

---

# GOVERNANÇA DA ÁGUA: UMA AVALIAÇÃO DOS SERVIÇOS BRASILEIROS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO NOS ANOS DE 2002, 2007 E 2012

---

Igor Ezio Maciel Silva<sup>1</sup>  
Matheus Frazão Arruda Diniz<sup>2</sup>

**RESUMO:** O presente artigo realiza uma avaliação dos serviços brasileiros de abastecimento de água e esgotamento sanitário nos anos de 2002, 2007 e 2012, com base nos princípios e diretrizes da governança pública. Para isso, utilizou-se a metodologia DEA com orientação produto e o Índice de Malmquist para analisar a dinâmica de produtividade dos fatores entre os anos. Observou-se uma melhoria na produtividade em todos os períodos analisados, entretanto o período posterior a LNSB apresentou menor avanço em relação ao período anterior. Além disto, observou-se menor melhoria de produtividade no período agregado (2002-2012) do que nos dois outros períodos.

**Palavras-chave:** Abastecimento de água. Esgotamento sanitário. Governança pública. Análise envoltória de dados e Índice de Malmquist.

---

<sup>1</sup>Economista. Doutor em Economia pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Professor do Departamento de Economia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN.

<sup>2</sup> Economista. Mestre em Economia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

## 1. INTRODUÇÃO

O saneamento pode ser entendido como “o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos deletérios sobre seu bem-estar físico, mental ou social” (BRASIL, 2006, pág. 15). Em outras palavras é o conjunto de ações sobre o meio ambiente onde se encontram as populações, no intuito de garantir a salubridade propícia à proteção da saúde daqueles que ali vivem (entende-se saúde como bem-estar físico, mental e social), para isso estão envolvidos os serviços de abastecimento de água potável, coleta e disposição sanitária de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, promoção da disciplina sanitária de uso do solo, drenagem urbana, controle de doenças transmissíveis, entre outros, envolvendo de forma geral o abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza pública e drenagem pluvial (BRASIL, 2006).

A conservação e utilização racional da água não podem ser negligenciadas, pois além da indiscutível importância para a vida, há também envolvimento em todas as cadeias produtivas desde a geração de energia elétrica à diluição de efluentes sanitários. Para sua conservação são estabelecidas diversas orientações que limitam e condicionam as diversas classes de água de acordo com critérios físicos, químicos e bioquímicos, delineando minuciosamente os critérios de cada uma e evitando que a água ao retornar aos corpos receptores ultrapasse os limites estabelecidos da classe ali existente, exceto a classe especial onde não são tolerados lançamentos de água residuais, domésticas e industriais, lixo e outros resíduos sólidos. Os limites e condições para o descarte estão contidos na resolução nº 20 do CONAMA. Sendo assim qualquer água que retorne a um corpo receptor deve passar por tratamento prévio para que se encaixe dentro dos parâmetros estabelecidos nos limites e condições impostos pela lei, como cor, turbidez, odor, sabor, pH e vários outros. Desta forma fica clara a relação direta entre os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, onde a falta deste último em médio prazo irá prejudicar ou até mesmo, em casos extremos, inviabilizar o primeiro (CARRERA-FERNANDEZ; GARRIDO, 2003).

Com relação aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, tem-se como um dos principais desafios a questão da universalização do acesso aos serviços e redução da poluição doméstica e industrial (CARDOSO, 2008) ou, em outros termos, o balanceamento entre a oferta e a demanda, e a mitigação de efeitos extremos (JACOBI, 2013). A gestão das águas apresenta-se como uma questão delicada que precisa de forte atenção do setor público no intuito de reduzir o grande déficit do país, principalmente no tocante ao esgotamento sanitário e preservação da água. Nesse sentido, a governança da água aparece como um modelo de gestão baseado em uma formulação conjunta de políticas e programas ambientais que vem possibilitando o aumento na disponibilização dos serviços, a flexibilização da contratação de pessoal, a interação de atores para a realização de obras, além da prestação de serviço e atividades diversas (CAMPOS, 2002), melhorando os resultados das políticas adotadas na área.

Em 2007 com a Lei 11.445 estabeleceram-se as diretrizes e a política nacional para o setor colocando o planejamento e a avaliação como uma exigência, preenchendo um longo vazio institucional que perdurava desde o fim do PLANASA (REZENDE; HELLER, 2008). A importância desta lei para o ambiente da governança da água é evidenciada em diversos trabalhos da área como Borja (2003), Jacobi (2013), Galvão Junior *et al.* (2013), Rezende e Heller (2008), Matos (2013), Dias (2003), e vários outros, muitos deles presentes nas referências deste trabalho. Diante a evolução e expectativas quanto às melhorias no ambiente institucional promovidas pela LNBS, indaga-se qual a efetividade da mesma? Os resultados realmente melhoraram? Se sim, quanto? Qual o comportamento dos mesmos antes e após a LNSB? Qual o comportamento dos resultados em detrimento ao uso dos recursos? Partindo da hipótese que os resultados melhoraram de forma mais significativa após a LNSB, este trabalho propõe avaliar as eficiências para os serviços de abastecimento de água e esgoto sanitário em 2002, 2007 e 2012 assim como a dinâmica da mesma entre estes anos com base nos dados agregados do SNIS para prestadores de serviços de água e esgoto no intuito de verificar os resultados antes e após a lei entrar em vigor.

Para isto realizou-se pesquisa para compreender o contexto e objetivos da governança da água, em seguida buscou-se selecionar as variáveis que melhor

representavam estes objetivos aliados aos desafios impostos para os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário na atualidade para a avaliação em perspectiva mais ampla, indo além da ótica epidemiológica. A avaliação tem como base a combinação dos níveis apresentados de eficiência (uso dos recursos), eficácia (atingir os objetivos pretendidos) e efetividade (capacidade de gerar resultados, sejam eles os pretendidos ou não) (BORJA, BERNARDES, 2013). Após a escolha das variáveis, foi realizado o procedimento de *Jackstrap* para eliminação dos *outliers* (observações atípicas e possíveis erros de medidas), encontrada a eficiência para cada ano e a dinâmica de produtividade dos fatores para os intervalos de 2002-2007, 2007-2012 e 2002-2012, através da análise envoltória de dados e do índice de Malmquist, respectivamente.

Partindo de dados mais robustos após a retirada dos *outliers*, o DEA constrói uma fronteira de eficiência formada pelos melhores resultados em contraposição dos insumos e produtos de cada unidade da amostra e gera um *score* de eficiência para cada unidade avaliada tendo como referência as unidades que estão na fronteira de eficiência, sendo eficientes aqueles que obtiverem melhor produto utilizando menor quantidade de insumos, e ineficientes os que apresentem resultado contrário, as eficientes terão scores iguais a um (100%) e as unidades ineficientes terão scores diferente de um (maior que um para orientação produto e menor que um para orientação insumos), tendo estas últimas um *score* de eficiência relativa, expressando a quantidade de insumos que poderia ser reduzida ou o produto que poderia ser aumentado para que elas passem para a fronteira de eficiência gerada pelas unidades eficientes, dependendo isto da orientação do modelo (GOMES; BATISTA, 2004). Após a obtenção das eficiências das unidades é calculado o índice de Malmquist com o objetivo de avaliar a dinâmica da produtividade entre os períodos aqui estudados. O índice tem como base o produto entre dois efeitos: o efeito deslocamento e o efeito emparelhamento. Através dos mesmos pode-se afirmar se houve progresso tecnológico de um período para o outro (FERREIRA; GOMES, 2009).

Apresenta-se como diferencial a simplicidade e objetividade em abordar o assunto proposto, por tratar-se de um tema atual e de grande repercussão social, principalmente no Nordeste. A gestão dos recursos hídricos no Brasil vem sendo

negligenciada a cada Governo. Colocando uma evolução histórica tanto do setor quanto dos trabalhos relacionados à avaliação do mesmo, utiliza uma metodologia prática que, através das variáveis selecionadas, pretende realizar uma avaliação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário sobre a ótica e diretriz da Governança Pública, englobando os aspectos sociais de acesso aos serviços e de responsabilidade com uso dos recursos públicos. Além disto, foram realizados esforços para alinhar ao máximo a análise ao desafio atual do setor colocado pelos principais autores da área, o balanceamento entre a oferta e demanda e a poluição doméstica e industrial ou a universalização dos serviços e mitigação dos efeitos extremos.

Além desta introdução, o restante do artigo está dividido da seguinte forma: a segunda seção aborda a governança pública e da água, a regulação no mercado de saneamento básico, a avaliação dos serviços de saneamento e a Lei Nacional do Saneamento Básico (LNSB); a terceira seção trata da metodologia do trabalho, fundamentada na ferramenta de Análise Envoltória de Dados (DEA) e no índice de Malmquist; na quarta, os resultados obtidos são apresentados e discutidos; por fim, a última seção traz as conclusões.

