

O impacto da regulação na eficiência das prestadoras de serviço de saneamento no Brasil: uma aplicação do modelo dinâmico de redes de análise envoltória de dados

ANNE EMÍLIA COSTA CARVALHO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE (UFRN)
anneccarvalho@gmail.com

RAQUEL SAMPAIO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE (UFRN)
raquelsampaio@rocketmail.com

LUCIANO MENEZES BEZERRA SAMPAIO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE (UFRN)
lucianombsampaio@gmail.com

Introdução

No Brasil, alguns dos problemas críticos do setor de saneamento são o déficit histórico dos serviços de água e saneamento e uma operação incipiente das autoridades regulatórias brasileiras. Apesar da recente expansão, os indicadores mostram a necessidade e o espaço para ampliação e aperfeiçoamento do sistema, sobretudo nas regiões Norte e Nordeste nas quais menos da metade da população é atendida por redes de esgoto. O novo Marco regulatório destaca a indução das reguladoras sobre as prestadoras de serviço para a expansão do sistema e eficiência da operação das empresas.

Problema de Pesquisa e Objetivo

Questiona-se se o novo marco regulatório incentiva a universalização dos serviços e a eficiência das empresas reguladas, tema amplamente estudado na literatura internacional. Apesar do foco na eficiência operacional das empresas, em países como o Brasil, em que os investimentos em expansão são extremamente necessários e incentivados pelas reguladoras, estes devem ser ressaltados nas análises de eficiência. O objetivo principal é avaliar o impacto da regulação sobre a eficiência das empresas de saneamento, no Brasil.

Fundamentação Teórica

A maioria da literatura para eficiência do setor de saneamento usa modelos estáticos. Abbot e Cohen (2009) resumem os resultados dos estudos de eficiência no setor e argumentam que a relação entre eficiência e regulação tem sido pouco explorada. Para o Brasil, Ferro et al. (2014) revisam a literatura sobre eficiência para o saneamento e apontam que nenhum dos artigos considerou as variáveis regulatórias. A análise da relação entre eficiência e regulação ainda é incipiente e não tem considerado o longo prazo (Poiton e Matthews, 2016) e tão pouco a separação entre investimentos e operação.

Metodologia

Para cálculo das eficiências, o modelo foi o de Análise Envoltória de Dados dinâmico e de rede de Tone e Tsutsui (2014), para dados de 2004 a 2014, de 29 prestadores de serviço de saneamento das principais cidades brasileiras. A rede foi concebida como composta de três divisões, sendo duas de expansão e investimento nos sistemas de água e esgoto e uma de operação. Em seguida, para se verificar a relação entre as eficiências e a regulação, adotou-se um modelo de dados em painel.

Análise dos Resultados

A eficiência média estimada no tempo da divisão de operação se manteve razoavelmente estável e superior às eficiências médias das duas divisões de expansão e investimento. Entre estas últimas duas divisões, a de esgoto foi mais eficiente que a de água, mas ambas decresceram ao longo de quase todo o período de tempo. Os modelos de regressão mostram um efeito negativo da regulação quando se usa apenas o modelo de regressão múltipla mas que este efeito se torna insignificante quando se usa o modelo de dados em painel que controla para variáveis fixas ao longo do intervalo de tempo considerado.

Conclusão

A literatura que a regulação é associada e até mesmo impacta negativamente a eficiência das empresas. Este efeito negativo foi o encontrado no modelo de regressão com os dados de todos os períodos agregados, neste trabalho. Porém, os resultados de dados em painel, considerando as eficiências (geral e das divisões de investimento e operacional), mostraram que esse efeito passa a ser não significativo, isto é, a regulação não impactou as eficiências quando se controlam para os efeitos fixos ao longo do período considerado.

Referências Bibliográficas

- ABBOTT, M.; COHEN, B. Productivity and efficiency in the water industry. *Utilities Policy*, 17, 233-244, 2009.
- FERRO, G.; LENTINI, E. J.; MERCADIER, A. C.; ROMERO, C. A., 2014. Efficiency in Brazil's Water and Sanitation Sector and its Relationship with Regional Provision, Property and the Independence of Operators. *Utilities Policy* 28, 42-51.
- POINTON, C.; MATTHEWS, K. Dynamic efficiency in the English and Welsh water and sewerage industry. *Omega* 60, 98–108, 2016.
- TONE, K.; TSUTSUI, M. Dynamic DEA with network structure: A slacks-based measure approach. *Omega* 42,124–131, 2014.

O impacto da regulação na eficiência das prestadoras de serviço de saneamento no Brasil: uma aplicação do modelo dinâmico de redes de análise envoltória de dados

1. Introdução

Os serviços de abastecimento de água (SAA) e esgotamento sanitário (SES) no Brasil ainda são muito limitados: aproximadamente 15% dos domicílios brasileiros ainda não tinham rede de água e 36% não contavam com rede de esgoto, segundo dados de IBGE (2014). Este quadro não se justifica apenas pela falta de recursos financeiros. Desde 2007, por exemplo, a partir da Lei Nacional de Saneamento Básico e do Decreto Regulatório de 2010, vêm sendo disponibilizados recursos federais e financiamentos a taxas subsidiadas para as empresas, na sua maioria controladas pelos Estados, para ampliação das redes de água e esgoto.

Observando o período de um década, que compreende a ampla disponibilidade de recursos, constatam-se alguns avanços nos últimos anos, como mostram diversas estimativas do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) de variações sobre alguns indicadores, todas de 2004 para 2014: os investimentos passaram de 3.103,4 bilhões para 12.197,7 bilhões de reais, um aumento de 293%; a extensão da rede de água, de 394,2 para 586,2 km (elevação de 48,7%); a extensão da rede de esgoto, de 148,2 para 270,7 km (82,7%); as economias residenciais ativas de água, de 36.875,1 para 53.784,0 (45,9%), as economias residenciais ativas de esgoto, de 18.515,8 para 31.419,3 (69,7%) e, por fim, ainda houve redução no índice de perdas da distribuição, de 44,7% para 36,7% (queda de 18,1%).

