



BBR - Brazilian Business Review
E-ISSN: 1807-734X
bbronline@bbronline.com.br
FUCAPE Business School
Brasil

de Araujo Junior, Ari Francisco; Guimarães Nogueira, Daniela; Shikida, Cláudio D.
Análise da eficiência das firmas de construção civil nacionais
BBR - Brazilian Business Review, vol. 9, núm. 3, julio-septiembre, 2012, pp. 47-71
FUCAPE Business School
Vitória, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=123023629003>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

Análise da eficiência das firmas de construção civil nacionais

Ari Francisco de Araujo Junior[†]
IBMEC – MG

Daniela Guimarães Nogueira^Ω
IBMEC – MG

Cláudio D. Shikida[¥]
IBMEC - MG

RESUMO

O artigo analisa a eficiência das firmas de construção civil nacionais, através da aplicação de Análise Envoltória de Dados em multiestágio para um *pool* de construtoras, entre os anos de 2005 e 2008. O Índice *Malmquist* é utilizado para calcular a variação na produtividade total dos fatores ao longo do período, decompondo-o em variações da eficiência técnica e de escala, bem como do progresso tecnológico. Os resultados, para nossa amostra, apontam para diferenças significativas de eficiência técnica e de escala em função do nível de faturamento e indicam que, em média, os escores de eficiência técnica diminuíram entre 2005 e 2008, assim como a variação na produtividade total dos fatores. O escore de eficiência técnica média para o período foi de 0,433 e apresentou trajetória descendente desde 2006. A produtividade total dos fatores no período 2005-2008 apresentou queda de 7,2%, devido principalmente à variação negativa no progresso tecnológico.

Palavras-chave: Eficiência; análise envoltória de dados; construção civil.

Recebido em 15/07/2010; revisado em 12/08/2011; aceito em 23/03/2012; divulgado em 13/08/2012

***Autor para Correspondência:**

[†] Mestre em Economia pela UFMG

Vínculo: Professor IBMEC - MG

Endereço: Rua Rio Grande do Norte, n. 300, BH/MG

E-mail: arifaj@ibmecmg.br

Telefone: (31) 3247-5757

^Ω Economista Ibmc Minas.

Vínculo: IBMEC - MG

Endereço: Rua Rio Grande do Norte, n. 300, BH/MG

E-mail: danguimar@gmail.com

Telefone: (31) 3247-5757

[¥] Doutor em Economia pela UFRGS

Vínculo: Professor IBMEC - MG

Endereço: Rua Rio Grande do Norte, n. 300, BH/MG

E-mail: claudiods@ibmecmg.br

Telefone: (31) 3247-5757

Nota do Editor: Esse artigo foi aceito por Bruno Funchal



Este trabalho foi licenciado com uma Licença [Creative Commons - Atribuição 3.0 Não Adaptada](http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/).

1 INTRODUÇÃO

A

pós quase duas décadas de estagnação, aliadas a uma profunda crise em 2004, o setor da construção civil nacional, parece, desde então, recuperar-se. Canteiros de obras se espalharam por todo o país, a mão-de-obra tornou-se escassa, os patamares salariais foram redefinidos, os terrenos, inflacionados e os insumos produtivos, em especial o aço, apresentaram forte e contínua elevação dos níveis de preços.

Impulsionados pelo *boom* da construção civil brasileira, os principais grupos do setor, em especial aqueles dedicados às atividades de incorporação, lançaram-se no mercado de capitais, através de operações conhecidas como *IPO – Initial Public Offer*ⁱ. Os investidores aportaram bilhões de reais nas ações das construtoras, apostando na necessidade de suprimento do déficit habitacional e nos vários programas de desenvolvimento lançados pelo Governo Lula, em especial o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC)ⁱⁱ. Por fim, o último ano foi também marcado pela confirmação do Brasil como sede para a próxima Copa do Mundo da FIFA, o que deverá impulsionar os investimentos em infra-estrutura (reformulação de estádios, redes de transporte, hospitais e aeroportos, dentre outros).

O ritmo acelerado das construtoras foi interrompido nos últimos meses de 2008, com o alastramento da crise bancária americana para a economia global. Os bancos brasileiros passaram a adotar políticas restritivas quanto ao fornecimento de novas linhas de crédito e os juros, em trajetória descendente desde 2002, retomaram o caminho inverso. O consumo contraiu-se, o governo suspendeu seus programas de desenvolvimento e as ações das incorporadoras perderam valor.

As firmas sobreviventes passaram a adotar posturas mais conservadoras, inclusive no que tange à captação de recursos e utilização de insumos produtivos. Dívidas bancárias foram renegociadas, os salários e contingente de mão-de-obra, reajustados, clientes com risco de inadimplência foram abandonados, inúmeros terrenos foram devolvidos e os respectivos contratos, cancelados.

Diante de um setor ainda em fase de readaptação, embora apoiado em previsões bastante otimistas quanto ao crescimento futuro, assegurar a eficiência da firma de construção torna-se tarefa de suma importância. A correta utilização dos insumos não apenas tem resultados no lucro de uma empresa, como também afeta sua competitividade. Empresas ineficientes dificilmente sustentar-se-ão frente a uma concorrência cada vez mais acirrada, graças aos incentivos e facilidades concedidas pelo atual governo.

Este artigo procura mensurar a eficiência das firmas brasileiras do setor da construção civil entre 2005 e 2008 por meio da análise envoltória de dados. O objetivo é mensurar o grau de eficiência das construtoras e apontar em que dimensão cada construtora pode trabalhar para melhorar ainda mais sua eficiência.

O artigo está subdividido em outras cinco seções. A primeira consiste na revisão da literatura, que destaca a evolução dos conceitos de eficiência, os principais aspectos relativos às técnicas de mensuração da mesma, além de outros artigos que tratam especificamente da eficiência das firmas de construção civil. A seção seguinte apresenta a metodologia do DEA. As seções quatro e cinco apresentam a base de dados e a especificação do modelo com base nos insumos e produtos escolhidos, além dos principais resultados encontrados. A última seção conclui.

2 CONCEITOS DE EFICIÊNCIA, ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA) E O CASO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Uma produção é dita tecnologicamente eficiente se não existir outra forma de produzir mais com a mesma quantidade de fatores ou produzir a mesma quantidade de produto, utilizando a menor quantidade de insumos (Farrell, 1957).

A eficiência pode ser analisada em seus aspectos econômico, técnico e alocativo. Enquanto o primeiro se volta para o lado monetário da produção, ao avaliar a relação entre o valor dos produtos e o valor dos insumos, a técnica se preocupa com seus aspectos físicos, analisando a capacidade da firma em produzir o máximo de produto, dada uma determinada quantidade de insumos. Por fim, a eficiência alocativa busca determinar a combinação ótima de insumos, dados os níveis de preços, que maximizam os resultados empresariais.

A literatura teórica sobre eficiência ganhou força com os trabalhos de Debreu (1951) e Shepard (1953), mas foi Farrell (1957) o pioneiro na modelagem empírica de eficiência e fronteiras, ao desenvolver a noção de eficiência estrutural da indústria, um indicador de dispersão da eficiência global ao longo das firmas constituintes do setor. Tomando como base a fronteira de produção de uma dada firma, conseguiu confrontar a eficiência relativa da mesma com a fronteira eficiente da indústria.

Os trabalhos de Farrell influenciaram Charnes, Cooper e Rhodes (1978) a elaborarem o método de *data envelopment analysis (DEA)*. Os autores reformularam o modelo de programação linear de Farrell estendendo-o para múltiplos produtos e insumos, passando cada firma a ser vista como uma unidade produtiva tomadora de decisão (*decision making unit – DMU*). O *DEA* apóia-se no conceito de eficiência de Pareto-Koopmans, segundo a qual “uma

organização é eficiente se, e somente se, não for possível elevar a magnitude de nenhum produto ou insumo sem que haja uma redução em outro insumo ou produto” (Cooper, Sieford e Tone, 2000).

Para Delgado (2007), a modelagem não paramétrica do *DEA* tem a vantagem de ser flexível, uma vez que não assume nenhuma forma funcional *a priori* para a fronteira de produção. Além disso, pode-se aplicá-lo a mais de um produto ao mesmo tempo em uma estimativa. Contudo, exatamente pelo seu formato não paramétrico, a convergência se torna lenta, o que pode resultar em estimadores não consistentes, sobretudo quando a amostra é reduzida.

