

Análise da evolução da eficiência técnica do setor de construção civil no Brasil usando Análise de Envolvamento de Dados (*Data Envelopment Analysis – DEA*)

Carlos Ernani Fries (UFSC) carlos.fries@ufsc.br
Paulo Henrique Rodrigues (UFSC) paulo.hr@grad.ufsc.br
Fernanda Christmann (UFSC) fe.christmann@grad.ufsc.br

Resumo:

O mercado de construção civil no Brasil tem sido caracterizado por fortes variações na demanda ao longo da última década. Depois de uma forte desaceleração em 2004, o mercado reagiu quando investidores, com foco na necessidade de suprir o grande *déficit* habitacional, injetaram volumosos recursos no setor. Afetado pela crise em 2008, reagiu novamente motivado por vários programas de desenvolvimento lançados pelo governo, principalmente na área de logística e infraestrutura de transportes. O impacto destas flutuações no desempenho das maiores empresas que operaram no mercado da construção civil brasileira, no período 2005-2014 é analisado neste trabalho. O estudo é apoiado por modelos de análise envoltória de dados (*Data Envelopment Analysis – DEA*), utilizando dados secundários fornecidos por fontes especializadas. Os resultados mostram que as empresas que atuam no setor de edificações têm enfrentado dificuldades organizacionais internas em converter *inputs* na faixa ideal para gerar receitas, enquanto aquelas empresas que atuam primordialmente no setor de infraestrutura apresentaram resultados superiores. Em geral, resultados mostram uma considerável queda da produtividade total do setor, especialmente a partir de 2010.

Palavras chave: Produtividade na construção civil, eficiência técnica, análise de envolvimento de dados.

Technical efficiency evolution analysis of the civil construction sector in Brazil using Data Envelopment Analysis - DEA

Abstract

The civil construction market in Brazil has been characterized by strong demand variations over the past decade. After a sharp slowdown in 2004, the market reacted when investors, focusing on the need to supply the large housing deficit, injected massive resources in the sector. Affected by the crisis in 2008, it reacted again motivated by various development programs launched by the government, especially in logistics and transport infrastructure. The impact of these fluctuations on the performance of the largest companies that operated in the Brazilian civil construction market in the period 2005-2014 is analyzed in this work. The study is supported by data envelopment analysis (DEA) models, using secondary data provided by specialized sources. The results show that companies operating in the building sector have faced internal organizational difficulties in converting inputs in the ideal range to generate revenue, while those companies that operate primarily in the infrastructure sector have shown superior results. In general, results show a significant drop in total industry productivity, especially from 2010.

Key-words: Productivity in construction, technical efficiency, data envelopment analysis

1. Introdução

A construção civil representa uma parcela de 9% do PIB do mundo e emprega cerca de 7% da população mundial (HORTA, 2013). No Brasil, de acordo com o IBGE, esta parcela supera os 7%. O setor da construção civil tem contribuído para o crescimento da taxa de empregos formais e, desta forma, tem contribuído para o aumento do número de trabalhadores com carteira assinada, ou seja, contribuindo para os fundos sociais, aliviando desta forma, as contas do tesouro (CBIC, 2012). O setor da construção, de acordo com a Economy Watch (2010), é uma indústria florescente e permanece assim, especialmente em países em desenvolvimento. Com a migração de pessoas da área rural para as áreas urbanas o setor de habitação e infraestrutura se mantém em ascensão.

No Brasil, mesmo com práticas construtivas pouco estruturadas e falta de planejamento econômico e financeiro, as empresas têm obtidos resultados positivos, impulsionadas pelo grande aquecimento do setor e o apoio do governo com investimentos e programas como o Programa de Aceleração de Crescimento (PAC) (com investimento de aproximadamente 1,7 trilhão de reais, no período de 2007 a 2014), beneficiando os setores de infraestrutura e habitação, no período de 2007 a 2014. Não menos importante, os investimentos em obras da Copa do Mundo de Futebol (2014) e das Olimpíadas (2016), que somam 135 bilhões de reais, contribuíram igualmente para a expansão das atividades do setor de construção civil (CNI – Confederação Nacional da Indústria, 2010; MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, 2014).

Em anos recentes, no entanto, a contínua queda no nível de empregos, elevação da carga tributária e taxas de juros, aumento no preço de matérias-primas e acesso dificultado ao crédito foram decisivos para a formação de sentimento de desconfiança atual do setor (CNI, 2015). Por outro lado, a produtividade do setor tem sido objeto de preocupação de agentes econômicos. Ernst & Young (2014) destacam fatores estruturais do setor da construção civil que justificam maior foco na produtividade. Os custos crescentes e seu impacto na rentabilidade, a carência de mão de obra especializada e o aumento na complexidade dos negócios são destacados como os três principais fatores estruturais que interferem na produtividade. Por custos crescentes, pode-se entender a crescente inflação do setor da construção civil. Os custos do setor têm sido superiores ao aumento geral de preços. Esta inflação, decorrente principalmente do aumento de salários e materiais para o período de 2005 a 2014, importou em 68%, medida pelo INCC (Índice Nacional de Custo da Construção), de acordo com os dados da FGV, enquanto o IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo), para o mesmo período, teve alta de 54 % (IBGE, 2015). A carência de mão de obra especializada é vista como fator limitante para o crescimento da eficiência setor. Não somente pela pressão de custos e prazos que a carência de mão de obra exerce, mas também pela adoção de novos métodos construtivos, máquinas e equipamentos favoráveis à produtividade. O aumento da complexidade dos negócios é relacionado à gestão de múltiplas obras, ao crescimento das empresas, o cenário de restrição de recursos e o cumprimento de prazos (ERNST & YOUNG, 2014).