Apesar da recente expansão, os indicadores mostram a necessidade e o espaço para ampliação e aperfeiçoamento do sistema de saneamento nacional. Destaca-se ainda que esses dados médios são amplamente dispersos e a situação é consideravelmente deteriorada em algumas regiões como o Norte e o Nordeste nas quais menos da metade da população é atendida por redes de esgoto.

Ainda é preciso que a expansão e a melhoria dos sistemas continuem para que a cobertura com WSS e SS avance para a universalização e para que as perdas de água no Brasil atinjam um nível mínimo aceitável, semelhante ao de países com mesmo grau de desenvolvimento. Considerando estudo do Banco Mundial, na análise de indicadores para definição de um bom prestador de serviços, notas máximas são atribuídas para aqueles que apresentam cobertura com abastecimento de água maior que 90%, cobertura com coleta de esgoto maior que 80% e índice de perdas menor que 10% (DANILENKI ET AL, 2014).

Mesmo nos grandes centros urbanos, a cobertura é precária. As capitais dos Estados brasileiros, por exemplo, não necessariamente investiram consideravelmente visando a universalização dos serviços, com algumas delas, inclusive observando redução percentual da população com atendimento de água e esgoto, na maioria, capitais do Norte e Nordeste. Dados do Instituto Trata Brasil (2014) evidenciam esse contraste: percentuais de atendimento de água variaram de 31,43% a 100% da população entre as capitais enquanto os percentuais da população atendida com coleta de esgoto ficaram entre 2,04% e 100%.

O novo Marco regulatório destaca a indução das reguladoras sobre as prestadoras de serviço para a expansão necessária do sistema, além de sua influência sobre a eficiência da operação das empresas. Esperava-se que o novo marco regulatório de 2007, com potencial para ampliação e fortalecimento da atuação de agências reguladoras estaduais e municipais, incentivasse a expansão do sistema em busca da universalização do mesmo; algumas destas agências, por exemplo, impõem a expansão dos sistemas e uma maior eficiência operacional como metas para os prestadores de serviços; mesmo nas capitais do país, algumas prestadoras ainda não eram reguladas até 2014.

As reguladoras que atuam nas capitais estão provavelmente entre as que tem mais infraestrutura e pessoal qualificado. Elas, mesmo sem métodos adequados, em alguns casos, impõem crescimento das taxas de cobertura e acompanham mais de perto os indicadores anuais das empresas. A decisão de investir nas redes, assim, parte das empresas, em sua maioria regionais, mas também é influenciada pelas reguladoras e pelos governos estaduais ou municipais.

Dado que após o novo marco regulatório ocorreram diversas mudanças no setor, entre elas a disponibilidade de recursos para investimentos, é natural tentar se verificar se esta regulação incentiva a universalização dos serviços, isto é, se realmente há um impacto da regulação sobre as empresas prestadoras dos serviços de água e esgoto no Brasil.

Além da expansão, um dos aspectos principais da regulação é o incentivo à eficiência das empresas reguladas. E este é tema amplamente estudado em saneamento, em diversos países. Em geral, o foco é na eficiência operacional das empresas sem destaque para o investimento em infraestrutura das mesmas - sobretudo em países nos quais o sistema já é universal. Contudo, em países como o Brasil, em que os investimentos em expansão são extremamente necessários e incentivados pelas reguladoras, estes devem ser ressaltados nas análises de eficiência.

Assim, a eficiência das empresas de saneamento pode ser avaliada de acordo com sua gestão operacional, mas também com sua capacidade de realizar os investimentos para expansão do sistema. A eficiência operacional, diretamente afetada pela regulação, é mais comumente presente na literatura; a etapa anterior a esta que seria a de investimentos em infraestrutura é menos investigada. Pode-se tentar medir o efeito da regulação sobre este investimento em capital - na expansão do sistema, necessária para a universalização do serviço no Brasil, além de seu impacto sobre a operação das empresas, considerada esta infraestrutura.

Há uma extensa literatura sobre eficiência – incluindo o uso de modelos DEA – para empresas de água e saneamento, em todo o mundo. A maioria desta usa os modelos DEA estáticos (ver Thanassoulis, 2000, e Abbot e Cohen, 2009). A revisão da literatura feita por Abbot e Cohen (2009) resume, entre outros, os resultados dos estudos de eficiência no setor e sua relação com economias de escala, economias de escopo, tipo de propriedade, e impacto da regulação. Eles argumentam que destes quatro temas, o impacto da regulação tem sido o menos explorado, com apenas sete estudos apontando para um impacto positivo no nível da produtividade e eficiência dos prestadores de serviço.

Para o Brasil, Ferro et al. (2014) revisa a literatura sobre eficiência para a indústria do saneamento. Nenhum dos artigos relacionou os resultados de eficiência a variáveis regulatórias; apenas dois dos seis estudos usou os modelos DEA. Entre eles, Motta e Moreira (2006) analisaram como a performance no setor é afetada por tipos de prestadores (considerando a propriedade e a cobertura) e quando e como a eficiência impacta o nível tarifário. Eles foram os primeiros a relacionar, para o Brasil, uma variável que está associada à regulação (níveis tarifários) aos escores de eficiência dos operadores brasileiros, contudo com o intuito de verificar possíveis impactos nos níveis tarifários.

Foram encontrados apenas três estudos, posteriores à revisão de Ferro et al. (2014), todos para o Brasil, que relacionaram regulação e eficiência no setor de saneamento, contudo apenas um deles tinha esta relação como objetivo principal.

Barbosa (2012) calculou a eficiência de empresas brasileiras com um DEA dinâmico. Seu objetivo foi desenvolver um escore de performance financeiro para os prestadores de água e esgoto e explicar esta performance através de diversas variáveis, incluindo a estrutura regulatória. Ele associou seus resultados de eficiência às variáveis regulatórias através de um modelo de equações estruturais. Seus resultados não indicaram relação entre a eficiência e as seguintes variáveis representativas da regulação: experiência da agência reguladora (anos de operação), cobertura da regulação (regional ou local), especialização da agência (regulação

apenas do saneamento ou de outros serviços). Entretanto, ele concluiu que, a estrutura regulatória de taxa de retorno apresentou relação com a eficiência das empresas.

