

## V-108 - ANÁLISE DINÂMICA DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DOS SERVIÇOS DE ÁGUA E ESGOTOS NO BRASIL APÓS A LEI NACIONAL DE SANEAMENTO

**Felipe Ponciano da Cruz<sup>(1)</sup>**

Economista pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Mestre em Ciências Econômicas pela UERJ. Economista da CEDAE.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Einstein 155- Barra da Tijuca – Rio de Janeiro - RJ - CEP: 22.610-240 - Brasil - Tel: (21) 2332-5736 - e-mail: [flponciano@gmail.com](mailto:flponciano@gmail.com)

### RESUMO

O marco regulatório da Lei Nacional do Saneamento Básico introduz mudanças fundamentais na prestação dos serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos. O objetivo do trabalho é estudar a eficiência do setor após a essa lei utilizando o método *Data Envelopment Analysis* (DEA) em uma amostra contendo as 27 prestadoras representativas de cada ente da federação entre os anos de 2006 e 2013. Nossos resultados na análise estática indicam escores de eficiência baixos com grande disparidade entre as regiões do país. Já por meio análise dinâmica observamos que o período de maior avanço de eficiência ocorreu entre os anos de 2010 e 2013 liderado pela expansão da fronteira.

**PALAVRAS-CHAVE:** Setor de saneamento no Brasil, Eficiência, Análise de envoltória de dados.

### 1-INTRODUÇÃO

Os serviços de distribuição de água potável e coleta e tratamento de esgoto influenciam tanto a saúde da população quanto a qualidade do meio ambiente e, portanto, são fundamentais para redução da pobreza e para o desenvolvimento sustentável. Desde a captação da água bruta até o descarte dos esgotos, os serviços de água e esgotos dependem e interferem nas condições ambientais. Consequentemente, diversas doenças são influenciadas pelas condições inadequadas desses sistemas, tais como, diarreias, febres entéricas, hepatite A, esquistossomose, leptospirose, teníases, micoses e conjuntivites (Mendonça e Seroa da Motta, 2007; e Brasil, 2002).

A evolução do setor de água e esgotos no Brasil foi extremamente influenciada pelo Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANASA), implementado em 1969 durante o regime militar, e extinto no início da década de 90. O programa era fomentado pelo BNH (Banco Nacional de Habitação) e operado pelas Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESBs) (Salles, 2008; e Seroa da Motta, 2005).

O PLANASA aumentou bastante a cobertura de saneamento no país, mas apesar de ter sido bastante efetivo quanto ao abastecimento de água potável, deixou de lado a coleta de esgoto. Ainda hoje, mais de duas décadas após o fim do programa, observamos a predominância das CESBs e a atuação deficiente no serviço de coleta e tratamento de esgoto em relação à distribuição de água potável.

Com o fim do PLANASA e do Sistema Financeiro do Saneamento (SFS), houve um vazio institucional e de investimentos. Desse modo, as décadas de 1990 e 2000 foram marcadas por intensos debates sobre o novo marco regulatório para o saneamento. Finalmente em 2010 com a regulamentação da Lei Nacional Saneamento Básico (LNSB), lei nº 11.445, o país passa a contar com um novo marco regulatório.

A LNSB define que os serviços de saneamento serão prestados com eficiência e sustentabilidade econômica e os contratos de concessão devem prever metas progressivas e graduais de expansão de serviços, de qualidade, de eficiência e de uso racional da água e da energia. E mais ainda que essa prestação deve conter mecanismos e procedimentos para a avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações programadas. A política tarifária deve, portanto, incluir incentivos à eficiência dos prestadores de serviços.

Há também na LNSB uma complexa atribuição de competências entre os entes federados. Os Municípios são os titulares dos serviços de saneamento e podem executá-los diretamente ou por meio de concessão. É de competência municipal a organização, regulação e fiscalização da prestação de tais serviços bem como a

elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB). Assim, os Municípios podem instituir suas próprias agências reguladoras ou delegar a responsabilidade à entidade reguladora de seu Estado.

Em suma, a LNSB define o Município como titular das quatro funções essenciais para a coordenação dos serviços de saneamento: prestação dos serviços, regulação, fiscalização e planejamento. A única função que não delegável é a do planejamento representada pelo PMSB. Entretanto, os Estados compartilham essas funções regulatórias e de competência com os municípios em regiões metropolitanas e microrregiões.

A gestão dos recursos hídricos que concede outorga para captação de água e o despejo de esgotos e determina a qualidade das águas é regulada pela Política Nacional dos Recursos Hídricos com competência federal para os cursos d'água que banham mais de um Estado ou país ou dos Estados nos casos que se limitam ao seu território.

Muito se avançou na cobertura dos serviços, embora 18,3% das crianças de 0 a 14 anos de idade residentes em domicílios particulares permanentes não possuem acesso à rede geral de abastecimento de água e apenas 55,5% têm esgotamento sanitário de rede geral ou fossa séptica e somente 39% dos esgotos do país são tratados (IBGE, 2014 e Ministério das Cidades, 2015).

Apesar de não podermos afirmar que todas as empresas de saneamento aderiram integralmente à lei, podemos verificar se já pode ser observada alguma mudança no setor. Uma maneira de comparar e mensurar as performances de empresas, sobretudo do setor público, é utilizar uma medida de eficiência. Inúmeros estudos nas últimas duas décadas tentaram explicar a evolução da eficiência das operadoras dos serviços de saneamento no Brasil. Esses estudos analisam o desempenho dessas empresas e, em muitos casos, controlando pelo efeito da natureza da propriedade (privada versus pública) e da jurisdição da operação (regional versus local).

