-se ainda grandes variações na produtividade da mão-de-obra responsável por este serviço. Diferentes desempenhos são encontrados ao se comparar obras distintas, carecendo-se de um melhor entendimento quanto ao estabelecimento da produtividade em cada diferente situação possível.

Este trabalho estuda a produtividade da mão-de-obra na produção de alvenaria com base no Modelo dos Fatores. Nove edifícios de construção civil foram avaliados, durante 462 dias úteis, buscando-se quantificar o consumo de mão-de-obra e o trabalho por ela realizado, bem como identificar fatores de conteúdo e contexto que poderiam ser os responsáveis por variações na produtividade, quando feita uma comparação entre obras.

A análise dos dados permitiu detectar e quantificar quais são estes fatores e qual a sua importância. Este conhecimento pode ser uma ferramenta útil na fase de planejamento do serviço como também no controle da produtividade da mão-de-obra durante a execução do mesmo.

ABSTRACT

Although one can find different building construction processes along the world, laying blocks to produce masonry walls is a construction task that takes part in many of them. But the widespread use of masonry is not associated to a fully blockwork labor productivity understanding.

This paper studies labor productivity in laying blocks based on the Factor Model approach (Thomas, 1991). Nine building construction sites were evaluated, during 462 workdays, in order to collect daily information about job content and context and to quantify labor consumption and produced masonry.

Data analysis allowed to detect which factors affect blockwork labor productivity. This knowledge can be a helpful tool in the project planning phase, allowing, later, a better relationship between planners and site engineers.

1. INTRODUÇÃO

Segundo ARAÚJO (1999), o setor da construção civil permaneceu, por muito tempo, inibido para a conscientização e motivação quanto à questão da produtividade; soma-se a isto, a reduzida existência de indicadores que permitam medir a situação setorial, em termos de produtividade, ficando, assim, dificultosa a avaliação de desempenho.

A eficiência na gestão dos recursos físicos apresenta-se, neste final de século, como umas das necessidades básicas do setor da construção civil brasileira.

Dentro desse contexto, um grupo de pesquisadores do Departamento de Engenharia de Construção Civil, da EPUSP, vem trabalhando na elaboração de metodologias que permitam a mensuração e posterior análise da produtividade da mão-de-obra em alguns serviços de construção.

As pesquisas desenvolvidas têm proporcionado excelentes oportunidades para o desenvolvimento, aplicação e avaliação de propostas quanto à sistematização do estudo da produtividade da mão-de-obra.

Neste trabalho, elegeu-se o serviço de alvenaria como objeto de estudo. As vedações verticais representam algo entre 3,5% a 8% do custo total da construção de edifícios habitacionais e comerciais, chegando-se a 11% para edifícios populares (REVISTA CONSTRUÇÃO, 1999). Para este serviço, os custos com a mão-de-obra representam algo em torno de 50% dos custos totais. Portanto, a importância financeira, somada à importância técnica de tal serviço, justifica o interesse em se estudar a produtividade da mão-de-obra que o executa.

Será feito, a seguir, uma breve apresentação do modelo escolhido para o estudo da produtividade da mão-de-obra, seguido de uma explicação de como tratou-se dos fatores que, acreditou-se, afetam a produtividade. Após uma rápida caracterização das obras estudadas, são os apresentados valores de produtividade bem como os fatores potenciais influenciadores da mesma, estabelecendo-se, então, correlações entre ambos.

2. APRESENTAÇÃO DO MODELO

THOMAS; YIAKOUMIS (1987) propuseram um modelo de medição e análise da produtividade da mão-de-obra voltado exclusivamente para a indústria da construção civil, o “Modelo dos Fatores” (SOUZA, 19996; THOMAS, 1987), no qual este trabalho está embasado. O seu nome advém do fato de o mesmo estar baseado no estudo dos fatores que afetam a produtividade da mão-de-obra.

O Modelo dos Fatores é diferente de outros modelos porque foca produtividade no nível da equipe de trabalhadores, levando em conta o efeito da curva de aprendizagem e inclusão de vários outros fatores que podem ser mensurados.