Apesar dos diversos estudos sobre eficiência de firmas de diversos setores da economia brasileiraⁱⁱⁱ, o levantamento da literatura nacional não apresentou nenhum trabalho que utiliza a metodologia *DEA*, contrastando com o que se encontra na literatura internacional^{iv}.

Neste sentido, este trabalho representa uma contribuição aos estudos de eficiência aplicados à construção civil brasileira.

2 METODOLOGIA

2.1 Eficiência geral, técnica e de escala

Na literatura econômica, “as medidas de eficiência são normalmente representadas por uma função de fronteiras construídas no sistema de coordenadas, em que as firmas eficientes se posicionam necessariamente sobre a fronteira” (Ferreira, Gonçalves e Braga, p.4, 2007).

A eficiência técnica é caracterizada pela habilidade da firma em produzir o máximo de produto, dado certo nível de insumos e uma determinada tecnologia. No Gráfico 1 abaixo, a eficiência técnica é ilustrada pela razão F_2F_0/F_3F_2 , para a fronteira CCR (retornos constantes de escala) e por F_2F_0/F_2F_1 , para a fronteira BCC (retornos variáveis de escala)^{vi}.

Do outro lado, a eficiência de escala surge quando a firma produz no nível de insumos considerado ideal (no Gráfico 1, a eficiência de escala é representada pela razão F_2F_1/F_3F_2). A firma alcança a eficiência geral ao operar, simultaneamente, nos níveis de eficiência técnica e de escala.

O Gráfico 1 ilustra, através de vários pontos que representam diferentes combinações de insumos e produtos, os três tipos de eficiência descritos no parágrafo anterior. As firmas representadas pelos pontos A, B, C e D e F₁ maximizam a quantidade de produto para um dado nível de insumos e, portanto, se localizam na fronteira eficiente de produção, sendo

denominadas tecnicamente eficientes. Os pontos E, F_0 , F_2 e G posicionam-se abaixo da fronteira e, por analogia, não possuem eficiência técnica. A firma F_0 , por exemplo, poderia, com a mesma quantidade de insumos utilizada pela firma F_2 , gerar o faturamento alcançado pela firma F_1 , que é tecnicamente eficiente.

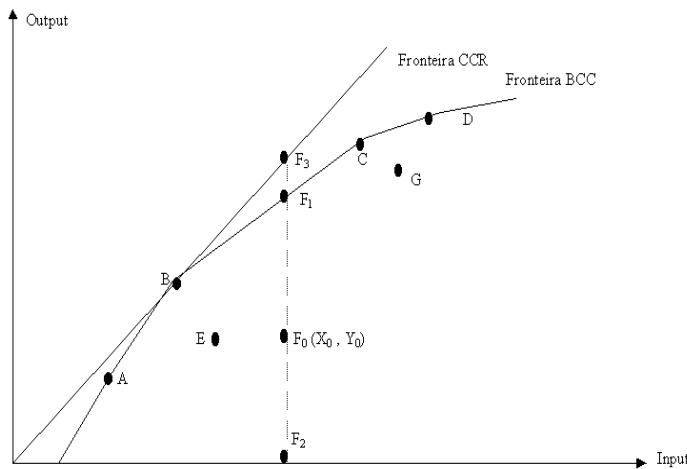


GRÁFICO 1 - EFICIÊNCIA GERAL, TÉCNICA E DE ESCALA
Fonte: Marinho e Cardoso (2007).

Não obstante, das cinco firmas ditas tecnicamente eficientes, apenas aquela representada por B apresenta também eficiência de escala, uma vez que se localiza no ponto em que a fronteira para CCR tangencia a fronteira BCC.

2.2 Análise envoltória de dados (DEA)

A análise envoltória de dados ou *data envelopment analysis (DEA)* é, basicamente, um modelo de programação linear que “procura analisar comparativamente as unidades independentes no que se refere ao seu desempenho operacional, sendo capaz de incorporar diversos insumos e produtos para o cálculo da eficiência” (Mac Dowell, p.6, 2007).

O *DEA* toma como base um conjunto de dados observados em diversas firmas, denominadas *Decision Making Units – DMUs*. Avalia-se a eficiência de cada *DMU*, comparando-a com um grupo de referência constituído por outras *DMUs* com o mesmo conjunto de *insumo* e *produto*. As *DMUs* da fronteira são denominadas Pareto eficientes, uma vez que não é possível melhorar alguma de suas características sem piorar as demais.

Uma aplicação do *DEA* precisa ser capaz de identificar as causas e dimensões das ineficiências relativas de cada *DMU*, fornecer um índice de eficiência e estabelecer metas de produção que maximizem a produtividade das unidades avaliadas.

Para Meza (1998), a implementação de um problema envolvendo *DEA* abrange três etapas: definição e seleção das *DMUs*, seleção das variáveis e, por fim, escolha e aplicação do modelo.

No que se refere à escolha do modelo, o *CCR* e o *BCC*^{vii} são os mais conhecidos e tradicionalmente utilizados em modelagens *DEA*. Enquanto o primeiro considera os retornos constantes à escala, o segundo considera os retornos variáveis a ela, o que possibilita que o enfoque do modelo capte os efeitos ao longo da função de produção decorrentes de alterações na escala de produção.

2.3 DEA com retornos constantes de escala (CRS)

O modelo proposto por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) supõe a existência de *N DMUs* que se utilizam de *I* insumos para produzir *P* produtos. O índice *i* indica a *i*-ésima *DMU* para os quais os vetores x_i e y_i representam as respectivas quantidades de insumos e produtos. Constrói-se uma fronteira não-paramétrica, e todas as firmas deverão estar sobre ou abaixo desta fronteira. Maximiza-se a razão entre a soma ponderada dos produtos e a soma ponderada dos insumos. A idéia é determinar os “pesos” u e v que maximizam a razão entre o produto potencial e o insumo potencial para a *i*-ésima firma, onde u é um vetor $P \times 1$ associado aos produtos e v é um vetor $I \times 1$ dos pesos associados aos insumos. As incógnitas u e v são calculadas para maximizar a eficiência de cada *DMU*, segundo o problema:

$$\text{Max}_{u,v} (u^T y_i / v^T x_i) \quad (1)$$

Sujeito a $(u^T y_j / v^T x_j) \leq 1, j = 1, 2, \dots, N$ e $u \geq 0$ e $v \geq 0$

Tal formulação, no entanto, apresenta um número infinito de soluções^{viii}. Para contorná-lo, foi imposta a condição de que $v^T x_j = 1$, levando à seguinte opção:

$$\text{Max}_{u,v} u^T y_i \quad (2)$$

Sujeito a $v^T x_i = 1$

$$u^T y_j - v^T x_j \leq 0, j = 1, 2, \dots, N \text{ e } u \geq 0 \text{ e } v \geq 0$$

O problema, no entanto, apresenta um grande número de restrições, que impõem dificuldades para as soluções computacionais. Utilizando a propriedade de dualidade da

programação linear, é possível estabelecer um problema equivalente, mas com menor número de restrições ($I+P < N+1$):

$$\text{Min}_{\theta, \omega} \theta \quad (3)$$

$$\text{Sujeito a } Y\omega - y_i \geq 0, \quad \theta x_i - X\omega \geq 0, \quad \omega \geq 0$$

onde:

θ : escore de eficiência

ω : vetor $N \times 1$ de constantes

X : matriz dos insumos ($I \times N$)

Y : matriz dos produtos ($P \times N$)

O problema é resolvido N vezes, uma para cada DMU . O escore de eficiência é dado por θ e deve atender a condição de $\theta \leq 1$, onde 1 indica um ponto na fronteira e, consequentemente, uma firma tecnicamente eficiente.

2.4 DEA com retornos variáveis de escala (VRS)

A suposição de retornos constantes de escala é adequada apenas quando todas as unidades produtivas estão operando em sua escala ótima. Na prática, a existência de competição imperfeita, regulamentações governamentais e limitações financeiras, dentre outros fatores, podem fazer com que as firmas não operem em seu nível ótimo. Neste caso, deve-se optar pelo modelo de retornos variáveis de escala, proposta por Banker, Charnes e Cooper (1984), no qual é adicionada a restrição de convexidade $z^T \omega = 1$, tal que:

$$\text{Min}_{\theta, \omega} \theta \quad (4)$$

$$\text{Sujeito a } Y\omega - y_i \geq 0, \quad \theta x_i - X\omega \geq 0, \quad \omega \geq 0 \text{ e } z^T \omega = 1$$

onde $z = \text{vetor unitário } N \times 1$

A resolução via programação linear do processo de minimização descrito na Equação 4 retorna, assim, valores para os escores de eficiência das empresas analisadas.