Nesses estudos se observa que há dominância do método *Data Envelopment Analysis* (DEA) em grande parte devido a sua flexibilidade na função de produção e no tratamento da característica intrínseca de multiproduto do setor.

No Brasil, estudos da eficiência utilizando a DEA tiveram início na década de 2000 e, além dos temas sobre a influência da propriedade e da regulação na eficiência, também existem análises relativas à área de abrangência, ou seja, se é mais eficiente ter uma empresa local ou regional. Nos trabalhos brasileiros também é mais comum a análise conjunta do setor de água e esgoto que, em geral, são serviços prestados por uma mesma companhia.

Carmo e Távora Junior (2003), utilizando dados do ano de 2000, calcularam a eficiência técnica e de escala de 26 Companhias Estaduais de Saneamento Básico com um modelo output orientado. Como respostas obtiveram que a eficiência técnica é superior à eficiência de escala e que o setor apresenta retornos crescentes de escala.

Tupper e Resende (2004) por meio de um modelo com retornos variáveis de escala e output orientado, com dados de 1996 a 2000, mensurou a eficiência de 20 Companhias Estaduais de Saneamento. Como resultados encontraram um desempenho abaixo do ótimo e verificaram a possibilidade de diminuir as diferenças entre as regiões de modo a realizar uma melhor comparação de eficiência.

Um dos dois trabalhos brasileiros a utilizar o Índice de Malmquist é o de Seroa da Motta e Moreira (2006). Foram analisadas 104 Companhias Brasileiras de Saneamento, abrangendo tanto as regionais quanto as locais, entre os anos de 1998 e 2002 por meio de um modelo output orientado foram mensuradas as eficiências de escala e técnica. Como resultado não foi verificada diferença significativa entre as prestadoras públicas e privadas e, em relação ao Índice de Malmquist, o efeito emparelhamento foi superior ao efeito mudança de fronteira e as prestadoras privadas chegaram mais depressa na fronteira em relação às públicas.

Sampaio e Sampaio (2007) analisaram 36 Companhias de Saneamento brasileiras entre 1998 e 2003 por meio de um modelo com retornos variáveis de escala e output orientado. Os autores encontraram retornos crescentes de escala e aferiram que os serviços relativos à distribuição de água são mais eficientes do que os relativos aos esgotos.

Utilizando os dados de 57 Companhias de Saneamento paulistas entre os anos de 1995 e 2004, Grigolin (2007) utilizou modelos output orientados com retornos constantes e variáveis de escala. Como resultado encontrou na maior parte das simulações retornos decrescentes de escala. No modelo com retornos constantes de escala as prestadoras privadas foram mais eficientes que as regionais. Com retornos variáveis de escala as empresas regionais apresentaram escores maiores de eficiência.

Sato (2011) analisou a eficiência de 26 companhias de saneamento das capitais dos Estados brasileiros com dados entre os anos de 2005 e 2008. Foram utilizados modelos com retornos constantes e modelos com retornos variáveis de escala, e o autor verificou grande variabilidade de eficiência entre as regiões do país bem como espaço para melhoria de eficiência no setor.

Já Barbosa (2012) procurou explicar a eficiência por meio da estrutura regulatória com uma amostra de 41 prestadoras de serviço de água e esgoto. Neste trabalho foi utilizado o DEA, input orientado, com o modelo aditivo *Dynamic Slack Based Model* – DSBM para determinar o escore de eficiência e posteriormente foi utilizada a técnica de regressão *Generalized Estimating Equation*–GEE. O autor verificou que as prestadoras não estão ganhando produtividade ao longo do tempo e que as performances não são explicadas por experiência, âmbito de atuação e a especialização das agências reguladoras.

O segundo trabalho que utilizou as prestadoras brasileiras que utilizou o Índice de Malmquist é o de Carvalho (2014). A autora utilizou modelos output orientados para mensurar a eficiência de 29 prestadoras entre os anos de 2006 e 2011. O Índice de Malmquist revelou uma queda na produtividade entre os anos apresentados, e vale observar que as prestadoras que passaram a ser reguladas por agência após a LNSB, 2007, apresentaram maiores avanços relativos.

Literatura similar internacional existe. Lin e Berg (2008) utilizaram as seguintes técnicas para avaliar a eficiência de 38 prestadoras de serviço de distribuição de água peruanas entre os anos de 1998 e 2001: i) modelo DEA básico; ii) modelo DEA com estrutura de preferências; e iii) Índice de Malmquist com a qualidade incorporada. Como resultado os autores encontraram uma pequena melhora na qualidade dos serviços entre os anos analisados, bem como os impactos provocados pela introdução de aspectos de qualidade na análise de eficiência.

Byrnes et al (2010) analisou os efeitos de diversas ações políticas na eficiência de 52 prestadoras de serviços de água nas regiões australianas de New South Wales e Victoria. Para tanto utilizou modelos input orientados com retornos constantes e com retornos variáveis de escala, além do Índice de Malmquist. Como resultado, o trabalho verificou grande influência das políticas urbanas de água na dinâmica da eficiência.

Portela et al (2011) utilizou o Índice de meta-Malmquist circular para analisar a mudança na produtividade de 22 prestadoras de serviços de distribuição de água da Inglaterra e do Reino Unido entre os anos de 1993 e 2007. O Índice meta-Malmquist verifica a mudança de produtividade em referência a uma meta-fronteira de modo a permitir comparar ao longo do tempo as performances das companhias. Como resultado houve melhoria de eficiência entre os anos de 1993 e 2005, mas depois desse ano a tendência foi de queda até 2007.

