

---

---

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

---

---

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: *(datado eletronicamente)*

---

## **Nota Técnica 1/2022 – DRE/CES**

Metodologia de Fator-X: Compartilhamento de ganhos de produtividade

---

---

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

---

---

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: (datado eletronicamente)

---

**Sumário**

1. Contexto .....	3
2. Introdução.....	4
3. Referencial Teórico.....	6
3.1. ARSESP: 3ª Revisão Tarifária Ordinária.....	8
3.2. ARSAE: 2ª Revisão Tarifária Periódica.....	11
3.3. ADASA: 3ª Revisão Tarifária Periódica.....	13
3.4. AGEPAR: 1ª Revisão Tarifária Periódica.....	15
4. Metodologia Proposta.....	17
5. Resultados Obtidos .....	24
6. Conclusão.....	34

---

---

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

---

---

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: *(datado eletronicamente)*

---

## 1. Contexto

O marco regulatório do saneamento básico, instituído pela Lei Federal nº 11.445/2007, alterado pela Lei Federal nº 14.026/2020, em seu art. 22 define como um dos objetivos da regulação a definição de tarifas que assegurem tanto o equilíbrio econômico-financeiro dos contratos quanto a modicidade tarifária, por mecanismos que gerem eficiência e eficácia dos serviços e que permitam o compartilhamento dos ganhos de produtividade com os usuários. Além disso, em seu art. 23 é previsto para as entidades reguladoras a edição de normas relativas às dimensões técnica econômica e social da prestação desses serviços, os quais envolverão, dentre outros aspectos, os relacionados a fixação, reajuste e revisão tarifária.

Nesse sentido, a Lei Complementar Estadual nº 222/2020, lei de regência institucional da Agepar, prevê, em seu art. 6º, inciso XXIII, que cabe à Agepar desempenhar as competências previstas na Lei Federal nº 11.445, de 2007 para regulação e fiscalização dos serviços de saneamento básico. Assim, a regulação e a definição das tarifas dos serviços de saneamento, dentre eles, os referentes a água e esgoto prestados pela Sanepar, são de competência da Agepar.

Na 1ª Fase da 2ª RTP foi calculado o Fator-X, de forma preliminar, com base na metodologia adotada no primeiro ciclo tarifário. Os resultados dos cálculos são apresentados na Nota Técnica 001/2020, a qual também sugeriu como “futuras análises” a reavaliação das premissas e da metodologia do Fator-X para quando da 2ª Fase da 2ª RTP.

Assim, o conteúdo desta Nota Técnica contém os resultados dos trabalhos do relatório 1.1.5 do Contrato nº 4.665/2021 firmado entre a Agepar e a empresa LMDM

---

---

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

---

---

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: (datado eletronicamente)

---

Consultoria Ltda. para auxílio à Agência nos trabalhos da 2ª Fase da 2ª Revisão Tarifária da Sanepar. O estudo contou com análises de benchmarking nacional, avaliação do contexto regulatório em que se insere a Sanepar, e ainda, foi desenvolvido a partir das diretrizes e avaliações da Agepar.

O Fator-X, que se trata de um percentual a ser aplicado juntamente com os processos de reajustes anuais da SANEPAR, vislumbra o compartilhamento de ganhos de produtividade da empresa com os usuários. A metodologia proposta e o resultado apurado com a sua aplicação é descrita na sequência.

## 2. Introdução

A prestação de serviços de saneamento (abastecimento de água e esgotamento sanitário) é um benefício social, garantido constitucionalmente e que, para ser realizada com o nível de qualidade adequado, exige elevado nível de investimento em infraestrutura, de custos operacionais e de *know how*. Além disso, o acesso à água potável em quantidade suficiente e a um custo acessível é um direito de todo ser humano. Para equilibrar os conceitos de universalidade do serviço e qualidade com modicidade tarifária, é fundamental que os prestadores de serviços de saneamento operem seus sistemas de forma eficiente.

Em um contexto de revisão tarifária, em particular com metodologia *price cap*, é ainda mais relevante estabelecer quais são os potenciais ganhos de eficiência que o prestador será capaz de obter ao longo do tempo, de modo que estes ganhos possam ser compartilhados com os usuários e que os prestadores estejam

---

---

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

---

---

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: (datado eletronicamente)

---

devidamente incentivados a buscar tais ganhos, ou seja, estejam constantemente em busca de ganhos de eficiência individual.

Cabe uma observação, no sentido de que a avaliação de ganhos de eficiência não pode ser feita de forma isolada, sem a mensuração e acompanhamento do nível de qualidade da prestação – o regulador deve exigir ganhos de eficiência que sejam viáveis com a manutenção da sustentabilidade econômico-financeira da prestação e com a manutenção da qualidade adequada dos serviços.

Assim, no contexto de revisão tarifária do prestador de serviço de saneamento, é importante mensurar quais os ganhos de produtividade esperados para o próximo ciclo tarifário. Estes ganhos devem ser compartilhados com os consumidores, gerando modicidade tarifária. Porém, é importante que o modelo permita ao prestador manter parte dos ganhos obtidos ao longo do tempo, de modo que siga incentivado à busca da eficiência.

O componente tarifário que tem como objetivo medir o aumento de eficiência e produtividade do prestador e compartilhá-lo com o consumidor é conhecido como Fator X. Seu cômputo pode se dar através de diversas metodologias, sendo essencialmente divididas em dois grandes grupos conforme sua abordagem, *backward looking* e *forward looking*. Os métodos de abordagem *forward looking* buscam fazer a projeção do aumento da produtividade, por outro lado as metodologias *backward looking* olham para o histórico de ganhos de produtividade da prestadora ou do setor na qual ela opera.

---

---

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

---

---

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: *(datado eletronicamente)*

---

Assim, apresenta-se a seguir a descrição da metodologia proposta para o cálculo do Fator X para a SANEPAR.