2.5 DEA orientado para produto e DEA orientado para insumo

As medidas de eficiência técnica podem assumir tanto a orientação para produto quanto para insumo. O *DEA* orientado para produto define a fronteira buscando o máximo de incremento proporcional do produto, mantendo sem requerer mais que um determinado nível de insumos. Quando orientado para insumo, a fronteira busca a máxima redução proporcional possível no nível de utilização dos insumos, satisfazendo ao menos um dado nível de produto.

Tomando como base uma dada quantidade de insumos x para uma dada quantidade de produtos y , a ineficiência técnica da firma pode ser interpretada de duas formas diferentes. Ao assumir a orientação para insumos, a distância entre a firma e a fronteira de produção representa a porcentagem pela qual a quantidade de todos os insumos deva ser reduzida para que a unidade produtiva seja plenamente eficiente. Já pela hipótese de orientação para produto, a distância entre a firma e a fronteira de produção determina o quanto o produto pode ser expandido sem alterar a quantidade utilizada dos insumos (Carvalho e Marinho; p.6; 2003)^{ix}.

2.6 DEA multiestágio

Usualmente, as aplicações da análise envoltória de dados são utilizadas para resolver problemas em um único estágio. O uso do *DEA* multiestágio, em contrapartida, viabiliza a análise para dados em painel, assumindo a hipótese de que os produtos resultantes de um processo possam ser utilizados como insumos no período subsequente.

Segundo Fowler *et al* (2006), uma das grandes vantagens do *DEA* multiestágio é que sua ênfase na maior intensidade àqueles insumos que estão sob controle gerencial, atribuindo pesos diferentes aos mesmos.

Lovell (2001) argumenta que a análise envoltória de dados tradicional permite constatar se o produtor é ou não eficiente, mas que, diante da interferência das forças ambientais, os resultados perdem a robustez. A análise em múltiplos estágios corrige o problema: no primeiro momento, os escores de eficiência são estimados ignorando os fatores ambientais. Nos estágios posteriores, os mesmos são incorporados ao problema, gerando resultados mais condizentes com a realidade.

2.7 Índice de Malmquist e Produtividade Total dos Fatores

A utilização do Índice de *Malmquist* foi altamente influenciada pelos trabalhos de Caves, Christensen e Diewert (1982), que procuraram avaliar a evolução da produtividade de cada unidade de produção relativamente ao conjunto de unidades em que se insere.

Para Figueiredo (2007), o Índice de *Malmquist* apresenta vantagens importantes em relação a outras medidas de variação na produtividade total dos fatores (PTF). Primeiramente, não existe a necessidade prévia da definição da função de produção, nem de indicar valores monetários para os insumos e produtos. Além disso, a produtividade pode ser decomposta em dois sub-índices, o de eficiência técnica e o de progresso tecnológico. O primeiro capta os desvios produtivos da firma em relação à fronteira tecnológica e o último, os desvios em relação à própria fronteira resultante da inovação.

Fare *et al* (1994) decomizeram a variação da eficiência técnica em dois componentes, a variação técnica pura (relativa à fronteira em ambiente de retornos variáveis à escala) e em variações na eficiência de escala, fazendo com que as oscilações da PTF passem a depender de três variáveis: as variações técnica pura e de escala, além da variação no progresso tecnológico.

Tal como discutido para a metodologia do DEA para dados empilhados (*pool*), este índice também pode ser construído com base na orientação para o produto ou para o insumo. A função distância orientada pelo produto é definida como a máxima expansão equiproporcional (radial) do produto, dado o vetor de insumos. Na orientação para insumos, a ótica é a máxima redução equiproporcional dos insumos, dado o vetor de produtos (Figueiredo, 2007).

A definição do Índice de Malmquist requer a existência de funções distância para dois períodos de tempo distintos, afim de que as oscilações na PTF possam ser computadas. Segundo Coelli, Battese e O'Donnell (2005), assumindo um dado período *t* como referencial tecnológico, a variação na PTF entre dois períodos, com orientação para o produto, pode ser definida como:

$$m_0^t (q_s, x_s, q_t, x_t) = \frac{d_0^t (q_t x_t)}{d_0^t (q_s x_s)} \quad (5)$$

A Equação 5 define o índice como sendo a divisão da máxima expansão possível do produto no período *s*, dados x_s e a tecnologia no período *t*, pela máxima expansão possível

do produto no período x_t e sua respectiva tecnologia. A escolha do tempo de referência é arbitrária e os resultados podem variar dependendo do período escolhido. Para evitar a imposição de novas restrições para contornar o problema, o Índice de Malmquist costuma ser definido como uma média geométrica dos dois escores de evolução da eficiência, ou seja:

$$m_o(q_s, x_s, q_t, x_t) = [m_0^e(q_s, x_s, q_t, x_t) \times m_0^s(q_s, x_s, q_t, x_t)]^{1/2} \quad (6)$$

Os ganhos da PTF são obtidos quando $m_o(q_s, x_s, q_t, x_t) > 1$, as perdas quando inferiores à unidade e a estagnação se verifica quando o escore se mantém inalterado.

As funções de distância podem ser rearranjadas para mostrar que equivalem ao produto da variação da eficiência técnica pela variação do progresso tecnológico, tal que:

$$m_o(q_s, x_s, q_t, x_t) = \frac{d_0^e(q_t x_t)}{d_0^e(q_s x_s)} \left[\frac{d_0^s(q_t x_t)}{d_0^t(q_t x_t)} \times \frac{d_0^s(q_s x_s)}{d_0^t(q_s x_s)} \right]^{1/2} \quad (7)$$

O primeiro termo do lado direito da equação representa a variação na eficiência técnica e o segundo termo (entre colchetes) indica a variação do progresso tecnológico, mensurado como uma média geométrica das mudanças tecnológicas em relação aos dois períodos. Incrementos no primeiro componente evidenciam uma recuperação da produção em relação à fronteira eficiente (*catching up*), enquanto elevações no segundo termo indicam inovação tecnológica. Dessa forma, os ganhos de produtividade para uma firma que já opere na fronteira eficiente somente serão possíveis com o progresso tecnológico.

Desmembrando a variação da eficiência técnica em eficiência técnica pura e de escala, conforme proposto por Fare *et al* (1994), o Índice de Malmquist pode finalmente ser descrito em sua forma final, conforme a equação:

$$m_o(q_s, x_s, q_t, x_t) = \frac{d_{ov}^t(q_t x_t)}{d_{ov}^s(q_s x_s)} \times \frac{ET^e}{ET^s} \times \left[\frac{d_0^s(q_t x_t)}{d_0^t(q_t x_t)} \times \frac{d_0^s(q_s x_s)}{d_0^t(q_s x_s)} \right]^{1/2} \quad (8)$$

O primeiro termo do lado direito da equação representa a variação da eficiência técnica pura em ambientes com retornos variáveis de escala, cujas oscilações são captadas pelo segundo termo. O último termo mantém-se inalterado e capta as variações relativas ao progresso tecnológico.

2 BASE DE DADOS E ESPECIFICAÇÃO DO MODELO

A base de dados precisa apresentar variáveis que funcionem como *insumo* e outras como *produto*. Tradicionalmente, capital e trabalho são as fontes de insumos, que geram o

faturamento empresarial, representando o produto. Tais variáveis foram construídas a partir de informações fornecidas por uma tradicional revista mensal do setor construtivo, denominada *O Empreiteiro*. Anualmente, a revista publica uma edição diferenciada, intitulada *Guia do Empreiteiro: 500 Grandes da Construção Civil*, que consolida as informações do setor na forma de um *ranking*, cujo critério principal de colocação é o faturamento bruto anual da empresa^x.

Para avaliar o comportamento das construtoras ao longo do ciclo econômico, o artigo trabalha com um horizonte temporal de quatro anos, registrando índices desde 2005 até 2008. Além disso, a multiplicidade de anos permite a análise por dados empilhados, que traz resultados bem mais consistentes que uma simples avaliação de dados *cross-section*.