Este trabalho visa avaliar a evolução da eficiência técnica das maiores empresas de construção civil do Brasil de 2005 a 2014. Neste estudo são identificados quais fatores são relevantes no processo de transformação de insumos e produtos presentes na construção civil. Considerando os diversos segmentos de atuação, o estudo é particularizado para dois clusters representativos da construção civil: o de edificações e o de infraestrutura. Escores de eficiência determinados a partir de modelo da técnica de Análise Envoltória de Dados (DEA – *Data Envelopment Analysis*) são determinados para compor uma análise da evolução da medida de eficiência técnica em conjunto com o faturamento anual médio do setor.

2. Aplicação de DEA na construção civil

A aplicação de DEA para avaliação de eficiência na indústria da construção vem sendo impulsionada fortemente, devido a grande importância que o setor da construção civil tem representado. Wang e Chau (1997) utilizam modelo para avaliação da eficiência técnica de empresas durante o período de 1981-1994, quando a indústria da construção de Hong Kong passou por um rápido desenvolvimento. O estudo evidencia, entre outras coisas, o crescimento da produtividade ao longo dos anos, ficando visível o papel que a mecanização trouxe ao setor. Xue et al. (2008) utilizam DEA baseado no índice de produtividade de Malmquist (MPI), para avaliar as mudanças na produtividade da indústria da construção chinesa, de 1997 a 2003. Os resultados demonstraram que a produtividade ao longo do tempo esteve em crescimento contínuo, exceto no período de 2001 a 2002, quando foi observado declínio da produtividade. A pesquisa revela, entre outras coisas, a necessidade de adotar sanções políticas eficazes e medidas graduais para melhorar a produtividade e a competitividade na indústria de construção chinesa. Esta pesquisa também revela que existem variações na produtividade observada da construção civil, em diferentes regiões da China. Assim como El-Mashaleh et al. (2007), Lin e Huang (2010) em seu estudo de comparação entre métodos de avaliação da melhor performance e melhores práticas, concluem que o método DEA é o melhor método para derivar desempenhos relativos de empreiteiros e padrões de referência para as melhores práticas devido a sua objetividade, eficácia e integridade no apoio à teoria econômica. Além da excepcional vantagem com relação à objetividade, DEA é capaz de derivar a produtividade de atividades com múltiplas entradas e saídas. Sáez-Fernández *et al.* (2012) realizam um trabalho com o objetivo de verificar se as diferenças impostas pela legislação espanhola para empresas do tipo “sociedades laborais” e cooperativas afetam sua capacidade de gestão, e em particular, a eficiência. Para tal análise, foram utilizadas as técnicas DEA e a abordagem meta-fronteira. A principal constatação mostra que as cooperativas desfrutam de algumas vantagens tecnológicas sobre sociedades de trabalho, em particular no que tange à gestão do trabalho, ativo imobilizado e ativo circulante.

Araujo *et al.* (2012) aplicam um abordagem DEA em multi-estágios para um grupo de construtoras, considerando os anos 2005-2008. O índice de Malmquist é utilizado para calcular a variação da produtividade total ao longo do período. Os resultados apontam que os escores de eficiência técnica diminuíram no período, assim como a variação da produtividade total dos fatores.

O levantamento bibliográfico realizado mostra que a maioria dos estudos publicados apresenta semelhanças com relação à escolha das variáveis utilizadas para input e output dos respectivos modelos. Pode-se destacar como *inputs* mais frequentes as variáveis: 1) “trabalho”, que compreende o número de pessoas envolvidas no processo de transformação; 2) “capital”, relacionado ao valor monetário empregado no processo e, 3) “materiais”, que representa os equipamentos e materiais utilizados no processo. Com relação às variáveis utilizadas como output, observa-se um consenso entre os estudos, sendo utilizadas predominantemente variáveis de base monetária como “receita”, “lucro” e “faturamento”.

3. Metodologia

A elaboração deste trabalho seguiu um roteiro metodológico constituído de duas etapas principais: a) o levantamento e tratamento de dados; e b) a elaboração de um panorama do mercado da construção civil. Esta etapa compreende: b.1) a caracterização e classificação do mercado da construção civil no Brasil; e, b.2) a avaliação dos escores de eficiência relativa das construtoras que atuam em cada cluster identificado na classificação.

O levantamento de dados consistiu da compilação de tabelas publicadas anualmente pela *Revista O Empreiteiro* com informações das 500 maiores empresas do setor da construção

civil no Brasil. Dados anuais, em média, de 167 construtoras foram incluídos na pesquisa anual realizada pela revista no período de 2005 a 2014. As informações disponibilizadas pelas empresas são: 1) nome da empresa; 2) estado de origem da empresa; 3) receita bruta anual; 4) patrimônio líquido; 5) parcela da receita bruta obtida por contratos públicos (%); 6) parcela da receita bruta obtida por contratos privados (%); 7) parcela da receita bruta obtida por incorporações próprias (%); 8) equipamentos; 9) total de empregados e 10) parcela de empregados graduados.

