

Proposta de Metodologia de Cálculo do Fator X em Contratos de Concessão para Exploração da Infraestrutura Rodoviária Federal¹

Methodology proposal for the X Factor calculation in Federal Highway Concession Contracts

Propuesta de metodología para el cálculo del Factor X en Contratos de Concesión de Carreteras Federales

Carlos Eduardo V. Neves² e Geovana Lorena Bertussi³

<https://doi.org/10.36428/revistadacgu.v13i24.446>

Resumo: Propomos uma metodologia apoiada em técnicas de benchmarking para o cálculo do chamado Fator-X, que é componente essencial da regulação por preço-teto, (em tese) adotada pelos contratos de concessão para exploração da infraestrutura rodoviária federal. Em 2012, o Fator-X foi introduzido na equação tarifária dos contratos de concessão de rodovias, com o intuito de promover ganhos de produtividade e compartilhá-los com os usuários das rodovias concedidas. Porém, a sua não definição tempestiva por parte da autoridade regulatória, pode ter contribuído para a exclusão do Fator-X de contratos mais recentes, como o da Rodovia de Integração do Sul (RIS), assinado em 2019. Realizamos uma revisão da literatura, a qual ressalta a importância de implementar uma regulação orientada a incentivos, e também fazemos a revisão das experiências internacionais sobre o assunto. Demonstramos que os resultados que vem sendo apresentados pelas concessionárias de rodovias são bastante criticados pelo Tribunal de Contas da União (TCU), como resultado da existência de uma estrutura de incentivos inadequada. A partir dos resultados das análises do tipo DEA, SFA e StoNED, desenvolvemos uma metodologia para o cálculo do Fator-X e a sua incorporação na equação tarifária. Os resultados obtidos mostram que o Fator-X calculado, considerando um ciclo de aplicação de cinco anos, e uma regra de decaimento exponencial para as parcelas a serem aplicadas anualmente, equivale, na média, a um desconto de 3,5% nas tarifas das vinte e uma concessionárias no primeiro ano do ciclo de regulatório. Portanto, a nossa proposta avança em relação a outras presentes na literatura, e tem o potencial de ser uma ação regulatória capaz de estimular a eficiência das concessionárias de rodovias. Os valores obtidos de Fator X são de magnitude relevante, e a metodologia é flexível o bastante para permitir sua melhor calibragem de acordo com a realidade do mercado regulado.

Palavras-chave: Regulação; Concessões Rodoviárias Federais; DEA; SFA; StoNED.

Abstract: We propose a methodology based on benchmarking techniques to calculate the so-called X-Factor, which is an essential component of price-cap regulation adopted in Brazilian federal highway concession contracts. In 2012, the X-Factor was introduced in the tariff equation for highway concession contracts, in order to promote productivity gains and share it with users. However, its lack of definition by the regulatory authority over the past few years may have contributed to its removal from the recent contracts, such as the Rodovia de Integração Sul (RIS), signed in 2019. We carried out a literature review, which highlights the importance of implementing an incentive-oriented regulation, and we also review international experiences on the subject. We demonstrate that the results being presented by the highway concessionaires are widely criticized by the Federal Court of Accounts (TCU), as a result of the existence of an inadequate incentive structure. Based on

1 Artigo submetido em 12/07/2021 e aprovado em 10/11/2021.

2 Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT)

3 Universidade de Brasília (UnB)

the results of DEA, SFA and StoNED analyses, we developed a methodology for calculating the X-Factor and its incorporation into the tariff equation. The results obtained show that the calculated X-Factor, considering an application cycle of five years, and an exponential decay rule for the installments to be applied annually, is, on average, equivalent to a 3.5% discount on the tariffs of the twenty-one concessionaires in the first year of the regulatory cycle. Therefore, our proposal advances in relation to others similar in the literature, and has the potential to be a regulatory action capable of stimulating the efficiency of highway concessionaires. The X Factor values obtained are of a relevant magnitude, and the methodology is flexible enough to allow its better calibration according to the reality of the regulated market.

Keywords: Regulation; Federal Highway Concessions; DEA; SFA; StoNED.

Resumen: Proponemos una metodología basada en técnicas de *benchmarking* para calcular el llamado Factor X, que es un componente esencial de la regulación de price-cap adoptada en los contratos de concesión de autopistas federales de Brasil. En 2012, se introdujo el Factor X en la ecuación tarifaria de los contratos de concesión de carreteras, con el fin de promover ganancias de productividad y compartirlo con los usuarios. Sin embargo, su falta de definición por parte de la autoridad reguladora en los últimos años puede haber contribuido a su eliminación de los contratos recientes, como el Rodovia de Integração Sul (RIS), firmado en 2019. Realizamos una revisión de la literatura, que destaca la importancia de implementar una regulación orientada a incentivos, y también revisamos experiencias internacionales en el tema. Demostramos que los resultados que están presentando las concesionarias viales son ampliamente criticados por el Tribunal de Cuentas de la Unión (TCU), como consecuencia de la existencia de una estructura de incentivos inadecuada. Con base en los resultados de los análisis DEA, SFA y StoNED, desarrollamos una metodología para calcular el Factor X y su incorporación a la ecuación tarifaria. Los resultados obtenidos muestran que el Factor X calculado, considerando un ciclo de aplicación de cinco años, y una regla de decaimiento exponencial para las cuotas a aplicar anualmente, equivale, en promedio, a un descuento del 3,5% sobre las tarifas de los veinte años. una concesionaria en el primer año del ciclo regulatorio. Por tanto, nuestra propuesta avanza en relación a otras similares en la literatura, y tiene el potencial de ser una acción regulatoria capaz de estimular la eficiencia de las concesionarias viales. Los valores del Factor X obtenidos son de una magnitud relevante y la metodología es lo suficientemente flexible como para permitir su mejor calibración de acuerdo con la realidad del mercado regulado.

Palavras chave: Regulación; Contratos de Concesión de Autopistas Federales; DEA; SFA; StoNED.

1. INTRODUÇÃO

O Fator X é uma medida de desempenho de um concessionário de serviço público. A ideia é que o concessionário busque ganhos de produtividade durante o longo período de vigência de seu contrato, e que parte desse ganho fique retido com a própria empresa, enquanto outra parte seja revertida em forma de menor tarifa para o usuário do serviço público concedido.