## **2. GOVERNANÇA DA ÁGUA E AVALIAÇÃO DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL**

### **2.1. GOVERNANÇA PÚBLICA E GOVERNANÇA DA ÁGUA**

Para o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD, 1997), a governança pública pode ser vista como o exercício da autoridade econômica, política e administrativa para gerir os negócios de um país em todos os níveis. Seriam relativos à governança pública os mecanismos, processos e instituições através das quais os cidadãos e grupos articulam seus interesses, exercitam seus direitos legais, cumprem as suas obrigações e medeiam as suas diferenças.

PNUD (1997) indica nove princípios da Boa Governança<sup>3</sup>, dentre eles Equidade e Eficácia-Eficiência. Pelo princípio da Equidade, todos os homens e mulheres devem ter oportunidades para melhorar ou manter o seu bem-estar. Já pelo princípio Eficácia-Eficiência, os processos e instituições devem produzir resultados que atendam às necessidades ao fazer o melhor uso dos recursos.

A governança da água é um dos temas de grande destaque na atualidade. Nesse sentido, “todos os governos precisam reconhecer que a verdadeira crise da água em áreas urbanas é uma crise de governança, causada por medidas ineficazes e má gestão, não um problema de escassez” (KI-MOON, Ban – Secretário Geral da ONU, tradução MATOS; DIAS, 2013, pág. 123).

Acredita-se que o aumento da demanda e a poluição podem levar à escassez da água, e, com isso, a graves problemas no contexto da segurança, estabilidade e sustentabilidade ambiental das nações. Matos e Dias (2013) afirmam que a má gestão dos recursos hídricos pode, inclusive, gerar problemas de caráter internacional, o que justificaria a intervenção do sistema das Nações Unidas. Por sua vez, Jacobi (2013) alerta para o fato de que a gestão da água deve transcender o caráter setorial.

No Brasil, as águas não são suscetíveis ao direito de propriedade sendo categorizada como bem público de uso comum. Provavelmente, por este motivo, seu uso ocorra de forma inapropriada, muitas vezes com grandes desperdícios. Desta forma, observa-se que os dois maiores desafios da atual gestão dos recursos hídricos no Brasil é a universalização do acesso aos serviços e a redução da poluição doméstica e industrial (CARDOSO, 2008).

De acordo com Souza e Junior (2004), os modelos de gestão no Brasil podem ser divididos em três, são eles: o modelo burocrático, econômico-financeiro e o de integração participativa. O burocrático ocorre pós crise de 1929 onde houve uma gestão centralizada no Estado funcionando através de instrumentos de comando e controle, tendo como marco legal, dentro do contexto dos recursos hídricos, o Código das Águas (1934) que se prolonga até a década de 1970. A partir da abertura democrática (1980)

---

<sup>3</sup> São eles: Participação, Estado de Direito, Transparência, Receptividade, Orientação de Consenso, Equidade, Eficácia- Eficiência, Prestação de Contas, Visão Estratégica.

ocorre a transição para o modelo econômico-financeiro, baseado em um planejamento estratégico e decisões tomadas exclusivamente com base nos conhecimentos técnicos (tecnocracia), com os ideais liberais dos anos 1990 vem a surgir o modelo sistêmico baseado em uma gestão descentralizada, de planejamento partilhado, gestão participativa (possibilitando a participação da coletividade sem prejudicar os pareceres técnicos) e mantendo os instrumentos econômicos do modelo econômico financeiro (SOUZA JÚNIOR, 2004). Esse modelo sistêmico de gestão dos recursos hídricos no Brasil advém da orientação do novo modo de governar característico da sociedade em rede baseado nos princípios da governança pública, marcada pelo processo de cooperação e interação dos indivíduos de forma que estes atendam a maioria dos seus interesses.

Observa-se que os problemas associados à questão hídrica como a poluição e escassez são reflexos de uma má gestão dos recursos hídricos, associada à falta de uma boa governança hídrica. O conceito da governança da água surge em contraposição à baixa efetividade de gestão do setor e à falta de planejamento, ressaltando questões como a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos (GIRH) e qualificação das comunidades para participar dos processos decisórios. Desta forma admite-se que a maioria dos problemas associados à questão hídrica tem como núcleo a maneira como os recursos hídricos são administrados, a governança hídrica busca fazer a ligação entre as demandas sociais e o governo (JACOBI, 2009).

A governança da água vem romper o padrão do planejamento centralizado e avesso a pressões sociais elaborados pelos órgãos estatais ao dar voz aos agentes sociais diversos inseridos no uso dos recursos. Diante o objetivo de balanceamento entre a oferta e a demanda e a mitigação de efeitos extremos, a governança pode ser entendida com um processo entre tomadores de decisão e não tomadores de decisão com objetivo comum acerca do problema a ser enfrentado e a forma de gestão para água, onde a participação descentralizada e corresponsável sejam centrais (JACOBI, 2013).

Portanto, a governança da água busca criar mecanismos que possibilitem uma maior resposta a sociedade, aliando a interação entre diversos atores em relações

horizontais com a democratização das políticas públicas, fazendo com que elas não sejam desvirtuadas por direcionamentos que venham a divergir do interesse da coletividade, o que conseqüentemente eleva a eficácia, eficiência e efetividade das mesmas, este fato torna-se evidente quando se atenta para uma das funções do Estado em atender as demandas sociais. O processo de participação da sociedade mostra-se essencial na determinação e controle dessas demandas, assim como a participação de uma pluralidade de atores viabiliza a efetivação das políticas adotadas em um contexto de um tecido social complexo.

## 2.2. AVALIAÇÃO DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO NO BRASIL

Para avaliação de políticas públicas, são critérios básicos a efetividade, eficácia e eficiência. A efetividade está representada por uma relação de causalidade entre a implementação de uma política e determinada realidade social, ou seja, é a capacidade de geração de resultados de determinada política, sejam eles os esperados ou não. A eficácia está associada a alcance dos objetivos desejados, ou seja, se efetivamente o programa alcançou os resultados pretendidos, já a eficiência avalia a quantidade de esforços (recursos) empreendidos para o alcance de determinado resultado, destacando-se a distinção entre eficiência pública e a privada, onde na primeira há uma atribuição de maior peso para os resultados (benefícios sociais e redução de desigualdades, subsídios, por exemplo) em detrimento aos custos apresentados, enquanto a segunda, de modo geral, não trabalha com esta ponderação (BORJA; BERNARDES, 2013).

O objetivo geral da gestão social dos serviços de saneamento é a universalização do acesso da sociedade a água potável e ao esgoto tratado. Diante os diversos usos da água, dentre eles consumo humano, cultivo, produção de alimentos, geração de energia, transporte, lazer e outros, o grande desafio se torna disponibilizar a quantidade certa para os usuários, com boa qualidade e no momento apropriado (CARDOSO, 2008). Desta forma a ampliação da abrangência dos serviços, aumentando o abastecimento de água nas regiões de menor disponibilidade e elevando

a coleta e tratamento de esgotos principalmente nas regiões urbanas aparecem como uma questão fundamental.

Com relação à avaliação de políticas de saneamento no Brasil, as preocupações iniciais com a temática, ao final da década de 80, foram inicialmente baseadas no uso de indicadores que consideravam o impacto da atividade no campo da saúde, tendo a epidemiologia como o suporte conceitual e metodológico. Alguns autores<sup>4</sup> recentemente vêm procurando incorporar outras categorias de análise e estratégias metodológicas com campos como o das políticas públicas, epidemiologia, econômica, geografia e ciências sociais, buscando construir um corpo teórico e metodológico consistente.

### 2.3. LEI NACIONAL DO SANEAMENTO BÁSICO (LNSB) – LEI N. 11.445/2007

Alguns autores afirmam que o desempenho das companhias de saneamento no Brasil foi, por muitos anos, afetado pela falta de um ambiente que possibilitasse uma gestão satisfatória. Nesse sentido, Mota (2007) alertava para o fato de o saneamento ser um serviço que, naquele momento, era de competência do município, prestado pelo estado e financiado com recursos federais, e com participação do setor privado equivalente a 4% da população atendida. Para o autor, existia a necessidade de um marco regulatório para proteger o usuário e garantir a estabilidade das regras de operação de mercado para os concessionários de direitos monopolistas.