Além destas variáveis, o questionário contempla ainda informações relativas aos segmentos que as construtoras atuam, sendo estes: 1) obras rodoviárias; 2) usinas hidrelétricas / barragens; 3) túneis; 4) obras portuárias; 5) obras ferroviárias; 6) usinas nucleares; 7) plataformas offshore; 8) instalações petrolíferas / petroquímicas; 9) pontes e viadutos; 10) aeroportos; 11) oleodutos; 12) telecomunicações; 13) obras metroviárias; 14) linhas de transmissão; 15) obras de saneamento; 16) edifícios residenciais; 17) edifícios comerciais; 18) condomínios horizontais; 19) incorporações; 20) edificações para fábricas; 21) *shopping centers* e 22) hotéis.

A segunda etapa da metodologia consistiu na elaboração de um panorama geral do mercado de construção civil. Este panorama apresenta uma classificação das empresas de construção civil e a atribuição de escores de eficiência técnica relativa para cada empresa, considerando os resultados e recursos empregados por esta empresa em relação às demais que compõem cada cluster definido pela classificação sugerida. A classificação das construtoras sugerida neste estudo considera os segmentos de atuação das empresas. A classificação das construtoras em grupos específicos, de maior homogeneidade, pode ser realizada através de técnicas de agrupamento, ou clusterização, conforme apresentado por Fries (2013). Para proceder esta etapa optou-se por uma variação estendida do método k-mediana denominada *Generalized Expectation Maximization & k-Means Cluster Analysis*, disponível no *software STATISTICA v. 10*. O objetivo do método, no contexto deste estudo, é detectar "segmentos de mercado", ou seja, grupos de respondentes que, de alguma forma, compartilham semelhanças funcionais (STATSOFT, 2015).

3.1 Análise de Envelopamento de Dados (*Data Envelopment Analysis – DEA*)

A aplicação da técnica DEA pressupõe que as empresas incluídas na análise (aqui denominadas “unidades tomadoras de decisão”, ou simplesmente DMUs (*Decision Making Unit*)) compartilhem similaridades funcionais, ou seja, que as DMUs sejam relativamente homogêneas quando ao processo de transformação de insumos em produtos. Para uma dada DMU o de um conjunto de n unidades de produção usando tecnologia similar com r *inputs* X e s *outputs* Y , o objetivo é determinar o conjunto de pesos v_i , ($i = 1, \dots, r$), e u_j , ($j = 1, \dots, s$), que maximiza a relação entre seus *outputs* e *inputs* ponderados, sujeito à restrição de que para cada DMU do conjunto a ser analisado, a soma ponderada dos seus *outputs* seja limitada pela soma ponderada de seus *inputs*, ou seja:

$$\max_{u,v} e_o = \frac{\sum_{j=1}^s u_j Y_{jo}}{\sum_{i=1}^r v_i X_{io}} \quad \text{sujeito a} \quad \frac{\sum_{j=1}^s u_j Y_{jm}}{\sum_{i=1}^r v_i X_{im}} \leq 1; \quad m = 1, \dots, n$$

e as restrições usuais de não-negatividade para as variáveis u e v (FRIES, 2013). Este modelo de programação não linear pode ser transformado num modelo de programação linear usual (FERREIRA e GOMES, 2009) resultando no modelo popularmente denominado CRS (*Constant Return of Scale*). O modelo CRS mede a distância do plano de produção da DMU o

até a fronteira de eficiência definida pelas melhores práticas observadas no conjunto de DMUs que compõem a amostra, considerando o menor consumo possível de *input* para um dado nível de produção de *output*. Banker *et al.* (1984) generalizaram o conceito do modelo CRS, considerando tecnologias com rendimentos de escala constantes, crescentes e decrescentes, ou seja, rendimentos variáveis de escala. A medida de eficiência obtida por meio do modelo VRS também é denominada por Cooper *et al.* (2007) de “eficiência técnica pura local” (*local pure technical efficiency*) pois o modelo VRS assume que somente as combinações convexas das DMUs observadas formam o conjunto possível de planos de produção. O modelo de programação linear que permite determinar a eficiência θ_{VRS}^* considerando retornos variáveis de escala é dado por:

$$\begin{aligned} & \min_{\theta_{VRS}, \lambda} \theta_{VRS} \\ \text{sujeito a} \quad & \sum_{m=1}^n \lambda_m X_{im} \leq \theta_{VRS} X_{io} \quad i = 1, \dots, r \\ & \sum_{m=1}^n \lambda_m Y_{jm} \geq Y_{jo} \quad j = 1, \dots, s \\ & \sum_{m=1}^n \lambda_m = 1 \\ & \lambda_m \geq 0 \quad m = 1, \dots, n \end{aligned}$$

onde a adição da restrição de convexidade $\sum_{m=1}^n \lambda_m = 1$ restringe-se a região de soluções viáveis do modelo CRS às combinações convexas geradas pelos planos de produção das DMU's observadas.