Carvalho e Marques (2015) procuraram identificar os grupos de prestadoras de água mais eficientes no Brasil. Eles compararam as eficiências entre grupos usando o teste estatístico de Simar e Zelenyuk (2006) para determinar quando duas amostras de escores de eficiência (calculados pelo DEA) são provenientes da mesma distribuição, e, conseqüentemente, quando qualquer um dos dois grupos de DMUs é mais eficiente que o outro. O modelo DEA foi do tipo insumo compartilhado (com orientação a insumo) e com tecnologia de retornos variáveis de escala, de Banker et al. (1984). A amostra foi composta de 4.900 empresas que operaram no Brasil por 11 anos (2001 a 2011); o único insumo e os dois produtos foram, respectivamente: gasto total (em milhares de reais), volume de água potável faturado (milhares de m³), e volume de esgoto tratado (milhares de m³). Os resultados apontaram como mais eficientes as empresas que atuavam em ambos os serviços, de água e esgoto; as empresas locais; empresas com participação privada; e empresas antes da estrutura de regulação ser implementada. Em relação a este último resultado, eles argumentaram que antes da nova estrutura de regulação, as empresas de saneamento poderiam ser mais eficientes, uma vez que no curto prazo, a regulação pode exigir das empresas maiores custos para cumprir a nova legislação e que, mesmo assim, talvez essa queda de eficiência tenha sido compensada por um serviço melhor.

Este estudo de Carvalho e Marques compara as eficiências das empresas antes e depois da mudança da estrutura da regulação, em 2007. Mas, além das mudanças – sobretudo a criação de agências reguladoras – terem ocorrido em períodos diferentes após esta data, outras questões relevantes aconteceram no período e a própria eficiência geral do setor pode ter mudado ao longo do tempo.

O único estudo encontrado com o objetivo específico de relacionar eficiência à regulação foi o de Carvalho e Sampaio (2015). Eles associaram seus resultados de eficiência (calculados por um modelo DEA) e da variação dela (através do índice de Malmquist), com variáveis da regulação. A média da eficiência técnica pura foi superior entre os prestadores não regulados tanto para 2006, como para 2011, mas não houve ganho de eficiência – computado pelo índice de Malmquist – entre os dois períodos para os não regulados em relação aos regulados. Eles observaram que algumas agências reguladoras não atuaram para promover a eficiência entre estes dois períodos. Os prestadores regulados a partir de 2007 tinham agências mais ativas que os que já eram regulados antes deste ano. Neste último grupo, há evidências que a regulação contribuiu para melhorar a eficiência, uma vez que de acordo com o índice de Malmquist, os prestadores com regulação posterior a 2007 se aproximaram da fronteira de eficiência no intervalo de tempo considerado; este mesmo comportamento foi observado para os prestadores não regulados.

Na literatura internacional de eficiência para o setor de saneamento – por sinal, pequena em relação a setores semelhantes -, comenta-se do viés de capital (capex bias) e da importância de se considerar duas etapas nas medidas de eficiência das empresas do setor: a expansão dos sistemas e a operação. Esta análise da eficiência, por divisão, torna-se ainda mais importante em um sistema como o brasileiro que vem passando por forte expansão e, mesmo assim, ainda tem um déficit de serviços de água e esgoto alto.

O capital investido na expansão pode ser considerado nos modelos de eficiência de duas formas: a mais habitual e que já está em alguns artigos é avaliar a eficiência ao longo do tempo, que mesmo não destacando os investimentos, permite que o investimento de capital em um período se reflita na produtividade em outros futuros; uma segunda opção que é considerar uma estrutura de rede com a separação da Expansão/Investimento da Operação do sistema.

Pointon e Matthews (2016) observaram que os serviços de água e esgoto são caracterizados por capital indivisível e de vida útil longa e que para os serviços de saneamento da Inglaterra e País de Gales havia apenas estudos com análises estáticas de eficiência em que

se supõe que os insumos são ajustados instantaneamente. Eles mediram a eficiência dinâmica, considerando links intertemporais de capital, com dados de 1997 a 2011. Seus insumos foram: trabalho (número de empregados); outros insumos; capital (estoque de capital); e, seus produtos (ambas medidas físicas): água entregue e população equivalente servida. Para considerar mudanças na qualidade dos serviços, as medidas de produto foram ajustadas por um índice de qualidade. Assim, o capital foi considerado um insumo quase fixo, como produto contemporâneo na produção corrente e como insumo da produção passada. Seus resultados mostraram que uma alocação intertemporal inadequada de insumos quase fixos é a maior contribuição para a ineficiência.

Assim, a literatura que avalia a relação entre eficiência e regulação no setor de saneamento ainda é incipiente e não tem considerado a dinâmica, o longo prazo, que permita melhor avaliar o papel do capital (da expansão da rede de atendimento de água e esgoto). Usando o modelo DEA dinâmico para saneamento, citaram-se os trabalhos de Barbosa (2012), para o Brasil, e Poiton e Matthews (2016), para Inglaterra.

Não foram encontrados estudos para o setor que consideraram a separação dos investimentos em capital da operação das empresas, apesar da existência do modelo DEA Network Dinâmico que poderia acrescentar destaque ao papel do capital na eficiência, além da observação de análises dinâmicas presentes nos artigos citados.

No Brasil, dada a ainda necessidade de expansão das redes, é importante analisar a eficiência das empresas considerando separadamente as etapas de investimento em expansão das redes e operação. Também, ainda não se investigou diretamente a relação da eficiência das empresas de saneamento ao papel das agências reguladoras de forma adequada, que permita verificar um efeito causal da regulação sobre as eficiências da expansão e operação.