Para cumprir os preceitos da Lei nº 8.987 (BRASIL, 1995), o regulador deve alterar a estrutura de incentivos do contrato de concessão de modo que este, ao maximizar o seu retorno, também maximize o bem-estar do usuário.

Nesse sentido, a teoria econômica e a experiência internacional (AGRELL; BOGETOFT, 2013) tem demonstrado que a aplicação de regulação da tarifa por preço-teto, associada ao Fator X, tende a incentivar ganhos de produtividade por parte do regulado.

A Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), na Terceira Etapa do Programa Federal de Concessão de Rodovias (BRASIL, 2012) concebeu o Fator X como um mecanismo que variaria, quinzenalmente, de 0 a 1% e seria revisto, com a mesma periodicidade, pela ANTT, com base em estudos de mercado por ela realizados. A ANTT, em um primeiro momento, adotou valores fixos para aplicação do Fator X que seriam deduzidos da Tarifa de Pedágio.

Porém, nos editais e contratos que se seguiram, a ANTT manteve o Fator X na equação tarifária e não explicitou a metodologia para o seu cálculo, conforme pode ser verificado na cláusula 18.4.5 do Contrato de Concessão da BR-163/MT (BRASIL, 2013).

Em relatório de outubro de 2015 (World Bank, 2015), o Banco Mundial explicitou a sua preocupação quanto à ausência de previsão de um método exato para o cálculo do Fator X, bem como de regras claramente definidas para a sua aplicação.

Na tentativa de suprir tal lacuna regulatória, a ANTT incluiu em sua Agenda Regulatória 2015/2016 (BRASIL, 2015) o projeto "Metodologia de Cálculo do Fator-X", que foi mantido na Agenda até o biênio 2019/2020 (BRASIL, 2019).

Porém, durante o processo licitatório da RIS (Rodovia de Integração do Sul), ao ser questionada sobre o cálculo do Fator X, a ANTT manifestou-se no sentido de que este seria excluído do contrato de concessão (BRASIL, 2018). Inclusive, o Edital de Concessão nº 01/2021 (BRASIL, 2021) tampouco incluiu o Fator X na equação tarifária da minuta de contrato.

Ocorre que a decisão da ANTT é questionável, especialmente se admitirmos que o mecanismo regulatório adotado pelas concessões de rodovias federais é do tipo *price-cap*, cujo principal objetivo é determinar um preço teto para a tarifa que não prejudique o interesse público e, ao mesmo tempo, não diminua o entusiasmo das empresas reguladas. Em tal situação o fator X desempenha um papel bastante relevante no regime de regulação por *price-cap*, pois este busca mitigar os problemas derivados da assimetria de informação que marcam os contratos de concessão (GAO; REN, 2015).

Nesse contexto, o presente trabalho pretende propor uma metodologia baseada na aplicação da análise de eficiência para o cálculo do Fator X, e a sua inclusão na equação tarifária prevista nos contratos de concessão de rodovias federais.

Além desta introdução, recorreremos ao referencial teórico e à revisão da literatura especializada na seção 2. Na seção 3 apresentamos a metodologia a ser utilizada, e prosseguimos à sua aplicação para o caso concreto das rodovias federais concedidas na seção 4. Encerramos este trabalho com uma seção de conclusões.

2. REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Referencial teórico

Com o intuito de fundamentar economicamente a discussão sobre a implementação do Fator X em contratos de concessão, é necessário revisar brevemente alguns conceitos fundamentais sobre a teoria dos mercados competitivos e dos fenômenos econômicos que emergem da sua não existência quando encontramos os chamados monopólios naturais.

Um mercado competitivo é caracterizado pela existência do chamado Equilíbrio Competitivo, o

qual é caracterizado por três condições (MASCOLELL et al., 1995, p. 314): Maximização de lucro; Maximização da utilidade; e *Market Clearing*.

Uma melhora no sentido de Pareto existe quando um projeto é implementado e, ponderando seus custos e benefícios, há a possibilidade de melhorar o resultado para algum agente, sem piorá-lo para outro. O ótimo no sentido de Pareto ocorre quando não é mais possível realizar uma melhora no sentido de Pareto (estado ótimo).

O chamado "Primeiro Teorema do Bem-Estar" estabelece que, quando um mercado é completo, qualquer equilíbrio competitivo é necessariamente ótimo no sentido de Pareto (MASCOLELL et al., 1995, p. 308).

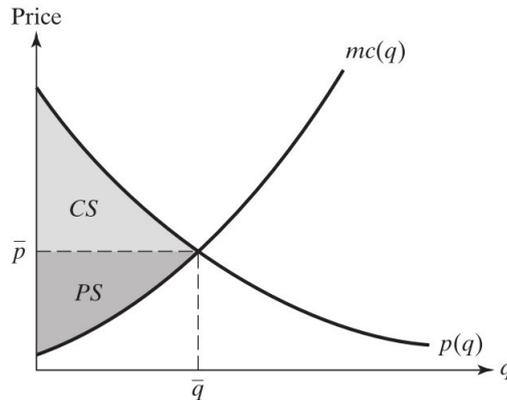
O equilíbrio competitivo tem três propriedades importantes para fins de avaliação de bem-estar (CIRACE, 2018):

- A quantidade demandada pelos compradores é igual à quantidade ofertada pelos vendedores, tal que não exista excesso ou escassez (*Market Clearing*);
- O valor que os compradores pagam por cada unidade do produto é igual ao custo marginal pago pela sociedade para a produção de uma unidade adicional daquele produto;
- Existe uma alocação eficiente de recursos, o que significa a não necessidade (impossibilidade) de reorganizar a produção de modo que sejam produzidos itens que os consumidores desejem por um preço menor.

Nesse sentido, a teoria econômica neoclássica baseia-se ainda em duas medidas importantes: o Excedente do consumidor (CS) e o Excedente do produtor (PS). O primeiro representa a diferença entre o valor que os consumidores estavam dispostos a pagar pelo bem, e aquilo que eles de fato pagaram devido à existência do equilíbrio competitivo (CIRACE, 2018). O segundo é a diferença entre o que os produtores recebem pela sua produção, e o valor mínimo que é necessário para fazê-los produzirem o bem (CIRACE, 2018).