Foram levantados dados de 185 empresas, mas, por se tratar de publicação em revista de participação facultativa, apenas 57 delas forneceram as informações completas ao longo do período amostral considerado e, portanto, puderam compor a amostragem final. Por se tratar apenas de uma amostra, os resultados do estudo referem-se apenas às firmas analisadas, não representando uma generalização para o setor da construção civil como um todo^{xi}. As variáveis utilizadas para a análise envoltória de dados são identificadas na Tabela 1.

TABELA 1 - VARIÁVEIS UTILIZADAS PARA O DEA

VARIÁVEL	FUNÇÃ O	DEFINIÇÃO
Nome da empresa	identifica ção	É o nome mais conhecido da empresa, que nem sempre coincide com sua razão social
Faturamento Bruto - R\$	produto	Faturamento bruto anual da empresa, conforme consta no último balanço. Valores em reais deflacionados (ano base=2005)
Número de funcionários sem nível superior	insumo	Número de funcionários total - número de funcionários de nível superior na data do fechamento do balanço
Número de funcionários com ensino superior completo	insumo	Número de funcionários de nível universitário na data de fechamento do balanço
Equipamentos	insumo	Quantidade física de equipamentos utilizados pela firma para o desempenho de suas atividades

Elaboração própria.

Como se sabe, a escolha da envoltória a ser calculada depende da hipótese sobre os retornos de escala que a tecnologia estudada apresenta: ou Retornos Constantes ou Variáveis de Escala (respectivamente “CRS” e “VRS”). A construção civil é sujeita à competição imperfeita, intervenções governamentais, restrições financeiras e vários outros elementos que não permitem a elas trabalhar em um ambiente de retornos constantes. Dessa forma, a escolha adequada seria o modelo VRS.

A escolha entre orientação para o insumo ou produto parece ser mais sutil. De fato, Coelli (1996) afirma que os dois modelos estimam a mesma fronteira e que, portanto, identificam as mesmas *DMUs* eficientes. A diferença recai apenas sobre as medidas de eficiência relacionadas às *DMUs* ineficientes. As empresas que atuam no setor da construção civil são privadas e buscam maximizar o lucro. Dessa forma, a orientação para o produto mostra-se a mais adequada.

A existência de múltiplos períodos permitiu a construção da modelagem do DEA em multiestágio, onde se supõe que o produto do período anterior possa funcionar como insumo produtivo no período seguinte. Os resultados obtidos demonstram maior consistência em relação à análise *cross-section*.

Os ganhos na PTF foram mensurados pelo Índice de *Malmquist* orientado pelo produto e supondo ambiente com retornos variáveis de escala. Dessa forma, a variação da PTF foi decomposta em variações da eficiência técnica pura e de escala, além do progresso tecnológico.

De posse das variáveis necessárias para a montagem da base de dados, bem como definida a metodologia, torna-se possível reescrever as equações em sua forma específica:

$$\text{Min}_{\theta, \omega} \theta \quad (9)$$

Sujeito a $Y\omega - y_i \geq 0$, $\theta x_i - X\omega \geq 0$, $\omega \geq 0$ e $z^T \omega = 1$, onde:

z = vetor unitário Nx1

x = vetor de insumos, onde:

x_1 = equipamentos

x_2 = funcionários sem nível superior

x_3 =funcionários de nível superior

y = vetor de produtos (faturamento bruto deflacionado)

O *software* escolhido para a análise foi o DEAP 2.1^{xii}. Foram estimadas quatro fronteiras para os dados de cada *cross-section* da amostra e outra para o *pool*^{xiii}. Além disso, através do Índice de *Malmquist*, foram mensuradas as variações na produtividade total dos fatores.

A Tabela 2 sumariza os valores mínimos, máximos e médios para cada um dos *insumos* e para o *produto* utilizado, medidos ao longo dos quatro anos da amostra.

TABELA 2 – RESUMOS DOS INSUMOS E PRODUTOS

Ano	Produto			Insumos								
	Faturamento R\$ mil			Equipamentos			Funcionários sem nível superior			Funcionários com nível superior		
	min	max	média	min	max	média	min	max	média	min	max	média
2005	8.221	1.206.359	143.032	8	2.226	283	32	8.700	1.117	8	849	84
2006	14.243	2.348.704	281.372	3	3.307	333	59	8.801	1.229	8	970	101
2007	16.780	3.054.387	283.008	10	3.439	355	40	18.185	1.691	6	1.259	150
2008	9.479	2.575.213	234.068	10	3.189	360	81	35.928	2.247	5	3.544	227

Elaboração própria.

Os dados indicam oscilações significativas no nível de faturamento das firmas, bem como na quantidade de insumos disponíveis para cada uma delas. Além disso, apesar da contração no faturamento médio de 2008, a quantidade média de insumos – em especial o fator trabalho – elevou-se consideravelmente no mesmo ano. Foi registrado um aumento de 170% na utilização média de funcionários com nível superior completo, tendência que tende a continuar face à maior concorrência no setor, ampliação do volume e formas de investimento, maior rigidez no controle de qualidade das obras e complexidade das estruturas internas, que demandam profissionais mais qualificados.

Em 2008, a Camargo Corrêa, líder em faturamento, foi também a que mais se utilizou da mão-de-obra de nível superior, ao passo que a Queiroz Galvão, terceira em faturamento, ocupou o primeiro posto no uso de funcionários sem nível universitário e na posse de equipamentos. Em contrapartida, a Vial, penúltima em faturamento, foi a que menos empregou funcionários de nível superior e a Zita, 45º em faturamento, ocupou o último posto da lista no que se refere à utilização dos insumos de capital.

3 RESULTADOS

3.1 Eficiência Técnica e de Escala

Os escores de eficiência técnica pura e de escala foram estimados para as 57 construtoras, ao longo dos quatro períodos amostrais, por meio da metodologia DEA multiestágio. Os resultados obtidos foram resumidos na Tabela 3.

Em todos os anos, pelo menos uma firma obteve escore máximo de eficiência técnica ou de escala. Além disso, o escore médio de eficiência de escala foi consideravelmente maior que o de eficiência técnica entre 2005 e 2008.

TABELA 3 – RESUMO DAS EFICIÊNCIAS TÉCNICA E DE ESCALA

Ano	Eficiência Técnica					Eficiência de Escala				
	min	max	média	mediana	desvpad	min	max	média	mediana	desvpad
2005	0,067	1	0,373	0,272	0,253	0,318	1	0,759	0,791	0,204
2006	0,129	1	0,572	0,539	0,283	0,27	1	0,750	0,750	0,182
2007	0,08	1	0,486	0,412	0,277	0,287	1	0,722	0,742	0,199
2008	0,059	1	0,338	0,290	0,226	0,185	1	0,701	0,733	0,217

Elaboração própria

A eficiência técnica máxima (escore=1) foi encontrada em quatro das 57 empresas no ano de 2005, nove no ano seguinte e sete em 2007. No último ano da amostra, apenas a Vial, de São Paulo, mostrou-se plenamente eficiente. Andrade Gutierrez e Fidens – obtiveram 100% de eficiência em algum dos anos analisados (ambas em 2006).

O escore mais baixo de eficiência técnica em 2005 ficou com a Pelotense, do Rio Grande do Sul. Nos dois anos seguintes, a mineira Consita foi a mais ineficiente das empresas avaliadas, com escores de 0,129 e 0,08, respectivamente. No último ano, os mineiros cederam espaço à baiana Ebisa, com escore de 0,059, o menor dos quatro anos.

Em termos gerais, o escore médio de eficiência técnica das firmas nacionais declinou entre o primeiro e o último ano analisado^{xiv} (Gráfico 2).

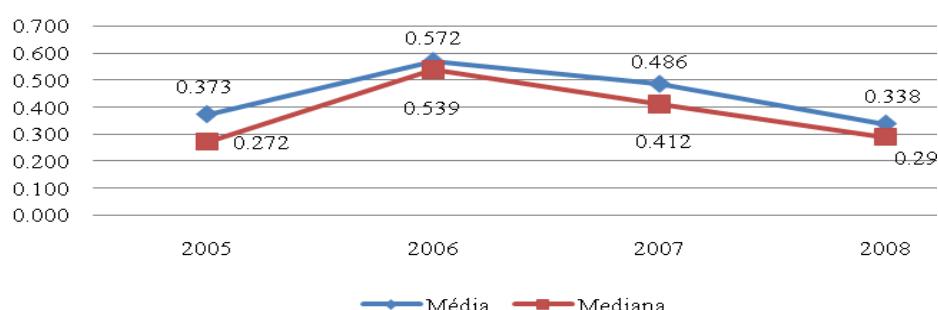


GRÁFICO 2 – EVOLUÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉCNICA (MÉDIA NACIONAL)
Elaboração Própria.