3.2. Seleção das variáveis *input* e *output*

A determinação da eficiência relativa com o uso de modelos DEA exige a definição do conjunto de fatores de produção (*inputs*) e conjunto de indicadores de produto (*outputs*) utilizados no processo de transformação das entidades em análise. Para dar suporte ao modelo DEA foram utilizadas técnicas estatísticas de Correlação e Análise de Componentes Principais (ACP). Variáveis fortemente correlacionadas devem ser representadas por uma única variável (segundo o Princípio da Parcimônia), permitindo assim o descarte de variáveis redundantes. Variáveis não descartadas foram submetidas a um processo de redução da dimensionalidade por intermédio da ACP. Análises de correlação e de componentes principais têm sido amplamente utilizadas na análise de variáveis *input* e *output* de modelos DEA (POSSAMAI, 2006; SOUZA, 2012; FRIES, 2013).

4. Resultados e análises

Os resultados obtidos com a classificação do setor de construção civil no Brasil sugerem que este se trata de um mercado heterogêneo, ou seja, apresenta diferenças significativas com relação aos segmentos de atuação e as características de operação e porte. Com o objetivo de analisar grupos homogêneos de construtoras, procedeu-se a análise de *clusters* usando o método *k*-mediana, disponível no *software* STATISTICA. Para tanto, foram consideradas as variáveis categóricas representando os 22 segmentos de atuação das empresas, além do desmembramento da receita bruta em contratos públicos, privados e incorporações próprias como variáveis contínuas.

A identificação dos *clusters* buscou seguir a classificação apresentada pela *Economy Watch* (2000), também formalizada no Brasil pela Classificação Nacional de Atividades Econômicas

(CNAE), estabelecida pelo IBGE. Esta classificação subdivide a indústria da construção civil em três grandes grupos: 1) edificações; 2) infraestrutura e 3) serviços especializados. Assim, o conjunto de 1.101 empresas que compõem a base de dados foi dividido em dois *clusters* relativamente homogêneos quanto aos segmentos de atuação e as variáveis contínuas supracitadas: 1) Edificações, formado por 543 empresas que realizam principalmente obras envolvendo edifícios comerciais habitacionais e incorporações; e 2) Infraestrutura, formado por 558 empresas que realizam principalmente grandes obras como obras rodoviárias, pontes, túneis etc.

A análise de clusterização permitiu identificar que empresas que compõem o *cluster* Edificações apresentam uma densa distribuição para aqueles segmentos relacionados a obras de edificações comerciais, de habitação etc, enquanto o *cluster* Infraestrutura apresenta maior presença de empresas com atuação preponderante nos segmentos de grandes obras (obras rodoviárias, pontes, túneis etc). Esta forte diferenciação observada na atuação das empresas no mercado deve ser considerada no agrupamento das empresas em *clusters* que apresentam similaridades funcionais, ou seja, façam uso de fatores similares de produção e gerem produtos similares quanto à sua natureza e porte.

Para a seleção das variáveis que comporão o conjunto *input-output* dos modelos DEA seguiu-se roteiro sugerido por Ferreira e Gomes (2009). A lista de variáveis candidatas a comporem o conjunto *input-output* é apresentada na Tabela 1. As variáveis auxiliares incluídas na tabela derivam das variáveis originais por adição ou subtração, conforme mostrado. Estas variáveis auxiliares vizam estratificar os dados originais no intuito de identificar variáveis que possam explicar adequadamente o processo de transformação de insumos em produtos.

Natureza da variável	Composição	Descrição da Variável	Unidade
Original	-	Receita Bruta	R\$
	-	Patrimônio Líquido	R\$
	A	Contratos Públicos	%
	B	Contratos Privados	%
	C	Incorporações Próprias	%
	-	Equipamentos	un
	D	Total de Empregados	un
	E	Pessoal Graduado	un
Auxiliar	A + B	Contratos de Terceiros	R\$
	B + C	Contratos Não Públicos	R\$
	A + C	Contratos Não Privados	R\$
	D - E	Pessoal Não Graduado	un

Fonte: o autor, com dados da *Revista O Empreiteiro* (2005-2014).

Tabela 1 - Lista de variáveis candidatas a compor os modelos DEA.

As análises de correlação e de componentes principais apresentaram resultados diferenciados para os *clusters* Edificações e Infraestrutura. Para as empresas que compõem o *cluster* Edificações foram inicialmente eliminadas as variáveis “Incorporações Próprias”, “Contratos Não Públicos” e “Total de Empregados”, por estarem fortemente correlacionadas com as remanescentes. Após estas serem submetidas à ACP, foram eliminadas as variáveis “Contratos Públicos”, “Contratos Privados”, “Contratos de Terceiros” e “Contratos Não Privados” por apresentarem baixo poder de explicação da variabilidade observada na amostra (considerando todos os anos, ou seja, de 2005 a 2014). Para o *cluster* Infraestrutura as variáveis eliminadas na análise de correlação foram “Receita Bruta”, “Contratos Públicos”, “Contratos Privados”, “Contratos Não Privados” e “Total de Empregados”. Das variáveis remanescentes submetidas à ACP foram eliminadas as variáveis “Contratos Não Públicos” e “Incorporações Próprias”.