Sua filosofia, portanto, considera que a simples apropriação de índices de produtividade não será tão importante, ou útil, caso não esteja associada ao entendimento da mesma. Deste modo, conhecer os fatores que fazem a produtividade de uma obra ser melhor ou pior que outra é tão ou mais relevante que simplesmente calcular índices de produtividade (CARRARO, 1998).

THOMAS; YIAKOUMIS (1987) dizem que a teoria que fundamenta o Modelo dos Fatores assume que o trabalho de uma equipe é afetado por certa quantidade de fatores que podem afetar o seu desempenho aleatória ou sistematicamente. O efeito cumulativo

dos distúrbios causados por estes fatores gera uma curva de real produtividade, cuja forma pode ser muito irregular, tornando sua interpretação difícil. Entretanto, se os efeitos destes fatores puderem ser matematicamente extraídos da curva real, obter-se-á uma curva que representará a produtividade de referência para o serviço em questão. Esta curva conterá o desempenho básico do serviço, realizado dentro de certas condições de referência, somado a uma componente resultante das eventuais melhorias oriundas das operações repetitivas. A Figura 1 mostra a idéia contida no Modelo dos Fatores.

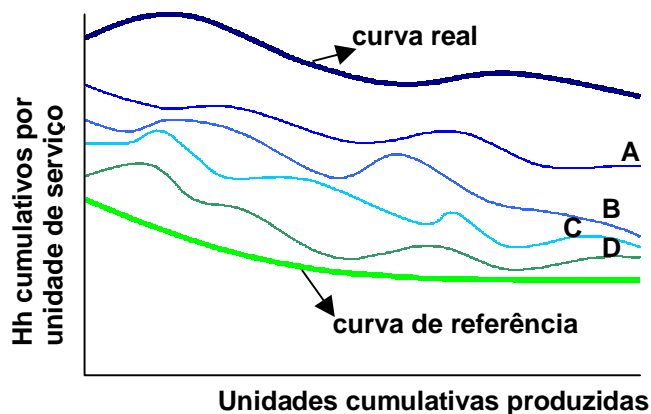


Figura 1 – Modelo dos Fatores para produtividade na construção (THOMAS; YIAKOMIS, 1987).

Explicando-se a Figura 2.5, tem-se:

- **Curva real:** representa um resultado hipotético de uma medição efetuada em campo;
- **Curva A:** mostra a produtividade real debitada dos efeitos das anormalidades eventualmente presentes;
- **Curvas B, C e D:** são obtidas a partir da curva “A” à medida em que se subtraem matematicamente os efeitos dos fatores normais influenciadores, levantados durante a coleta de dados;
- **Curva de referência:** mostra a produtividade obtenível caso não houvesse influência de fatores que diferem da condição de referência.

2.1 Fatores que Afetam a Produtividade

Em situações usuais, existem dois grupos de fatores majoritários que afetam a produtividade da mão-de-obra: o primeiro deles diz respeito ao trabalho que precisa ser feito, e abrange os componentes físicos do trabalho, especificações exigidas, detalhes de projeto entre outros; segundo classificação de THOMAS; SMITH (1990), são os fatores relacionados ao conteúdo do trabalho. O outro grupo de fatores está relacionado ao ambiente de trabalho e como ele é organizado e gerenciado; aspectos gerenciais, incluindo também condições atmosféricas, disponibilidade de materiais e equipamentos, seqüência de trabalho etc, caracterizam os chamados fatores de contexto do trabalho, segundo a classificação adotada pelos autores supracitados.

Quando se estuda a transformação de entradas em saídas, a detecção de quais fatores têm influência significativa sobre a eficiência deste processo e a posterior análise destes fatores, apresentam-se como ponto de extrema importância no estudo.

Estes fatores “potenciais” influenciadores da produtividade, como já foi comentado, podem ser relacionados tanto ao conteúdo quanto ao contexto do trabalho em execução. Na fase de identificação, procurou-se dividir tais fatores em cinco categorias distintas, apresentadas a seguir.