O chamado Excedente social (CS + PS) é a soma dos excedentes do produtor e do consumidor (JEHLE; RENY, 2011). O equilíbrio de mercado é representado pelo par (P, Q) , que indica o ponto de interceptação das curvas de oferta e de demanda, resultando na maximização de CS e PS, conforme indicado na Figura 1.

FIGURA 1 – EQUILÍBRIO DE MERCADO



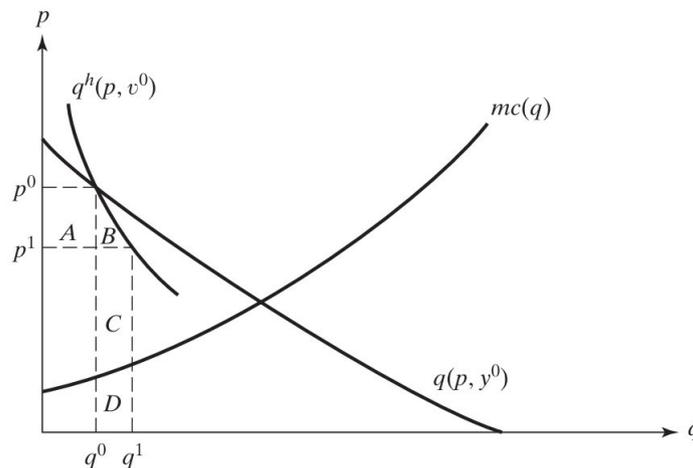
Fonte: JEHLE; RENY (2011)

Quando não é possível garantir o equilíbrio de mercado, podem surgir os chamados monopólios. Um produtor é monopolista quando ele é o único a ofertar o bem, o que lhe possibilita aumentar os preços acima do nível eficiente, dependendo da sua habilidade de reduzir a oferta e criar uma escassez artificial no mercado. A capacidade de sustentar o preço acima do nível eficiente é chamado de poder de monopólio (CIRACE, 2018).

Os monopólios tendem a ser ruins para os consumidores de três formas (CIRACE, 2018): (1) res-

tringem a produção a um nível inferior ao eficiente; (2) causam a má-alocação de recursos do produtor; (3) o preço de monopólio é maior que aquele obtido em equilíbrio de mercado, portanto, o monopolista se apropria de parte do excedente do consumidor. Neste caso, os excedentes do consumidor e do produtor não são maximizados e, como mostra a Figura 2, o preço praticado pelo produtor está acima do preço de equilíbrio, com uma quantidade ofertada menor que a demanda, gerando uma situação de escassez "artificial" no mercado.

FIGURA 2 – INEFICIÊNCIA DO EQUILÍBRIO DE MONOPÓLIO



Fonte: JEHLE; RENY (2011)

Ainda que não sejam inicialmente desejáveis, monopólios podem emergir naturalmente quando a tecnologia de produção apresenta economias de escala e/ou de escopo, o que é comum nos setores de infraestrutura, aí incluídas as rodovias e ferrovias.

Cabe ao regulador, portanto, o papel de limitar a tarifa cobrada pela empresa em um patamar inferior à tarifa de monopólio, de forma a maximizar o bem-estar social, mas, ao mesmo tempo, remunerando a empresa o suficiente para que ela continue interessada em produzir e investir (PINHEIRO; RIBEIRO, 2017).

Na teoria econômica moderna, o problema regulatório é expresso como um jogo entre o principal (o regulador) e os agentes (empresas reguladas) - uma situação em que há comportamento estratégico. O problema da regulação é basicamente o de controlar uma ou mais empresas que possuem informação superior ao regulador sobre a sua tecnologia e seus esforços em diminuir custos (BOGETOFT; OTTO, 2010).

A mera delegação da tarefa pelo Estado (principal), faz com que a empresa delegatária (agente) tenha acesso a informações que não estão disponíveis àquele, como o custo de oportunidade do projeto e a tecnologia que deverá ser utilizada na sua consecução (LAFFONT; MARTIMORT, 2009).

As assimetrias informacionais relacionadas aos custos e escolhas tecnológicas, e à demanda, dificultam a tarefa do regulador de manter a tarifa a um preço acessível ao usuário, ao mesmo tempo em que garante a manutenção da qualidade do serviço prestado pela concessionária do serviço público (TIROLE, 2017).

Esta relação agente-principal cria dois tipos de assimetria de informação: a seleção adversa e o risco-moral. O primeiro tipo está relacionado ao melhor conhecimento que o agente privado tem sobre o projeto e suas variáveis de custo e operação (o principal desconhece o tipo do agente - informação incompleta); o segundo advém do fato de que suas ações também afetam o custo e a demanda através da gestão dos seus recursos humanos, decisões estratégicas, gerenciamento de riscos, entre outros - o principal desconhece qual estratégia a ser escolhida pelo agente - informação imperfeita (TIROLE, 2017).

De acordo com ARMSTRONG; COWAN; VICKERS (1994), em um mundo ideal, o regulador de uma empresa seria onisciente, benevolente e teria amplos poderes para garantir o cumprimento dos termos contratuais do arranjo regulatório ao longo do tempo (pré-compromisso). Longe do mundo ideal, o problema do principal é então criar mecanismos de in-

centivos que mitiguem os problemas informacionais inerentes ao jogo regulatório.

De modo formal, podemos modelar o papel do regulador (principal) como um problema de maximizar a média ponderada do excedente do consumidor e do lucro do monopólio regulado, com um peso $\alpha < 1$ para o lucro da firma (BARON; MYERSON, 1982). Como $\alpha < 1$, existe um custo social decorrente do excedente transferido para o agente (*rent*).

O menu de contratos ofertados ao agente pelo principal só é considerado factível em incentivos, se forem satisfeitas as restrições de incentivo e de participação (LAFFONT; MARTIMORT, 2009).

Assim, um valor maior de α reduz a distorção do produto, porque o regulador está menos preocupado com a distribuição do excedente na sociedade à medida que α cresce. Se $\alpha = 1$, o excedente da firma não possui mais custo e o regulador se comporta como um maximizador puramente eficiente (solução *first-best*) em todos os estados da natureza.

De modo bastante sintético, podemos apontar duas formas de regulação tarifária para minimizar as distorções de monopólio: *Rate of Return regulation* e *Price-Cap regulation*.