A Lei Nacional do Saneamento Básico (LNSB) n. 11.445/2007 “inaugura uma nova fase das políticas públicas no Brasil, onde o planejamento passa a ser uma exigência e a avaliação das ações, uma necessidade” (BORJA; BERNARDES, 2013. Pág. 538), estabelecendo as diretrizes e política nacional para o setor, responsabilização da esfera municipal e ênfase na necessidade do planejamento através da exigência dos planos municipais de saneamento.

A LNSB considera como saneamento básico o conjunto de serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água potável,

---

<sup>4</sup> Borja e Bernardes (2013) destacam alguns trabalhos que buscaram ampliar a perspectiva de avaliação incorporando outras categorias de análise e estratégias metodológicas.

esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e águas pluviais urbanas.

Dentre os serviços fornecidos pelas companhias estão o abastecimento de água e o esgotamento sanitário. O serviço de abastecimento de água é composto pela captação, adução de água bruta, tratamento de água, adução de água tratada, preservação e distribuição de água, inclusive ligação predial e medição. Entre as atividades ligadas aos serviços de esgotamento sanitário estão: a coleta (inclusive ligação predial), transporte, tratamento, disposição final de esgotos sanitários, inclusive dos lodos originários da operação de unidades de tratamento e de fossas sépticas.

Conforme termos da lei os serviços devem ser prestados com base nos seguintes princípios fundamentais (BRASIL 2009a): Universalização de acesso; Integralidade<sup>5</sup>; Abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente; Disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e de manejo das águas pluviais adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado; Adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais; Articulação com as políticas voltadas para a melhoria da qualidade de vida<sup>6</sup>; Eficiência e sustentabilidade econômica; Utilização de tecnologias apropriadas, considerando a capacidade de pagamento dos usuários e a adoção de soluções graduais e progressivas; Transparência das ações, baseada em sistema de informações e processos decisórios institucionalizados; Controle social; Segurança, qualidade e regularidade; Integração das infraestruturas e serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos.

### **3. METODOLOGIA**

Com objetivo de avaliar a eficiência relativa e a dinâmica de produtividade dos prestadores de serviços de saneamento nos anos de 2002, 2007 e 2012, utilizou-se a

---

<sup>5</sup> A Integralidade é compreendida como o conjunto de todas as atividades e componente de cada um dos diversos serviços de saneamento básico, propiciando à população o acesso na conformidade de suas necessidades e maximizando a eficácia das ações e dos resultados.

<sup>6</sup> Políticas de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de combate à pobreza, de proteção ambiental, de promoção da saúde e outras de relevante interesse sociais.

Análise Envoltória de Dados (DEA) e o Índice de Malmquist. Adicionalmente, foi aplicado o procedimento *Jackstrap*, para eliminação dos *outliers*.

A escolha do DEA deu-se diante das vantagens quanto a utilizar uma única unidade de medida resumo para mensurar a eficiência, não fazer julgamento *a priori* sobre ponderações que levariam ao melhor nível de eficiência possível (apesar de poder considerar sistemas de preferências de avaliadores e de gestores), não necessita (mas não rejeita) de sistema de preços, dispensa (mas pode acatar) pré-especificações de funções de produção subjacentes, baseia-se em observações individuais e não em valores médios, possibilita a verificação de valores ótimos de produção e de consumo respeitando restrições de factibilidade e permite a incorporação de insumos e de produtos avaliados em unidades de medidas diferentes (GOMES; BATISTA, 2004).

### 3.1. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)

DEA é um método não paramétrico, baseado em programação linear, que tem por objetivo medir a eficiência produtiva individual dentro de um grupo de unidades avaliadas. A ideia central consiste em construir uma fronteira de eficiência com base nos próprios dados das unidades de produção DMU's (do inglês, *Decision Making Units*). As unidades mais eficientes formam uma fronteira de eficiência que serve de referência para avaliação da eficiência relativa das demais.

A eficiência é medida pela razão entre as entradas (insumos/inputs) e as saídas (produtos/outputs). A unidade mais eficiente será aquela que conseguir maior produto com o menor uso de insumos (GOMES; BATISTA, 2004).

Para calcular a eficiência, considere  $X$  a matriz dos inputs, em que  $x_{ij}$  é a quantidade do insumo  $i$  na DMU  $j$ . Seja, ainda,  $Y$  a matriz dos outputs, onde  $y_{ij}$  é a quantidade do produto  $i$  na DMU  $j$ . A medida de eficiência para cada  $i$ -ésima DMU da amostra será dada pela razão entre todos os produtos e todos os insumos:

$$DMU_i = \frac{\mu \cdot y_i}{V \cdot X_i} = \frac{\mu_1 y_{1i} + \mu_2 y_{2i} + \dots + \mu_m y_{mi}}{V_1 X_{1i} + V_2 X_{2i} + \dots + V_k X_{ki}}$$

sendo  $DMU_i$  a eficiência da  $i$ -ésima DMU,  $\mu$  é um vetor ( $m \times 1$ ) de pesos nos produtos e  $V$  é um vetor ( $k \times 1$ ) de pesos nos insumos. Para retornos constantes de escala e eficiência voltada para o aumento do produto (orientação para o produto), tem-se:

$$MAX_{\mu, v} (\mu' y_i),$$

sujeito a:

$$\begin{cases} \mu' y_j - v' x_j \leq 0, & j = 1, 2, \dots, n, \\ vx_i = 1, \\ \mu, v \geq 0. \end{cases}$$

A medida de eficiência relativa é normalmente restrita à escala  $[0, 1]$ . O score 1 (100% de eficiência técnica) é atribuído à DMU quando a eficiência calculada para ela for maior que as demais, ou seja, este score é uma medida relativa (não paramétrica), pois caso todas as unidades estejam ineficientes será eficiente aquele que apresentar menor ineficiência (GOMES; BATISTA, 2004). Portanto para ambos os casos, orientação para o produto ou para os insumos, a unidade eficiente será a que obtiver eficiência igual a um (100%), e as demais terão melhor eficiência relativa quanto mais próximas estiverem de um.

Neste trabalho, será utilizado o modelo de rendimentos não crescentes de escala com orientação ao produto. A orientação a produto é baseada a ideia de que dado o nível de insumos, será mais eficiente aquela DMU que gerar maior produto. Essa escolha está em linha aos critérios de avaliação da gestão pública por parte do governo brasileiro, para os quais:

[...] a estrutura de ponderação proposta prioriza o resultado sobre o esforço. [...] a lógica desta ponderação inicial é relativamente simples e intuitiva: resultados devem valer mais que esforços. Entre situações limite hipotéticas organizações que se esforçam menos, mas alcançam melhores resultados devem ser mais bem pontuadas que organizações que se esforçam mais, mas falham em obter resultados satisfatórios (BRASIL, 2009b. Pág. 34).

### 3.2. APLICAÇÕES DO DEA PARA SANEAMENTO BÁSICO

Muitos trabalhos utilizaram a metodologia para realizar uma avaliação da eficiência dos serviços de saneamento básico, tanto no Brasil, como em outros países. Os trabalhos se diferenciam, também, com relação aos inputs e outputs considerados.

Carmo e Tavora Júnior (2003) aplicaram o DEA com orientação input para determinar o grau de eficiência das 26 companhias estaduais de saneamento básico brasileiras através do DEA segundo critérios de localização, retornos de escala e indicadores técnicos para o ano de 2000. Os inputs considerados foram mão-de-obra, volume de água produzido, volume de esgoto coletado, extensão da rede de água, extensão da rede de esgoto, e os outputs foram volume de água faturado, volume de esgoto faturado, quantidade de economias ativas de água, quantidade de economias ativas de esgoto. Como resultado, os autores verificaram que as companhias estaduais de saneamento básico, de um modo geral apresentaram bons resultados, entretanto observou-se uma ineficiência técnica mais expressiva que a de escala.

Castro (2003) buscou mensurar a eficiência gerencial de um grupo de empresas prestadoras de serviços de água e esgotos listadas no SNIS (ano base 2000). O autor usou DEA com orientação output, os inputs foram pessoal próprio, terceiros, produtos químicos, energia elétrica e tarifa média de água, e o output foi receita operacional de água. Concluiu-se que a metodologia pode ser adequadamente empregada para análise do setor e auxiliar as políticas de concessão de financiamento, oferecendo indicações iniciais para o estabelecimento de metas para melhorias.

Tupper e Resende (2004) tiveram por interesse medir eficiência relativa das companhias estaduais de água e esgoto no Brasil para o período entre 1996 e 2000 e discutir a implementação métodos regulatórios. Para tanto, foi usado DEA com orientação input. As variáveis de input foram despesas com mão-de-obra, custos operacionais e outros custos operacionais, e os outputs foram Produção de água, esgoto tratado, população servida com água e população atendida com esgoto tratado. Os autores verificaram importantes possibilidades de melhorias para as companhias, entretanto limitadas pelo quadro regulatório do período.