### 3. Referencial Teórico

Serviços de utilidade pública, como os de saneamento básico e distribuição de energia, geralmente, possuem custos fixos muito altos e um custo marginal baixo para oferecer o serviço<sup>1</sup>. Esse formato caracteriza estes serviços como monopólios naturais. Em função desta estrutura, estes monopólios não estão sujeitos à concorrência de mercado, assim, se justifica a intervenção pública para prevenir que o preço praticado não seja o máximo de monopólio, mas sim o mais próximo daquele que seria praticado em situação de concorrência. Esse é o conceito básico que explica a necessidade de regulação tarifária, de modo que seja possível garantir o processo de universalização do serviço.

O Fator X é, usualmente, adotado como um instrumento que incentiva a redução de custos capturando parte dos ganhos de produtividade esperados entre Revisões Tarifárias Periódicas. A metodologia costumeiramente adotada para aplicação do Fator X envolve sua determinação como redutor do Índice de Reposicionamento Tarifário anual. Formalmente, segundo Viscusi, Harrington e Sappington (2018):

$$P=I-X$$

---

<sup>1</sup> Varian, H., R. Microeconomia: Uma Abordagem Moderna. Ed.9. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

---

---

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

---

---

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: (datado eletronicamente)

---

Em que:

$P$  = taxa de crescimento dos preços da firma em questão;

$I$  = variação da inflação;

$X$  = Fator X.

Tal mecanismo foi proposto em 1984 para ser aplicado na regulação de setores públicos por Stephen Littlechild, no Reino Unido, no contexto da regulação por *price cap*.

O cálculo das estimativas dos ganhos esperados de produtividade para o Fator X pode se dar por duas abordagens, como já mencionado: *forward looking* e *backward looking*, a primeira prospectiva e a segunda histórica.

A abordagem prospectiva consiste em projetar os ganhos de eficiência futuros para o cálculo do Fator X. Já na abordagem histórica, estima-se os ganhos de produtividade da empresa e/ou setor a partir da evolução da produtividade histórica. O uso da metodologia prospectiva exige um profundo conhecimento operacional da empresa em análise e do próprio setor, de modo que seja possível estimar a variação de produtividade esperada a partir do ganho de eficiência da empresa, a evolução dos ganhos de escala e as mudanças tecnológicas do setor. Por essa razão, em geral, se adota uma abordagem baseada nos ganhos de eficiência históricos, considerando que estes poderão ser replicados nos próximos anos.

---

---

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

---

---

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: (datado eletronicamente)

---

Uma das formas mais utilizadas para medir o ganho de produtividade é o conceito de Produtividade Total dos Fatores (PTF). A PTF mede a relação insumo-produto ao longo do tempo e pode ser calculada através da aplicação de índices, tais como *Tornqvist* e *Malmquist*.

Na sequência serão apresentadas as metodologias de Fator X aplicadas por algumas das principais agências reguladoras nacionais no setor do saneamento básico.

### **3.1. ARSESP: 3ª Revisão Tarifária Ordinária**

A metodologia adotada pela Agência Reguladora de Serviços Públicos do Estado de São Paulo (ARSESP) segue uma série de passos que aborda uma combinação das perspectivas *backward looking* e *forward looking*. Os passos para o cálculo do Fator X são os seguintes:

- a) Estima-se a tarifa de equilíbrio considerando que o nível de eficiência inicial se mantém ao longo do ciclo tarifário;
- b) Recalcula-se a tarifa de equilíbrio, porém agora inclui-se no OPEX os ganhos de eficiência anuais que serão transferidos aos usuários do sistema.

Os ganhos de eficiência anuais são calculados com base no ganho histórico de produtividade setorial, estimado pela aplicação de um índice de Malmquist. Este processo pode ser resumido pela seguinte equação que segue abaixo:

---

---

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

---

---

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: (datado eletronicamente)

---

$$\frac{\sum_{t=1}^4 P_{0ef} * V_t}{(1 + r_{wacc})^t} = \frac{\sum_{t=1}^4 P_0 * (1 - X)^{t-1} * V_t}{(1 + r_{wacc})^t}$$

Em que:

$P_{0ef}$  = tarifa de equilíbrio que considera os ganhos de eficiência no OPEX para o ciclo tarifário;

$P_0$  = tarifa de equilíbrio que considera os níveis de eficiência iniciais constantes para todo período do ciclo tarifário;

$V_t$  = volume faturável total no ano t (soma dos volumes de água e esgoto);

$r_{wacc}$  = WACC da Sabesp no ciclo tarifário;

$X$  = Fator X.

A primeira etapa para determinar os ganhos históricos de produtividade envolve a determinação de uma fronteira de eficiência para o mercado de saneamento. A fronteira de eficiência é calculada através de um modelo de Análise Envoltória de Dados (DEA). O modelo possui orientação a insumos (ou seja, considera que o setor otimiza sua produtividade reduzindo os insumos utilizados no processo produtivo) e, na amostra usada para estimá-los, estão as prestadoras de serviços de saneamento básico nacionais, de abrangência regional. Tal amostra é obtida a partir da base de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). As variáveis utilizadas para construção da fronteira são:

---

---

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

---

---

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: *(datado eletronicamente)*

---

- Custos Operacionais (insumo, sendo todas as demais variáveis de produto);
- Perdas (l/ligação/dia) – especificamente para esta variável, considerando que se trata de um produto indesejável, o modelo a considera como uma variável de insumo, o que seria equivalente, a considerá-la como uma variável de produto com sinal negativo;
- Ligações de água;
- Ligações de esgoto;
- Economias de água;
- Economias de esgoto;
- Volume medido de água;
- Volume de esgoto coletado;
- Volume de esgoto tratado.

Para avaliação do nível de eficiência, a ARSESP, ainda, faz um ajuste nos escores do modelo, a fim retirar o viés dos cálculos. Por fim, a ARSESP calcula o ganho de produtividade, utilizando a decomposição do índice de Malmquist entre dois períodos, de modo que é possível a estimação dos ganhos de eficiência tecnológica, para além dos ganhos de eficiência individual das empresas e os ganhos com escala. O regulador considera, para efeito de estimativa do Fator X, apenas os ganhos de eficiência tecnológica, assumindo que o tratamento previamente realizado no histórico do OPEX seria suficiente para não aplicação dos demais componentes de produtividade.