A regulação pela taxa de retorno (*Rate of Return regulation*) se baseia na obtenção de dados sobre os custos da empresa para estabelecer a tarifa com base nos custos variáveis, mais um adicional para remunerar o capital investido pela empresa (PINHEIRO; RIBEIRO, 2017). Esta técnica pretende estabelecer a relação estável entre o custo de investimento e o retorno projetado ao investidor (MOREIRA, 2016).

Já a regulação por preço-teto (*Price-Cap regulation*), foca essencialmente na eficiência do serviço delegado (MOREIRA, 2016). São estabelecidas previamente as metas e níveis de qualidade na prestação do serviço, mas é controlado apenas o preço a ser cobrado do usuário.

A tarifa-teto é controlada por meio da comparação direta com outros prestadores do mesmo serviço, ou ainda por meio de um critério conhecido como **IPC - X** (corrige-se a tarifa por meio de um índice de preços, mas dela é reduzida o Fator X - que é calculado por meio de fórmula previamente fixada no ato regulatório ou contrato) (MOREIRA, 2016).

O preço-teto então é controlado com base na eficiência das outras empresas presentes no mercado regulado. Logo, se um concessionário for menos eficiente, o seu investimento terá perdas de rentabilidade proporcionais à sua ineficiência.

2.2. Revisão da literatura

No relatório do Acórdão 1174/2018 prolatado pelo plenário Tribunal de Contas da União (BRASIL, 2018), assim manifestou-se a unidade técnica da Corte (excerto):

150. Para mitigar os efeitos da assimetria de informações e fomentar a eficiência do serviço e a modicidade tarifária, o legislador estabeleceu que a remuneração do serviço (tarifa) não mais estaria vinculada aos custos do serviço prestado, mas à proposta vencedora da licitação.

Segundo TIROLE (2017), entre as reformas necessárias a serem adotadas pelos reguladores ao redor do mundo, está a introdução de mecanismos aprimorados de incentivos que compartilhem os ganhos de eficiência entre operadores da infraestrutura e seus usuários, entre os quais destacam-se as técnicas de *benchmarking*.

Nesse caso, o mecanismo de incentivos busca aumentar o bem-estar social introduzindo, da melhor forma possível, a competição perfeita nos mercados de infraestrutura. Há a imposição de uma tarifa-teto, ao longo de um período regulatório, ajustada por variações nos valores alvos (medidas exógenas) dos preços de insumos, qualidade e eficiência impostos pelo regulador (ÉGERT, 2016).

No regime de *price-cap*, o regulador estabelece um teto tarifário para cada contrato por um período regulatório previamente estabelecido (normalmente de 4 a 5 anos) (BOGETOFT; OTTO, 2010). Em termos de receitas, o modelo básico envolve a previsão da evolução da produtividade anual do mercado regulado (x) mais um fator de produtividade individual (x^k) que deve refletir o nível de custos históricos praticados pela empresa e a sua necessidade de atingir as melhores práticas do mercado:

$$R^k(t) = C^k(0) (1 - x - x^k)^t, t = 1, \dots, T \quad (1)$$

onde $R^k(t)$ é a receita no período t ; $C^k(0)$ é o custo praticado pela empresa no período 0; x é um requisito de eficiência global (PTF); x^k é um requisito de eficiência individual.

Podemos associar ao regime de *price-cap*, o regime de *yardstick competition*. O regulador busca mimetizar um mercado competitivo o mais próximo possível por meio da utilização de dados observados para estimar a real função de custo da empresa em cada período, ao invés de regular com base em uma

previsão de funções de custo *ex-ante* (BOGETOFT; OTTO, 2010).

Em sua forma mais simples, o regime de *yardstick competition*, aplicado à receita (*ex-post*) $R^k(t)$, permitida a uma concessionária k , no período t , tomando como referência os custos das outras empresas do mesmo setor regulado $h = 1, \dots, k - 1, k + 1, \dots, K$, seria:

$$R^k(t) = \text{yardstick competition}, t = 1, 2, \dots \quad (2)$$

O regime de *yardstick competition* apresenta duas características que devem ser destacadas quanto à estrutura de incentivos: (1) a receita da concessionária não é determinada pela sua própria estrutura de custos, mas pelo desempenho das outras empresas reguladas; (2) a evolução da produtividade é medida ao invés de prevista (BOGETOFT; OTTO, 2010). A regulação tarifária de serviços de infraestrutura, tendo como base o regime de *price-cap* associado à ideia de *yardstick competition*, vem sendo adotado por reguladores europeus desde o final da década de 90 do século passado (KUOSMANEN, 2012).

A regulação por incentivos objetiva mitigar os problemas informacionais que emergem da relação agente-principal nos monopólios naturais, pois a tarifa cobrada pelo monopolista regulado deve ser independente dos custos por eles praticados, os quais são desconhecidos pelo regulador (POLLITT, 2005).

Inclusive, um dos efeitos diretos de uma regulação deficiente, que não procura mitigar as assimetrias informacionais, é a alta incidência de renegociações contratuais (GUASCH; LAFFONT; STRAUB, 2008).

Como indicado anteriormente, a adoção de um regime regulatório baseado em *price-cap* tem por objetivo principal mitigar as assimetrias informacionais. Nos contratos de concessão de rodovias federais, um dos problemas mais recorrentes apontados pelo Tribunal de Contas da União é a alta incidência de inexecuções e renegociações (BRASIL, 2019). Como GUASCH; LAFFONT e STRAUB(2008) mostram, esse problema não é exclusivo do Brasil.

Ao contrário, os autores mostram que a América Latina, em face da adoção tardia e sem a devida maturação institucional do modelo de regulação por incentivos, fez com que os contratos firmados ao longo das décadas de 1990 e 2000, adotassem um modelo incompleto de regulação por *price-cap*. Na maioria dos casos, segundo os autores, os países optaram por mecanismos que não incluem o Fator X, por exemplo. GUASCH; LAFFONT e STRAUB (2008) asseveram que estudos empíricos também apontam

para a necessidade de impor um regime regulatório focado em incentivos e, de preferência, baseados em algum tipo de *benchmarking*. Assim, a não adoção ou adoção incompleta de um regime do tipo IPC-X, pode ser um dos fatores que explicam as altas incidências de inexecuções e renegociações em contratos de concessão de infraestrutura.