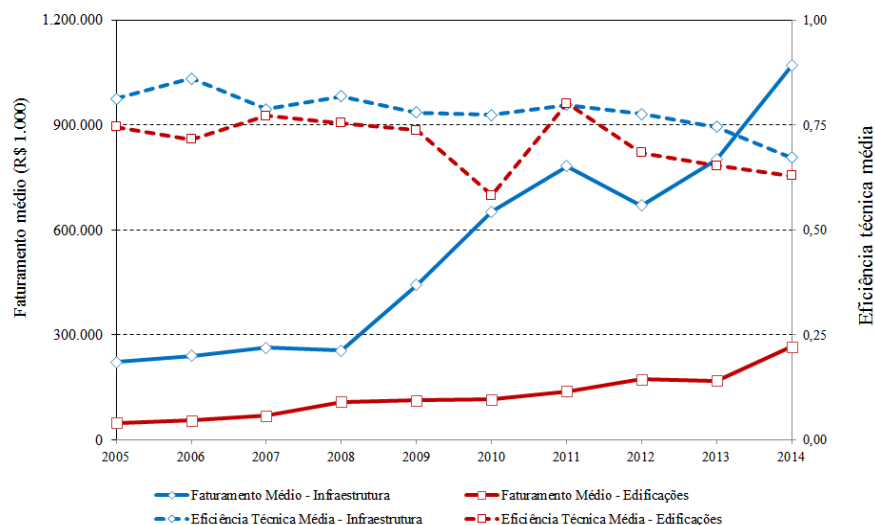
O resultado final do processo de seleção das variáveis *input* e *output* para cada *cluster* é apresentado na Tabela 2. Na determinação dos escores de eficiência técnica, foi utilizado o modelo VRS com orientação *input*. A determinação dos escores foi feita utilizando o software GAMS (*General Algebraic Modeling System*), considerando as amostras anuais individualizadas para o período de 2005 a 2014. Os resultados obtidos para 2014 são apresentados exemplarmente nas Tabelas 3 e 4 (*clusters* Infraestrutura e Edificações, respectivamente).

Cluster	Input/Output	Descrição da Variável	Unidade
Edificações	Output	Receita Bruta	R\$
	Input	Patrimônio Líquido	R\$
		Equipamentos	un
		Pessoal Graduado	un
		Pessoal Não Graduado	un
Infraestrutura	Output	Contratos de Terceiros	R\$
	Input	Patrimônio Líquido	R\$
		Equipamentos	un
		Pessoal Graduado	un
		Pessoal Não Graduado	un

Fonte: o autor

Tabela 2: Resumo das variáveis *input* e *output* selecionadas.

A evolução da eficiência técnica média, de 2005 a 2014 é apresentada na Figura 1, bem como a comparação da variação do faturamento anual médio e da eficiência técnica média das empresas dos clusters Edificações e Infraestrutura. Observa-se que no período de 2005 a 2014, a eficiência técnica média teve um comportamento similar para ambos os *clusters*, porém uma tendência de queda é observada a partir do ano 2011.



Fonte: o autor.

Figura 1 - Evolução da eficiência técnica média e do faturamento médio para os *clusters* Infraestrutura e Edificações.

Em geral, empresas incluídas no *cluster* Edificações apresentam eficiência técnica média inferior àquelas que compõem o *cluster* Infraestrutura. Pode-se, portanto, inferir que as construtoras deste *cluster* apresentam melhores condições de gestão na transformação de

inputs (“Patrimônio Líquido”, “Equipamentos”, “Pessoal Graduado” e “Pessoal Não Graduado”) em resultado, caracterizado pela “Receita Bruta” (ou faturamento). Esta observação não é válida para o ano de 2011, quando a eficiência técnica média relativa ao *cluster* Edificações foi ligeiramente superior a do *cluster* Infraestrutura, porém com maior dispersão dos valores em torno média.

Empresas do <i>cluster</i> “Infraestrutura” (2014)	Contratos de Terceiros (R\$ 1.000)	Patrimônio Líquido (R\$ 1.000)	Equipamentos	Pessoal Graduado	Pessoal Não Graduado	Eficiência Técnica
A.R.G	1.881.047	912.973	1.509	65	3.511	1,000
Andrade Gutierrez	5.323.921	2.401.479	1.778	1.310	13.090	1,000
Augusto Velloso	67.823	58.778	37	38	430	0,538
Avai Engenharia	157.752	203.647	299	74	624	0,352
Azevedo & Travassos	283.175	46.490	203	156	1.168	0,945
Brasília Gubaia	214.839	42.545	354	32	466	1,000
C.R. Almeida	685.276	623.813	787	357	2.169	0,415
Camargo Corrêa	4.783.751	2.755.347	2.730	1.549	30.975	0,732
Carioca Engenharia	1.848.090	662.810	395	485	2.515	1,000
Cesbe	349.661	151.605	457	110	2.890	0,489
Cimcop	179.932	73.175	400	94	1.081	0,450
Civilport Engenharia	132.642	71.407	221	62	1.438	0,391
Compasul	214.402	243.977	334	58	755	0,447
Constran	1.212.202	898.059	605	226	1.174	1,000
Construcap 1	2.650.000	454.921	391	454	6.147	1,000
Constr. Barbosa Mello	1.285.345	369.199	625	610	4.975	0,602
Conter	119.216	113.014	256	44	491	0,415
Cowan	427.161	526.574	799	133	2.013	0,345
Dan Herbert	240.071	46.794	12	102	896	1,000
Dimensional	244.497	122.570	347	88	3.132	0,436
Empa	201.770	223.110	450	230	1.309	0,271
EMSA	424.590	552.900	605	115	2.328	0,384
Encalço Construções	647.481	878.122	1.043	123	1.397	0,642
Eng./Com. Bandeirantes	128.288	122.412	590	50	741	0,349
Engexata	61.289	114.359	144	50	507	0,258
EPC Construções	143.546	58.522	115	25	185	1,000