Motta e Moreira (2004) trataram da controvérsia em relação ao poder concedente e o dilema entre prestadores privados e os objetivos sociais mascara questões cruciais associadas ao desempenho produtivo e financeiro do setor. O modelo DEA teve orientação input, sendo dado pela variável custo operacional total, e os outputs foram produção de água fornecimento de água (em volume e conexões), coleta de esgotos

(em volume e conexões) e tratamento de esgoto. As evidências encontradas mostram é que na ausência de incentivos a eficiência os operadores dissipam o seu potencial produtivo e aplicam tarifas mais altas. Desta forma a discussão deveria se centrar em quais instrumentos deveriam ser postos em prática para criar incentivos à eficiência e aumentar a partilha de ganhos com os usuários.

Erbetta e Cave (2007) avaliaram o impacto da regulação no limite de preços colocado pela OFWAT e de outros fatores operacionais sobre a eficiência das empresas de água e esgoto na Inglaterra e no País de Gales entre os anos de 1993 e 2005, por meio de um DEA com orientação input. As variáveis de input foram mão-de-obra, outras despesas operacionais e de capital, e as de output foram volume total de água faturado, número de ligações com serviços de água, número de ligações com serviços de esgoto, volume de esgoto coletado e tratado (tradução própria). Os autores concluíram que a medida conduziu a uma redução significativa na eficiência técnica e trouxe os inputs mais próximos dos níveis de minimização de custo, tanto em uma perspectiva técnica quanto alocativa.

Hernandez-Sancho e Sala-Garrido (2009) analisaram a eficiência de estações de tratamento de água residuais como um requisito básico para melhorar o potencial de reutilização de água. Pesquisa realizada em 338 fábricas na região de Valência na Espanha com dados de 2004 (EPSAR). A orientação input foi adotada, as variáveis de input foram custos de energia, mão-de-obra, manutenção, gestão dos resíduos e outros custos, e o output foi redução de contaminantes. Verificou-se que as plantas maiores obtiveram melhores resultados, os custos de manutenção e de gestão dos resíduos são os fatores mais importantes para explicar as diferenças de eficiência. Por fim confirmou-se que o DEA é uma ferramenta muito útil para o estudo do sector de águas residuais.

Romano e Guerrini (2011) estudaram os efeitos de algumas variáveis de relevância na literatura sobre a eficiência dos serviços de abastecimento de água Italianos, ano base 2007, por meio de DEA orientado ao input. As variáveis de input foram custo dos materiais, custo da mão-de-obra, custo dos serviços e custo de locações, e os outputs foram população servida e água servida. Observou-se que a

estrutura de propriedade, tamanho e localização geográfica teve um impacto sobre o desempenho dos serviços.

Silva (2011) analisou de forma integrada o desempenho das concessionárias dos serviços de água em Portugal continental entre 2004 e 2009, não só em nível individual, como também em nível global do setor. O autor usou como inputs as despesas operacionais, custo das mercadorias vendidas e das matérias consumidas e custo com pessoal, e como outputs o número de alojamentos com serviços e área servida. Os resultados indicaram que os serviços de água evoluíram de forma favorável durante o período analisado, com alguns aspectos que carecem de melhoria como a infraestrutura de transporte da água.

Herrala *et al.* (2012) estudaram a eficiência dos serviços de água e esgoto na Finlândia, usando DEA orientado ao input. As variáveis de input consideradas foram despesas operacionais e de capital, e os outputs foram volume de água faturado, volume de esgoto tratado faturado, número de clientes com serviços de água e número de clientes com serviços de esgoto. Os resultados da pesquisa indicam uma diferença estatística entre os dois modelos de governança analisados. As empresas municipais obtiveram melhores resultados que os departamentos municipais.

Bontes *et al.* (2003) estudaram as principais metodologias e critérios de aplicação para a avaliação do desempenho das entidades fornecedoras dos serviços de saneamento básico na Colômbia, por meio de DEA orientado ao output. Os inputs foram custos totais de administração e custos totais operativos por comparação, e os outputs foram número de ligações de água, de esgoto, com micromedição, estratos 1 e 2, usuários industriais e comerciais. Tem-se ainda queixas e reclamação por faturamento, densidade (km por ligação de água), volume de água produzido, volume de esgoto vertido, volume de água e esgoto bombeado, número efetivo de estações, tamanho da rede (m<sup>3</sup>) e qualidade média da água captada. Os autores concluem que o desenvolvimento de um sistema de informação adequado é fundamental na medição do desempenho da eficiência de prestadores de serviços e a metodologia utilizada deve ser escolhida dentre a maior quantidade de possibilidades viáveis de se ponderar para que se tenha a maior segurança quanto às conclusões. Destacou-se o caso colombiano

com a utilização do DEA para estimar os níveis de eficiência relativa das empresas com intuito de elevar os níveis das mesmas.

Carvalho e Sampaio (2015) analisaram o desempenho das autoridades reguladoras na promoção da eficiência dos prestadores de serviços de água e esgoto no Brasil entre 2006 e 2011. Os autores utilizam o DEA orientado ao input, despesas operacionais e Índice bruto de perdas na rede como variáveis de input, e ligações ativas de água, ligações ativas de esgoto e volume de água faturado. Os resultados apontam para uma mudança da fronteira para um nível superior aliada a uma diminuição do scores de eficiência dos prestadores, onde foi observado que instituição do quadro regulamentos de 2007 não garantiu um melhor desempenho dos prestadores entre os anos de 2006 e 2011.

Assim como Carvalho e Sampaio (2015), o presente trabalho busca analisar o desempenho das autoridades reguladoras na promoção da eficiência dos prestadores de serviços de água e esgoto brasileiros entre os anos de 2006 e 2011, antes e após a LNSB, entretanto há algumas diferenças quanto à aplicação do modelo. Primeiramente foram consideradas as CEB's no objeto de análise e dados para os anos de 2006 e 2011, quando para este trabalho foram utilizados os dados de 2002, 2007 e 2012 e considerados os prestadores agregados presentes no SNIS (incluindo as CESB's, infelizmente os dados desagregados ainda são bastante precários mesmo sendo exigência da própria LNSB). A orientação do modelo utilizada aqui é a produto (devido as razões já explicitadas anteriormente) e, além disto, as variáveis selecionadas buscaram maior alinhamento com os desafios e objetivos colocados para o setor, destacando-se a abrangência dos serviços (atendimento a população) e responsabilidade com os recursos públicos. Onde se tem despesas operacionais, perdas de água na rede e volume de água faturado considera-se a despesa por metro cúbico faturado e onde se apresenta clientes ativos com serviços de água e esgoto utilizou-se a abrangência com os serviços colocando a cobertura dos serviços em relação à população existente. Por fim, utilizou-se o desempenho financeiro que, apesar de não demonstrar um objetivo para o setor, não deve ser negligenciado considerando a responsabilidade com os recursos públicos.

### 3.3. ABORDAGEM JACKSTRAP

Desenvolvido por Souza e Stosic (2005), a abordagem Jackstrap é utilizada para assegurar medidas robustas dos escores de eficiência para amostras com grande quantidade de observações através da identificação e eliminação de outliers, observações atípicas e possíveis erros de medidas. Essa abordagem destaca-se pois tem como base a junção do procedimento *Jackknife* e *Bootstrap*, eliminação do impacto de remoção de uma DMU sobre a eficiência das demais e cálculo dos *leverage* (poder de influência da DMU, podendo ser entendido como o desvio-padrão das medidas de eficiência antes e depois da remoção da informação) para cada DMU através de procedimento de reamostragem estocástica, respectivamente.

O primeiro passo do procedimento consiste em obter os scores dos dados originais através do DEA. Em seguida, obtêm-se subconjuntos de valores *leverage* através de um conjunto de DMU's aleatórias (usualmente utiliza-se 10%). Essa etapa é repetida  $n$  vezes e acumula-se o subconjunto de informações de *leverage* para todas as DMU's, e então, calcula-se para cada DMU:

$$l_j = \sum_{b=1}^{n_{by}} l_{jb} / n_j.$$

Por fim, calcula-se a média geral de todos os *leverage*:

$$l_j = \sum_{j=1}^k l_j / k.$$

Com a média geral dos *leverage* e de cada DMU podem ser detectados dos *outliers* através da utilização de funções de distribuição de probabilidade, onde neste estudo utilizou-se a função *Heaviside step*, dada a menor arbitrariedade e maior robustez nos dados, podendo ser representada por:

$$P(lx) = \begin{cases} 1, & \text{se } lk < l \log k, \\ 0, & \text{se } lk \geq l \log k. \end{cases}$$

Sendo  $k$  o tamanho da amostra. Para realização do procedimento utilizou-se o *software jackstrap*. Sousa e Stosic (2005) rejeitam DMU's cujos *leverage* apresentam-

se três vezes maior que a média geral de todos os *leverage* da amostra, neste trabalho adotou-se o mesmo procedimento.