Ao avaliar a influência dos ciclos políticos sobre o risco de renegociações em contratos de infraestrutura de transportes, Aguirre (AGUIRRE, 2016) analisou 27 contratos regulados pela autoridade peruana, entre 2003 e 2011. Os resultados apontam que o impacto da não adoção do sistema (IPC - X) é estatisticamente significativo e negativo.

GUASCH; LAFFONT; STRAUB (2008), avaliaram a alta incidência de renegociações em contratos de concessão nos setores de abastecimento de água e de infraestrutura de transportes na América Latina. Baseando-se em um modelo reduzido de regulação, em que as renegociações ocorrem em face de um *enforcement* imperfeito nos termos firmados, os autores utilizaram uma base de dados de 307 contratos, e chegaram à conclusão de que há uma alta probabilidade (mais de 70%) de ocorrerem renegociações quando as autoridades regulatórias adotam o regime de *price-cap* - esquema regulatório que prevalece em 75% da amostra.

Os autores apontam que a alta incidência de renegociações e o curto período em que estas começam a ocorrer, estão intimamente relacionados ao fato de que as renegociações tendem a converter o esquema de *price-cap* puro em *rate of return regulation* quando a situação macroeconômica do país está deteriorada. Isto é possibilitado pela ausência de mecanismos de incentivo adequados, especialmente baseados em performance, e a sua mitigação pode ocorrer por meio da adoção de esquemas híbridos de regulação.

Internacionalmente, os resultados negativos de um aparato regulatório deficiente vêm sendo tratados há alguns anos. Reguladores nórdicos impuseram limites mínimos de eficiência a serem demandados, principalmente em relação a companhias menos eficientes (JAMASB; POLLITT, 2000).

A produção de energia elétrica no Reino Unido foi reestruturada em 1990 (POLLITT, 2005). A regulação do tipo (IPC - X) foi introduzida durante o processo de privatização. Segundo POLLITT (2005), é realizada a análise de *benchmarking* em relação aos custos praticados pelas empresas reguladas por meio da técnica de COLS (*Corrected Ordinary Least Squares*), cujos resultados posteriormente são traduzidos para um Fator X.

Na Alemanha, para a regulação das concessionárias de distribuição de energia elétrica, foi adotado um modelo de *benchmarking* orientado a *input*, baseado na ideia de minimização dos valores de insumos, mantendo-se o nível de produção (BOGETOFT; OTTO, 2010).

O regulador alemão então optou por simular o nível de eficiência de cada concessionária por meio do máximo entre quatro escores: EDEA(B), EDEA(S), ESFA(B) e ESFA(A); onde EDEA é o escore de eficiência de Farrell calculado utilizando-se DEA com retornos de escala não decrescentes, ESFA é o escore calculado por meio do SFA orientado a *input*. Os argumentos B e S representam os valores de demonstrações contábeis e os valores padronizados, respectivamente. Empresas que demonstrem um nível particularmente baixo de eficiência, tem atribuído a elas um nível mínimo de 0,60.

KUOSMANEN (2012) afirma que a Autoridade do Mercado de Energia da Finlândia (EMV) utiliza o método DEA desde 1998 (KUOSMANEN, 2012). Em 2010, a EMV patrocinou uma pesquisa que buscou investigar como integrar os métodos DEA e SFA ao seu arcabouço regulatório, empregando um novo método semi-paramétrico de fronteira (StoNED - *stochastic non-parametric envelopment of data*). Em 2012, a EMV substituiu as análises DEA e SFA pelo novo método StoNED.

MEDEIROS (2014) associou as técnicas de DEA e SFA para a obtenção de um Fator X a ser aplicado nos contratos de concessão da 2ª Etapa de Concessões de Rodovias Federais. O Fator X seria o produto entre a medida de eficiência individual obtida pelo SFA menos um, e a eficiência de escala calculada pela razão entre escores DEA-CRS e DEA-VRS. Porém, o autor concluiu que o modelo por ele proposto não resulta em um Fator X com magnitude suficiente para gerar uma ação regulatória capaz de estimular o aumento da eficiência das concessionárias. Tal resultado foi atribuído ao pequeno espaço amostral e à necessidade de buscar identificar insumos e produtos que possam trazer maior sensibilidade ao modelo por ele proposto.

Em tal contexto, nosso objetivo é propor uma metodologia para a implementação de um regime de *price-cap* do tipo IPC - X, tendo por base a análise de eficiência dos contratos de concessão de rodovias federais, feita por meio da aplicação de técnicas de *benchmarking*.

Entendemos que esta é uma contribuição importante para a prática regulatória brasileira, uma vez que aplicamos várias técnicas de análise de eficiência - inclusive a técnica StoNED (KUOSMANEN; JOHNSON; SA-ASTAMOINEN, 2015) - que, em conjunto, visam a dar maior robustez à metodologia proposta e, conseqüentemente, maior segurança ao regulador e ao regulado para inclusão do Fator X nos contratos de concessão de rodovias.

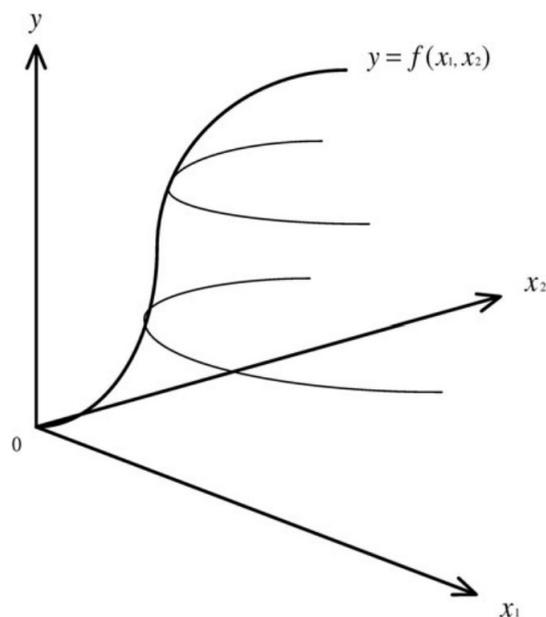
3. METODOLOGIA

Uma função de produção (Figura 3) é uma representação matemática da tecnologia que transforma insumos (*inputs*) em produtos (*outputs*). Ela especifica um relacionamento quantitativo entre insumos e a quantidade máxima possível de produto.

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \equiv f(x)$$

onde x_i representa os insumos; y representa o produto; e $f(x)$ é o mapeamento do espaço de insumos para o de produto.