Portanto, este artigo pretende duas principais contribuições. A primeira é definir um modelo e medir a eficiência das empresas de saneamento ao longo do tempo (modelo dinâmico) que separe as duas etapas da atividade, quais sejam, investimentos em expansão (capital) e operação (modelo de rede), o que permite observar o papel dos investimentos em capital na eficiência. Para tanto, o modelo usado foi o recentemente desenvolvido Dynamic Network DEA, de Tone e Tsutsui (2014), para dados de 2004 a 2014, de 29 prestadores de serviço de saneamento das principais cidades brasileiras. A segunda contribuição é identificar, em um segundo estágio, o impacto direto da regulação sobre estas eficiências, através de um modelo de dados em painel no qual as eficiências são explicadas por uma variável dummy indicando se o provedor é regulado ou não. Para tanto, são usados dados de 2004 a 2014 quando muitas das empresas passaram a ser reguladas, o que permite o uso do modelo de dados em painel o qual controla para efeitos fixos no período.

2. Metodologia

Para mensurar as eficiências dos prestadores de serviço de água e esgoto das capitais brasileiras, foi usado o modelo DEA dinâmico de redes (Dynamic Network DEA – DNSMB DEA) de Tone e Tsutsui (2014). A escolha foi pelo modelo com tecnologia com retornos variáveis de escala (BBC), não orientado, sem pesos para os períodos considerados (isto é, considerando todo período com peso semelhante); com todos os links como livres (free links), com exceção da variável perdas de água, que foi definida como link LB (“as input” Link); todos os carry overs foram também considerados livres (free) e foram considerados os dados de 2003 como situação inicial dos carry overs.

Como não há, na literatura, um modelo de rede para saneamento, a partir da revisão da literatura para outros setores, notadamente o de energia, e da análise do setor de saneamento, incluindo conversas com técnicos da área, foi elaborado um modelo de rede com três divisões, cada uma com suas variáveis de insumos e produtos, links e carry overs. O modelo proposto

neste artigo contém duas divisões para a Expansão e Melhoria em Infraestrutura de Água e de Esgoto e uma única divisão para a Operação e Manutenção das duas atividades. Além disso, para a definição do peso de cada uma destas divisões, foram consideradas as opiniões de especialistas do setor.

A escolha destes pesos das divisões considerou que, apesar da necessidade de expansão da infraestrutura de água e esgotamento sanitário – os especialistas atribuíram maior peso aos investimentos em esgotamento sanitário dado o maior déficit atual no Brasil -, a divisão de Operação e Manutenção foi a que recebeu o maior peso na avaliação de todos os especialistas consultados uma vez que a operação do sistema e sua manutenção são o guia para qualquer prestador de saneamento. Os pesos médios foram: 0,15, 0,30 e 0,55 para Expansão e Melhoria da Infraestrutura de Água, Expansão e Melhoria da Infraestrutura de Esgoto, e Operação e Manutenção do Sistema de Água e Esgoto, respectivamente.

A Figura 1 exibe a rede (network) com as divisões internas criadas para uma empresa de saneamento, considerada verticalmente integrada. São três divisões, duas de expansão e melhoria da infraestrutura (do capital): 1) Expansão e Melhoria do Sistema de Água (SAA); 2) Expansão e Melhoria do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES); e uma operacional: 3) Operação e Manutenção do Sistema de Água e Esgoto.

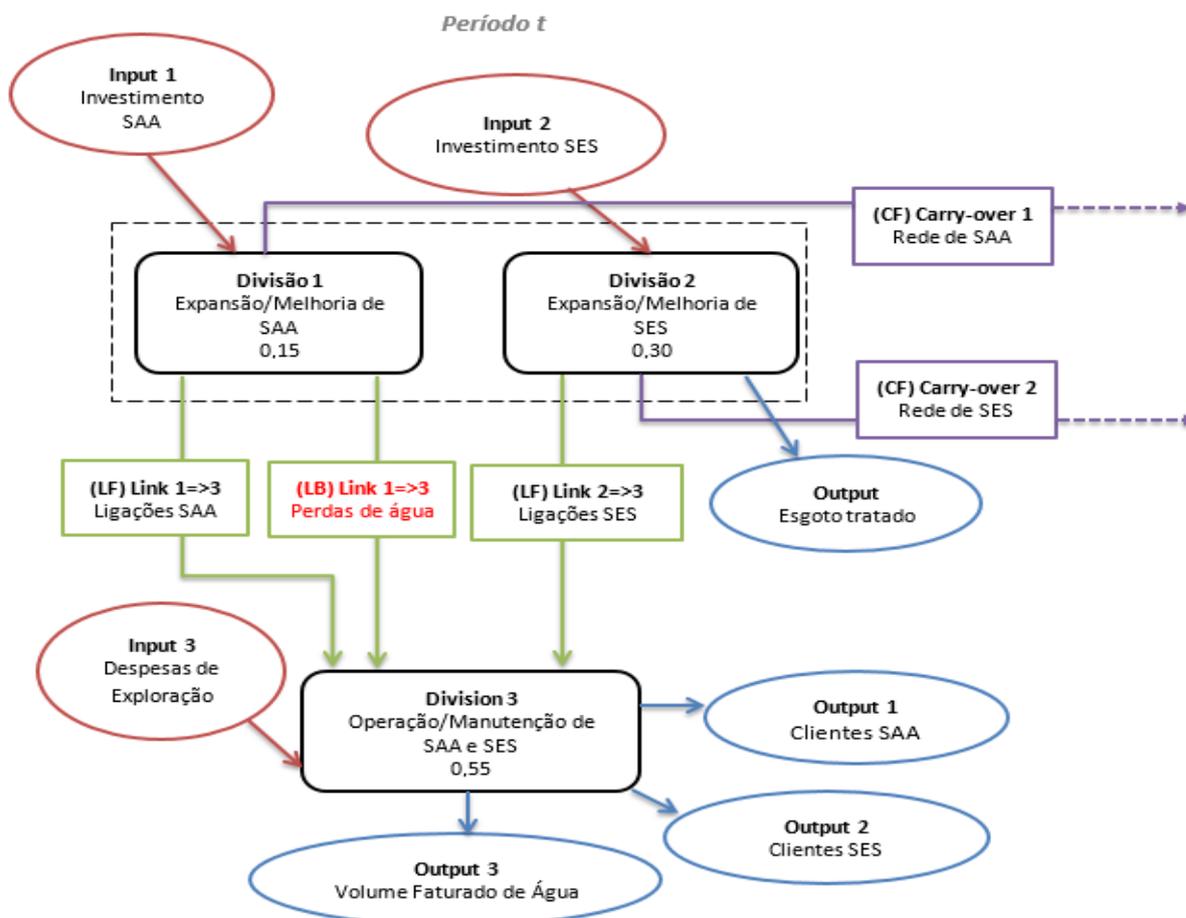


Figura 1. Modelo de rede (network model) de empresa de saneamento verticalmente integrada para um período t qualquer.