Características do produto. A análise do projeto do produto é o primeiro passo no entendimento do serviço. A não uniformidade dos projetos, característica marcante na construção civil, gera produtos únicos. Dessa forma, o levantamento da produtividade da mão-de-obra, da forma pretendida neste trabalho, requer que tais características, inerentes a cada projeto, sejam conhecidas e levadas em consideração quando feitas as análises dos dados relativos a cada projeto.

Algumas características relacionadas às alvenarias, como por exemplo, a localização e caracterização geométrica das paredes, configuram fatores que, acreditava-se, poderiam ser possíveis influenciadores da produtividade da mão-de-obra.

Materiais e Componentes. É bastante variada a gama de materiais e componentes utilizados na realização dos serviços de alvenaria. A possibilidade de combinações de materiais aumenta o grau de diversificação na maneira de se executar um mesmo serviço e revela a preocupação em atingir maior grau de racionalização, reduzir custos etc.

Acredita-se que a utilização de materiais e componentes distintos seja um dos fatores que vêm influenciar a produtividade da mão-de-obra. Daí a importância de se conhecer os materiais e componentes utilizados.

Equipamentos e Ferramentas. A execução de um serviço, dentro de um mesmo sistema, permite o uso de diferentes equipamentos e ferramentas, igualmente apropriados. Seja por opção do operário, procedimentos da empresa ou imposição de superiores, a escolha da ferramenta/equipamento deve levar a uma maior racionalização do serviço e garantir a melhora ergonômica quanto às atividades do trabalhador.

São muitos e bem variados os equipamentos e ferramentas utilizados na produção das alvenarias. Nos últimos anos tem-se notado a utilização de alguns equipamentos e ferramentas em substituição às tradicionais colheres de pedreiro e prumos de face, por exemplo. Muitos deles, são colocados no mercado com forte apelo quanto aos incrementos de produtividade alcançáveis com a sua utilização.

Segundo CARRARO (1998), “a utilização dos equipamentos e ferramentas “novos” vem se acentuando muito nos últimos anos. Entretanto, não se tem conhecimento de publicações que atestem, através de estudos aprofundados, os efeitos do emprego destes instrumentos na produtividade do serviço de alvenaria”.

Mão-de-obra. Igualmente importante é a formação e o dimensionamento das equipes que irão executar um determinado serviço devem ser muito bem pensados dentro da obra. Não há, até o momento, uma regra que defina a equipe ideal para cada serviço. Dessa forma, são várias as estruturas de equipe possíveis e admitidas, podendo ser significativa a influência destas na produtividade da mão-de-obra.

Organização da Produção. As formas de organizar a produção, dentro das obras, completam o entendimento dos serviços. Aqui se farão mais presentes fatores relacionados ao contexto do trabalho; espera-se que venham influenciar a produtividade sensivelmente, haja vista que incidem sobre o serviço como um todo.

“Quando se pensa na execução de uma alvenaria, geralmente este pensamento está associado à figura de um pedreiro assentando blocos ou tijolos. No entanto, por trás desta figura estereotipada, estrutura-se todo um esquema de gestão e organização da produção para que tal serviço possa ser realizado.” (CARRARO, 1998)

O dimensionamento das equipes, como por exemplo o número de ajudantes para cada pedreiro e a presença ou não de encarregado, constituem fatores importantes a serem considerados neste trabalho e, acredita-se, mantenha correlações com a variação nos níveis de produtividade da mão-de-obra.

Procurou-se, assim, facilitar a detecção de fatores que fossem realmente relevantes quanto ao entendimento da produtividade da mão-de-obra. Não se buscou relacionar a variação da produtividade apenas com um grupo pré-determinado e restrito de fatores, mas sim, eleger, após análise criteriosa, dentre um grande número deles, aqueles realmente capazes de explicar tais variações.

3. LEVANTAMENTO DE DADOS EM CAMPO

3.1 Caracterização das Obras

Foram estudadas 9 obras de construção civil, totalizando-se 462 dias úteis de coleta de dados. Serão apresentadas, na Tabela 1, algumas características do serviço de alvenaria de cada uma delas.