FIGURA 3 – FRONTEIRA DE PRODUÇÃO - CONJUNTO FACTÍVEL



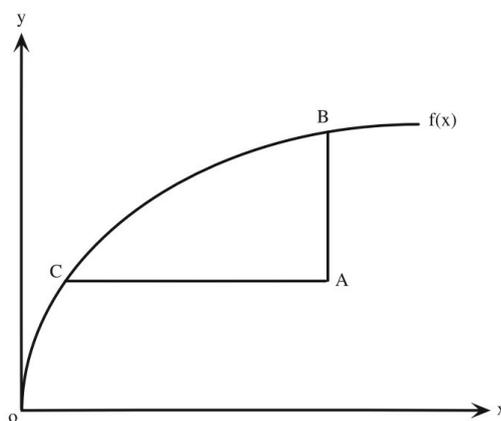
Fonte: RAY; KUMBHAKAR; DUA (2015)

A função $f(\cdot)$ possui as seguintes características: (i) finita, não-negativa, real e injetiva para todo e qualquer valor não finito; (ii) $f(0) = 0$; (iii) $f(x) \geq f(x_0)$ para todo $x \geq x_0$ (monotonicidade); $f(x)$ é contínua e duas vezes diferenciável; (v) o conjunto de insumos $V(y) = \{x | f(x) \geq y\}$ é convexo $\rightarrow f(x)$ é quase-côncava; $V(y)$ é um conjunto fechado e não-vazio para todo $y > 0$. Além disso, as derivadas de $f(\cdot)$ possuem as seguintes propriedades: $\partial y / \partial x_i \geq 0$ (produtividade marginal não-negativa) e $\partial^2 y / \partial^2 x_i \leq 0$ (produtividade marginal decrescente).

Um plano de produção é tecnicamente ineficiente se um nível maior de produto é tecnicamente factível para um dado conjunto de insumos (orientação a *outputs*), ou se um determinado nível de produto é factível utilizando menos insumos (orientação a *inputs*).

Os planos de produção ineficientes estão localizados abaixo da fronteira de produção (Figura 4).

FIGURA 4 – FRONTEIRA DE PRODUÇÃO E CONJUNTOS DE PRODUÇÃO EFICIENTES (C, B) E INEFICIENTE (A)



Fonte: RAY; KUMBHAKAR; DUA (2015)

O retorno de escala é uma propriedade da fronteira resultante do conjunto factível de produção. Quando um pequeno incremento equi-proporcional em todos os insumos causa uma variação (positiva ou negativa) mais que proporcional em todos os produtos ao longo da fronteira de produção, prevalecem localmente os **retornos variáveis de escala (VRS)**. No caso dos **retornos constantes de escala (CRS)**, os insumos e produtos crescem (ou decrescem) na mesma proporção ao longo da fronteira de produção.

O objetivo da análise de eficiência é - dado um conjunto de unidades de produção - estabelecer a fronteira de produção, e como estas unidades se comportam em relação a ela. E a regulação por incentivos busca utilizar esta análise de eficiência como elemento da formulação de mecanismos regulatórios.

Portanto, é necessário primeiro propor um modelo para realizar a análise de eficiência, o qual envolve uma análise de eficiência baseada em uma função de produção que pode ser sintetizada através da seguinte equação:

$$\log(\text{AVG}) = f(\log(\text{CT}), \log(\text{RT}), \text{Z}) \quad (4)$$

onde: AVG é a avaliação geral do trecho concedido de acordo com as pesquisas da CNT; RT representa as receitas totais, divididas pelas respectivas extensões (EXT); CT representa os custos totais, divididos pelas respectivas extensões (EXT); Z representa as variáveis contextuais (o número de praças de pedágio por concessão, a tarifa média a cada 100 km (tarm), e duas dummies dEtapa2 e dEtapa3).

Com o modelo acima, calculamos os indicadores de eficiência por meio dos métodos DEA (em um e dois estágios), paramétricos (de fronteira estocástica e determinística) e StoNED/StoNEZD. Os resultados da análise de eficiência então devem ser traduzidos para o Fator-X.

A autoridade finlandesa que regula o mercado de energia elétrica determina o alvo do escore de eficiência a partir da média aritmética dos escores obtidos para cada unidade de produção por meio de diferentes métodos (até 2012, DEA e SFA); já a autoridade regulatória alemã, de modo similar, calcula os escores de eficiências individuais por meio dos métodos DEA e SFA, porém considera o máximo ao invés da média (KUOSMANEN, 2012).

A nossa proposta para cálculo do indicador de eficiência baseia-se no cálculo dos escores de eficiência para cada concessionária através de diversos métodos, o cálculo da sua média aritmética (limitando os escores ao mínimo de 50%) e a eliminação de *outliers* (por meio da análise de correlação), para assim obtermos um indicador de eficiência final para cada contrato de concessão.

Em resumo, o conjunto de equações para o cálculo do escore de eficiência de cada firma é o seguinte:

$$\begin{aligned}
 E_i &= \max\{\bar{E}_i; 0.50\} \\
 E_i &= \{E \in R \mid E = 0.50, \dots, 1.00\} \\
 \bar{E}_i &= \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n E_k^i \quad \text{s.t.} \quad |\rho_{E_k^i, DEA}| > 0.60 \\
 E_k^i &\in \{E_{DEA}^{i,a}, E_{SFA}^{i,b}, E_{StoNEZD}^{i,c}\} \\
 a &\in \{DEA, DEA_{bc}, DEA_{sw}\} \\
 b &\in \{SFA_{colis}, SFA_{cmad}, SFA_{hn}, SFA_{hnx}, SFA_{exp}, SFA_{expx}\} \\
 c &\in \{StoNED, StoNEZD\}
 \end{aligned} \tag{5}$$

onde \bar{E}_i é o indicador individual de eficiência da concessionária i , dado pela média aritmética dos indicadores de eficiência individuais, calculados por meio dos diversos métodos de análise de eficiência.

De acordo com a formulação proposta, a média aritmética será composta apenas por aqueles escores de eficiência cuja correlação

$$|\rho_{E_k^i, DEA}|$$

seja maior que 0,6 em relação ao escore calculado por meio do DEA simples. Este critério de exclusão de *outliers* visa garantir que haja mínima coerência entre os escores calculados de acordo com as diversas metodologias.