Fonte: elaboração própria.

Para melhor entendimento de cada divisão, a Tabela 1 mostra os insumos, produtos, links e carry overs, por divisão da rede proposta, assim como as unidades de medidas de cada uma das variáveis.

Tabela 1. Variáveis por divisão do modelo dinâmico de rede

	Divisão	Itens	Unidades	Código SNIS	
1	Expansão e Melhoria de SAA	Input	Investimentos em água (INVSAA)	R\$/ano	FN023
		Link	Ligações de água (LIGSAA)	Unidade	AG002
			Perdas de água (IPD)	(m ³ /(dia.km))	IN050
		Carry-over	Extensão de rede de água (REDSAA)	Km	AG005
2	Expansão e Melhoria de SES	Input	Investimentos em esgoto (INVSES)	R\$/ano	FN024
		Output	Volume de esgoto tratado (ESG)	(1,000 m ³ /ano)	ES006
		Link	Ligações de esgoto (LIGSES)	Unidade	ES002
		Carry-over	Extensão de rede de esgoto (REDSSES)	Km	ES004
3	Operação e Manutenção de SAA e SES	Input	Despesas de exploração (DEX)	R\$/ano	FN015
		Output	Clientes de água (EAA)	Unidade	AG003
			Clientes de esgoto (EAE)	Unidade	ES003
			Volume faturado de água (VFA)	(1,000 m ³ /ano)	AG011

Fonte: elaboração própria.

Os dados foram provenientes de duas fontes: aqueles das 29 empresas, para os 11 anos (de 2004 a 2014) estão disponíveis no Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS) e a situação da regulação destas empresas (ano de criação da agência de regulação para o prestador) foi observada na ABAR (2015). Dos dados do SNIS, apenas 6 ocorrências de dados ausentes: Investimento para expansão e melhoria do sistema de água e Investimento para expansão e melhoria do sistema de esgoto das empresas SANESUL, em 2004, e COSANPA, em 2009; e Volume de esgoto tratado da CAESA, em 2009 e 2010; todos foram substituídos por zero. Todos os dados financeiros foram atualizados pelo índice IGP-DI.

Além do modelo acima proposto, como análise de robustez, este foi comparado com alguns outros mais básicos: um modelo Network e um modelo DEA BBC apenas para o último ano, para se verificar as diferenças que a subdivisão da rede causa nos escores de eficiência; um modelo DEA dinâmico para o mesmo período do modelo escolhido; por fim, um modelo sem imposição de pesos para as divisões e com todos os links e carry overs livres. Todos os modelos de eficiência acima foram executados no software Solver-pro, versão 11.1.

Com os resultados de eficiência do modelo dinâmico de redes foi elaborado um modelo – de segundo estágio – para se verificar o impacto da regulação sobre estes escores de eficiência: considerando assim a variável de interesse como sendo uma dummy que assume 1 a partir do momento que a empresa passa a ser regulada, isto é, o ano em que a agência de regulação é criada, informação obtida da ABAR (2015). O modelo de painel foi o de efeitos fixos que assim controla para variáveis fixas – características das empresas, por exemplo, como propriedade, escala, etc - durante o período considerado de 2004 a 2014.

Em conjunto com o modelo acima, apresentaram-se ainda os resultados do modelo MQO, com os dados agregados e com modelos com variáveis dummies para anos.

3. Resultados

Aplicou-se o modelo DEA DNSMB para a base de dados de 29 empresas (atuantes nas capitais e no distrito federal do país) e 11 anos (de 2004 a 2014). Os resultados foram comparados aos do modelo DEA dinâmico (DSBM) e do Network para apenas um ano.

A Tabela 2 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis incluídas no modelo de eficiência, considerando todo o período de 11 anos, para as três divisões adotadas.

Tabela 2. Estatísticas descritivas das variáveis de cada divisão do modelo dinâmico de rede de eficiência.

	Expansão e Melhoria de SAA				Expansão e Melhoria de SES				Operação e Manutenção de SAA e SES			
	Input	Link		Carry-over	Input	Output	Link	Carry-over	Input	Output		
	INV SAA	LIG SAA	IPD	RED SAA	INV SES	ESG	LIG SES	RED SES	DEX	EAA	EAE	VFA
Méd	95.211.529	1.012.334	46,5	12.375	111.713.753	76.900	439.624	4.463	703.766.515	1.320.719	656.448	239.380
Min	0	25.522	9,3	539	0	0	1.716	32	16.082.347	35.760	2.681	5.340
Max	1.207.002.102	7.386.511	167,5	70.800	1.567.351.627	855.064	6.094.724	47.992	5.937.161.001	10.250.627	8.714.900	2.134.406
DP	177.768.598	1.328.049	32,5	14.770	230.620.425	144.210	989.141	8.831	1.038.774.397	1.804.849	1.407.859	374.782

A Tabela 3 mostra as eficiências calculadas, tanto para todo o período (overall) como por período.

Tabela 3. Eficiência geral e eficiência por ano para cada um dos prestadores, para o modelo Dynamic Network DEA.