Tabela 1 – Caracterização do serviço de alvenaria nas obras estudadas.

| Obra | Caracterização |
|-------|---|
| SP 08 | Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos 25x25 (espessuras: 9, 12, 14 e 19 cm ; blocos elétricos cortados de fábrica; blocos estocados manualmente no pavimento térreo, sendo transportado ao andar através de elevador de obra; argamassa “batida” no pavimento (caixotes de madeira); formação básica: 2 pedreiros + 1 servente; mão-de-obra subempreitada; |
| SP 17 | Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos 19x39 (espessuras de 9,14 e 19 cm; blocos entregues à obra em paletes, estocados no pavimento térreo, sendo transportado ao andar através de grua; argamassadeira no pavimento em execução; formação básica: 2 pedreiros + 1 servente; mão-de-obra subempreitada; |
| SP 21 | Alvenaria estrutural em blocos de concreto 14x19x39; serviço supervisionado pelo mestre-de-obras; obra com grua exclusiva para o serviço de alvenaria; sistema especial de transporte de blocos em racks; produção mecanizada de argamassa no pavimento; formação básica da equipe: 4 pedreiros e 4 ajudantes; mão-de-obra própria. |
| SP 28 | alvenaria de vedação em blocos cerâmicos 19x39 (espessuras de 9, 11.5, 14 e 19 cm; baixa densidade de paredes por área de pavimento; blocos entregues à obra em paletes, estocados no pavimento térreo, sendo transportado ao andar através de elevador de obra; argamassadeira no pavimento em execução; formação básica: 2 pedreiros + 1 servente; grande rotatividade de mão-de-obra durante o período de estudo; mão-de-obra subempreitada; |
| SP 34 | Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos 25x25 (espessuras: 9, 12 e 15 cm); argamassadeira no andar em execução; carrinhos especiais para transporte de blocos; duas equipes trabalhando na alvenaria; formação equipe 1: 3 pedreiros + 2 serventes; formação equipe 2: 4 pedreiros + 2 serventes; mão-de-obra própria; |
| SP 37 | Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos 25x25x (espessuras de 7, 9, 11.5, 14 e 19 cm; elevador de obra servindo a alvenaria e a estrutura; blocos entregues à obra em paletes grandes, havendo necessidade de confecção de paletes menores para transporte ao andar; eletrodutos simultaneamente à elevação; formação básica: 2 pedreiro + 1 servente; mão-de-obra subempreitada; |
| SP 44 | Alvenaria estrutural em blocos de concreto 14x19x39; faz-se ½ pavimento de cada vez; utilização de argamassa industrializada misturada no pavimento; obra com elevador de carga; |

| | |
|-------|--|
| | blocos estocados em frente ao prédio; formação básica da equipe: 3 pedreiros e 4 ajudantes; mão-de-obra subempreitada. |
| SP 62 | Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos 14x19x39; obra com grua servindo a alvenaria e a estrutura; tubulação elétrica embutida no momento da elevação da alvenaria; blocos paletizados e estocados no pavimento; argamassa de cal misturada manualmente com cimento no andar; chapisco rolado nos encontros com estrutura feita pelos próprios pedreiros, que também colocam as telas de ligação; 1o momento: 1 pedreiro + 1 servente (externa) e 1 pedreiro + 1 servente (interna) - 2o momento: 2 pedreiros + 1 servente (externa); mão-de-obra subempreitada; |
| SP 73 | Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos 25x25x12; obra com grua servindo a alvenaria e a estrutura; blocos paletizados e estocados no pavimento; argamassa de entulho e cimento feita no “moinho” com transporte em jericas pelo elevador; 1o momento: 1 pedreiro + 1 servente (elevação) e 1 pedreiro (marcação) - 2o momento: 2 pedreiros + 1 servente (durante 7 dias); mão-de-obra própria. |

4. ANÁLISE

4.1 Apresentação das RUPs

Serão apresentados, na Tabela 2, dois tipos de RUP: a *RUP potencial*, que mostra um valor de produtividade potencialmente obtível para o serviço, e a *RUP cumulativa*, que representa a produtividade ocorrida ao longo do período estudado, contemplando os dias bons como também aqueles onde ocorreram anormalidades. Para ambas, a mão-de-obra contemplada refere-se à *equipe de produção direta*. Maiores detalhes quanto ao entendimento das RUPs podem ser obtidos em ARAÚJO (1999).