Individualmente, algumas firmas se destacaram pela habilidade em corrigir ineficiências internas ao longo dos anos e se aproximarem da fronteira eficiente (Gráfico 3). Em contrapartida, existem as que partiram de escores elevados de eficiência técnica em 2005, mas não conseguiram mantê-los pelos anos seguintes (Gráfico 4).

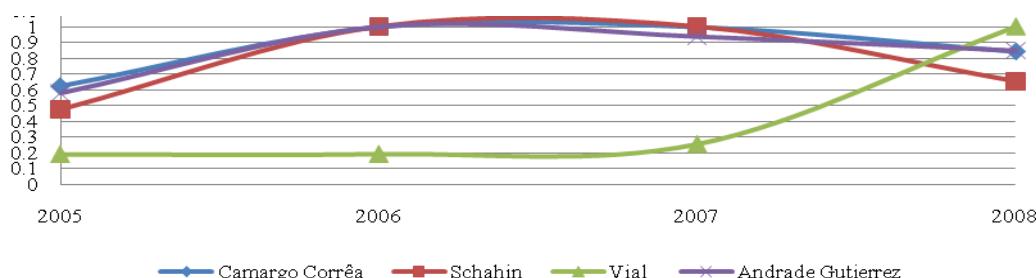


GRÁFICO 3 – MAIORES ALTAS NOS ESCORES (ET)
Elaboração Própria.

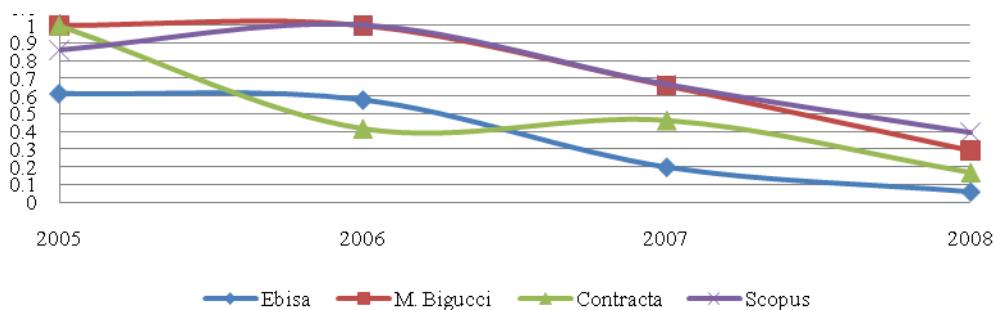


GRÁFICO 4 – MAIORES QUEDAS NOS ESCORES (ET)

Elaboração Própria.

A alta mais expressiva ficou por conta da paulista Vial, que ocupa o último posto em faturamento médio anual. A M. Bigucci, também de São Paulo e quinta menor em faturamento, registrou a queda mais acentuada, terminando o ano de 2008 com escore de 0,29, inferior à média nacional.

Quanto aos retornos à escala, 91,2% das firmas, em média, operaram com retornos variáveis à escala. Destas, constatou-se o predomínio das construtoras operando em retornos decrescentes, ou seja, acima da escala considerada ótima (Tabela 4), onde aumento do faturamento se dá a custos crescentes (decrescentes quando em retornos crescentes de escala).

TABELA 4 - RETORNOS À ESCALA

Retornos	2005	2006	2007	2008
Constantes	7	3	4	6
Decrescentes	39	47	45	46
Crescentes	11	7	8	5

Elaboração Própria.

Dado que a magnitude do faturamento varia consideravelmente entre as firmas analisadas, foram comparados também os escores de eficiência técnica e de escala por estratos de faturamento, de forma a criar amostras mais homogêneas. Foram criadas quatro categorias: faturamento superior a R\$ 500 milhões, faturamento entre R\$ 100 e R\$ 500 milhões, entre R\$ 40 e R\$ 100 milhões e inferiores a R\$ 40 milhões. A divisão tomou por base o faturamento médio anual entre 2005 e 2008 (Tabela 5).

TABELA 5 - ESTRATOS DE FATURAMENTO

Setor	Quantidade de Firms	Faturamento Médio
superior a R\$ 500 mi	4	395.184,61
R\$ 100-500 mi	20	172.094,69
R\$ 40-100 mi	13	47.973,65
inferior a R\$ 40 mi	20	24.061,68

Elaboração Própria

As construtoras do estrato mais elevado foram as mais eficientes tecnicamente em todos os anos, com média anual de 82,1%, acima da taxa de corte considerada ideal (80%). As

empresas com faturamento inferior a R\$ 40 milhões situaram-se muito distantes da fronteira de eficiência, com escore médio anual de 28,9%. Entre 2006 e 2008, os escores de eficiência técnica para os quatro estratos declinaram de forma considerável. O ano de 2008 foi marcado pela crise econômica mundial, que contraiu a economia e o setor da construção civil. Ainda assim, as firmas do estrato superior conseguiram aprimorar a eficiência em relação a 2005, o que não se verificou nos três estratos inferiores (Gráfico 5)^{xv}.

Os resultados apontam para diferenças consideráveis nos escores de eficiência em função do nível de faturamento. Além disso, evidenciam que o setor da construção civil é caracterizado pela competição imperfeita, onde restrições financeiras, limitações de projetos e zoneamento e forte concorrência em licitações, dentre outros fatores, inibem o desempenho das firmas de menor porte.

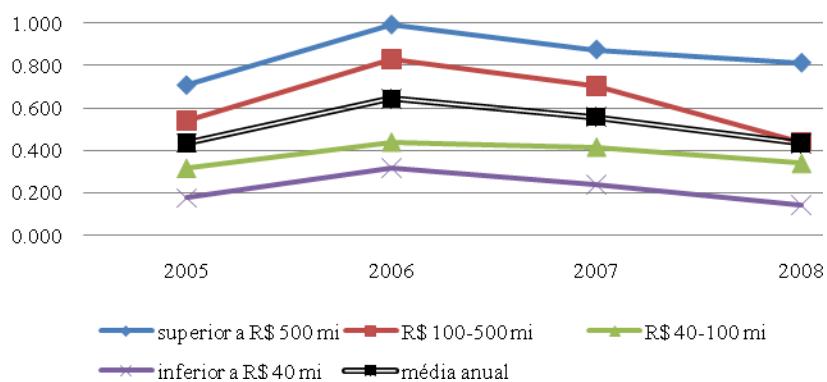


GRÁFICO 5 – EFICIÊNCIA TÉCNICA MÉDIA POR NÍVEIS DE FATURAMENTO
Elaboração Própria.

Em contrapartida, os escores de eficiência de escala indicam que as empresas do estrato inferior são as que, em média, operam mais próximas da escala ótima de produção (Tabela 6)^{xvi}. Pelo fato de possuírem plantas menores, é possível que as firmas de menor faturamento consigam alocar de forma mais correta seus insumos. Já as de faturamento elevado, com atividades e filiais dispersas por várias unidades federativas e realizando obras de grande porte, podem apresentar maior dificuldade em administrar e encontrar a forma correta de alocar seus insumos produtivos.

TABELA 6 - EFICIÊNCIA DE ESCALA MÉDIA POR TAMANHO DA FIRMA

Setor	2005	2006	2007	2008	Média
superior a R\$ 500 mi	0,354	0,387	0,348	0,287	0,342
R\$ 100-500 mi	0,693	0,658	0,616	0,607	0,643
R\$ 40-100 mi	0,859	0,798	0,785	0,744	0,795
inferior a R\$ 40 mi	0,842	0,883	0,862	0,851	0,859

Elaboração Própria.

Além do faturamento inferior ao projetado em função do nível de insumos utilizado, 65% das firmas, em média, apresentaram folgas em algum dos três insumos disponíveis (Tabelo 7), ou seja, poderiam se tornar mais eficientes se contraíssem a quantidade em excesso para a quantidade ideal projetada. A manutenção de um quadro de funcionários (sem nível superior) além do necessário é o principal fator relativo à incorreta alocação de recursos das firmas e tal ineficiência está presente em quase metade das construtoras avaliadas (47,4% em média).