Também na Austrália, Abbott, Cohen e Wang (2012) analisaram a performance dos setores de água e esgotos das cidades de Sydney, Melbourne, Brisbane, Adelaide, Perth e Canberra. Para tanto utilizaram o Índice de Malmquist com dados entre os anos de 1995 e 2008. Como resultado, encontraram incrementos positivos de produtividade nos centros urbanos maiores, independente da estrutura de sua indústria. O trabalho também ressalta a influência de fatores imprevisíveis e incontroláveis na eficiência.

O presente trabalho tem como objetivo mensurar a eficiência técnica dos serviços de distribuição de água e coleta e tratamento de esgoto no Brasil após a Lei Nacional do Saneamento Básico e, para isso, analisa a eficiência técnica das prestadoras estaduais com o método DEA e o Índice de Malmquist para sua evolução ao longo do tempo, ambos em conjunto com a técnica *bootstrap*. Vale ressaltar que não foi encontrada, na literatura brasileira sobre a eficiência do setor de saneamento, pesquisa que utilizasse as técnicas *bootstrap* de modo a encontrar escores mais robustos, nem a utilização do Índice Malmquist com auxílio do *bootstrap* de modo a encontrar intervalos de confiança para a análise dinâmica. A grande vantagem de utilizar o *bootstrap* nesses dois casos é acrescentar intervalos de confiança a métodos anteriormente determinísticos. O trabalho se divide em mais três seções além desta introdução: metodologia, resultados e conclusão.

## 2-METODOLOGIA

O conceito de eficiência econômica é influenciado por Pareto e Koopmans (1951) e pode ser entendido como a utilização ótima de inputs e outputs, ou seja, o valor máximo de outputs gerados dada uma determinada quantidade de inputs, ou, da mesma maneira, o mínimo de inputs utilizados dada uma quantidade de outputs produzidos.

A mensuração da eficiência do setor é justificada não só pela LNSB, que tem eficiência como um dos objetivos (CARVALHO, 2014), mas também teoricamente, pois a análise da produtividade justifica a utilização de eficiência pelo não conhecimento do plano de produção factível,  $T$ , e/ou o critério de avaliação agregado,  $U(\cdot)$  (BOGETOFT; OTTO, 2011). Dessa maneira, devemos descobrir uma tecnologia a partir da análise da eficiência relativa.

No presente trabalho usaremos o modelo DEA, devido à sua praticidade de não necessitar de pré-especificações sobre a função de produção e pela possibilidade de utilizarmos a técnica *bootstrap*, a partir de Simar e Wilson (1998), para corrigir o viés dos escores e estimar intervalos de confiança, atenuando, assim, algumas de suas desvantagens. Essa praticidade é acentuada pela disponibilidade de softwares que facilitam sua operação inclusive a análise dinâmica da eficiência, permitindo a análise ao longo do tempo.

Além disso, os preços no setor de saneamento muitas vezes são decididos politicamente de maneira que a influência das empresas monopolísticas é grande. O DEA por não necessitar da especificação de preços é recomendado para setores com preços deturpados. Existe também literatura abrangente sobre o método que é utilizado para mensurar a eficiência de prestadores de serviços públicos em todo o mundo.

O DEA é não paramétrico (não propõe a estimação de uma função com parâmetros) e não estocástico (não é associado a qualquer distribuição de probabilidade). A fronteira de produção é gerada implicitamente via programação linear. As DMU's (*Decision Making Units*) são os elementos básicos das análises de eficiência. Elas devem ser homogêneas, utilizar os mesmos inputs e outputs, bem como terem autonomia na tomada de decisão.

Podemos dividir o DEA de acordo com seu retorno de escala: i) o modelo CCR<sup>1</sup> (Charnes, Cooper e Rhodes) que possui retornos constantes de escala; e ii) o modelo BCC<sup>2</sup> (Banker, Charnes e Cooper) que possui retornos variáveis de escala. Podemos também escolher a orientação do Modelo de DEA, entre input ou output orientado. Um modelo output orientado maximiza os outputs mantendo os inputs inalterados, enquanto que um modelo input orientado minimiza os inputs mantendo os outputs inalterados. Vale observar que, como estamos mensurando a eficiência, uma DMU plenamente eficiente possui escore unitário, e que quanto mais próximo de zero menor é a eficiência.

Simar e Wilson (1998) propuseram um tipo especial de *bootstrap* que com auxílio dos métodos de alisamento e reflexão de modo a estimar a variância e o intervalo de confiança dos escores de eficiência de um modelo DEA.

O método de alisamento corrige a amostra produzida pelo *bootstrap* por meio do fator  $h\epsilon$  onde  $h$  é a faixa de amplitude e  $\epsilon$  é gerado a partir de uma distribuição normal. A reflexão faz com que toda vez que produzimos um escore do DEA,  $E$ , aumentamos os dados em um através do reflexo,  $2-E$ , e descartamos sempre o valor maior do que a unidade. Outros benefícios do *bootstrap* utilizado, além de gerar intervalos de confiança, é normalizar e corrigir o viés dos escores de eficiência. Uma síntese do *bootstrap* utilizado pode ser encontrado em Bogetoft e Otto (2011, p. 173).

A fórmula que define o Índice de Malmquist corresponde à média geométrica entre dois índices gerados por funções-distância (BOGETOFT; OTTO, 2011). A grande característica do índice de Malmquist é que ele pode ser decomposto em dois fatores: Mudança Tecnológica e Mudança de Eficiência. A Mudança Tecnológica representa a mudança (expansão) da fronteira, ou seja, uma melhora técnica além do que era possível anteriormente. Já a Mudança de Eficiência representa uma aproximação da fronteira, ou seja, uma melhora técnica dentro do que já era possível anteriormente.