Tabela 2 – Apresentação das RUPs (em Hh/m²) das obras estudadas

| | SP 17 | SP 34 | SP 08 | SP 73 | SP 21 | SP 62 | SP 44 | SP 28 | SP 37 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| RUP potencial | 0,90 | 0,74 | 0,80 | 0,77 | 0,62 | 0,90 | 0,66 | 1,18 | 0,83 |
| RUP cumulativa | 1,12 | 0,92 | 0,95 | 0,99 | 0,80 | 1,45 | 1,10 | 1,39 | 1,11 |

4.2 Apresentação dos fatores

A Tabela 3 reúne alguns dos fatores levantados durante o estudo.

Tabela 3 – Fatores influenciadores da produtividade

| | SP 17 | SP 34 | SP 08 | SP 73 | SP 21 | SP 62 | SP 44 | SP 28 | SP 37 |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Alvenaria de Vedação | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| Juntas verticais | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| Contramarco janelas | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Blocos cerâmicos 25x25 (cm) | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| Espessura | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Peso bloco (Kg) | 14 | 9 | 11 | 12 | 14 | 14 | 14 | 12 | 12 |
| Subempreiteiro | 8 | 5 | 5 | 5 | 14 | 8 | 13 | 7 | 6 |
| % alvenaria externa | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 25,7 | 26 | 11,3 | 46,5 | 40 | 0 | 51,1 | 43,2 | 83,8 |

| | | | | | | | | | |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Densidade Alvenaria interna | 0,81 | 1,11 | 1,3 | 0,78 | 1,45 | 0,84 | 1,3 | 0,51 | 0,88 |
| Mediana l (m) | 2,59 | 2,42 | 2,35 | 2,3 | 2,82 | 2 | 3,22 | 1,53 | 2,21 |
| Mediana h (m) | 2,59 | 2,73 | 2,92 | 2,26 | 2,24 | 2,6 | 2,59 | 3,01 | 2,3 |
| % Portas | 16 | 17 | 6 | 8 | 7 | 18 | 20 | 13 | 19 |
| % Janelas | 7 | 13 | 2 | 7 | 7 | 10 | 15 | 32 | 7 |
| Dias/pavimento | 29 | 15 | 15 | | 8 | 20 | 15 | 22 | 9 |
| Pedreiro x servente | 2,5 | 1,5 | 1,3 | 1,5 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1,5 |
| Equipe | 14 | 11 | 27 | 4 | 8 | 3 | 8 | 12 | 5 |

4.3 Entendimento dos Fatores Influenciadores da Produtividade

Após ampla análise, subsidiada por regressões lineares, análises de variância e bom senso, envolvendo os valores de RUP potencial e os fatores influenciadores, buscou-se as correlações entre ambos que fossem significativas, ou seja, alguns dos fatores detectados apresentaram influência sobre produtividade da mão-de-obra no serviço em questão.

O Quadro 1 apresenta, de forma sucinta e prática, como a RUP potencial, para obras em **alvenaria de vedação**, é influenciada por cinco diferentes fatores, relacionados ao conteúdo e contexto de trabalho. Foram estes os que mais fortemente se correlacionaram com a produtividade.