### 3.4. ÍNDICE DE MALMQUIST

O Índice de Malmquist visa mensurar alterações na produtividade total dos fatores de produção. A vantagem deste índice é não prescindir de valores monetários para os insumos e produtos. A função distância “é empregada para incorporar a natureza multi-produto e multi-insumo na análise de produtividade” (FERREIRA; GOMES, 2009. Pág. 285), sem ser preciso especificar objetivos comportamentais dos agentes (minimizar custo ou maximizar lucro, por exemplo), podendo ser definida com orientação insumo, contração dos insumos dado o vetor produtos, ou orientação produto, expansão proporcional do produto dado um vetor de insumos.

Neste trabalho consideraremos apenas a função orientada do produto, desta forma para um período  $t$  a tecnologia de produção pode ser definida através do conjunto de produção  $P(x)$  que representa todo o vetor de produtos,  $y_t$ , que são obtidos através da utilização do vetor insumo  $x_t$ , conforme segue abaixo:

$$P(x) = \{y_t: x_t \text{ pode produzir } y_t\},$$

Satisfazendo as propriedades microeconômicas usuais, sendo também um conjunto fechado, limitado e convexo (MARINHO; CARVALHO, 2004).

Conforme Shepard (1970), a função distância com orientação produto para o período  $t$  denominada como  $d_0^t(x_t, y_t)$  é definida em  $P(x)$  como:

$$d_0^t(x_t, y_t) = \inf\{\delta: \frac{y_t}{\delta} \in P(x)\},$$

Sendo não decrescente em  $y_t$ , crescente em  $x_t$ , e linearmente homogênea em  $y_t$  (MARINHO; CARVALHO, 2004). Ela mede a máxima expansão proporcional do vetor de produto  $y_t$ , dado o vetor insumo  $x_t$ , de tal que forma que  $(x_t, y_t)$  ainda pertençam ao conjunto  $P(x)$ .

Färe *et al.* (1994) definem o índice de variação da produtividade total de Malmquist entre dois períodos  $s$  e  $t$  como:

$$m_0(y_s, x_s, y_t, x_t) = \left[ \frac{d_0^s(y_t, x_t)}{d_0^s(y_s, x_s)} \times \frac{d_0^t(y_t, x_t)}{d_0^t(y_s, x_s)} \right]^{1/2},$$

Onde um índice maior que 1 demonstra uma variação positiva da PTF entre os períodos analisados e menor que 1 indica variação negativa. Realizando algumas manipulações algébricas este índice pode ser reordenado e se apresentar conforme expressão abaixo:

$$m_0(y_s, x_s, y_t, x_t) = \frac{d_0^t(y_t, x_t)}{d_0^s(y_s, x_s)} \times \left[ \frac{d_0^s(y_t, x_t)}{d_0^t(y_t, x_t)} \times \frac{d_0^s(y_s, x_s)}{d_0^t(y_s, x_s)} \right]^{1/2}.$$

Através desta expressão são observados de forma separa os dois efeitos que compõem o Índice de Malmquist, os efeitos emparelhamento (*catch-up effect*) e deslocamento (*frontier-shift effect*). O primeiro é obtido através da razão entre as eficiências técnicas dos dois períodos analisados, onde para valores acima de 1 houve melhoria da eficiência técnica, igual a 1 permaneceu a mesma e maior que 1 piorou. O efeito deslocamento reflete a distância das DMU's em relação a suas respectivas fronteiras de eficiência, onde valores maiores que 1 indicam progresso tecnológico no segundo período analisado, igual a 1 demonstram a não ocorrência de mudanças e menor que 1 revela regressão tecnológica.

Resumem a interpretação dos resultados do Índice de Malmquist da seguinte forma: se  $m_0 > 1$ , então a produtividade da DMU melhorou ao longo do tempo; se  $m_0 = 1$ , então a produtividade da DMU permaneceu a mesma; e se  $m_0 < 1$ , então a produtividade da DMU piorou ao longo do tempo.

### 3.5. DADOS, VARIÁVEIS SELECIONADAS E AMOSTRA

Os dados utilizados foram obtidos a partir do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. As variáveis selecionadas do sistema foram divididas nos dois grupos de Input e Output. O Input selecionado para o presente trabalho foi: Despesa total com os serviços por m<sup>3</sup> faturado (IN003); Razão entre as despesas

totais com os serviços e o total de volume faturado de água e esgoto, expressa em reais por metro cúbico. Os outputs selecionados foram: Índice de atendimento total de água (IN055): Expressa o percentual da população atendida com os serviços de abastecimento de água, obtido através da razão entre a população total atendida com abastecimento de água e a população total do município em questão; Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água (IN056): Expressa o percentual da população atendida com os serviços de esgotamento sanitário, obtido através da razão entre a população total atendida com esgotamento sanitário e a população total do município; Indicador de desempenho financeiro (IN012): É a relação percentual entre as receitas e despesas, obtida através da razão entre a soma das receitas (receita operacional de água, receita operacional de água exportada, receita operacional direta de esgoto e a receita operacional com esgoto bruto importa) e as despesas totais com os serviços.

O input em questão foi escolhido para reduzir o impacto dos diferentes montantes aplicados pelas companhias, já que apresenta uma relação com o volume faturado. Os outputs escolhidos refletem duas perspectivas desejadas, sejam elas: o desempenho econômico financeiro e a abrangência de atendimento da população tanto dos serviços de abastecimento de água quanto de esgotamento sanitário, o primeiro deles busca refletir o caráter da eficiência e responsabilidade com uso dos recursos públicos e o segundo com a eficácia e os objetivos colocados ao setor.

A escolha de variáveis classificadas pelo SNIS como “indicadores” ao invés dos dados classificados pelo mesmo como “informações” deu-se, pois se acredita que os indicadores condensam uma perspectiva mais completa, de tal forma que ao invés de utilizar-se das despesas totais com os serviços foi selecionada as despesas totais com os serviços por metro cúbico faturado refletindo no próprio input uma relação de economicidade, quanto aos outputs, à utilização dos indicadores de abrangência demonstra por si a eficácia junto a um dos principais objetivos do setor que a universalização do acesso aos serviços e o indicador desempenho financeiro reflete a perspectiva de eficiência.

Para o presente estudo foram utilizadas as informações agregadas dos prestadores de serviços de água e esgoto. Os dados brutos obtidos do SNIS continham 684 observações para os três anos de estudo, após a retirada dos municípios que não apresentavam informações consistentes para os três anos mantiveram-se 378 observações que após o procedimento de *jackstrap* sofreu redução para 288, representando 96 para cada ano. O quadro 1 apresenta algumas estatísticas descritivas referentes à amostra:

**Quadro 1** - Estatísticas descritivas para os anos de 2002, 2007 e 2012.

Indicador	Ano	Unidade	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
IN003 - Despesa por metro cúbico com os serviços (input)	2002	R\$/m <sup>3</sup>	0,85	0,41	0,13	2,38
	2007		1,34	0,57	0,34	2,92
	2012		1,90	1,11	0,31	6,70
IN012 - Indicador de desempenho financeiro (output)	2002	%	101,18	21,32	41,00	147,50
	2007		108,78	25,22	59,22	220,94
	2012		112,68	28,75	34,49	200,74
IN055 - Abrangência com os serviços de água (output)	2002	%	89,22	12,34	48,97	100,00
	2007		92,30	11,87	45,02	100,00
	2012		91,86	11,86	36,98	100,00
IN056 - Abrangência com os serviços de esgoto (output)	2002	%	64,34	33,24	2,04	100,00
	2007		69,15	31,02	4,82	100,00
	2012		72,85	29,00	4,21	100,00

**Fonte:** Elaboração própria com base nos dados do SNIS.

Observa-se um comportamento ascendente para as médias de despesa por metro cúbico, desempenho financeiro e abrangência com os serviços de esgotamento sanitário no decorrer dos anos em contraposição a um aumento entre o primeiro e segundo período da abrangência com os serviços de abastecimento de água com pequena redução entre o segundo e o terceiro período. O desvio padrão apresentou trajetória ascendente para as despesas por metro cúbico faturado e desempenho financeiro, entretanto teve comportamento descendente para os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Com relação ao ponto de mínimo, ocorreu redução entre o segundo e terceiro período para todas as variáveis selecionadas e aumento entre o primeiro e segundo período, com exceção da abrangência com os serviços de água que sofreu redução entre estes últimos. Já o

ponto de máximo teve trajetória ascendente para a despesa por metro cúbico em todos os períodos e o indicador de desempenho financeiro sofre aumento do primeiro para o segundo período, entretanto teve redução entre o segundo e o terceiro. As abrangências com os serviços apresentaram pontos de máximo de 100% para todos os períodos.