<sup>1</sup> Ver Charnes, Cooper, Rhodes (1978).

<sup>2</sup> Ver Banker, Charnes, Cooper (1984).

Podemos utilizar o *bootstrap* para encontrar intervalos de confiança dos resultados encontrados ao aplicar o índice de Malmquist (SIMAR e WILSON, 1999). Dessa maneira devido ao desconhecimento da distribuição verdadeira do índice de Malmquist o *bootstrap* é utilizado para estimar a distribuição e definir o intervalo de confiança.

A decisão sobre o MODELO a ser utilizado se baseou, principalmente, na revisão de literatura dos trabalhos brasileiros e no entendimento do funcionamento do setor e seus objetivos. Dessa maneira, em nosso MODELO, as DMUs são as prestadoras de serviços de distribuição de água e coleta e tratamento de esgotos, essa escolha é justificada pela decisão sobre a alocação de recursos ser das empresas. Pressupomos que as DMUs se defrontam com a mesma tecnologia, que é desconhecida, e utilizaremos DEA para estimar essa tecnologia através da programação linear em conjunto com o princípio da extrapolação mínima.

Ele será output orientado, pois as empresas são em sua maioria públicas onde o corte de gastos é dificultado. Outra justificativa para orientação do MODELO é que os serviços ainda estão em expansão.

Quanto a escolha entre CCR e BCC optamos pelo de retornos variáveis de escala devido ao entendimento sobre a dificuldade das prestadoras mudarem de tamanho, bem como a grande variação entre as prestadoras analisadas.

Os outputs  $y_k=(y_{1k},\dots,y_{5k})$  utilizados são listados abaixo, conforme a nomenclatura do SNIS:

- Item AG003 - Quantidade de Economias Ativas de Água - Unidade: economia.
- Item AG010 - Volume de Água Consumido - Unidade: 1.000 m<sup>3</sup> /ano.
- Item ES003 - Quantidade de Economias Ativas de Esgoto - Unidade: economia.
- Item ES005 - Volume de Esgoto Coletado - Unidade: 1.000 m<sup>3</sup> /ano.
- Item ES006 - Volume de Esgoto Tratado- Unidade: 1.000 m<sup>3</sup> /ano.

Apesar da cobrança pela coleta e tratamento de esgoto serem feitas de maneira conjunta, decidimos por tratá-los como produtos separados a exemplo de Seroa e Moreira (2006). Os outputs com os números de economias de água e esgoto (AG003 e ES003) são os mais utilizados na literatura e entendemos que eles captam o objetivo da universalização que preconiza a LNSB.

Como input,  $x_{1k}$ , utilizaremos o item FN015 – Despesas com Exploração – que se aproxima do conceito de Custo Operacional com unidade: R\$/ano. Os valores apresentados no FN015 foram atualizados para 2013 utilizando o IGP-DI (Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna) da Fundação Getúlio Vargas.

Os dados que serão utilizados no trabalho serão da série histórica do SNIS, que possui dados das prestadoras de saneamento a partir de 1995, os quais estão disponíveis via internet. Foram selecionadas como amostra 27 prestadoras, as maiores de cada Estado mais a do Distrito Federal, entre os anos de 2006 e 2013 totalizando 216 observações. A aplicação do método DEA será realizado por meio do pacote FEAR (*Frontier Efficiency Analysis with R*) do programa R. O R é um software livre criado por Ross Ihaka e por Robert Gentleman da universidade de Auckland (Nova Zelândia) que permite a operação de métodos estatísticos e a formatação de gráficos e pode ser instalado e distribuído livremente. O pacote FEAR nos permitirá a aplicação *bootstrap* no DEA e no Malmquist e foi desenvolvido por Paul Wilson (2008) e é disponibilizado em sua página pessoal<sup>3</sup>.

Primeiramente vamos apresentar os resultados do DEA com o *bootstrap* com ênfase para os escores do ano de 2013, em uma análise estática, dentro de uma mesma tecnologia. Posteriormente mensuraremos a dinâmica da eficiência do setor com auxílio do Índice de Malmquist.

---

<sup>3</sup> <<http://www.clemson.edu/economics/faculty/wilson/Software/FEAR/fear.html>>