DMU	Eficiência Geral	Rank	Eficiência por ano										
			2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
DESO	0.29	24	0.36	0.32	0.60	0.71	0.39	0.30	0.21	0.18	0.14	0.19	0.26
COSANPA	0.03	29	0.53	0.07	0.04	0.12	0.07	0.08	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
COPASA	0.77	7	0.35	0.39	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CAER	0.70	9	0.85	0.61	1	0.89	0.80	0.67	0.50	0.66	0.70	0.98	0.49
CAESB	0.56	11	0.51	0.58	1	1	1	1	1	1	1	0.75	0.90
AG	0.53	16	0.80	0.51	0.31	0.31	0.44	0.58	0.75	0.67	0.54	0.59	0.69
SANESUL	0.27	26	0.16	1	0.23	0.50	0.29	0.23	0.21	0.29	0.25	0.28	0.39
CAB	0.50	17	0.07	0.52	1	1	1	1	1	1	1	1	0.33
SANEPAR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CASAN	0.29	25	0.78	0.41	0.40	0.31	0.22	0.24	0.21	0.26	0.19	0.23	0.32
CAGECE	0.72	8	0.50	0.90	1	1	1	0.72	0.67	0.63	0.53	0.52	0.73
SANEAGO	0.47	18	0.36	0.56	0.60	0.63	0.45	0.38	0.44	0.42	0.36	0.54	0.62
CAGEPA	0.55	12	0.54	0.42	0.42	0.48	0.44	0.66	0.61	0.82	0.59	0.64	0.62

CAESA	0.82	5	0.40	0.62	1	1	1	1	1	1	1	0.81	0.69
CASAL	0.63	10	0.40	0.81	0.89	0.70	1	0.66	0.51	0.63	0.63	0.51	0.57
MA	0.47	19	0.28	0.27	0.35	0.66	0.47	0.62	0.68	0.60	0.34	0.66	0.65
CAERN	0.36	22	0.48	0.42	0.42	0.35	0.34	0.27	0.24	0.31	0.58	0.31	0.33
SANEATINS	0.42	20	0.73	0.39	0.38	0.53	0.58	0.39	0.31	0.44	0.36	0.43	0.42
CORSAN	0.38	21	0.65	1	0.68	0.73	0.69	0.69	0.19	0.23	0.20	0.13	0.31
DMAE	0.55	13	0.77	0.86	1	1	1	0.33	0.32	0.37	0.31	0.37	1
CAERD	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
COMPESA	0.55	14	0.88	0.77	0.82	0.78	0.48	0.45	0.36	0.77	0.36	0.31	0.52
SAERB	0.21	28	0.92	0.29	0.06	0.10	0.09	0.47	0.36	0.69	0.66	0.67	0.72
CEDAE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
EMBASA	0.77	6	0.89	0.97	1	1	1	1	1	1	1	1	0.84
CAEMA	0.33	23	0.12	0.79	0.73	0.34	0.49	0.33	0.17	0.32	0.61	0.47	0.26
SABESP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AGESPISA	0.24	27	0.28	0.36	0.42	0.58	0.41	0.38	0.10	0.16	0.10	0.18	0.24
CESAN	0.54	15	0.76	0.60	0.59	0.63	0.48	0.49	0.69	0.46	0.33	0.49	0.52

Na Figura 2 comparam-se os resultados de eficiência do modelo escolhido (DNSBM) com os do modelo dinâmico (Dynamic DEA, modelo proposto por Tone e Tsutsui, 2010), para o mesmo intervalo de tempo. Como esperado, a subdivisão da rede permite verificar ineficiências internas e computá-las no cálculo das eficiências gerais.

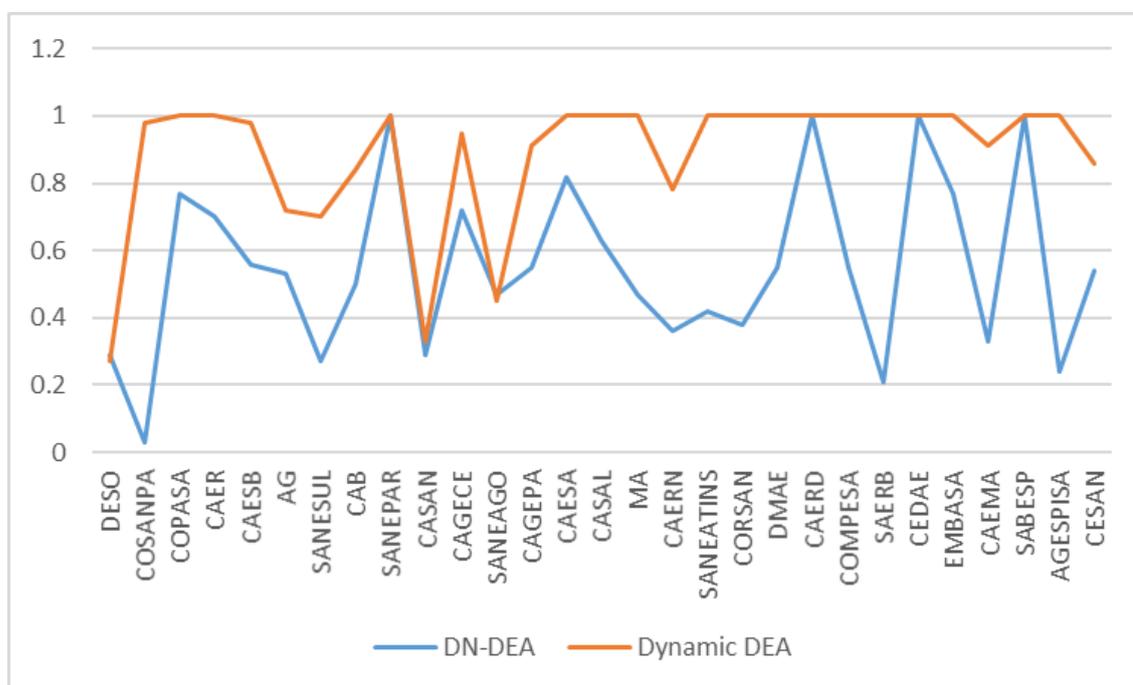


Figura 2. Resultados de eficiência do modelo dinâmico e do modelo dinâmico de rede.

Na Figura 3 são mostrados diversos gráficos com os resultados de eficiência agrupados em empresas reguladas e não reguladas. O primeiro deles compara as eficiências globais dos dois grupos; os três outros, para cada uma das divisões considerada na rede.