TABELA 7 - NÚMERO DE FIRMAS COM FOLGAS

Insumo	2005	2006	2007	2008
Equipamentos	2	1	4	5
Funcionários sem nível superior	30	25	22	31
Nível Superior	6	2	9	11

Elaboração Própria.

Tal constatação pode ser corroborada pelos altos encargos sociais incidentes sobre o trabalhador da construção civil, que podem atingir o patamar de 177% em relação ao salário inicial constante na folha de pagamento^{xvii}. Dessa forma, a maximização do faturamento fica dificultada diante de um insumo produtivo bastante oneroso para as firmas, o que justifica parte da ineficiência das mesmas. Dessa forma, a eficiência geral da firma depende de sua habilidade em maximizar o faturamento, bem como de alocar corretamente os insumos produtivos e evitar folgas, o que nem sempre é feito corretamente.

A Scopus, por exemplo, cujos escores de eficiência técnica foram reportados no Gráfico 4, apresentou queda expressiva na eficiência técnica entre 2005 e 2008 (Tabela 8). A empresa ampliou seus insumos disponíveis, mas o faturamento gerado ficou muito aquém do projetado.

TABELA 8- SCOPUS: VALORES ORIGINAIS E PROJETADOS PARA INSUMO E PRODUTO

Insumo/ Produto	2005				2008			
	Eficiência Técnica=0,86 Escala=0,93 (IRS)				Eficiência Técnica=0,395 Escala=0,999 (CRS)			
	Original	Mov. Radial	Folga	Valor Projetado	Original	Mov. Radial	Folga	Valor Projetado
Equipamentos	10	0	0	10	14	0	0	14
Funcionários s/n*	70	0	0	70	217	0	0	217
Funcionários c/n*	10	0	1	9	17	0	3	14
Faturamento	38.107	6.202	0	44.309	44.472	68.105	0	112.577

* s/n: sem nível superior; c/n: com nível superior

Elaboração Própria.

Em contrapartida, a Andrade Gutierrez conseguiu utilizar melhor os insumos disponíveis para ampliar o faturamento, embora o mesmo ainda tenha ficado, ao final de 2008, aquém do nível projetado. A firma ampliou o número de funcionários com e sem nível universitário e reduziu o investimento em capital. Apesar da elevação no escore de eficiência técnica, a firma, com a nova composição de insumos, perdeu em eficiência de escala (Tabela 9).

TABELA 9- ANDRADE GUTIERREZ: VALORES ORIGINAIS E PROJETADOS PARA INSUMO E PRODUTO

Insumo/Produto	2005				2008			
	Eficiência Técnica=0,576 Escala=0,404 (DRS)				Eficiência Técnica=0,847 Escala=0,323(DRS)			
	Original	Mov. Radial	Folga	Valor Projetado	Original	Mov. Radial	Folga	Valor Projetado
Equipamentos	2.053	0	0	2.053	1.971	0	0	1.971
Funcionários s/n*	7.863	0	2.250	5.613	11.640	0	0	11.640
Funcionários c/n*	517	0	0	517	1.315	0	320	995
Faturamento	1.016.140	746.649	0	1.762.789	2.142.636	386.877	0	2.529.513

* s/n: sem nível superior; c/n: com nível superior

Elaboração Própria.

Discutidos os parâmetros, torna-se possível a apresentação do *ranking* geral de eficiência técnica média das firmas de construção civil, cujo critério de análise baseia-se unicamente na ordenação do maior escore para o menor. Camargo Corrêa, Christian Nielsen, Andrade Gutierrez, Construtora OAS e Queiroz Galvão são as cinco mais eficientes.

A Camargo Corrêa foi a empresa que mais próximo se situou da fronteira de eficiência, com escore médio de 0,8513. As cinco últimas posições foram ocupadas por três empresas do Rio Grande do Sul e duas de Minas Gerais (Viero, Sital, Ernesto Woebcke, Pelotense e Consita).

3.2 Produtividade Total dos Fatores

A metodologia do *DEA-Malmquist* foi utilizada para captar as variações nas eficiências técnica, tecnológica e de escala ao longo do período, bem como a variação na Produtividade Total dos Fatores (PTF). Os valores superiores à unidade indicam que houve alta no índice, queda quando inferiores e inalterados quando iguais à unidade.

Os resultados das variações tecnológicas (TECH), da eficiência técnica pura (ETP), da eficiência de escala (ESCALA) e da PTF foram resumidos na Tabela 10, para os resultados médios do período de 2005 a 2008.

TABELA 10 - RESUMO DO DEA MALMQUIST - MÉDIA 2005 A 2008

Dados	Δ TECH	Δ ETP	Δ Escala	Δ PTF
média	0,902	0,984	1,049	0,928
mínimo	0,634	0,492	0,724	0,469
máximo	1,085	1,620	1,317	1,476
desvpad	0,100	0,189	0,110	0,168

Elaboração Própria.

Em média, tanto o progresso tecnológico quanto a eficiência técnica pura tiveram leve queda, o que explica a diminuição da PTF entre 2005 e 2008. A variação média dos indicadores, captada ano a ano, foi resumida na Tabela 11.

TABELA 11 - VARIAÇÃO MÉDIA ANUAL DOS INDICADORES

Indicador	2005-2006	2006-2007	2007-2008	Δ Média
Δ TECH	1,286	1,301	0,439	0,902
Δ ETP	1,123	0,738	1,148	0,984
Δ Escala	1,144	0,802	1,258	1,049
Δ PTF	1,651	0,769	0,630	0,928

Elaboração Própria.

Após a expressiva alta entre 2005 e 2006, a PTF declinou sensivelmente ao longo dos dois anos seguintes. Em 2006-2007, a perda esteve associada à perda de eficiência técnica e de escala, ao passo que, em 2007-2008, a forte contração do progresso tecnológico foi a grande responsável pela perda de 37% na produtividade dos fatores.

As informações obtidas permitiram a geração de novo *ranking*, ordenando as firmas em função dos maiores ganhos (ou menores perdas) na produtividade total dos fatores, decompondo-o em função das variações na eficiência técnica pura e de escala, bem como nas oscilações do progresso tecnológico. A maior queda na PTF foi registrada para a Ebisa, sobretudo em função da acentuada queda de sua eficiência técnica. A carioca Christian Nielsen também experimentou forte queda na PTF (terceira mais acentuada), mas, ao contrário da Ebisa, a perda da produtividade dos fatores ocorreu porque a firma não acompanhou o progresso tecnológico. As eficiências técnica e de escala da mesma mantiveram-se inalteradas no período.

A Pedrasul ocupou o 53º posto em termos de progresso tecnológico. Em contrapartida, as variações na eficiência técnica pura e de escala foram suficientemente fortes para permitir ganhos de 21,7% na PTF.

Das cinqüenta e sete empresas da amostra, apenas doze conseguiram registrar ganhos com o progresso tecnológico, sendo que nove delas situam-se nos dois mais baixos estratos de faturamento. A ICEC foi a maior beneficiada, com ganhos de 8,5%, seguida pela Toda do Brasil e Collem Mohallem, como ganhos de 7,5% e 6,7%, respectivamente.

Quando classificadas por estratos de faturamento, verificou-se perda da PTF em todos os quatro níveis. A menor queda (-4,3%) ocorreu entre as empresas de maior faturamento, ao passo que a maior (-8,8%) ficou com aquelas do estrato inferior. Em todos os estratos foram registrados ganhos de escala, sendo o mais expressivo verificado para as empresas do segundo nível (9,4%), onde também se verificaram as maiores perdas no progresso tecnológico (-11,6%). Apenas as firmas do estrato superior mantiveram a eficiência técnica inalterada, ao passo que a variação foi negativa para os demais níveis. Diferente das conclusões obtidas para os escores de eficiência técnica por estratos de faturamento (Gráfico 5), não é possível constatar alguma relação forte entre variação na PTF e o estrato em que a construtora se situa.

4 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

O setor da construção civil saiu de forte estagnação desde os anos 80 até meados da década atual para assumir importante papel no crescimento econômico do Brasil. A demanda por infra-estrutura, os programas governamentais e a disponibilidade de crédito que passaram a ser direcionados para o setor de construção civil intensificou o ritmo de atividade das empresas.