---

---

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

---

---

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: *(datado eletronicamente)*

---

### 3.2. ARSAE: 2ª Revisão Tarifária Periódica

Para a realização da 2ª Revisão Tarifária Periódica da COPASA, a ARSAE optou por realizar o cálculo do Fator X através da decomposição do índice de Malmquist. Este índice compara o ganho de produtividade da prestadora de serviços em dois instantes diferentes no tempo. De acordo com a nomenclatura utilizada pela Agência, o índice pode ser decomposto nos dois seguintes efeitos:

- a) Efeitos de emparelhamento;
- b) Deslocamento da fronteira de eficiência.

$$M_0 = (\text{emparelhamento}) * (\text{deslocamento de fronteira})$$

O emparelhamento mede a aproximação ou afastamento de um prestador da fronteira de eficiência e, na literatura, também é chamado de eficiência pura ou individual. A equação do emparelhamento fica:

$$\text{Emparelhamento} = \frac{\theta_0^t(x_0^t, y_0^t)}{\theta_0^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})}$$

Em que:

$\theta_0^t(x_0^t, y_0^t)$  = eficiência no período  $t_0$ ;

---

---

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

---

---

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: (datado eletronicamente)

---

$\theta_0^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1}) = \text{eficiência no período } t+1.$

Dada a razão entre as eficiências em cada instante no tempo pode-se realizar a seguinte interpretação do resultado do índice descrito acima: caso o resultado da divisão seja menor que 1, o prestador melhorou sua eficiência entre os períodos supracitados, se for maior que 1 a eficiência piorou entre os dois períodos.

A medida de deslocamento da fronteira, ou ganho tecnológico, como também é chamada na literatura, mostra o aumento de produtividade setorial. O deslocamento da fronteira é dado por uma média geométrica da multiplicação entre duas razões, a primeira diz qual a eficiência no período t+1 em relação a t, dada a tecnologia presente em t, a segunda mede no numerador a eficiência técnica em t+1, com a tecnologia em t, e no denominador a eficiência em t com tecnologia em t. Formalmente:

$$\text{Deslocamento} = \left[ \frac{\theta_0^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1}) \theta_0^{t+1}(x_0^t, y_0^t)}{\theta_0^t(x_0^{t+1}, y_0^{t+1}) \theta_0^t(x_0^t, y_0^t)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Em que:

$\theta_0^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1}) = \text{eficiência com tecnologia e insumos no período } t+1;$

$\theta_0^{t+1}(x_0^t, y_0^t) = \text{eficiência com tecnologia em } t+1 \text{ e insumos em } t;$

$\theta_0^t(x_0^{t+1}, y_0^{t+1}) = \text{eficiência com tecnologia em } t \text{ e insumos em } t+1;$

$\theta_0^t(x_0^t, y_0^t) = \text{eficiência com tecnologia e insumos em } t.$

---

---

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

---

---

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: (datado eletronicamente)

---

### 3.3. ADASA: 3ª Revisão Tarifária Periódica

O Fator X calculado pela ADASA é decomposto em três parcelas distintas a serem somadas, similar ao modelo adotado pela ANEEL, regulador do setor de energia elétrica no Brasil, um dos primeiros a discutir mais profundamente o uso de métricas de ganho de produtividade e eficiência nos setores de infraestrutura no país.

No caso da ADASA, a primeira parcela trata de eficiência operacional, a segunda aborda a questão da qualidade dos serviços prestados pela Companhia, e a terceira se refere à eficiência hídrica. Assim, o cálculo do Fator X é dado pela seguinte fórmula:

$$Fator X = Fator X_o + Fator X_Q + Fator X_H$$

Em que:

*Fator X<sub>o</sub>* = fator de eficiência operacional;

*Fator X<sub>Q</sub>* = fator de qualidade;

*Fator X<sub>H</sub>* = fator de eficiência hídrica.

O fator de eficiência operacional é dado pela soma de duas dimensões: a eficiência dinâmica e eficiência estática, conforme a equação a seguir:

$$Fator X_o = \Delta_{EE} + \Delta_{ED}$$

---

---

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

---

---

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: (datado eletronicamente)

---

Em que:

$\Delta_{EE}$  = Variação da Eficiência Estática;

$\Delta_{ED}$  = Variação da Eficiência Dinâmica.

A variação da eficiência estática é calculada por um modelo de Análise Envoltória de Dados (DEA), o qual calcula um índice de eficiência que compara a combinação de vários insumos de produtos entre as empresas da amostra e desenha uma fronteira de eficiência com as firmas mais eficientes dos dados. A ADASA usou como variáveis de insumos: quantidade de pessoal próprio e custos operacionais. Como variáveis de produto utilizou: volume consumido de água e volume tratado de esgoto.

Na amostra da ADASA foram incluídas todas as prestadoras estaduais de serviços de água e esgoto presentes na base de dados do SNIS, considerando o período de 3 anos anteriores a 3ª Revisão Tarifária Periódica da CAESB.

A variação da eficiência dinâmica é calculada pela variação da Produtividade Total dos Fatores (PTF), a qual se chega ao resultado através da aplicação do índice de Tornqvist.

O fator de eficiência de qualidade mede a melhoria esperada na qualidade do serviço da prestadora. É obtido pela equação:

$$Fator X_Q = \frac{ICQ - 1}{100}$$

---

---

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

---

---

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: (datado eletronicamente)

---

Em que:

$ICQ$  = Índice de Cobertura e Qualidade.

O ICQ é determinado através de uma média aritmética da razão entre treze índices, que mensuram a qualidade do serviço, e suas respectivas metas de longo prazo definidas pela ADASA.

O fator de eficiência hídrica se trata dos ganhos de eficiência esperados devido à redução nas perdas de água, reais e aparentes. Ele é dado pela seguinte fórmula:

$$Fator X_H = \frac{((IP_A + IP_R) - 2)}{100}$$

Em que:

$IP_A$  = Índice de Perdas Aparentes;

$IP_R$  = Índice de Perdas Reais.

### **3.4. AGEPAR: 1ª Revisão Tarifária Periódica**

Para o cálculo do Fator X da 1ª Revisão Tarifária Periódica da SANEPAR, foi proposto pelo regulador a utilização de uma metodologia *forward looking*. O método proposto foi o Fluxo de Caixa Descontado (FCD), com fórmulas paramétricas para evolução dos custos operacionais.