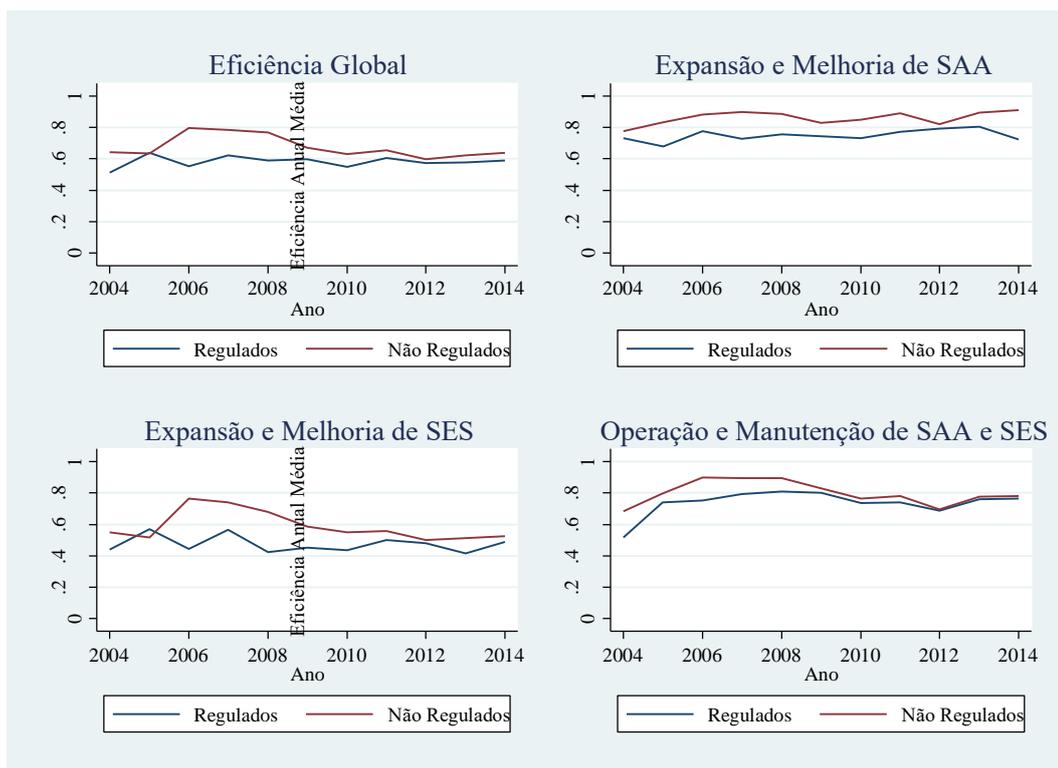


Figura 3. Comparação entre as eficiências globais e por divisões entre provedores regulados versus não regulados.

As diferenças notadas nos gráficos acima são refletidas no modelo de MQO que verifica a relação entre as eficiências (global e de cada divisão) e o status do prestador de serviço, se regulado ou não. A Tabela 4 traz os resultados dos modelos de dados em painel (EF e PD) e para o modelo de MQO.

Tabela 4. Resultados para os modelos de dados em painel e MQO da eficiência global em função de dummy de regulação.

	(1) MQO	(2) EF	(3) EF
Dregulado	-0.103*** (0.0366)	-0.0340 (0.0363)	0.00650 (0.0426)
2005.year			0.0363 (0.0487)
2006.year			0.0881* (0.0489)
2007.year			0.101** (0.0492)
2008.year			0.0581 (0.0501)
2009.year			0.0173 (0.0513)
2010.year			-0.0301 (0.0513)
2011.year			0.0171 (0.0513)
2012.year			-0.0220

			(0.0518)
2013.year			-0.0126
			(0.0518)
2014.year			0.000743
			(0.0518)
Constant	0.687***	0.644***	0.596***
	(0.0308)	(0.0246)	(0.0374)
R-squared	0.027	0.003	0.053
Robust standard errors in parentheses			
*** p<0.01, ** p<0.05, *p<0.1			

Estes resultados indicam efeitos negativos e significantes quando se usa MQO, o que, inclusive está de acordo com alguns estudos da literatura, mas que estes efeitos desaparecem nos modelos de painel (para eficiência overall).

No geral, também para as eficiências por divisão, contata-se o mesmo padrão para a eficiência global, isto é, efeito negativo em MQO mas que desaparece quando se usa os modelos com dados em painel – isto para a divisão de expansão e melhoria de esgotamento sanitário e para a divisão operacional. A exceção é a divisão de expansão e melhoria de abastecimento de água: o efeito para dummy regulado é negativo, sendo atenuado no modelo de painel, mas ainda significativa (apenas a 10%) nos modelos de EF e passando a não-significante nos de PD (Tabela 5).

Tabela 5. Modelos de regressão (MQO e painel) para explicar a eficiência em função da variável que capta a presença da regulação.

	Operação e Manutenção		Expansão/Melhoria SAA		Expansão/Melhoria SES	
	MQO	EF	MQO	EF	MQO	EF
Dregulado	-0.0581**	-0.00348	-0.102***	-0.0513*	-0.133***	-0.00163
	(0.0263)	(0.0348)	(0.0273)	(0.0306)	(0.0473)	(0.0621)
2005.year		0.150***		0.0153		0.0255
		(0.0397)		(0.0350)		(0.0709)
2006.year		0.207***		0.0780**		0.109
		(0.0399)		(0.0351)		(0.0712)
2007.year		0.217***		0.0566		0.138*
		(0.0402)		(0.0353)		(0.0717)
2008.year		0.217***		0.0591		0.00928
		(0.0408)		(0.0360)		(0.0730)
2009.year		0.186***		0.0265		-0.0243
		(0.0418)		(0.0368)		(0.0747)
2010.year		0.120***		0.0215		-0.0440
		(0.0418)		(0.0368)		(0.0747)
2011.year		0.127***		0.0615*		0.00439
		(0.0418)		(0.0368)		(0.0747)
2012.year		0.0672		0.0597		-0.0269
		(0.0422)		(0.0372)		(0.0754)
2013.year		0.142***		0.0870**		-0.0720
		(0.0422)		(0.0372)		(0.0754)
2014.year		0.145***		0.0290		-0.0137
		(0.0422)		(0.0372)		(0.0754)
Constant	0.804***	0.627***	0.855***	0.780***	0.603***	0.513***
	(0.0220)	(0.0305)	(0.0195)	(0.0269)	(0.0382)	(0.0545)
R-squared	0.016	0.166	0.038	0.048	0.025	0.053
Robust standard errors in parentheses						
*** p<0.01, ** p<0.05, *p<0.1						

Nota-se que ainda não foram incluídos alguns controles para características das empresas ou ambiente que variaram ao longo destes 11 anos, além de dummies por ano.