Empresas do <i>cluster</i> “Infraestrutura” (Continuação)	Contratos de Terceiros (R\$ 1.000)	Patrimônio Líquido (R\$ 1.000)	Equipamentos	Pessoal Graduado	Pessoal Não Graduado	Eficiência Técnica
Equipav	126.171	87.846	100	55	445	0,482
Ferreria Guedes	261.394	217.410	120	50	550	0,807
Galvão Engenharia	3.481.716	1.347.258	472	608	4.413	1,000
GPO	146.710	16.365	29	122	1.041	1,000
Heleno & Fonseca	207.610	177.971	0	68	541	1,000
Integral	532.055	117.354	244	320	3.799	0,715
J. Malucelli	458.573	424.153	591	0	2.037	1,000
Jofege	320.751	84.038	496	100	1.425	0,675
Lidermac	88.386	46.081	224	35	510	0,457
Mendes Júnior	1.711.802	496.488	701	541	8.457	0,588
Norberto Odebrecht	10.149.170	6.673.169	277	14.566	111.184	1,000
OAS	5.130.928	2.417.344	2.358	4.381	118.002	0,885
Pedrasul	8.560	184.341	56	39	259	0,280
Pelotense	55.988	100.702	154	21	225	0,462
Queiroz Galvão	4.687.784	1.737.908	1.922	1.774	15.120	1,000
S. A. Paulista	642.670	478.304	587	99	1.407	0,693
Sanen Engenharia	458.511	131.766	1.010	147	1.982	0,610
Sant’Anna	47.318	16.808	141	5	187	1,000
SBS Engenharia	178.955	67.353	296	50	850	0,565
STC Engenharia	5.577	4.018	17	6	24	1,000
Sucesso	272.113	84.610	701	268	2.417	0,480
Sultepa	77.859	110.659	168	57	255	0,397
Tamasa Engenharia	202.337	115.329	302	69	908	0,469
Toniolo, Busnello	516.530	236.215	980	86	2.872	0,662
U&M Mineração/Constr.	332.154	156.928	444	180	886	0,632

Fonte: o autor, com dados da Revista *O Empreiteiro* (2014).

Tabela 3 – Valores dos *inputs* e *output* e escores de eficiência técnica das construtoras que operaram no *cluster* Infraestrutura em 2014.

Para a média do ano de 2010 – que, a rigor, se refere ao resultado de 2009 - o *cluster* Edificações apresenta o menor escore de eficiência técnica média (0,57) da série. Neste período, o governo federal lançou e deu continuidade a vários programas de incentivo à economia e melhoria da infraestrutura, motivado pelo baixo desempenho do PIB em 2009, quando apresentou decréscimo de 0,2% (IBGE, 2015).

O desempenho das empresas do *cluster* Edificações deve, provavelmente, ter sido afetado por estas medidas governamentais, pois em 2011, a eficiência técnica média sofreu um acréscimo considerável, sobrepujando inclusive a eficiência média das construtoras incluídas no *cluster* Infraestrutura, que predominantemente atuam em grandes projetos de infraestrutura e não devem ter sido beneficiadas diretamente com os programas de investimento do governo no setor habitacional.

O faturamento anual médio das construtoras do *cluster* Edificações mostrou constante crescimento no período, com exceção daquele apresentado em 2012 – aqui indicado como 2013, pois os dados utilizados na pesquisa estão defasados de um ano. Apesar do decréscimo observado na eficiência, o faturamento médio apresentou forte crescimento no último ano da série, possivelmente decorrente dos preços inflados dos imóveis observados neste período.