---

---

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

---

---

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: *(datado eletronicamente)*

---

A justificativa de tal proposta é a de que este modelo traz um compartilhamento de ganhos de produtividade mais previsível. Além disso, o regulador afirma que utilizar essa metodologia permite a apropriação dos ganhos de eficiência técnica por parte da empresa por restringir o compartilhamento de produtividade relativa aos ganhos de escala.

Segundo a AGEPAR, o emprego do FCD também se mostra como um instrumento mais adequado para incluir os efeitos dos programas de investimentos que são planejados pela concessionária.

Diante destas justificativas foi recomendado que o cálculo do Fator X obedecesse aos seguintes procedimentos:

- a) Montar um fluxo de caixa das receitas e despesas esperadas para o futuro ciclo tarifário da companhia;
- b) Estabelecer regras para variações dos custos operacionais durante o ciclo, sendo estes: custos de operação e manutenção (Custos O&M), evolução com expansão do mercado, custos comerciais, projeção segundo aumento do número de clientes e custos administrativos, constantes durante o ciclo;
- c) Evolução da Base de Ativos Regulatórios conforme a variação dos investimentos e da depreciação anual.

Além disso a AGEPAR recomendou a adoção de um mecanismo para compensar os investimentos. Ainda segundo a nota, no momento da segunda Revisão

---

---

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

---

---

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: *(datado eletronicamente)*

---

Tarifária Periódico (RTP) seria recalculado o Fator X estimado para primeira RTP, porém substituindo os investimentos projetados no período pelos realizados.

Tal diferencial no Fator X deve ser incorporado na Parcela B com o objetivo de ser um redutor desta parcela no momento da segunda RTP, isso se os montantes de investimentos projetados forem superiores àqueles que foram verificados. O objetivo deste procedimento é facilitar o debate e a aprovação do plano de investimentos da SANEPAR por parte do regulador.

#### **4. Metodologia Proposta**

Em primeiro lugar, propõe-se uma mudança na metodologia adotada pela AGEPAR na 1ª RTP. Embora trate-se de um modelo de fácil aplicação e compreensão, avalia-se que a utilização de metodologias mais específicas, como a que será proposta nesta seção, são capazes de tornar mais transparentes os elementos sujeitos ao ganho de produtividade e seu compartilhamento com os usuários, mesmo que com métodos de cálculo um pouco mais complexos.

Assim, na prática, a mudança metodológica proposta não é disruptiva em relação ao utilizado pela AGEPAR no processo anterior. O que se busca é apenas utilizar um método mais específico para avaliar o potencial ganho de produtividade, particularmente dos custos operacionais, e aplicar este ganho de produtividade como redutor das despesas ao longo do tempo, utilizando o próprio Fluxo de Caixa Descontado proposto originalmente pela Agência. Assim, no esquema apresentado na seção anterior, propõe-se alteração apenas no item “b” (regras para variações dos custos operacionais durante o ciclo), como se verá detalhadamente na sequência.

---

---

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

---

---

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: *(datado eletronicamente)*

---

Portanto, propõe-se que os ganhos de eficiência medidos pelo Fator X sejam exclusivamente relacionados à produtividade dos custos operacionais gerenciáveis. Embora seja até usual o cálculo de ganhos de produtividade considerando os investimentos (no conceito conhecido como TOTEX), a AGEPAR já realiza avaliação específica para aprovação do Plano de Investimentos, de modo que incluir ganhos no CAPEX seria uma dupla contabilização de eficiências (assumindo, que a análise de investimentos previstos já considere sua prudência).

O Fator X, no contexto do modelo proposto para o cálculo da tarifa da SANEPAR, funcionaria como um redutor exclusivo dos custos operacionais ao longo do tempo. Seu valor deve ser estabelecido como o percentual a ser reduzido anualmente da inflação, nos processos de reajuste tarifário, que garantam que os custos operacionais estabelecidos para o ciclo sejam reduzidos no montante de ganho esperado de produtividade.

Note-se que, para esta abordagem, é importante que os custos operacionais sejam inicialmente projetados sem incluir ganhos de eficiência ou produtividade. Ou seja, os custos operacionais no fluxo de caixa devem ser aqueles que mantêm a produtividade atual da empresa (ou o nível de produtividade estabelecido no último processo tarifário). O Fator X seria o componente capaz de refletir os ganhos de produtividade nos próximos anos.

A proposta é que a estimativa dos ganhos de produtividade dos custos operacionais seja feita com na Produtividade Total dos Fatores, determinada através de um índice de Malmquist. Como já indicado, existem diversas alternativas para cálculo dos ganhos de produtividade. Porém, dois são mais comumente utilizados por

---

---

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

---

---

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: *(datado eletronicamente)*

---

reguladores nacionais: o índice de Malmquist e o índice de Tornqvist. O primeiro, é metodologicamente mais complexo, por envolver a necessidade de processos não paramétricos para determinação das fronteiras de eficiência. Por outro lado, o índice de Tornqvist exige que sejam determinados pesos para diferentes elementos de insumo e produto a serem utilizados para construção do índice. Apesar de complexa, a implementação do cálculo do índice de Malmquist é bastante comum no país e, particularmente, no setor de saneamento, de modo que muitos players já estão familiarizados com tal metodologia, facilitando o entendimento.

A metodologia recomendada para cálculo do índice de Malmquist é aquela estabelecida por Ray e Desli<sup>2</sup>. Simplificadamente, a metodologia consiste em estabelecer a distância entre a medida de produtividade (relação insumo-produto) de uma determinada empresa em relação a uma fronteira teórica de eficiência. Esta fronteira é estimada por meio de uma metodologia não paramétrica, na forma desenvolvida por Färe e outros<sup>3</sup>, chamada Análise Envoltória de Dados (DEA).