Quadro 1 – A estimativa da RUP potencial – alvenaria de vedação – em função dos fatores presentes.

| Fatores RUP potencial | Peso médio dos blocos ≤ 6Kg | 0 vertical | 0,7 < densidade alvenaria interna < 1,1 | 2,5 < mediana h < 2,9 | dias/pav ≤18 |
|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------|---|-----------------------------|-----------------|
| ≤ 0,75 | SIM | SIM | SIM | SIM | SIM |
| 0,75 a 0,90 | SIM | 1 a 2 “SIM” | | | |
| | NÃO | 2 a 3 “SIM” | | | |
| 0,90 | NÃO | Máximo 1 “SIM” | | | |

No caso das obras em **alvenaria estrutural**, não se constatou a influência significativa dos mesmos fatores apresentados (Tabela 3) sobre a produtividade. Para estas obras, chegou-se a um valor de RUP potencial de 0,65 Hh/m²

Entendido que a RUP potencial é aquela possível de ser obtida em dias normais de trabalho, isto é, quando se desconsidera a presença de anormalidades, atenta-se para a importância de se determinar valores para a RUP que considerem eventuais anormalidades no decorrer de um determinado período.

Como pode ser visto na Tabela 2, a RUP cumulativa das obras é sempre superior às suas respectivas RUPs potenciais. Constatou-se que estes “acréscimos”, que se traduzem em piora na produtividade, frutos de anormalidades verificadas durante a execução do serviço, são, na maioria dos casos, decorrências diretas de falhas gerenciais. Assim sendo, em função do melhor ou pior gerenciamento da obra, determina-se a RUP cumulativa. Para obras com alvenaria de vedação, tem-se que RUP cumulativa = RUP

potencial + 0,22 Hh/m². Nas obras em alvenaria estrutural, RUP cumulativa = RUP potencial + 0,31 Hh/m².

5. ANÁLISE FINAL

A detecção e quantificação daqueles fatores que influenciam a produtividade da mão-de-obra no serviço de alvenaria constitui uma ferramenta importantíssima para o planejamento do serviço. Possibilita-se não apenas estimar a produtividade, como também, vir a calibrá-la em função de aspectos de conteúdo e contexto inerentes ao serviço, que aparecem de forma particular em cada obra.

Com a produtividade estimada criteriosamente, como foi mostrado neste trabalho, passa-se ao controle da mesma, podendo-se, então, à medida em que se compare a produtividade estimada com a real, detectar com melhor precisão possíveis afastamentos e, então, adotar medidas corretivas.

6. AGRADECIMENTOS

À FAPESP pela bolsa de mestrado concedida, possibilitando a realização deste trabalho, entre outros.

Ao SECOVI-SP e às Construtoras Barbara, Concima, ERG, Giassetti, Jbianchi, Sinco, Tecnum e ZKF que têm aberto seus canteiros de obra a estudos realizados quanto à produtividade da mão-de-obra..

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, L.O.C. **Metodologia para o estudo da produtividade da mão-de-obra nos serviços de fôrmas, armação, concretagem e alvenaria**. São Paulo, 1999. 207p. Qualificação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- CARRARO, F. **Produtividade da mão-de-obra no serviço de alvenaria**. São Paulo, 1998. 226p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- REVISTA CONSTRUÇÃO. São Paulo, n., 1999.
- SOUZA, U.E.L. de. **Metodologia para o estudo da produtividade da mão-de-obra no serviço de fôrmas para estruturas de concreto armado**. São Paulo, 1996. 280p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- THOMAS, H.R.; KRAMER, D.F. **The manual of construction productivity measurement and performance evaluation**. Austin, Construction Industry Institute Report, 1987. 168p.
- THOMAS, H.R.; SAKARCAN, A.S. Forecasting labor productivity using the factor model. **Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE, v.120, n.1, p228-39, 1994.
- THOMAS, H.R.; SMITH, G.R. **Loss of construction labor productivity due to inefficiencies and disruptions: the weight of expert**. State College, , Pennsylvania Transportation Institute Report, 1990. 181p.
- THOMAS, H.R.; SMITH, G.R.; SANDERS, S.R.; MANNERING, F.L. **An exploratory study of productivity using the factor model for masonry**. Pennsylvania, Pennsylvania Transportation Institute, 1990.
- THOMAS, H.R.; YAKOUMIS, I. Factor model of construction productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE, v.113, n.4, p623-39, 1987.