Deste modo, podemos obter um indicador de eficiência para cada contrato de concessão e, posteriormente, calcularmos o Fator-X. Ato contínuo, devemos fazer outra opção metodológica sobre a forma de aplicação do Fator-X envolvendo o ciclo regulatório, limites e a sua forma de aplicação no tempo.

As equações a seguir estabelecem a nossa proposta de aplicação do Fator-X para um ciclo de T anos:

$$\begin{aligned}
 X_t^i &= P_i(t)\delta_i, t = 1, 2, \dots, T \\
 P_i(t) &= \{p \in R \mid p = p_{inf}, \dots, p_{sup}\} \\
 \delta_i &= \min\{(1 - \bar{E}^i), \delta_{sup}\}
 \end{aligned} \tag{6}$$

onde X_t^i é o valor do Fator X aplicado ao contrato i no tempo t ; $P_i(t)$ é a parcela do Fator X a ser aplicada ao contrato i no tempo t ; p_{inf} é a parcela mínima e p_{sup} é a parcela máxima do total $P_i(t)$; δ_i é o desvio de eficiência, dado pelo mínimo entre $(1 - \bar{E}^i)$, com \bar{E}^i calculado pela equação 5, e o máximo desvio de eficiência tolerado, δ_{sup} . A forma como $P_i(t)$ será distribuído no tempo é flexível, e pode ser dada tanto por uma simples distribuição equitativa no tempo, como por uma forma funcional mais complexa, como uma curva de decaimento exponencial.

Tomando como exemplo a equação tarifária constante do Edital de Concessão nº 01/2021 da BR-153/414/080/TO/GO (BRASIL, 2021), podemos perceber uma das principais diferenças entre o Fator-X e os demais fatores que hoje integram a equação tarifária (D,A,E,C). Os fatores D,A,E,C são definidos *ex-ante*, e restritos à avaliação individual do contrato (são endógenas).

Por outro lado, o **Fator X** é definido *ex-post* e acompanha a dinâmica do contrato e do setor regulado (é exógena). Assim sendo, possui o potencial de exercer o *enforcement* regulatório necessário para buscar o cumprimento eficiente dos contratos de concessão.

Para produzir os resultados mostrados neste trabalho, foram desenvolvidos códigos em STATA, Python e R⁴.

4 Código-fonte e dados disponíveis em: <https://github.com/carlosvneves/revista-cgu-2021>

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A base de dados consiste em **21 contratos** (20 ativos e 1 encerrado) das três etapas de concessões federais brasileiras no período **entre 2012 e 2016**. A escolha das variáveis que integram o modelo tomou como base outros trabalhos desenvolvidos sobre o assunto, como exposto em NEVES; BERTUSSI (2019).

Realizamos a aplicação de várias técnicas de análise de eficiência para nos certificarmos da consistência dos resultados, transmitindo confiabilidade para os regulados, com e sem variáveis contextuais. Também procedemos com uma análise preliminar

do comportamento dos dados no tempo (em painel) para identificar variações sensíveis nas variáveis escolhidas para a construção do modelo. Foi verificada uma tendência de manutenção da estabilidade em torno da média, corroborando a premissa de que a média das variáveis do modelo, além de amortecer eventuais choques, fornece uma boa percepção do seu comportamento, dada a finalidade da análise.

Os modelos de análise de eficiência consideram retornos variáveis de escala (VRS), e as estatísticas descritivas das medidas de eficiência, por método de análise, estão sumarizadas na Tabela 1.

TABELA 1 – ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DOS ESCORES DE EFICIÊNCIA DE ACORDO COM OS MÉTODOS EMPREGADOS

-	MEAN	SD	MIN	MAX	N
$deascore_o$	0.935	0.083	0.791	1	21
$deascore_{bc}$	0.925	0.084	0.790	1	21
$deascore_{sw}$	0.908	0.081	0.785	0.994	21
eff_{ols}	1.004	0.089	0.785	1.145	21
eff_{cols}	0.877	0.078	0.685	1	21
eff_{cmaid}	0.877	0.078	0.684	1	21
eff_{hn}	0.792	0.077	0.694	1	21
eff_{hnx}	0.791	0.079	0.694	1	21
eff_{hnx2}	0.791	0.079	0.694	1	21
eff_{exp}	0.825	0.047	0.788	1	21
eff_{expx}	0.825	0.042	0.797	1	21
eff_{st}	0.920	0.057	0.762	0.990	21
eff_{stz}	0.932	0.045	0.805	0.985	21

Fonte: Autor

Na média, os indicadores de eficiência do método StoNED são mais altos que aqueles obtidos por meio dos métodos de fronteira determinística e de fronteira estocástica, ao mesmo tempo em que são mais próximos daqueles calculados utilizando o DEA.

A correlação entre os resultados dos diversos métodos é estatisticamente significativa, sendo que existe alta correlação positiva entre as estimativas StoNED, StoNEZD e as obtidas pelo DEA. A correlação é positiva, porém mais fraca, entre as estimativas de fronteira determinística e aquelas do DEA, e há correlação negativa entre as estimativas de fronteira estocástica e DEA. A correlação é também forte e positiva entre as estimativas de fronteira determinística

e StoNED/StoNEZD. Em contrapartida, há alta correlação negativa entre as estimativas de fronteira estocástica e StoNED/StoNEZD, sendo que a mais fraca ocorre para a estimativa com o SFA exponencial com variáveis de contexto.

Tendo sido obtidos os indicadores de eficiência e a correlação entre eles, podemos aplicar as equações 5 e 6.

Primeiramente, aplicamos o critério de eliminação de *outliers* e podemos verificar na Tabela 2 os resultados dos escores de eficiência por unidade de produção (DMU) e por método de análise de eficiência. Os escores calculados por meio do método OLS também foram eliminados, uma vez que resul-

taram em valores maiores que 1, demonstrando que este método não é indicado para o cálculo da medida de eficiência, servindo tão somente para os testes de consistência do modelo proposto.

Aplicando o critério de eliminação, verificamos que \bar{E}^i é calculado excluindo os indicadores de eficiência calculados por meio do SFA, com exceção daquele que assume uma função exponencial para a distribuição de probabilidade do termo u_j , sem as variáveis contextuais. Este fato é importante de ser notado, pois as análises de eficiência realizadas com o SFA foram as que resultaram em E_{is} mais baixos, sendo assim menos benéficos para o concessionário.