O DEA é uma técnica que determina os valores mais eficientes para a relação insumo-produto de um conjunto de empresas, estabelecendo uma fronteira, chamada de fronteira de eficiência. A metodologia é não paramétrica, ou seja, não é possível estabelecer diretamente intervalos de confiança para o cálculo da fronteira, de modo que é necessário aplicar outros métodos auxiliares para tal, como se verá adiante.

---

<sup>2</sup> Ray, S. C., e. Desli (1997). Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Change in Industrialized Countries: Comment. *American Economic Review* 87:5 (Dezembro), 1033-39.

<sup>3</sup> Färe, R., e S. Grosskopf (1992). Malmquist Indexes and Fisher Ideal Indexes. *The Economic Journal* 102:410 (Janeiro), 158- 60.

---

---

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

---

---

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: *(datado eletronicamente)*

---

O DEA exige algumas informações e premissas para sua implementação. Em primeiro lugar é necessário indicar quais são os insumos e quais os produtos que medem adequadamente a produtividade das empresas do setor. Estes insumos e produtos podem ser medidos em um ano específico ou representarem a média de um período. A literatura especializada mostra que quanto maior o número de variáveis consideradas, mais artificialmente as empresas serão consideradas eficientes. Por outro lado, poucas variáveis podem não capturar adequadamente o que de fato é a melhor medida de produtividade das empresas. Trade-off semelhante ocorre com o período considerado: períodos longos possuem mais informação, o que pode melhorar a qualidade da fronteira estimada; por outro lado, podem não representar bem o que é a medida de produtividade válida para o período mais recente – que será a base para entender a evolução da produtividade no futuro.

De fato, a estimativa da fronteira com o DEA esbarra na qualidade e disponibilidade de dados, uma vez que o modelo é bastante sensível aos dados de entrada. Esse é o considerado o principal argumento contrário à aplicação da metodologia. Por outro lado, metodologias alternativas como os mínimos quadrados ordinários (MQO) ou fronteiras estocásticas (SFA) são baseados em métodos paramétricos, para os quais sempre será necessário estabelecer a forma funcional da fronteira (quer dizer, qual é a equação que representa a fronteira) ou, em particular no caso do SFA, estão sujeitos a apresentarem resultados com grande influência de componentes aleatórios, para os quais não é possível estabelecer claramente regras para projeção.

---

---

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

---

---

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: (datado eletronicamente)

---

Portanto, considerando o fato de que o DEA é um método amplamente utilizado, apesar de suas limitações, reforça-se a recomendação de utilização desse método para determinação da fronteira de eficiência.

Além dos dados de entrada, duas premissas para construção da fronteira devem ser feitas: (a) qual o padrão de ganhos de escala do setor (constante, ganhos crescentes ou decrescentes, variáveis, etc) e; (b) se as empresas maximizam seus resultados minimizando custos ou maximizando produtos. Estas duas hipóteses são feitas de partida, na construção do DEA. Nos setores de infraestrutura é usual considerar que as empresas otimizam pela minimização de custos, uma vez que têm pouca gerência sobre os produtos (mercado e número de usuários, por exemplo); com relação à escala, pela característica de monopólio natural, são considerados retornos constantes ou decrescentes.

Projetar ganhos de produtividade é uma atividade bastante desafiadora e que esbarra na assimetria de informação entre empresa e regulador. Desse modo, propõe-se que o ganho de eficiência para os custos operacionais seja baseado nas variações médias de produtividade do setor de saneamento ao longo dos últimos anos.

Por se tratar de um método não paramétrico, não é possível diretamente estabelecer os níveis de significância dos valores determinados para a fronteira. Uma solução possível é o uso de metodologias alternativas, como a técnica de *bootstrap* de Simar e Wilson (1999)<sup>4</sup> ou mesmo a eliminação de elementos *outliers* da amostra

---

<sup>4</sup> Simar, Léopold; WILSON, Paul W. Estimating and bootstrapping Malmquist indices. European Journal of Operational Research, v. 115, n. 3, p. 459-471, 1999.

---

---

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

---

---

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: (datado eletronicamente)

---

de dados (lembrando que o modelo DEA é bastante sensível aos dados de entrada, de modo que a inclusão de *outliers* deve ser evitada).

A literatura especializada mostra que os resultados obtidos pelo DEA tendem a ter algum viés, no sentido de amplificar a eficiência das empresas. Para efeito de apresentação da eficiência das empresas, foi aplicada a técnica de *bootstrap*, conforme proposto por Simar e Wilson (1999). Esta técnica consiste em, a partir da amostra original, criar outras amostras com reposição. Após esse procedimento, calcula-se o valor estimador de interesse em cada uma das amostras réplica, obtém-se a média desses valores e, ao final, compara-se com o valor deste estimador que foi adquirido na amostra original.

A ineficiência de uma determinada empresa é a distância entre o seu valor de produtividade (insumo/produto) e o valor considerado eficiente determinado pela fronteira. O índice de Malmquist apenas verifica como estas distâncias mudam ao longo do tempo, considerando que reduções de distância representam ganhos de produtividade. Como dito anteriormente, outros índices poderiam ser utilizados, mas o índice de Malmquist tende a ser o mais usual na prática regulatória brasileira, sendo de fácil compreensão e aplicação pelos agentes do setor.

Importante considerar que a medida de ganho de produtividade se refere à variação da distância da empresa à fronteira em um período em relação a outro período: assim, o ganho de eficiência já incorpora os ganhos de produtividade referentes ao avanço tecnológico (movimentação da própria fronteira); os ganhos de produtividade por eficiência da empresa (mudança na posição da empresa em relação

---

---

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

---

---

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: (datado eletronicamente)

---

à fronteira), e; os ganhos de escala (movimentação ao longo da fronteira). A Metodologia proposta, caso fosse necessário, permite inclusive essa decomposição.

Os valores obtidos representam a variação estimada de eficiência de cada empresa no período considerado. Para evitar os efeitos *outliers* recomenda-se a utilização da mediana dos ganhos de produtividade entre as empresas consideradas.