Empresas do cluster "Edificações" (2014)	Receita Bruta (R\$ 1.000)	Patrimônio Líquido (R\$ 1.000)	Equipamentos	Pessoal Graduado	Pessoal Não Graduado	Eficiência Técnica
Aliter Const. e Saneam.	43.357	23.243	28	10	115	1,000
Amarno Engenharia	26.281	5.757	28	15	199	0,830
Andrade Almeida	43.688	4.215	0	57	230	0,752
Andrade Mendonça	63.183	32.731	0	85	183	0,307
Andrade Ribeiro	22.579	38.551	19	9	134	1,000
Aterpa	570.610	205.934	6	26	141	1,000
Bueno Netto Constr. 1	482.020	153.797	0	0	265	1,000
CMO Construtora	96.028	47.502	1	50	885	0,391
Cogelta	21.562	3.710	26	12	146	1,000
Collem Mohallem	99.601	24.407	23	44	967	0,448
Consita	38.902	15.049	79	37	769	0,358
Construtora Beta	56.568	51.001	70	3	128	1,000
Construtora Caparaó	74.816	100.184	9	60	540	0,222
Const. Delman Sampaio	24.723	32.912	4	12	358	0,982
Construtora QBHZ	21.562	6.138	0	15	94	1,000
Constr. Ribeiro Caram	93.380	8.623	2	25	246	0,972
Cury Construtora	228.104	293.156	4	700	500	0,077
DIASE Construções	226.925	25.986	18	43	143	0,904
Dois A Engenharia	111.597	58.432	76	50	247	0,365
Dominus	81.264	41.049	0	168	488	0,150
Ecocil	165.600	229.854	0	0	800	0,669
EL Global Construtora	70.701	56.031	0	68	562	0,264
Emccamp	426.804	215.144	71	311	958	0,255
ENGEP	43.951	24.254	175	70	178	0,318
Ernesto Woebecke	50.746	14.046	101	20	509	0,650
Eztec	1.230.821	2.101.477	17	344	20	1,000
Geraes	55.987	22.386	25	40	460	0,393
Hochtief do Brasil 1	846.931	59.006	29	232	314	1,000
Hydra Engenharia	40.960	27.421	77	41	445	0,309
IM Comércio e Terrap.	57.434	23.080	355	100	600	0,187
Impacto Construtora	20.763	3.147	30	20	180	1,000
Infracon Engenharia	27.655	35.118	36	20	295	0,552
João Fortes Engenharia	396.253	999.109	0	246	705	0,205
L. Marquezzo	179.022	55.492	92	60	2.440	0,376
LAFEM Engenharia	32.383	7.003	4	78	389	0,456
Lavitta	70.284	10.944	32	36	282	0,536
M Borges Engenharia	8.665	7.217	27	20	130	0,771
M. Bigucci	195.271	389.173	4	87	68	0,449
Macrofast Const. e Serv.	36.646	11.695	46	22	219	0,600
MarcoXX	30.362	28.355	170	89	45	0,414
Marques	166.929	236.546	1	23	266	0,507
Matec Engenharia 1	415.852	14.106	7	179	256	1,000
Método Engenharia 1	1.507.000	127.964	0	408	253	1,000
MRV Engenharia	2.381.783	4.101.183	370	1.824	17.251	1,000
Pacaembu Emp./Const.	389.111	53.177	0	90	269	0,900
Patrimar	381.775	269.550	16	39	342	0,447
Paulitec 1	244.749	55.122	77	42	325	0,652
Pavia Brasil	71.147	24.877	116	15	234	0,749
Pernambuco	375.176	180.132	210	230	2.410	0,259
Philus Engenharia	42.356	9.880	21	21	51	1,000
Plaenge	533.807	227.347	79	405	1.001	0,273
R. Yazbek 1	138.747	3.169	0	37	19	1,000
Rio Verde Engenharia	693.942	75.733	37	189	2.378	0,866
Scopus	160.553	17.215	12	22	95	1,000
Sengel Construções	48.365	50.494	17	28	402	0,441
Sergio Porto Eng.	51.269	24.438	4	22	42	1,000
Sertenge	459.585	152.203	16	854	6.532	0,176
Seta Engenharia	129.090	26.303	148	41	553	0,498
Stein	85.221	7.224	73	32	1.168	0,714
Tardelli	64.291	16.537	56	25	507	0,575
Techint Eng. e Const.	846.648	515.866	0	10.000	12.000	0,131
TEP Tecnologia em Eng.	97.535	15.938	66	50	96	0,531
Thá Engenharia	553.230	45.328	599	56	609	1,000
Toda do Brasil	369.238	23.018	74	77	355	1,000
Tranenge	46.118	16.450	32	15	292	0,756
V2 Construções	32.441	47.034	16	15	338	0,708
Vale do Rio Novo	192.094	135.830	494	43	484	0,326
Vanguard Home	154.309	263.421	31	218	463	0,124
Via Empreendimentos	131.704	264.512	159	65	770	0,167
Via Engenharia	1.190.302	502.732	682	273	2.808	1,000
Viero	94.415	38.315	59	37	435	0,409
Vliver Incorp. e Const.	5.603	308.262	0	86	95	0,374
W Torre Engenharia	1.198.541	129.837	0	400	541	0,800
Zita	49.906	207.980	9	8	10	1,000

Fonte: o autor, com dados da Revista O Empreiteiro (2014).

Tabela 4 – Valores dos *inputs* e *output* e escores de eficiência técnica das construtoras que operaram no *cluster* Edificações em 2014.

O faturamento anual médio das construtoras que compreendem o cluster Infraestrutura apresentou clara tendência de crescimento no período, excetuando o ano de 2011 – aqui descrito como 2012, devido à defasagem dos dados da pesquisa. Considerando que a eficiência média mostra uma clara tendência de queda ao longo do período enquanto o faturamento, no sentido contrário, apresenta tendência de crescimento, a produtividade média dada, no modelo, pela relação entre faturamento e quantidade de insumos (Patrimônio Líquido, Equipamentos, Pessoal Graduado e Pessoal Não Graduado) certamente tem decrescido no mesmo período. Ou seja, uma composição cada vez maior de insumos tem sido empregada pelas construtoras para gerar a mesma quantidade de produto (dado pelo faturamento no modelo de avaliação das eficiências).

Em suma, conclui-se que empresas dos *clusters* Edificações e Infraestrutura apresentaram tendências de faturamento médio crescente, mas isto não se reflete na eficiência técnica média durante o período de 2005 a 2014. Pode-se inferir que neste período existiu má aplicação dos recursos produtivos pelas empresas de ambos os *clusters*, sugerindo que medidas no sentido de identificar desperdícios na aplicação de *inputs* possa aumentar a produtividade do setor de construção civil no Brasil.

5. Conclusões

Este trabalho teve por objetivo avaliar a evolução das eficiências técnica e de escala das maiores empresas do Brasil de 2005 a 2014, segundo a *Revista O Empreiteiro*. Após a coleta e a consolidação dos dados foram aplicados os modelos DEA para a análise das construtoras.