### 3-RESULTADOS

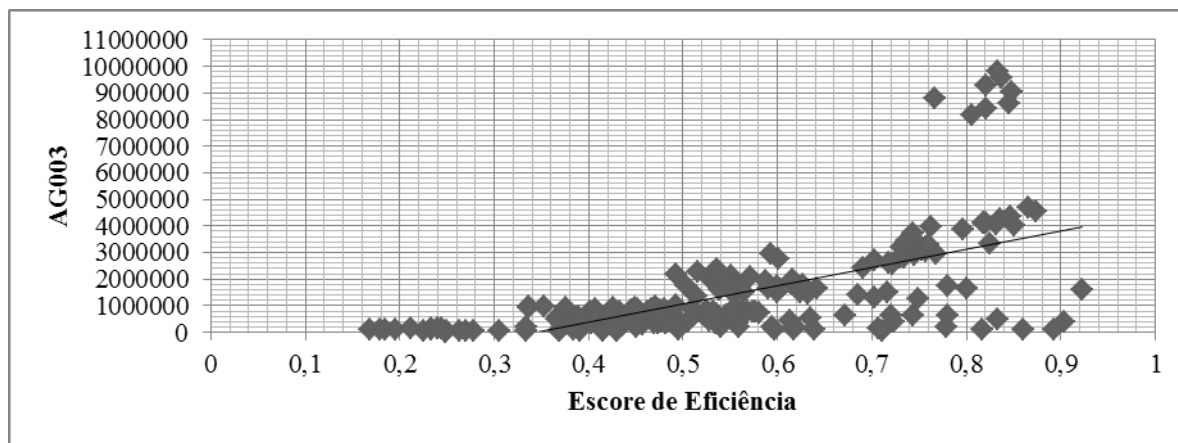
#### 3.1 –ANÁLISE ESTÁTICA

A Tabela 1 apresenta os escores de eficiência calculados conjuntamente para as 216 DMUs, no período de 2006 a 2013. Observa-se que o nível de eficiência, em torno de 0,40 e 0,74, é baixo e embora se note uma melhora ao longo do período, essa não é contínua. Ademais se observa também um alto desvio padrão demonstrando grande heterogeneidade entre o desempenho das prestadoras.

**Tabela 1: Estatísticas resumo dos escores - 2006-2013.**

Ano	Mínimo	máximo	1º quartil	Mediana	média	3º quartil	desvio padrão
2006	0.168	0.817	0.416	0.504	0.519	0.645	0.162
2007	0.179	0.820	0.436	0.537	0.541	0.647	0.155
2008	0.184	0.850	0.450	0.485	0.549	0.663	0.162
2009	0.243	0.821	0.433	0.532	0.531	0.633	0.150
2010	0.195	0.904	0.410	0.493	0.542	0.677	0.182
2011	0.212	0.921	0.452	0.503	0.545	0.667	0.182
2012	0.232	0.892	0.483	0.558	0.584	0.737	0.183
2013	0.240	0.865	0.486	0.536	0.574	0.748	0.172

O Gráfico 1 abaixo apresenta como esses escores estão correlacionados com a quantidade de economias de água que serve de aproximação para o tamanho da prestadora. Percebe-se com isso que, embora existam prestadoras eficientes de todos os tamanhos, há uma tendência da eficiência aumentar quanto maior for a quantidade de economias de água.



**Figura 1: Quantidade de Economias de Água e Escore de Eficiência.**

Quanto ao ranking, como geramos intervalos de confiança para os escores, o quadro abaixo foi formulado da seguinte maneira: são contabilizados a quantidade de prestadoras que o escore da DMU é significativamente maior, ou seja, o número de outras prestadoras em que o limite superior do intervalo de confiança do escore é menor do que o limite inferior do seu próprio escore. Por exemplo, conforme a Tabela 2, a prestadora DESO, no ano de 2013, possui o limite inferior do intervalo de confiança do seu escore maior do que o limite superior do escore de outras três prestadoras: CAESB, CAESA e CAERD.

**Tabela 2: Classificação significativa da eficiência das prestadoras no ano de 2013.**

Quantidade de prestadoras que é significativamente mais eficiente	Sigla das prestadoras
0	CAERD e CAESA
2	CAESB e DEPASA
3	DESO
5	AGESPISA, CAGEPA, CASAL, CASAN, COSANPA, MA, SANEATINS e SANESUL
7	CORSAN e SANEAGO
9	CESAN
11	CAB e CAERN
14	COMPESA
18	SANEPAR
19	CAEMA, CAER, CAGECE, CEDAE, COPASA, EMBASA e SABESP

### 3.2 –ANÁLISE DINÂMICA

A Tabela 3 apresenta os valores do Índice de Malmquist. Observa-se que a produtividade total dos fatores, em geral, cresceu durante o período analisado, exceto, para o período 2008-2009. Já entre 2012 e 2013 somente o índice medido pela média é também menor que um.

**Tabela 3: Estatísticas da dinâmica da Produtividade Total dos Fatores, 2006-2013.**

Ano inicial-final	mínimo	máximo	1º quartil	Mediana	média	3º quartil	desvio padrão
2006-2007	0.829	1.488	0.980	1.033	1.042	1.095	0.122
2007-2008	0.832	1.482	0.980	1.026	1.041	1.073	0.130
2008-2009	0.766	1.765	0.858	0.913	0.941	0.964	0.178
2009-2010	0.648	1.292	0.949	1.039	1.035	1.130	0.162
2010-2011	0.703	2.256	0.931	1.001	1.064	1.118	0.272
2011-2012	0.808	2.379	0.987	1.048	1.153	1.259	0.294
2012-2013	0.437	1.436	0.946	1.019	0.970	1.041	0.173

A Tabela 4 apresenta os efeitos da Mudança de Eficiência e, assim, é possível verificar que o componente de emparelhamento teve uma contribuição positiva entre 2006 e 2009, e destacadamente, no período final de 2012-2013. Já entre 2009 e 2012 a contribuição do “*catch up*” para a produtividade total dos fatores foi negativa.

**Tabela 4: Estatísticas da dinâmica da Mudança de Eficiência, 2006-2013.**

Ano inicial-final	mínimo	Máximo	1º quartil	mediana	média	3º quartil	desvio padrão
2006-2007	0.890	1.442	0.987	1.052	1.055	1.096	0.112
2007-2008	0.792	1.448	1.000	1.041	1.069	1.123	0.124
2008-2009	0.830	2.093	0.940	1.000	1.033	1.024	0.222
2009-2010	0.539	1.117	0.842	0.926	0.909	1.000	0.139
2010-2011	0.612	1.659	0.725	0.801	0.848	0.922	0.200
2011-2012	0.501	1.235	0.621	0.779	0.789	0.977	0.192
2012-2013	0.819	2.049	1.312	1.471	1.474	1.821	0.363

Já a dinâmica da Mudança de Tecnologia apresenta uma evolução oposta à dinâmica da Mudança de Eficiência, conforme a Tabela 5, quando a contribuição é negativa no início e final do período analisado e positiva nos anos intermediários.