Portanto observa-se aumento tanto na média quanto no desvio em relação a ela para as despesas por metro cúbico faturado no decorrer dos períodos, elevação no ponto de mínimo entre o primeiro e segundo e redução entre o segundo e terceiro e aumento do ponto de máximo entre os três. O desempenho financeiro teve trajetória ascendente para a média e desvio padrão nos três intervalos, aumento do ponto de mínimo e de máximo entre o primeiro e segundo e redução dos mesmos entre o segundo e terceiro. A abrangência com os serviços de água teve redução do desvio padrão em todos os períodos, aumento da média entre o primeiro e segundo e redução entre o segundo e terceiro, o ponto de máximo se manteve de 100% em todos os intervalos e o ponto de mínimo teve trajetória decrescente. Os serviços de esgotamento sanitário tiveram abrangência média ascendente, desvio padrão decrescente, elevação do ponto de mínimo entre o primeiro e segundo período e redução entre o segundo e terceiro e o ponto de máximo permaneceu de 100% para todos os intervalos.

#### **4. RESULTADOS**

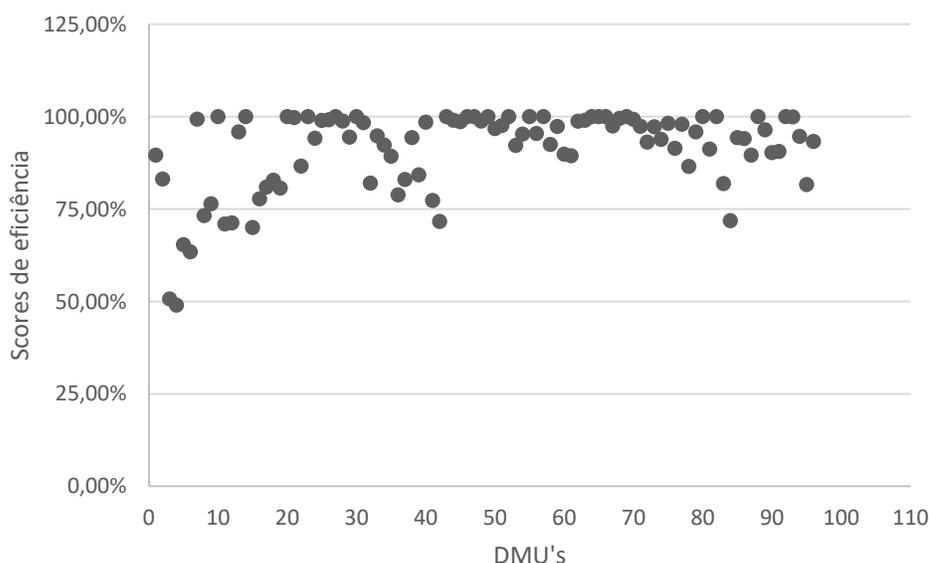
Nesta seção serão abordadas as eficiências para os três anos analisados através da utilização da Análise Envoltória de Dados após a eliminação dos *outliers*. Em seguida será exposto o Índice de Malmquist obtido, explorando os efeitos deslocamento e emparelhado visando analisar as alterações na produtividade dos fatores entre os anos.

##### **4.1. DEA**

Através do modelo de orientação produto e retornos não crescentes de escala obtiveram-se as eficiências técnicas das DMU's para os três anos, que estão

representadas nos três gráficos de dispersão que se segue. No gráfico 1, tem-se a dispersão dos scores para o ano de 2002, pode ser observada a presença de apenas uma DMU com eficiência entre 25% e 50%, nove entre 50% e 75% e oitenta e seis acima de 75%, tendo vinte e uma delas score máximo de eficiência. O score médio foi de 91,19%, desvio padrão de 11,15% e mínimo de 48,97%.

**Gráfico 1** - Eficiência técnica em 2002

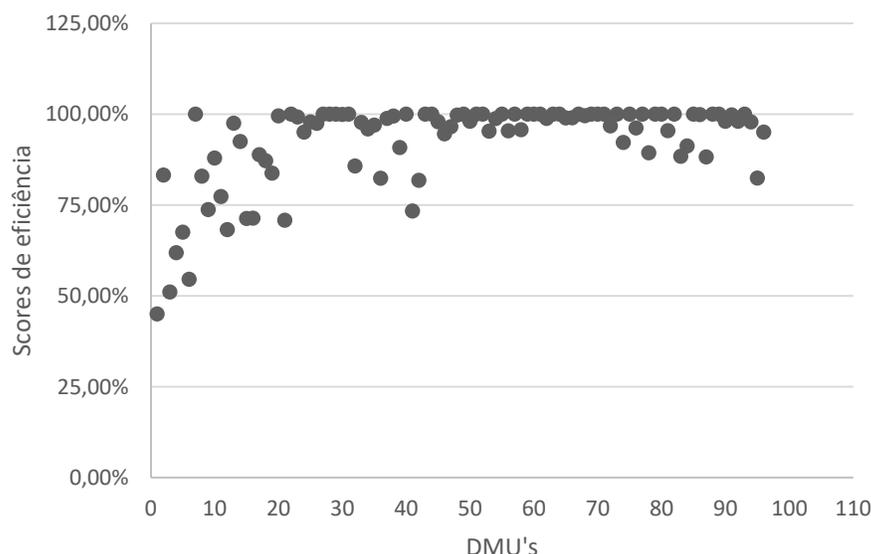


**Fonte:** Elaboração própria com base nos dados do SNIS.

O gráfico 2 apresenta a dispersão das eficiências para o ano de 2007, apenas uma DMU's apresentou eficiência entre 25% e 50%, a faixa entre 50% e 75% aumentou para dez, entretanto as unidades com eficiência acima de 75% diminuiu para oitenta e cinco, em compensação o número de eficientes subiu para trinta e três. A média e o desvio padrão aumentaram para 92,55% e 11,91%, respectivamente, e o ponto de mínimo diminuiu para 45,02%.

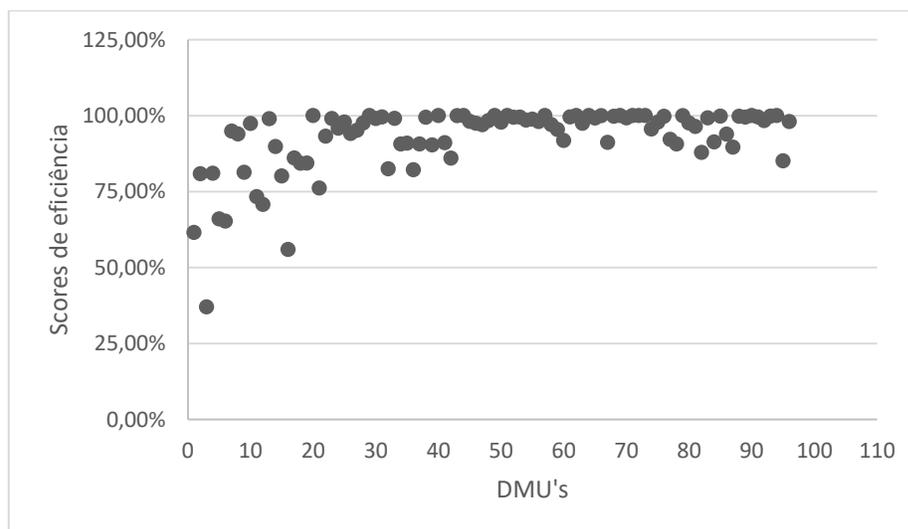
Para o ano de 2012 (figura 3), também se obteve uma DMU com eficiência entre 25% e 50%, entretanto a faixa de 50% a 75% sofre redução para seis e as unidades com eficiência acima de 75% elevou-se para oitenta e nove, sendo apenas quinze delas eficiente. A média subiu para 92,68%, o desvio padrão diminuiu para 11,00% e o ponto de mínimo baixou para 36,98%.