Esse percentual deverá ser considerado como redutor dos custos operacionais dentro do fluxo de caixa utilizado para o cálculo da tarifa da SANEPAR, de modo similar ao que foi proposto na 1ª RTP. Este cálculo prevê identificar a tarifa econômica considerando os custos operacionais eficientes. A diferença desta tarifa para a calculada com os custos reais da companhia determina, então, o Fator X a ser aplicado no ciclo em questão. O cálculo segue a equação a seguir:

$$\frac{\sum_{t=1}^n P_{0ef} * V_t}{(1 + WACC)^t} = \frac{\sum_{t=1}^n P_0 * (1 - X)^{t-1} * V_t}{(1 + WACC)^t}$$

Em que:

$P_{0ef}$  = tarifa de equilíbrio considerando os ganhos de eficiência no OPEX para o ciclo tarifário;

$P_0$  = tarifa de equilíbrio não considerando os ganhos de eficiência no OPEX para o ciclo tarifário;

---

---

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

---

---

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: *(datado eletronicamente)*

---

$V_t$  = volume faturável total no ano t (soma dos volumes de água e esgoto);

WACC = taxa de remuneração regulatória da Sanepar no ciclo tarifário;

X = Fator X a ser determinado.

## 5. Resultados Obtidos

Para o cálculo dos ganhos de produtividade do setor de saneamento, foram considerados os dados contidos no Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS), para as companhias regionais para os anos de 2017 a 2020, de modo a considerar um período equivalente ao ciclo tarifário da SANEPAR. A base contém 28 companhias de saneamento e é apresentada no arquivo “base\_original\_IPCA.xlsx”. Os valores monetários foram ajustados pela variação acumulada do IPCA, considerando a média de 2020 como referência. O arquivo indicado contém o IPCA utilizado.

Inicialmente, para efeito de avaliação da fronteira de eficiência, foram calculados os scores para cada uma das empresas, considerando os valores médios entre 2017 e 2020. A base de dados com os valores médios é apresentada no arquivo “base\_DEA\_FINAL.xlsx”.

Para tanto, utilizou-se um modelo DEA orientado aos insumos, ou seja, a fronteira é aquela na qual ocorre a minimização dos custos (insumos) e não baseada na maximização dos produtos, uma vez que esta última alternativa não parece ser compatível com a lógica do setor de saneamento. Adicionalmente, partiu-se da

---

---

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

---

---

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: (datado eletronicamente)

---

premissa que o setor enfrenta uma situação de retornos crescentes de escala – típica dos setores de infraestrutura.

Como indicado anteriormente, é necessário determinar quais as variáveis que representam os insumos e quais representam os produtos – importante lembrar que o modelo permite a utilização de múltiplas variáveis em cada função. Tais variáveis devem representar da melhor maneira possível as características do setor em análise. Com base nas alternativas usualmente utilizadas no setor de saneamento, conforme as seções anteriores indicaram, propomos as seguintes variáveis, com base na análise de *benchmarking*:

- Insumos: Despesas operacionais e perdas por ligação (essa última, com o objetivo de representar um produto indesejado, com o sinal contrário aos demais produtos);
- Produtos: Ligações de água, ligações de esgoto, economias de água, economias de esgoto, volume medido de água, volume medido de esgoto, volume de esgoto tratado, volume de esgoto coletado, extensão de rede de água e extensão de rede de esgoto.

A tabela abaixo detalha com maior exatidão as variáveis que foram incluídas no modelo de Análise Envoltória de Dados (DEA).

---

---

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

---

---

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: (datado eletronicamente)

---

**Tabela 1 - Variáveis utilizadas na Análise Envolvória de Dados<sup>5</sup>**

Código no SNIS	Nome da Variável
IN051	Índice de Perdas por Ligação/dia
FN015	Despesas com Exploração (R\$ milhões), corrigido pelo IPCA para a média de 2020
AG002	Quantidade de Ligações Ativas de Água
ES002	Quantidades de Ligações Ativas de Esgoto
AG003	Quantidade de Economias Ativas de Água
AG005	Extensão de Rede de Água
ES003	Quantidade de Economias Ativas de Esgoto
AG010	Volume de água consumido
ES005	Volume de Esgotos Coletado
ES004	Extensão de rede de esgoto
ES006	Volume de Esgotos Tratado

Fonte: Agepar (2022).

Importante salientar, que o modelo DEA não é paramétrico, portanto, não é possível estabelecer diretamente a significância de cada variável utilizada. Porém, o modelo é bastante sensível aos dados de entrada.

Para verificar se o conjunto de variáveis utilizadas era adequado, foram calculadas as diferentes fronteiras considerando diferentes combinações de produtos e insumos.

---

<sup>5</sup> Informações disponíveis por meio do site do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Endereço virtual: <<http://snis.gov.br>>. Acessado em dezembro de 2021.

---

---

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

---

---

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: (datado eletronicamente)

---

Os modelos foram implementados no programa “R”, com o script da tabela 2. Como já indicado, a fronteira de eficiência foi estabelecida com base na metodologia de Färe, R., e S. Grosskopf (1992), conforme parâmetros da seção anterior.

**Tabela 2 – Código de programação em linguagem R utilizado nos cálculos**

```
## limpa área de trabalho
rm(list=ls())

## identifica e altera diretório
getwd()

## abrindo base de dados. A base se encontra no diretório de referência para o R (identificado no
passo anterior). O pacote readxl permite abrir o arquivo xlsx diretamente.

library(readxl)

base_DEA <- read_excel("base_DEA_FINAL.xlsx")

# Cálculo do DEA com pacote Benchmarking
library(Benchmarking)

# Definindo insumos e produtos (insumos como nx e produtos como ny). Diferentes combinações de
insumos foram testadas. O código abaixo apresenta apenas a versão final.
nx <- as.matrix(base_DEA[,c("OPEX", "Perdas")])
ny <-
as.matrix(base_DEA[,c("lig_ag", "lig_esg", "vol_ag", "vol_col_esg", "vol_trat_esg", "ext_agua", "ext_e
sgoto")])

# Cálculo do DEA com pacote Benchmarking
library(Benchmarking)
base_DEA$eff <- dea(X=nx, Y=ny, RTS="irs", ORIENTATION = "in")$eff
# Exporta resultados em formato *.csv

write.csv(base_DEA, "base_resultado.csv")
```

**Diretoria de Regulação Econômica - DRE**  
**Coordenadoria de Energia e Saneamento - CES**

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

Protocolo nº: 18.898.752-4  
 Interessado: AGEPAR  
 Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
 Data: (datado eletronicamente)

Fonte: Agepar (2022).