**Tabela 5: Estatísticas resumo da Dinâmica da Mudança de Tecnologia 2006-2013.**

Ano inicial-final	mínimo	máximo	1º quartil	mediana	média	3º quartil	desvio padrão
2006-2007	0.888	1.101	0.949	0.993	0.987	1.012	0.051
2007-2008	0.881	1.156	0.909	0.958	0.976	1.033	0.076
2008-2009	0.802	1.005	0.904	0.923	0.914	0.926	0.042
2009-2010	1.068	1.292	1.122	1.132	1.139	1.133	0.055
2010-2011	0.991	1.457	1.167	1.346	1.260	1.349	0.142
2011-2012	1.001	1.957	1.330	1.362	1.486	1.623	0.237
2012-2013	0.512	1.112	0.565	0.668	0.680	0.714	0.141

Para explorar melhor as estimativas, resolvemos dividir a análise em dois períodos, a saber: 2006-10 e 2010-13, na tentativa de reduzir o impacto do período 2008-2009 na dinâmica da Produtividade Total dos Fatores.

**Tabela 6: Estatísticas Resumo do Índice Malmquist, 2006-10.**

Índice de Malmquist	Mínimo	máximo	1º quartil	mediana	média	3º quartil	desvio padrão
Eficiência	0.753	1.595	0.938	1.000	1.030	1.082	0.166
Tecnológica	0.919	1.251	0.934	0.946	1.006	1.042	0.108
Total	0.705	1.639	0.899	1.006	1.037	1.151	0.203

Conforme a Tabela 6 entre os anos de 2006 e 2010 o resultado das estatísticas de tendência central da Produtividade Total dos Fatores foram em torno da unidade, indicando pouco avanço de eficiência no período.

Os resultados da Tabela 7 estimam para o período 2006-10 a quantidade percentual de prestadoras que se enquadram nos três casos: i) o intervalo de confiança encontrado tenha os dois extremos menores do que a unidade a produtividade piorou de maneira significativa; ii) o intervalo de confiança tenha os dois extremos maiores do que a unidade a produtividade melhorou de maneira significativa; e iii) o intervalo de confiança possuir um extremo menor do que a unidade e outro maior não houve mudança significativa.

Assim, verificamos que 40,7% das prestadoras apresentaram melhora significativa, enquanto que 48,1% apresentaram piora entre 2006 e 2010. Já a mesma análise realizada nos índices decompostos entre os efeitos mudança de eficiência e mudança tecnológica revela que a maioria das prestadoras, 70,3% e 62,9%, respectivamente, não apresentaram mudança significativa.

**Tabela 7: Mudança significativa de eficiência, 2006-2010.**

Índice de Malmquist	Melhora significativa	Piora significativa	Sem mudança significativa
Eficiência	22.2%	7.4%	70.3%
Tecnologia	11.1%	25.9%	62.9%
Total	40.7%	48.1%	11.1%

Para o período 2010-13 se observa na Tabela 8 um aumento significativo de eficiência somente atribuído ao componente tecnológico. Em torno de 55% das unidades analisadas apresentaram melhoria significativa de eficiência, como mostra a Tabela 9. E também nessa tabela observamos 59% das unidades que apresentaram melhoria significativa sem determinar qualquer piora significativa no que se refere ao efeito mudança tecnológica. Por outro lado, não há melhoria significativa nas unidades no que se refere ao efeito emparelhamento enquanto quase 48% pioraram nesse componente.

**Tabela 8: Estatísticas Resumo do Índice Malmquist, 2010-13.**

Índice de Malmquist	mínimo	máximo	1º quartil	mediana	média	3º quartil	desvio padrão
Eficiência	0.538	1.659	0.820	0.905	0.925	0.994	0.198
Tecnológica	0.886	1.804	0.997	1.209	1.239	1.350	0.258
Total	0.702	2.994	0.968	1.067	1.146	1.163	0.412



**Tabela 9: Mudança significativa de eficiência, 2010-13.**

Malmquist	Melhora significativa	Piora significativa	Sem mudança significativa
Eficiência	0.0%	48.1%	51.8%
Tecnológica	59.2%	0.0%	40.7%
Total	55.5%	29.6%	14.8%

Agora, finalmente, faremos a análise durante todo o período analisado, ou seja, entre 2006 e 2013. Podemos perceber na Tabela 10 que as estatísticas resumo demonstram um avanço na produtividade total dos fatores no período. Esse aumento, como entre 2010 e 2013, é explicado pela mudança tecnológica, já que a mudança de eficiência apresentou média e mediana menores do que a unidade.

**Tabela 10: Estatísticas Resumo do Índice Malmquist, 2006-2013.**

Índice de Malmquist	mínimo	máximo	1º quartil	mediana	média	3º quartil	desvio padrão
Eficiência	0.487	1.698	0.818	0.894	0.952	1.008	0.245
Tecnológica	0.939	1.969	1.106	1.220	1.248	1.369	0.221
Total	0.802	2.841	0.979	1.067	1.194	1.150	0.451

A análise da mudança significativa de cada prestadora, Tabela 11, também indica avanço entre 2006 e 2013, principalmente na mudança tecnológica, onde mais de 51% das prestadoras apresentou melhora significativa e nenhuma piorou significativamente.