**Gráfico 2 - Eficiência técnica em 2007**



**Fonte:** Elaboração própria com base nos dados do SNIS.

**Gráfico 3 - Eficiência técnica em 2012**



**Fonte:** Elaboração própria com base nos dados do SNIS.

O quadro 2 abaixo resume a situação das eficiências para os três períodos. Tem-se, portanto, uma elevação da média de eficiência para os três períodos, aumento do desvio padrão entre os anos de 2002 e 2007, com retorno a valores inferiores ao de 2002 para o ano de 2012, e ponto de mínimo com trajetória decrescente em todos os períodos. Para todos os anos observou-se uma DMU com eficiência entre 25% e 50%, entre 2002 e 2007 uma DMU migrou da faixa acima de

75% para a de 50% a 75%, entretanto passou-se de vinte e uma unidades eficientes para trinta e três. Em 2012 quatro unidades tomadoras de decisão passaram da faixa de 50% a 75% para a acima de 75%, entretanto apenas quinze foram eficientes.

**Quadro 2** - Estatísticas descritivas e quantidade de DMU's por faixa para os anos de 2002, 2007 e 2012.

	2002	2007	2012
Média	91,19%	92,55%	92,68%
Desvio padrão	11,15%	11,91%	11,00%
Mínimo	48,97%	45,02%	36,98%
0-25%	-	-	-
25%-50%	1	1	1
50%-75%	9	10	6
75%-100%	86	85	89
Eficientes	21	33	15

**Fonte:** Elaboração própria com base nos dados do SNIS.

#### 4.2. VARIAÇÃO INTERTEMPORAL DA EFICIÊNCIA

Nesta secção tem-se a avaliação das variações de produtividade ao longo do tempo através da utilização do Índice de Malmquist e dos efeitos emparelhamento e deslocamento. Eles foram calculados para os períodos 2002-2007, 2007-2012 e 2002-2012, e os resultados são apresentados no quadro 3.

Em média, observa-se uma pequena melhoria da produtividade ao longo do tempo para todos os períodos ( $m_0 > 1$ ). Observam-se maiores índices para os intervalos 2002-2007 e 2007-2012 do que para o período agregado (2002-2012). Sendo o índice de Malmquist obtido através do produto entre o efeito emparelhamento e o efeito deslocamento, tem-se que tais fatos se justificam pela simultânea melhoria da eficiência técnica e do progresso tecnológico para os períodos de 2002-2007 e 2007-2012 (efeito deslocamento e emparelhamento maior que um), em contraposição a um aumento da eficiência técnica aliada a uma regressão tecnológica para o período 2002-2012 (efeito emparelhamento maior que um e efeito deslocamento menor que um). Com relação ao desvio padrão, destaca-se que em todos os casos ele apresenta intervalos de variação que não descarta a inversão dos resultados apontados.

**Quadro 3** - Índice de Malmquist, efeito emparelhamento e efeito deslocamento para os períodos 2002-2007, 2007-2012 e 2002-2012.

		Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Índice de Malmquist	2002 -2007	1,0267	0,0827	0,5753	1,2869
	2007-2012	1,0188	0,0934	0,7293	1,6351
	2002-2012	1,0033	0,0789	0,7264	1,3662
Efeito Emparelhamento	2002 -2007	1,0180	0,0876	0,5027	1,2697
	2007-2012	1,0055	0,0805	0,7242	1,3662
	2002-2012	1,0216	0,1100	0,6869	1,6537
Efeito Deslocamento	2002 -2007	1,0096	0,0243	0,9769	1,1444
	2007-2012	1,0138	0,0498	0,7090	1,2489
	2002-2012	0,9904	0,1263	0,7541	1,9891

**Fonte:** Elaboração própria com base nos dados do SNIS.

No intuito de observar a distribuição da amostra com relação aos efeitos e ao Índice de Malmquist, elaborou-se o quadro 4 que contém esta distribuição em unidades e em percentual. Para o período de 2002-2007, 21,88% das DMU's apresentaram piora de produtividade, 11,46% tiveram estagnação e 66,67% apresentaram melhoria produtiva. Para 2007-2012 o percentual de unidades com queda na produtividade subiu para 40,63%, estagnadas caiu para 2,08% e com progresso recuou para 57,29%. No intervalo 2002-2012 os resultados ficam ainda piores, apenas 38,54% apresentam melhoria produtiva, 8,33% estagnaram e 53,13% tiveram piora produtiva.

Do ponto de vista do efeito emparelhamento, observou-se que no período 2002-2007 as unidades com melhoria de eficiência produtiva chegaram a 64,58%. No período 2007-2012, a proporção de unidades com melhoria produtiva reduziu para 41,67%. Para o intervalo agregado, houve melhora para 56,25% das unidades.

Já em termos de efeito deslocamento, no período 2002-2007, houve 44,79% de progresso tecnológico. Entre 2007-2012, as unidades com progresso sobem para 66,67%. No intervalo completo entre 2002-2012, as unidades com progresso chegam apenas a 22,92% do total.

Portanto observa-se que apesar dos valores médios, o Malmquist indicou melhoria produtiva para 66,67% e piora de 21,88% da amostra para o intervalo de 2002-2007 devido principalmente ao efeito emparelhamento já que maior parte da

amostra teve estagnação ou pequeno progresso tecnológico (efeito deslocamento). Para o período 2007-2012 as unidades com melhoria produtiva caíram para 57,29% da amostra e as que obtiveram piora elevou-se para 40,63%, em boa parte devido aumento das unidades com piora de eficiência produtiva (efeito emparelhamento), já que apesar da redução das unidades com estagnação tecnológicas, elas migraram em mesma proporção (em torno de 19%) tanto para a regressão quanto para o progresso tecnológico. Finalmente no intervalor agregado entre 2002-2012, observa uma forte redução do número de unidade com melhoria produtiva, apenas 38,54%, estagnadas são 8,33% e com piora produtiva cerca de 53,13%, atribui-se como fator de maior peso para isto a elevada quantidade de unidades com regresso tecnológico (67,71%), aliada a 37,50% de DMU's com piora na eficiência produtiva.

**Quadro 4** - Distribuição da amostra com relação ao Índice de Malmquist e os efeitos que o compõe

			Maior que um	Igual a um	Menor que um
Efeito emparelhamento	2002-2007	%	64,58%	12,50%	22,92%
		unid.	62	12	22
	2007-2012	%	41,67%	10,42%	47,92%
		unid.	40	10	46
	2002-2012	%	56,25%	6,25%	37,50%
		unid.	54	6	36
Efeito deslocamento	2002-2007	%	44,79%	46,88%	8,33%
		unid.	43	45	8
	2007-2012	%	66,67%	6,25%	27,08%
		unid.	64	6	26
	2002-2012	%	22,92%	9,38%	67,71%
		unid.	22	9	65
Índice de Malmquist	2002-2007	%	66,67%	11,46%	21,88%
		unid.	64	11	21
	2007-2012	%	57,29%	2,08%	40,63%
		unid.	55	2	39
	2002-2012	%	38,54%	8,33%	53,13%
		unid.	37	8	51

**Fonte:** Elaboração própria com base nos dados do SNIS.

## 5. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, através do uso do método DEA. Adicionalmente, buscou-se verificar se a Lei 11.445 (LNSB), que preencheu o período do vazio institucional após a decadência do PLANASA, contribuiu para o aumento da eficiência, através do Índice de Malmquist.

Os resultados indicaram que houve um aumento da média da eficiência no decorrer dos anos. Em 2012, mais DMU's apresentaram eficiência superior a 75%, a média do score de eficiência foi maior, o desvio padrão foi menor do que o observado para os anos de 2002 e 2007.

Com relação à dinâmica de produtividade, ocorreram avanços em todos os períodos, entretanto com menor variação no intervalo agregado (2002-2012). Isto se deu pela simultânea melhoria da eficiência técnica e do progresso tecnológico para os períodos de 2002-2007 e 2007-2012, em contraposição a um aumento da eficiência técnica aliada a uma regressão tecnológica para o período 2002-2012.

os resultados do índice de Malmquist indicaram melhoria produtiva para 66,67% das unidades no período 2002-2007, e 57,29% no período 2007-2012. No primeiro período, a melhoria ocorreu por causa principalmente do efeito emparelhamento, já que maior parte da amostra apresentou estagnação ou progresso tecnológico. No segundo período 2007-2012, a melhora se deve ao efeito deslocamento.

Portanto, o estudo aponta para uma melhora nos resultados após a LNSB, entretanto destaca-se que ela ocorreu em menor proporção do que a apresentada para o mesmo intervalo de tempo anterior a sua vigência. Isto pode ser explicado pela redução do efeito emparelhamento entre o primeiro período e o segundo período, ou, em outras palavras, a elevação em maior proporção das despesas por metro cúbico faturado no segundo período aliada a um aumento em menor proporção dos outputs, o que levou a um aumento de menor proporção nas eficiências da DMU's para o período 2007-2012, ocasionando um menor efeito emparelhamento para o mesmo, fazendo

com que o Índice de Malmquist reduzisse entre o primeiro e o segundo período, já que o efeito deslocamento se manteve o mesmo.