Ao simular os diferentes resultados com diferentes combinações de insumos e produtos, verificou-se que essencialmente, a inclusão dos volumes de esgoto (coletado, tratado ou ambos) provocou variações maiores que 3% no conjunto de empresas analisadas. Como exemplo dos modelos simulados, apresentam-se abaixo alguns dos resultados obtidos:

**Tabela 3 - Diferenças obtidas na fronteira de eficiência, considerando diferentes combinações de produtos e insumos (diferença em relação ao modelo completo com as variáveis da Tabela 1)<sup>6</sup>**

Empresa	Apenas ligações, sem economias	Apenas volume de água	Não incluindo volume tratado de esgoto	Apenas volumes de esgoto	Apenas OPEX como insumo
AGESPISA	0,0%	0%	0%	-3%	-29%
CAEMA	-1,3%	0%	0%	-14%	-4%
CAER	0,0%	-16%	0%	0%	0%
CAERD	0,0%	0%	0%	-25%	-9%
CAERN	0,0%	0%	0%	-6%	-12%
CAESA	0,0%	0%	0%	-31%	0%
CAESB	0,0%	-24%	-16%	0%	-8%
CAGECE	0,0%	0%	0%	0%	-13%
CAGEPA	0,0%	-1%	-1%	-1%	-7%
CASAL	0,0%	0%	0%	-26%	-10%
CASAN	-0,2%	0%	0%	-5%	-21%
CEDAE	0,0%	0%	0%	0%	0%
CESAN	-1,2%	-10%	-10%	-1%	0%
COMPESA	-0,6%	0%	0%	0%	-17%
COPANOR	0,0%	0%	0%	0%	0%
COPASA	0,0%	0%	0%	0%	0%
CORSAN	-2,9%	0%	0%	-1%	-30%
COSANPA	0,0%	0%	0%	-14%	-17%
DEPASA	0,0%	0%	0%	-21%	0%
DESO	0,0%	0%	0%	-4%	-17%
EMBASA	0,0%	-6%	-6%	0%	-6%
SABESP	0,0%	0%	0%	0%	0%
SANEAGO	0,0%	0%	0%	0%	-29%
SANEATINS	0,0%	0%	0%	-2%	-10%
SANEPAR	0,0%	-13%	-7%	0%	-2%
SANESUL	0,0%	0%	0%	-6%	-10%

Fonte: Agepar (2022).

<sup>6</sup> Informações de autoria própria, formuladas a partir de manipulação, no software R, de dados disponibilizados no site do SNIS.

---

---

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

---

---

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: *(datado eletronicamente)*

---

Essencialmente, o que parece ocorrer é que empresas que possuem maiores volumes coletados e/ou tratados de esgoto se tornam menos eficientes quando estas variáveis deixam de ser incluídas no modelo. O entendimento inicial foi de que ignorar as variáveis relacionadas ao volume de esgoto implicaria considerar que os gastos com este serviço são considerados como ineficiência, o que não parece ser razoável.

Com relação aos insumos, manter apenas o OPEX ou a combinação de OPEX e Perdas produz diferenças importantes na fronteira, fazendo com que boa parte das empresas se mostrem menos eficientes. Ou seja, as perdas se mostram uma variável relevante para a análise de eficiência e produtividade. A princípio, entende-se que perdas elevadas são um produto indesejável da prestação do serviço e diretamente relacionado à eficiência da empresa.

Dessa forma, propõe-se que seja adotado o modelo com as variáveis indicadas na Tabela 1, incluindo os volumes de esgoto e o nível de perdas. Assim, a tabela 4, apresenta o score de eficiência das empresas de saneamento no período de 2017 a 2020.

---

---

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

---

---

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: *(datado eletronicamente)*

---

**Tabela 4 – Resultados obtidos por meio do DEA<sup>7</sup>**

Empresa	Eficiência
CAER	100%
CEDAE	100%
COPANOR	100%
COPASA	100%
SABESP	100%
SANEAGO	100%
SANEPAR	100%
SANEATINS	100%
CAGECE	97%
DEPASA	93%
EMBASA	88%
CESAN	87%
COMPESA	84%
CAESA	83%
CASAL	78%
COSANPA	73%
SANESUL	72%
CAERN	71%
CAGEPA	70%
CAEMA	67%
CASAN	66%
CAESB	65%
AGESPISA	64%
CORSAN	62%
DESO	61%
CAERD	44%

Fonte: Agepar (2022).

Como se pode observar, há um conjunto de empresas que representam a fronteira de eficiência do setor, incluindo a SANEPAR. Importante notar que o modelo DEA trata as diferenças de escala entre empresas, considerando a hipótese de retorno utilizada, de modo que o tamanho das empresas, por si só, não afeta as análises apresentadas neste relatório.

---

<sup>7</sup> Informações de autoria própria, formuladas a partir de manipulação, no software R, de dados disponibilizados no site do SNIS.

---

---

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

---

---

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: (datado eletronicamente)

---

O *score* de eficiência poderia ser utilizado diretamente, com ou sem ajustes adicionais para eventual tratamento de viés (como a metodologia, tipicamente utilizada, de *bootstrapping*), para determinação do Fator X.

Porém, entende-se que a melhor estimativa para ganhos de produtividade ao longo do tempo sejam os próprios ganhos de produtividade históricos. A eficiência mostra um desempenho estático – trata-se da distância em relação à fronteira.

Como discutido na seção anterior, é possível utilizar um índice de Malmquist para verificar como a produtividade muda ao longo do tempo – ou seja, como a distância da produtividade de uma empresa em relação à fronteira muda entre dois períodos. Para tanto, calculou-se o índice de Malmquist e sua variação entre 2017 e 2020, conforme Ray e Desli<sup>2</sup>, utilizando-se o script em R abaixo. A base de dados foi a mesma utilizada para estimativa da fronteira, porém mantendo-se os dados de cada ano. O arquivo “base\_malm\_FINAL.xlsx” contém os dados utilizados.