**Tabela 11: Mudança significativa de eficiência, 2006-2013.**

Malmquist	Melhora significativa	Piora significativa	Sem mudança significativa
Eficiência	7.4%	33.3%	59.2%
Tecnológica	51.8%	0.0%	48.1%
Total	40.7%	22.2%	37.0%

**Tabela 12: Mudança significativa de eficiência, 2006-2013.**

	Melhoraram	Pioraram	Sem mudança significativa
<b>Produtividade Total dos Fatores</b>	CAERD, DEPASA, MA, SANEATINS, CAEMA, COPASA, CESAN, CEDAE, SABESP, SANEPAR e SANEAGO	CAESA, CAGECE, EMBASA, CORSAN, SANESUL e CAESB	CAER, COSANPA, AGESPISA, CAERN, CAGEPA, COMPESA, CASAL, DESO, CASAN e CAB
<b>Mudança Eficiência</b>	DEPASA e COPASA	MA, COSANPA, CAESA, AGESPISA, CAERN, CASAN, CORSAN, SANESUL e CAB	CAERD, CAER, SANEATINS, CAEMA, CAGECE, CAGEPA, COMPESA, CASAL, DESO, EMBASA, CESAN, CEDAE, SABESP, SANEPAR, SANEAGO e CAESB
<b>Mudança Tecnológica</b>	CAERD, DEPASA, MA, COSANPA, CAESA, SANEATINS, CAEMA, AGESPISA, CAERN, CEDAE, CASAN, CORSAN, SANESUL e CAB		CAER, CAGECE, CAGEPA, COMPESA, CASAL, DESO, EMBASA, COPASA, CESAN, SABESP, SANEPAR, SANEAGO e CAESB

Podemos perceber na Tabela 12 e levando em consideração as informações da Tabela 2, que tanto prestadoras com escores baixos (DEPASA e CAERD) quanto de escores mais altos (SANEPAR, CEDAE, SANEPAR e COPASA) aumentaram significativamente sua produtividade total dos fatores. O mesmo ocorre com as que pioraram, a EMBASA se encontra entre os maiores escores de 2013 e CAESB e CAESA se encontram entre os menores.

#### 4-CONCLUSÃO

Com o objetivo de analisar a eficiência na prestação dos serviços de água e esgoto depois da LNSB, selecionamos as maiores prestadoras de cada Estado entre os anos de 2006 e 2013 e aplicamos o DEA em conjunto com o *bootstrap* para a análise estática e o Índice de Malmquist também em conjunto com o *bootstrap* para uma análise dinâmica.

Na análise estática percebemos que os escores no último ano permanecem baixos e a análise da trajetória da eficiência por meio das medidas de tendência central foi inconclusiva.

Já a análise da dinâmica realizada ano a ano com a utilização do Índice de Malmquist nos informa que, em cinco dos sete anos, os valores da média e da mediana apontam para o avanço da produtividade total dos fatores. Apenas entre os anos de 2008 e 2009 verificamos média e mediana menores do que unidade. Por outro lado, entre os anos de 2012 e 2013 observamos indicações opostas das duas medidas de tendência central observadas. Nessa mesma análise percebemos que enquanto a mudança de eficiência foi predominante entre os anos de 2006 e 2009 e no período entre 2012 e 2013, a mudança de tecnologia foi maior entre 2009 e 2012.

Ao dividirmos a análise entre dois períodos maiores: 2006-2010 e 2010-2013, percebemos que, entre 2006 e 2010, apesar das medidas de tendência central apontarem para um avanço no período liderado pelo “efeito emparelhamento”, uma análise das mudanças significativas revelam que mais prestadoras diminuíram sua produtividade total dos fatores do que aumentaram. E também que, em relação às mudanças de tecnologia e de eficiência, a maioria das prestadoras não apresentou mudança significativa.

A situação se apresenta de maneira mais favorável entre o período de 2010 e 2013. Isso porque, tanto a análise das medidas de tendência central, quanto a análise das mudanças significativas apontam para um avanço na eficiência no período e que essa melhora foi liderada pela mudança de tecnologia.

A última análise foi realizada entre 2006 e 2013 e apontou para um avanço na produtividade total dos fatores durante o período explicada pela mudança de tecnologia.

Dessa forma, nossos resultados encontraram um melhoria de eficiência mais significativa que Carvalho (2014) que analisam período similar. Já em comparação ao trabalho de Seroa e Moreira (2006) que analisa um período anterior até 2004, a diferença dos nossos resultados seria a predominância da mudança tecnológica sobre o efeito de emparelhamento.

Dessa maneira, chegamos à conclusão que o período após LNSB apresentou um progresso de eficiência, sobretudo no período entre 2010 e 2013 onde se concentrou também a expansão da fronteira do setor. Contudo observamos um nível de eficiência relativamente baixo e heterogêneo e, portanto, o avanço no período não se mostrou suficiente para mudar a realidade dos serviços de água e esgotos no país.

Essa quebra estrutural no ano de 2010 dificilmente seria atribuída ao início da vigência da LNSB que instituiu, entre outras medidas, a obrigatoriedade de atuação de agência reguladora. Isso porque sua implementação até hoje está sendo realizada e no ano de 2013 quase nenhum estado havia implementado. Outra explicação seriam os novos investimentos fomentados pelo Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), mas as características deles não são observáveis e eles não representariam, a princípio, um incremento substancial no estoque atual de estações e facilidades de saneamento.