A série de dados incluiu períodos de fortes perturbações no mercado como baixo crescimento econômico em alguns anos além de intervenções governamentais de natureza anticíclica que objetivaram alavancar a demanda. Estes fatores foram captados nos resultados do modelo utilizado, o que mostra que o mesmo reproduz condições observadas no mercado e, portanto, as conclusões derivadas do modelo podem ser consideradas ajustadas com a realidade observada.

A análise dos dados revelou uma clara tendência de decréscimo da produtividade das construtoras, principalmente nos últimos anos. Verificou-se que, em geral, empresas incluídas no *cluster* Edificações apresentam eficiência técnica média inferior àquelas que compõem o *cluster* Infraestrutura, podendo-se, inferir que as construtoras deste *cluster* apresentam melhores condições de gestão da transformação de inputs em resultados. Considerando que a eficiência técnica média mostra uma clara tendência de queda ao longo do período analisado, enquanto o faturamento, no sentido contrário, apresenta tendência de crescimento, verificou-se que a produtividade média dada, no modelo, pela relação entre faturamento e quantidade de insumos certamente tem decrescido no mesmo período. Ou seja, uma composição cada vez maior de insumos tem sido empregada pelas construtoras para gerar a mesma quantidade de produto.

Referências

BANKER, R.D.; CHARNES, R.F.; COOPER, W.W. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis, *Management Science*, vol. 30, p.1078-1092, 1984.

CBIC - CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (Brasil). A produtividade da Construção Civil Brasileira. Brasil: Gd7 Consultoria e Comunicação, 2012. 62p. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/media/anexos/068.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2014.

CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (Brasil). Sondagem Indústria da Construção. 65. ed. 2015. 3p. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/media/anexos/Sond-Abr15.pdf>>. Acesso em: 12 maio 2015.

COOPER, W.W.; SEIFORD, L.M.; TONE, K. *Data Envelopment Analysis – A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. 2. ed. New York: Springer, 2007.

ERNST & YOUNG (Brasil). Estudo sobre produtividade na construção civil: desafios e tendências no Brasil. Brasil: Ernst & Young, 2014. 10p. Disponível em: <<http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/>

Real_Estate_Brazil_Forum_Agenda/\$File/RE-Brazil-Forum-2014_PreliminaryAgenda.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2015.

FERREIRA, C.M.C.; GOMES, A.P. *Introdução à Análise Envoltória de Dados: Teoria, Modelos e Aplicações*. Viçosa: UFV, 2009.

FRIES, C.E. *Avaliação do Impacto do Uso de Tecnologias de Informação e Comunicação na Eficiência de Prestadores de Serviços Logísticos*. 193 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção e Sistemas, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil). Contas Nacionais Trimestrais. 2015. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/pib/defaultcnt.shtm>>. Acesso em: 8 jun. 2015.

POSSAMAI, R.P. *Avaliação da Eficiência Técnica em Concessionárias de Rodovias Utilizando Análise Envoltória de Dados*. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

REVISTA O EMPREITEIRO. *Os 500 grandes da construção*, p.214-230, 2005.

REVISTA O EMPREITEIRO. *Os 500 grandes da construção*, p.227-246, 2006.

REVISTA O EMPREITEIRO. *Os 500 grandes da construção*; p.279-298; 2007.

REVISTA O EMPREITEIRO. *Os 500 grandes da construção*, p.357-386, 2008.

REVISTA O EMPREITEIRO. *Os 500 grandes da construção*, p.323-354, 2009.

REVISTA O EMPREITEIRO. *Os 500 grandes da construção*, p.382-402, 2010.

REVISTA O EMPREITEIRO. *Os 500 grandes da construção*, p.430-442, 2011.

REVISTA O EMPREITEIRO. *Os 500 grandes da construção*, p.368-380, 2012.

REVISTA O EMPREITEIRO. *Os 500 grandes da construção*, p.302-319, 2013.

REVISTA O EMPREITEIRO. *Os 500 grandes da construção*, p.306-319, 2014.

SÁEZ-FERNÁNDEZ, F.J.; PICAZO-TADEO, A.J.; LLORCA-RODRÍGUEZ, C.M. Do labour societies perform differently to cooperatives? Evidence from the Spanish building industry. *Annals of Public and Cooperative Economics*, p.61-81, 2012.

SOUZA, M.G.Z.N. *Avaliação da Eficiência Energética Usando Análise Envoltória de Dados: Aplicação aos Países em Desenvolvimento*. 117 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétrica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

STATSOFT. *How To Group Objects Into Similar Categories, Cluster Analysis*. 2015. Disponível em: <<http://www.statsoft.com/textbook/cluster-analysis/#k>>. Acesso em: 10 maio 2015.

WANG, Y.S.; CHAU, K.W. An evaluation of the efficiency of construction industry in Hong Kong using the DEA approach. *ARCOM – Association of Researchers in Construction Management*, King's College. Cambridge: Stephenson, p.684-695, 1997.

XUE, X.; SHEN, Q.; WANG, Y.; LU, J. Measuring the Productivity of the Construction Industry in China by Using DEA-Based Malmquist Productivity Indices. *Journal of Management In Engineering*, p.64-71, 2008.