**Tabela 5 – Código de programação em linguagem R utilizado nos cálculos do DEA**

```
## limpa área de trabalho
rm(list=ls())

## identifica e altera diretório
getwd()

## abrindo base de dados. A base se encontra no diretório de referência para o R (identificado no
passo anterior). O pacote readxl permite abrir o arquivo xlsx diretamente.
library(readxl)
base_malm <- read_excel("base_malm_FINAL.xlsx")

# Cálculo do DEA com pacote Benchmarking
library(Benchmarking)
```

## NOTA TÉCNICA: 1/2022

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: (datado eletronicamente)

*# Definindo insumos e produtos (insumos como nx e produtos como ny). Diferentes combinações de insumos foram testadas. O código abaixo apresenta apenas a versão final.*

```
nx <- as.matrix(base_malm[,c("OPEX", "Perdas")])
```

```
ny <-  
as.matrix(base_malm[,c("lig_ag", "eco_ag", "lig_esg", "eco_esg", "vol_ag", "vol_col_esg", "vol_trat_e  
sg")])
```

*# Cálculo do índice de Malmquist*

*# Matrizes com insumos e produtos*

```
x.t1 <- subset(base_malm, base_malm$`ano` == 2020  
, select=c("OPEX", "Perdas"))
```

```
x.t0 <- subset(base_malm, base_malm$`ano`==2017,  
select = c("OPEX", "Perdas"))
```

```
y.t1 <- subset(base_malm, base_malm$`ano`==2020, select =  
c("lig_ag", "lig_esg", "vol_ag", "vol_col_esg", "vol_trat_esg", "ext_agua", "ext_esgoto"))
```

```
y.t0 <- subset(base_malm, base_malm$`ano`==2017, select =  
c("lig_ag", "lig_esg", "vol_ag", "vol_col_esg", "vol_trat_esg", "ext_agua", "ext_esgoto"))
```

```
x.t1 <- as.matrix(x.t1)
```

```
x.t0 <- as.matrix(x.t0)
```

```
y.t1 <- as.matrix(y.t1)
```

```
y.t0 <- as.matrix(y.t0)
```

*# Cálculo das fronteiras com modelo DEA*

```
Dt0_t0 <- 1/dea(X=x.t0, Y=y.t0, RTS = "irs", ORIENTATION = "in")$eff
```

```
Dt1_t1 <- 1/dea(X=x.t1, Y=y.t1, RTS = "irs", ORIENTATION = "in")$eff
```

```
Dt1_t0 <- 1/dea(X=x.t1, Y=y.t1, RTS = "irs", ORIENTATION = "in", XREF = x.t0,  
YREF = y.t0)$eff
```

```
Dt0_t1 <- 1/dea(X=x.t0, Y=y.t0, RTS = "irs", ORIENTATION = "in", XREF = x.t1,  
YREF = y.t1)$eff
```

*# Índice de Malmquist*

```
Malmquist <- (Dt1_t1/Dt0_t0)* sqrt(((Dt1_t0/Dt1_t1)*(Dt0_t0/Dt0_t1)))
```

---

---

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

---

---

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: (datado eletronicamente)

---

Fonte: Agepar (2022).

O resultado obtido, por empresa, é apresentado abaixo.

**Tabela 6 – Resultados dos Ganhos de Produtividade obtidos pelo Índice de Malmquist<sup>8</sup>**

Empresa	Ganho de produtividade entre 2017 e 2020
CEDAE	37,55%
COSANPA	29,63%
DEPASA	24,15%
CORSAN	18,36%
AGESPISA	15,68%
SANEATINS	15,33%
CAGECE	14,26%
CAESA	10,65%
CAGEPA	10,63%
SANESUL	4,49%
COPASA	2,57%
EMBASA	1,84%
SANEAGO	-0,44%
COMPESA	-2,97%
CASAL	-3,30%
DESO	-6,37%
CAERD	-7,30%
CAER	-8,36%
CAEMA	-8,42%
SANEPAR	-9,35%
SABESP	-9,43%
CESAN	-10,78%
CAERN	-14,32%
CASAN	-22,14%
CAESB	-27,91%
COPANOR	-32,91%

Fonte: Agepar (2022).

Os resultados obtidos na tabela 6 mostram que o ganho mediano de produtividade das empresas de saneamento foi de 0,7% entre 2017 e 2020.

---

<sup>8</sup> Informações de autoria própria, formuladas a partir de manipulação, no software R, de dados disponibilizados no site do SNIS.

---

---

**NOTA TÉCNICA: 1/2022**

---

---

Protocolo nº: 18.898.752-4  
Interessado: AGEPAR  
Assunto: Notas técnicas sobre a temática n. 1 - 2ª Fase da 2ª RTP – Fator-X (Versão Final)  
Data: *(datado eletronicamente)*

---

Recomenda-se adotar esse valor como referência para o potencial ganho de produtividade a ser observado pela SANEPAR ao longo do próximo ciclo tarifário e, portanto, como referência para redução dos custos operacionais ao longo do tempo. O Fator X deverá ser calculado após a finalização do Fluxo de Caixa Descontado utilizado para cálculo da tarifa.

## 6. Conclusão

O objetivo desta Nota Técnica foi estimar eficiência das prestadoras de serviços do setor de saneamento brasileiro e calcular seus ganhos de produtividade devido a mudança tecnológica do setor. Para isto, usou-se um modelo de Análise Envoltória de Dados para construir uma fronteira de eficiência do setor e, após isto, realizou-se o cálculo do índice de Malmquist para aferir os ganhos de produtividade do setor de saneamento.

Pelos resultados do DEA constatou-se que a SANEPAR faz parte da fronteira de eficiência. A partir dos resultados do DEA, com o uso de um índice de Malmquist, foi calculado o ganho de produtividade ao longo dos 4 anos (2017 a 2020) das empresas da amostra e constatou-se que o valor mediano foi de 0,7%, o que corresponde a um ganho de produtividade de 0,175% ao ano. Este último deve ser considerado como o redutor dos custos operacionais gerenciáveis no próximo ciclo tarifário.