O crescimento, no entanto, não veio acompanhado de melhorias na eficiência. Tomando por base nossa amostra, o escore de eficiência técnica média para o período foi de 0,433 e apresentou trajetória descendente desde 2006. A maioria das construtoras operou em ambiente de retornos variáveis à escala, com predomínio dos retornos decrescentes. Os resultados permitem constatar que, em média, as firmas enfrentam dificuldades organizacionais internas e os insumos, disponíveis fora da escala considerada ideal, não são plenamente utilizados para a geração de faturamento.

Além disso, o desempenho das firmas não foi homogêneo entre diferentes estratos de faturamento. Há indícios de relação positiva entre volume de faturamento e escore de eficiência técnica. Em contrapartida, as firmas de maior faturamento foram as que mais dificuldade tiveram em alocar corretamente os insumos, registrando os piores escores de eficiência de escala.

No geral, os diferentes escores observados em função do faturamento parecem servir de sustentação à tese de que o setor da construção é marcado pela competição imperfeita e que forças externas, como programas governamentais, fontes de financiamento, reputação empresarial e legislação, dentre outros, afetam o desempenho das construtoras.

A mão-de-obra não qualificada foi o principal responsável pelas folgas nos insumos produtivos das firmas e explica parte da ineficiência das mesmas. De fato, os encargos

trabalhistas e previdenciários – não apenas para a construção civil, mas para o Brasil como um todo – são onerosos e muitas vezes ultrapassam a barreira dos 100%. Pode ser uma boa alternativa para a construção civil a substituição do trabalhador não qualificado por aqueles com maior qualificação ou por investimento em capital, que contribuam para o incremento da produtividade das firmas.

Enquanto o setor continua em expansão, a tendência é de que haja mobilidade da mão-de-obra, na qual trabalhadores demitidos de uma firma que aumentou os investimentos em capital possam ser reempregados em outras que disponham de menores recursos tecnológicos. A contração do setor deverá elevar sensivelmente o desemprego, o que explica os maciços investimentos governamentais em obras de infra-estrutura e habitação em todo o território.

Além disso, em nossa amostra, a produtividade total dos fatores no período 2005-2008 apresentou queda de 7,2%, devido principalmente à variação negativa no progresso tecnológico. No entanto, o comportamento da PTF oscilou bastante no período.

Entre 2005 e 2006, foram registrados ganhos de eficiência técnica e de escala, bem como em inovação tecnológica, resultando em alta de 65,1% na PTF. As razões não são difíceis de serem observadas. Primeiramente, o setor manteve-se estagnado até 2004, quando lentamente passou a ganhar fôlego. Assim, era natural que, retomado o crescimento, as firmas pudessem se aproveitar das inovações tecnológicas para melhor utilizarem seus insumos produtivos. O ano de 2006 foi marcado também por eleições presidenciais e estaduais, que tradicionalmente impulsionam a abertura de canteiros de obras por todo o país. Além disso, para as firmas do ramo imobiliário, o texto da Lei 9.514 de 1997, que instituiu a alienação fiduciária, foi ampliado, assegurando maior estabilidade contratual para as firmas do setor.

No período de 2006-2007, nossos resultados sugerem que as firmas continuaram recuperando sua defasagem tecnológica, mas os ganhos foram insuficientes para compensar as perdas nos escores de eficiência técnica pura e de escala e a PTF caiu em 23,1%. Nesse período, foram comuns os IPOs acima do valor de mercado, o elevado financiamento imobiliário^{xviii} e a inflação dos insumos produtivos^{xix}, que acentuaram as ineficiências organizacionais.

Por fim, o período de 2007-2008 foi marcado pela forte crise econômica mundial, que restringiu o crédito e contraiu o setor da construção. Em contrapartida, é possível dizer que a crise forçou as empresas a se reestruturarem internamente, cortarem folgas e melhor organizarem seus insumos e processos, o que levou a leve alta na eficiência técnica e de

escala. A variação negativa da PTF no período pode ser atribuída, portanto, à elevada perda do progresso tecnológico.

Vale notar que o país irá sediar a Copa do Mundo de 2014 e a cidade do Rio de Janeiro, as Olimpíadas de 2016. Até lá, o setor da construção ficará em evidência e a tendência é de aumento considerável no produto gerado pelo setor.

Diante do cenário otimista, a concorrência no setor deve se elevar rapidamente e as firmas serão forçadas a inovarem tecnologicamente, alocar corretamente os insumos e a otimizarem a utilização dos mesmos, caso queiram se manter competitivas. Dentro desse contexto, as preocupações se renovam: as grandes empresas deverão continuar usufruindo de vantagens monopolistas que colocam em condição de superioridade em relação às menores, que mesmo eficientes, podem não conseguir se sustentarem no mercado. A onda de fusões, aquisições e abertura de capital deve ser retomada. Para as firmas de menor porte, mas com elevado nível de eficiência técnica e bom padrão tecnológico, a oportunidade de serem adquiridas a um preço justo pelas grandes construtoras parece surgir como um dos grandes atrativos do mercado.

REFERÊNCIAS

ARCOVERDE, F.; SOUSA, M.; TANNURI-PIANTO, M. Fronteiras de eficiência estocásticas para as empresas de distribuição elétrica no Brasil: uma análise de dados de painel. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 39, n. 1, p. 221-247, 2009.

BANKER, R. D.; CHARNES A.; COOPER W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, 1984.

BARRETO, A. F. D.; MARINHO, E.; OLIVEIRA, T. Abertura econômica e o desempenho da produtividade da indústria brasileira de 1985/1996: uma abordagem utilizando o índice de Malmquist e a teoria da fronteira estocástica. In: BARRETO, Flávio A.F.D. **Produtividade: teoria e evidências para o Brasil e a América Latina**. Fortaleza: CAEN, Edições UFC, 2006. Cap. 4, p. 87-114.

BOLETIM informativo: retrospectiva – fatos marcantes de 2007. **Bovespa**, n.115, 2008. Disponível em: <http://www.acionista.com.br/bovespa/110108_boletim_novomercado.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2009.

CARVALHO, R.; MARINHO, E. Transformações estruturais, variações na eficiência técnica e produtividade total dos fatores no setor agrícola dos países sul-americanos – 1970 a 2000. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS CENTROS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA, 31., 2003, **Anais...** Niterói: Anpec, 2003.

CAVES, D.; CHRISTENSEN, L.; DIEWERT, E. Multilateral comparisons of output, input and productivity using superlative index number. **The Economic Journal**, v. 92, n. 365, p. 73-86, Mar. 1982.

CHARNES, A.; COOPER, W.; RODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.

CHAU, K.; WANG, Y. Factors affecting the productivity efficiency of construction firms in Hong Kong. In: CIB TG INTERNATIONAL CONFERENCE, 23., Oct. 2003, Hong Kong.

COELLI, T. et al. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. New York: Springer, 2005.

COOPER, W.; SIEFORD, L.; TONE, K. **Data envelopment analysis**: a comprehensive text with models, applications, reference and DEA-solver software. Norwell: Kluwer Academic, 2000.

DEBREU, G. The coefficient of resource utilization. **Econométrica**, v. 19, n. 3, p. 273-292, jul. 1951.

DELGADO, V. **Eficiência das escolas públicas estaduais de Minas Gerais**: considerações acerca da qualidade a partir da análise dos dados do SICA e do SIMAVE. 2007. 157 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

DNIT. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. **Programa de Aceleração do Crescimento**: PAC prevê R\$ 503,9 bilhões em investimentos nos próximos quatro anos. Disponível em: http://www.dnit.gov.br/menu/pac/pac_inicio. Acesso em: 17 nov. 2009.

EDVARDSEN, D. Efficiency of Norwegian construction firms: four essays in the measurement of production efficiency. **School of Economics and Commercial Law**, Goteborg University. 2003.

FARE, R. et al. Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. **American Economic Review**, v. 84, n. 1, p. 66-83, 1994.

FARRELL, M. J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 120, n. 3, p. 253-290, 1957.

FERREIRA, M.; GONÇALVES, R.; BRAGA, M. Investigação do desempenho das cooperativas de crédito de Minas Gerais por meio da análise envoltória de dados (DEA). **Economia Aplicada**, v. 11, n. 3, p. 425-445, 2007.

FIGUEIREDO, A. T. **Mensuração e análise da produtividade total dos fatores agregada no Brasil**: aplicação da abordagem de bootstrap ao índice de Malmquist. 2007. 115 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

FOWLER, J. et al. Multi-stage DEA as a measurement of progress in environmentally benign manufacturing. Flexible automation and intelligent manufacturing. In: FLEXIBLE AUTOMATION AND INTELLIGENT MANUFACTURING, **FAIM2006**, Limerick, Irlanda.