No geral, mostra-se que com um modelo de identificação apropriado não se observa impacto da regulação nas eficiências das empresas de saneamento, tanto operacionalmente como na divisão de investimentos.

4. Conclusões

Este trabalho propôs um modelo de rede dinâmico para se avaliar a eficiência dos prestadores de serviço de saneamento das principais cidades brasileiras, isto é, que atuam nas capitais do país. E, em seguida, fez uso destas eficiências ao longo do tempo para se verificar o impacto da regulação sobre estas. A restrição da base de dados às empresas atuantes nas principais cidades elimina parte da heterogeneidade que há entre as mais de quatro mil empresas atuantes nos mais diversos municípios do país, com escala e escopos diferentes e muitas vezes ainda sem qualquer regulação. As grandes empresas consideradas, todas ofertando os serviços de água e esgoto, estão sob maior possibilidade de controle efetivo por agências de regulação.

A partir da literatura e do estudo do setor, com consulta a especialistas de empresas do setor, definiram-se as características de um modelo de eficiência de rede dinâmico, com três divisões (duas para investimentos em expansão e melhoria das infraestruturas de água e esgoto e uma para a operação e manutenção dos serviços de água e esgoto), seus insumos e produtos, links e carry overs. O modelo permite observar a importância dos investimentos - uso de capital para expansão da infraestrutura de água e esgoto - na eficiência das empresas, independentemente da eficiência operacional. Ambos os objetivos – ampliação da infraestrutura e eficiência operacional – costumam compor as metas estabelecidas por agências reguladoras.

Os resultados de eficiência do modelo de rede (network model) apontam para um crescimento da eficiência (geral) ao longo dos anos. A comparação visual das eficiências ao longo do período (de 2004 a 2014) mostra que podem haver diferenças, por divisões, entre as empresas reguladas e não reguladas.

Estimações de modelos de MQO simples, para um período e, muitas vezes, sem os controles apropriados, sugerem que a regulação é associada, ou em alguns artigos, até mesmo impacta negativamente a eficiência das empresas. Este efeito negativo foi o encontrado no modelo MQO com os dados de todos os períodos agregados neste trabalho. Porém, os resultados de dados em painel, considerando as eficiências (geral e das divisões de investimento e operacional) mostraram que esse efeito passa a ser não significativo, isto é, a regulação não impactou as eficiências (geral e das divisões) quando se controlam os efeitos fixos do período considerado.

Trabalhos futuros podem aprofundar esta análise ao levar em conta características da regulação feita pelas agências, como os tipos de normas elaboradas e os diferentes modelos de regulação. Eventualmente, pode-se sugerir aperfeiçoamentos dos modelos de regulação vigentes.

Referências

ABBOTT, M.; COHEN, B. Productivity and efficiency in the water industry. *Utilities Policy*, v. 17, p. 233-244, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS AGÊNCIAS DE REGULAÇÃO - ABAR. *Saneamento básico: regulação 2015*. Brasília: Ellite Gráfica e Editora, 2015. 72 p.

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.

BRASIL, Decreto n. 7.217, de 21 de junho de 2010. Regulamenta a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007 e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7217.htm>. Acesso em: 30 set. 2011.

BRASIL, Lei n. 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm>. Acesso em: 30 set. 2011.

CARVALHO, A. E. C.; SAMPAIO, L. M. B. Paths to universalize water and sewage services in Brazil: The role of regulatory authorities in promoting efficient service. **Utilities Policy** 34 (2015) 1-10.

CARVALHO, P.; PEDROC, I.; MARQUES, R. C. The most efficient clusters of Brazilian water companies. **Water Policy** 17(5):902, 2015.

DANILENKI, A.; BERG, C. van den; MACHEVE, B.; MOFFITT, L. J. The IBNET Water Supply and Sanitation Blue Book 2014: the international benchmarking network for water and sanitation utilities databook. Washington: World Bank, 2014. 169 p.

FERRO, G.; LENTINI, E. J.; MERCADIER, A. C.; ROMERO, C. A., 2014. Efficiency in Brazil's Water and Sanitation Sector and its Relationship with Regional Provision, Property and the Independence of Operators. **Utilities Policy** 28, 42-51.

IBGE, 2014. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD 2014. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/pnad/pnadpb.asp?o=3&i=P>>. Acesso em: 04 jun. 2016.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Ranking do saneamento. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-4>>. Acesso em: 04 jun. 2016.

MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2016. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Sistema nacional de informações sobre saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos —2014. Brasília: MCIDADES/SNSA. 212 p.

MOTTA, R. S. da; MOREIRA, A. Efficiency and regulation in the sanitation sector in Brazil. **Utilities Policy**. v. 14, p. 185-195, 2006.

POINTON, C.; MATTHEWS, K. Dynamic efficiency in the English and Welsh water and sewerage industry. **Omega** 60(2016)98–108.

THANASSOULIS, E. DEA and its use in the regulation of water companies. **European Journal of Operational Research**, v. 127, p. 1-13, 2000.

TONE, K.; TSUTSUI, M. Dynamic DEA: A slacks-based measure approach. **Omega** 38(2010)145-156.

TONE, K.; TSUTSUI, M. Dynamic DEA with network structure: A slacks-based measure approach. **Omega** 42(2014)124–131.