Além disto, destaca-se que na análise agregada, intervalo 2002-2012, obteve-se a menor melhora produtiva, onde apesar de apresentar o maior efeito emparelhamento dos intervalos, tem-se uma regressão tecnológica observada através do resultado do efeito deslocamento menor que um, ou, em outras palavras, apesar da maior melhoria dos scores de eficiência dos intervalos ocorreu uma retração da fronteira de eficiência.

Por fim acredita-se ser pertinente para futuros trabalhos uma avaliação da dinâmica de produtividade dos fatores com um caráter regional, ou seja, visando responder quais regiões apresentaram maior influência para o resultado aqui encontrado e quais deveriam aparecer como prioritárias para as ações do Governo. Além disto, observou-se também a possibilidade de inclusão de variáveis qualitativas como amostras fora do padrão para cloro residual, coliformes totais e turbidez, entretanto estas só se mostraram disponíveis no banco de dados desagregados do SNIS que apresenta muita dificuldade nos dados, muitas vezes inviabilizando a análise, quem sabe daqui a alguns anos ocorrerá um aprimoramento dos mesmos, possibilitando melhor aproveitamento.

## REFERÊNCIAS

BONTES, A.; AGUILERA, J. C.; CORDERO, C. Avaliação de desempenho dos prestadores do setor de saneamento básico. In: GALVÃO JUNIOR, Alceu de Castro. **Regulação do saneamento básico**. Alceu de Castro Galvão Junior, Mario Augusto P. Monteiro, Alisson José Maia Melo. – Barueri, SP: Manole, 2013.

BORJA, P. C.; MORAIS, L. R. S. Indicadores de saúde Ambiental com enfoque para a área de saneamento. Parte 2 – Estudos de caso. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1-2, p. 26-38, jan./jun. 2003.

BORJA, P. C.; BERNARDES, R. S. Avaliação de políticas públicas de saneamento no Brasil. In: HELLER, L.; CASTRO, J. E. **Política Pública e gestão de serviços de saneamento**. Belo Horizonte: Editora UFMG; Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Secretaria de Recursos Hídricos. Caderno setorial de recursos hídricos**. Brasília: MMA, 2006.

\_\_\_\_\_. Confederação Nacional dos Municípios. **Saneamento Básico para Gestores Públicos**. Brasília: CNM, 2009.

\_\_\_\_\_. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Melhoria da gestão pública por meio da definição de um guia referencial para medição do desempenho da gestão, e controle para o gerenciamento dos indicadores de eficiência, eficácia e de resultados do programa nacional de gestão pública e desburocratização**. Brasília: MP, 2009b.

\_\_\_\_\_. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Indicadores de programas: Guia Metodológico**. Brasília: MP, 2010.

CAMPOS, M. B. **Mudanças na administração pública e inserção de agentes catalizadores: o caso da Fundação Luís Eduardo Magalhães**. 2002. Dissertação (Mestrado) – Escola de Administração da UFBA, Salvador.

CARDOSO, M. P. **La Gobernanza y la Garantía del Derecho al Agua - - La experiencia em Brasil y los retos a superar**. Exposición Internacional “Agua y Desarrollo Sostenible”, 2008.

CARMO, C. M.; TAVORA JUNIOR, J.L., 2003. **Avaliação da eficiência técnica das empresas de saneamento brasileiras utilizando a metodologia DEA**. In: National Meeting on Economics of the Anpec, 31, 2003.

CARRERA-FERNANDEZ, J.; GARRIDO, J. R. **Economia dos Recursos Hídricos**. Salvador: EDUFBA, 2003.

CARVALHO, A. E. C. SAMPAIO, L. M. B. 2015. Paths to universalize water and sewage services in Brazil: The role of regulatory authorities in promoting efficient service. **Util. Policy**, 34, 1e10.

CASTRO, C. E. T. **Avaliação da eficiência gerencial de empresas de água e esgotos brasileiras por meio da envoltória de dados (DEA)**. PUC, Rio de Janeiro, p. 95. Dissertação (Mestrado), Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2003.

ERBETTA, F.; CAVE, M. Regulation and efficiency incentives: evidence from the England and Wales water and sewage industry. **Rev. Netw. Econ.** 6 (4), p. 425-452, 2007.

FÄRE, R., S. GROSSKOPT, M. and Z. ZHANG. Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Change in Industrialized Countries, **American Economic Review**, 64: 66-83, 1994.

FERREIRA, C. M. C; GOMES, A. P. **Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações**. Viçosa, MG. Editora UFV. 2009.

GALVÃO JUNIOR, A. C.; MONTEIRO, M. A. P.; MELO, A. J. M. **Regulação do saneamento básico**. Barueri, SP: Manole, 2013.

GOMES A.; BATISTA. A. J. M. Análise Envoltória de Dados: conceitos e modelos básicos. In: SANTOS, M.L; VIEIRA, W.C. (Orgs). **Métodos Quantitativos em Economia**. Viçosa. UFV, 2004.

JACOBI, P. R.; SINISGALLI, P. A. **Governança da água na América Latina e Europa: atores sociais, conflitos e territorialidade**. São Paulo: Annablume, 2009.

\_\_\_\_\_, Governança da água no Brasil. In: RIBEIRO, W. C. (org.). **Governança da água no Brasil, uma visão interdisciplinar**. São Paulo: Annablume, 2009.

\_\_\_\_\_, Planejamento e participação na governança da água no Brasil e suas interfaces com a governabilidade dos serviços de saneamento. In: HELLER, L.; CASTRO, J. E. **Política Pública e gestão de serviços de saneamento**. Belo Horizonte: Editora UFMG; Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2013.

HERNÁNDEZ-SANCHO, F. SALA-GARRIDO, R. Technical efficiency and cost analysis in wastewater treatment processes: A DEA approach. **Desalination**, n. 249, p. 230-234, 2009.

HERRALA, M.E., HUOTARI, H., HAAPASALO, H.J.O. Governance of finish waterworks: a DEA comparison of selected models. **Util. Policy**, 20, p. 64-70, 2012.

MARINHO, E.; CARVALHO, R. M. Comparações inter-regionais da produtividade da agricultura brasileira — 1970-1995. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 34, n 1, 2004.

MATOS, F. DIAS, R. **Governança pública: novo arranjo de governo**. Campinas, SP: Editora Alínea, 2013.

MOTTA, S. R.; MOREIRA, A. R. B. **Efficiency and regulation in the sanitation sector in Brazil**. Trabalho apresentado na 1ª Jornada de Estudos de Regulação do IPEA, Rio de Janeiro, IPEA, 2004.

PNUD. **Governance for Sustainable Human Development**. G. Shabbir Cheema, Director Management Development and Governance Division Bureaut for Policy and Programme Support. Netw York, 1997.

REZENDE, S. C.; HELLER, L. **O Saneamento no Brasil: políticas e interfaces**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2008.

ROMANO, G.; GUERRINI, A. Measuring and comparing the efficiency of water utility companies: a data envelopment analysis approach. **Util. Policy**, 19, p. 202-209, 2011.

SOUSA, M. C. S.; STOSIC, B. Technical Efficiency of the Brazilian Municipalities: Correcting Nonparametric Frontier Measurements for Outliers. **Journal of Productivity Analysis**, 24, p. 157-181, 2005.

SOUSA, M. C. S.; STOSIC, B. Explaining DEA Technical Efficiency Scores in an Outlier Corrected Environment: The Case of Public Services in Brazilian Municipalities. **Brazilian Review of Econometrics**, 25, 287-313. 2005.

SHEPHARD, R.W. **Theory of Cost and Production Functions**. Princeton: Princeton University Press, 1970.

SILVA, J. C. M. **Análise de desempenho das entidades gestoras concessionárias dos serviços de águas em Portugal Continental**. FCT, Lisboa, p. 190. Dissertação (Mestrado), Pós-Graduação em Engenharia do Ambiente, perfil de Engenharia Ecológica, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa, 2011.

SOUSA JÚNIOR, W. C. **Gestão das águas no Brasil: reflexões, diagnósticos e desafios**. São Paulo: Peirópolis, 2004.

TUPPER, H.C.; RESENDE, M., 2004. **Efficiency and regulatory issues in the Brazilian water and sewage sector: an empirical study**. Util. Policy 12, 29e40.

Recebido em: Setembro de 2016  
Aceito em: junho de 2017