JAN, J. **Construction site productivity measurement: selection, application and evaluation of methods and measures.** 1996. 207 f. Doctoral thesis – Department Civil and Mining Engineering / Construction Management, Lulea University of Technology, 1996. Disponível em: <<http://epubl.luth.se/avslutade/0348-8373/185/index-en.html>>. Acesso em: 3 Mar. 2009.

LOVELL, K. **Future research opportunities in efficiency and productivity analysis.** *Efficiency Series Paper 01/2001*. Universidad de Oviedo, Departamento de Economía. Disponível em: <<http://www.unioviedo.es/oeg/ESP/esp0101.pdf>>. Acesso em: 3 nov. 2009.

MAC DOWELL, F. Uma aplicação do método de data envelopment analysis – DEA para medir a eficiência operacional dos terminais de contêineres. **Revista Eletrônica de Gestão de Negócios - Egesta**, v. 3, n. 3, p. 105-128, 2007.

MARINHO, A.; CARDOSO, S. Avaliação da eficiência técnica e da eficiência de escala do sistema nacional de transplantes. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA**, texto para discussão, n.1260, Rio de Janeiro, fev. 2007.

MELLO, E. **Produtividade total dos fatores, mudança técnica, eficiência técnica e eficiência de escala na indústria brasileira 1996-2000.** 2003. 104 f. Tese (Mestrado em Economia) – Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

MEZA, L. A. **Data envelopment analysis na determinação da eficiência dos programas de pós-graduação da Coppee – UFRJ.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1998.

NATIONAL STEERING COMMITTEE FOR INNOVATION IN CONSTRUCTION (NSCIC). **The construction industry as a place to invest.** Apresentação do NSCIC's Second Canadian Construction Innovation Forum: Building a Strategy for Tomorrow, Canada, 2003.

NGUYEN, K.; GIANG, T. Efficiency of construction firms in Vietnam. **Munich Personal RePec Archive**, paper n. 968, p. 42-58, Jan. 2005. Disponível em <<http://mpra.ub.uni-muenchen.de/2872>>. Acesso em: 23 fev. 2009.

500 GRANDES DA CONSTRUÇÃO. **O Empreiteiro**, São Paulo, ano XLVI, n.466, julho. 2008.

ROCHA, F.; SOUSA, I. Cálculo da produtividade da indústria brasileira usando o método de fronteiras estocásticas: 2000-2006. **Estudos Febrafarma**, 2007.

SAMPAIO, L.; RAMOS, F.; SAMPAIO, Y. Privatização e eficiência das usinas hidrelétricas brasileiras. **Economia Aplicada**, v. 9, n. 3, p. 465-480, 2005.

SAMPAIO, B.; SAMPAIO, Y. Influências políticas na eficiência das empresas de saneamento brasileiras. **Economia Aplicada**, v. 11, n. 3, p. 369-386, 2007.

SHAH, A.; RAVISANKAR, T. Rating of Indian commercial banks: a DEA approach. **European Journal of Operational Research**, n. 124, p. 187-203. 2000.

SHEPARD, R.W. **Theory of cost and production functions.** Princeton: Princeton University Press, 1953.

SECOVI-SP- Sindicato da Habitação de São Paulo. **Balanço Imobiliário 2008**. Disponível em <http://www.secovi.com.br/pesquisa/balanco/2008/index.php>. Acesso em: 9 nov. 2009.

SINDUSCON-SP – Sindicato da Construção de São Paulo. **Encargos Sociais**, Out. 2009. Disponível em <http://www.sindusconsp.com.br/downloads/estprod/economia/2009/enc1009.pdf>. Acesso em: 9 nov. 2009.

ⁱ Segundo o Boletim Informativo da Bovespa (2008), 64 empresas abriram o capital em 2007. O setor da construção civil ocupou o primeiro posto em quantidade de empresas (14) e o segundo em valor ofertado nos *IPOs*, correspondente a 15% do total.

ⁱⁱ O PAC foi lançado em 2007, com previsão de investir R\$ 503 bilhões ao longo dos próximos quatro anos, nos setores de infra-estrutura e habitação, com recursos provenientes do Orçamento Geral da União. Para a habitação, serão destinados R\$ 106,3 bilhões, sendo R\$ 55,9 bilhões aplicados em programas de financiamento da casa própria para famílias com renda inferior a cinco salários mínimos. Na infra-estrutura, está prevista a construção de 42 mil quilômetros de estradas, 2.518 quilômetros de ferrovias e a ampliação de 12 portos e 20 aeroportos (DNIT, 2009).

ⁱⁱⁱ Ver, por exemplo, Arcos, Tannuri-Pianto e Sousa (2009); Rocha e Sousa (2007); Sampaio, Ramos e Sampaio (2005); Figueiredo (2007a); Figueiredo (2007b); Barreto, Marinho e Oliveira (2002); Sampaio e Sampaio (2007) e Mello (2003).

^{iv} Ver, por exemplo, Jan (1996), Edvardsen (2003), NSCIC (2003), Chau e Wang (2003) e Nguen e Giang (2005).

^v A posição sobre a fronteira é condição necessária, mas não suficiente, para a eficiência. A inexistência de desperdício na firma - caracterizada pela soma das variáveis de folga igual a zero - também é necessária.

^{vi} As explicações sobre retornos constantes e retornos variáveis de escala serão detalhadas na próxima seção, quando é introduzida a metodologia da análise envoltória de dados (DEA).

^{vii} Os termos derivam-se das iniciais de seus autores: CCR para Charnes, Cooper e Rhodes (1978) e BCC para Banker, Charnes e Cooper (1984). Alternativamente, os primeiros podem ser definidos por CRS (constant return to scale) ou VRS (variable return to scale).

^{viii} Se (u^*, v^*) é uma solução para o problema, então $(\alpha u^*, \alpha v^*)$ também é outra solução possível, e assim por diante.

^{ix} É preciso destacar, no entanto, que a orientação para produto ou insumo, quando se trabalha com firmas operando em retornos constantes de escala, retornará o mesmo valor. Em contrapartida, as empresas apresentarão escores diferentes quando consideradas em ambiente de retornos variáveis de escala.

^x A participação no anuário é facultativa, sendo os dados fornecidos pelas próprias empresas participantes, através de extenso formulário disponibilizado via *e-mail* ou internet.

^{xi} Em termos de faturamento, as construtoras da amostra representam um percentual significativo do total. Em contrapartida, a representatividade da amostra em função da quantidade total de firmas que atuam na construção civil é pequena. Além disso, a amostra está concentrada nas empresas de faturamento elevado, sendo a grande maioria localizada na região Sudeste.

^{xii} <http://www.uq.edu.au/economics/cepa/deap.htm>.

^{xiii} O presente estudo, pelas razões já expostas, apoiou-se na metodologia do DEA multiestágio.

^{xiv} A média é mais sensível a pontos extremos em relação à mediana. Os resultados indicam que algumas firmas de maior eficiência técnica puxam a média para cima, com leve distorção dos escores em relação à mediana. Não obstante, as conclusões são semelhantes: alta nos escores entre 2005 e 2006 e queda nos anos seguintes. No entanto, a eficiência técnica ao final de 2008 é levemente superior à verificada em 2005, contrário ao observado no cálculo da média.

^{xv} A classificação por estratos de faturamento retornou resultados muito próximos aos encontrados para a média. A única diferença é que, à exceção das firmas no estrato de faturamento R\$ 100-500 milhões, houve elevação no escore de eficiência técnica em relação a 2008.

^{xvi} Os resultados obtidos para a análise via mediana ficaram muito próximos aos encontrados através da média.

^{xvii} Conforme relatório emitido pelo Sinduscon-SP em outubro de 2009.

^{xviii} De acordo com o Sindicato da Habitação de São Paulo – SECOVI-SP, ao final de 2007, 196 mil imóveis foram financiados pelo Sistema Financeiro da Habitação (SFH), com um total de R\$ 18 bilhões investidos no Sistema Brasileiro de Poupança e Empréstimo (SBPE). Em relação a 2006, houve crescimento de 86,3% em volume de unidades e 92,6% em valores.

^{xix} O índice do Custo Unitário de Construção (CUB) acumulou alta de 7,10% entre março e dezembro de 2007, de acordo com relatório do SINDUSCON-SP.