Tudo indica que pode ter sido apenas um processo natural de aumento da eficiência. De qualquer forma, nosso estudo apenas retratou a evolução da eficiência no setor, estudos futuros poderão analisar como fatores de mercado ou regulatórios criaram ou não incentivos para essa trajetória verificada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABBOTT, M.; COHEN, B.; WANG, W. C. *The performance of the urban water and wastewater sectors in Australia. Utilities Policy*, v. 20, n. 1, p. 52-63, 2012.
2. BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. *Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis, Management Science*, v. 30, p. 1078-1092, 1984.
3. BARBOSA, A. Pode a regulação econômica melhorar o desempenho econômico-financeiro e a universalização dos serviços de águas e esgotos no Brasil? Brasília: SEAE, 2012. 67 p.
4. BOGETOFT, P.; OTTO, L. *Benchmarking with DEA, SFA and R. New York: Springer*, 2011.
5. BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm)>. Acesso em: 30 out. 2014.
6. BRASIL. Ministério da saúde. Programa de saneamento básico. Brasília: ed. MS, 2002.
7. BYRNES, J. et al. *The relative economic efficiency of urban water utilities in regional New South Wales and Victoria. Resource and Energy Economics*, v. 32, n. 3, p. 439-455, 2010.
8. CARMO, C. M. do; TAVORA JUNIOR, J. L. Avaliação da eficiência técnica das empresas de saneamento brasileiras utilizando a metodologia DEA. In: Encontro Nacional de Economia da ANPEC, n. 31, Porto Seguro, 2003. Disponível em: <<http://www.anpec.org.br/encontro2003/artigos/D32.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2016.
9. CARVALHO, A. E. C. Caminhos para a universalização dos serviços de água e esgotos no Brasil: a atuação das entidades reguladoras para indução da eficiência dos prestadores de serviços. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão Pública, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PPGP/UFRN), Natal, 2014, 140 p. Disponível em: <<http://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/16905>>. Acesso em: 03 abr. 2016.
10. CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. *Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operational Research*, v. 2, n. 4, p. 429-444, 1978.
11. ESTACHE A.; GARSOUS G.; SEROA DA MOTTA R. *Shared Mandates, Moral Hazard, and Political (Mis)alignment in a Decentralized Economy. World Development*, v. 83, p. 98-110, 2016.
12. GRIGOLIN, R. Setor de água e saneamento no Brasil: regulamentação e eficiência. São Paulo: FGV, 2007. Dissertação (Mestrado), Escola de Economia de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2007, 64 p.
13. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. (Ed.). Síntese de Indicadores Sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira 2014. Rio de Janeiro: IBGE, 2014. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv91983.pdf>>. Acesso em: 27 fev. 2016.
14. LIN C.; BERG S. V. *Incorporating service quality into yardstick regulation: an application to the Peru water sector. Review of Industrial Organization*, v. 32, n.1, p. 53-75, 2008.
15. MARINHO, A.; FAÇANHA, L. O. Programas sociais: efetividade, eficiência e eficácia como dimensões operacionais da avaliação. Texto para Discussão 787, IPEA, Rio de Janeiro, 22 p., 2001.
16. MENDONÇA, M. J.; SEROA DA MOTTA, R. Saúde e saneamento no Brasil, Planejamento e Políticas Públicas 30, p. 15-30, 2007.
17. MINISTÉRIO DAS CIDADES. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema nacional de informações sobre saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2013. Brasília: MCIDADES/SNSA, 2015. 58 p.
18. PORTELA, M. et al. *Productivity change in the water industry in England and Wales: application of the meta-Malmquist index. Journal of the Operational Research Society*, v. 62, n. 12, p. 2173-2188, 2011.
19. SALLES, M. J. Política Nacional de Saneamento: percorrendo caminhos em busca da universalização. 2008. 176 p., Tese (Doutorado) - Curso de Ciências na área de Saúde Pública, Escola Nacional de Saúde Pública - ENSP, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<http://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/2605>>. Acesso em: 27 fev. 2016.
20. SAMPAIO, B.; SAMPAIO, Y. Influências políticas na eficiência de empresas de saneamento brasileiras. Economia Aplicada, São Paulo, v. 11, n. 3, p. 369-386, jul.-set., 2007.
21. SATO, J. M. Utilização da análise envoltória de dados (DEA) no estudo de eficiência do setor de saneamento. Brasília: UCB, 2011. 43 p. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Economia Regional, Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2011.
22. SEROA DA MOTTA, R.; MOREIRA, A. *Efficiency and regulation in the sanitation sector in Brazil. Utilities Policy*. v. 14, p. 185-195, 2006.
23. SEROA DA MOTTA, R. A ausência de regulação econômica em saneamento no Brasil in SALGADO, L.H.; SEROA DA MOTTA, R. (eds) Marcos Regulatórios no Brasil: O que foi feito e o que falta fazer, IPEA, Rio de Janeiro, 2005.

24. SIMAR, L.; WILSON, P. *Sensitivity analysis of efficiency scores: how to bootstrap in nonparametric frontier models. Management science*, v. 44, n. 1, p. 49-61, 1998.
25. SIMAR, L; WILSON, P.W. *Theory and methodology: estimating and bootstrapping Malmquist index. European Journal of operational research*, v. 115, p. 459-471, 1999.
26. TUPPER, H. C.; RESENDE, M. *Efficiency and regulatory issues in the Brazilian water and sewage sector: an empirical study. Utilities Policy*, n. 12, p. 29-40, 2004.
27. WILSON, P. W. *FEAR 1.0: a software package for frontier efficiency analysis with R. Socio-economic planning sciences*, v. 42, n. 4, p. 247-254, 2008.