As estatísticas descritivas dos escores de eficiência por DMU podem ser verificadas na Tabela 2. Na primeira coluna da tabela já podemos verificar a

medida individual de eficiência (\bar{E}^i) que será utilizada no cálculo de $X_t(i)$.

Considerando um ciclo regulatório de cinco anos (em conformidade com a literatura cotejada), os parâmetros regulatórios foram escolhidos de modo que o regulado, nos primeiros períodos, seja incentivado a aumentar a sua eficiência, ao mesmo tempo em que este não tenha uma restrição de receitas que venha a comprometer o cumprimento de suas obrigações contratuais. Desta forma, tomando arbitrariamente, e de forma exemplificativa, os diversos parâmetros regulatórios, a equação 6 assume o seguinte: $\delta_i^{sup} = 0.20$; $p_{inf} = 0.10$; $p_{sup} = 0.35$; e uma regra de decaimento exponencial para a aplicação de $P_i(t) = A e^{-Bt}$, com A e B sendo definidos a partir de p_{inf} e p_{sup} .

TABELA 2 – MÉDIA DOS ESCORES DE EFICIÊNCIA POR DMU NO TEMPO E POR MÉTODO, APÓS ELIMINAÇÃO DE OUTLIERS

DMU	$deascore_o$	$deascore_{bc}$	$deascore_{sw}$	eff_{cols}	eff_{cmad}	eff_{expx}	eff_{st}	eff_{stz}
1	0.8575	0.85625	0.85055	0.77149	0.77286	0.8821	0.82969	0.87771
2	0.79106	0.79035	0.78554	0.87586	0.87965	0.81225	0.90781	0.92564
3	0.90205	0.90119	0.89575	0.86385	0.86729	0.8171	0.89961	0.92825
4	0.82853	0.81768	0.81337	0.82449	0.8274	0.83543	0.86883	0.88149
5	0.9982	0.9977	0.99205	0.96539	0.96825	0.79252	0.97416	0.98364
6	0.9982	0.99783	0.99397	0.85916	0.85495	0.82565	0.92192	0.93947
7	0.85181	0.8119	0.80032	0.82733	0.8296	0.83231	0.91977	0.93629
8	0.79106	0.79076	0.78714	0.68529	0.68445	1	0.76167	0.80512
9	0.84647	0.84614	0.84196	0.85472	0.85545	0.82301	0.90163	0.94287
10	0.95853	0.9186	0.91808	0.96389	0.96874	0.79206	0.9684	0.97022
11	0.9982	0.99744	0.99022	0.87335	0.86729	0.81241	0.93611	0.92628
12	0.81699	0.80284	0.79676	0.80264	0.80098	0.8498	0.8659	0.86649
13	0.9982	0.99783	0.99372	0.98357	0.98113	0.79166	0.98863	0.93735
14	1	1	0.87188	0.87759	0.86729	0.80682	0.9509	0.98293
15	0.99837	0.98558	0.98151	0.92237	0.92506	0.7984	0.94549	0.9402
16	1	1	0.88455	0.82116	0.82625	0.83764	0.91977	0.93629
17	0.9982	0.99783	0.99358	0.93428	0.93145	0.7982	0.96977	0.98473
18	0.9982	0.99573	0.98886	1	1	0.78827	0.98972	0.97743
19	1	0.96418	0.95628	0.95548	0.95491	0.79267	0.97569	0.9708
20	1	0.96577	0.95437	0.92956	0.93281	0.79666	0.94889	0.96087
21	0.99459	0.98676	0.979	0.82283	0.82437	0.83683	0.87214	0.90849

Fonte: Autor

Na prática regulatória, face às regras de arredondamento contidas nos contratos de concessão para o cálculo dos ajustes tarifários, pode haver alguma dificuldade para a adoção de uma função contínua. Neste caso, é possível estabelecer previamente os valores discretos de aplicação anual tendo como base a função contínua de aplicação. A figura 5 mostra tanto os valores contínuos, como os valores discretos para a regra de decaimento exponencial. Por óbvio, é necessário garantir que a soma dos $P_i(t)$'s seja igual a 1.

Concretamente, os valores das parcelas de aplicação para cada t são $P_i(t) = \{0,35000, 0,22614, 0,18708, 0,13678, 0,10000\}$, com cinco casas decimais, seguindo o critério de cálculo da TBP (BRASIL, 2021).

Finalmente, o desvio de eficiência δ_i e o Fator-X são calculados para cada ano e cada concessionária. A Tabela 3 apresenta as estatísticas descritivas do Fator-X a ser descontado na tarifa das concessionárias ao longo de cinco anos, e do respectivo δ_i .

Na média, as parcelas descontadas são próximas a um décimo dos valores de $P_i(t)$, sendo que, no máximo, a concessionária menos eficiente tem 7% do seu valor de reajuste descontado no primeiro ano. Por outro lado, a concessionária mais eficiente tem somente 1% do seu valor de reajuste descontado na tarifa.

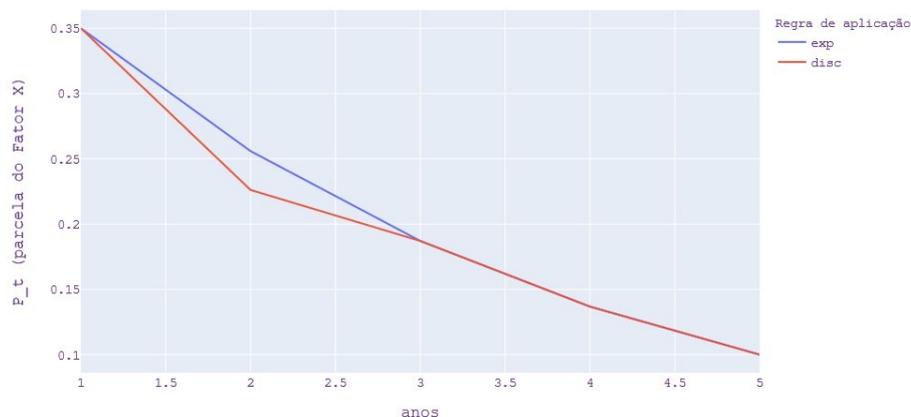
TABELA 3 – ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DO FATOR X POR DMU, APÓS ELIMINAÇÃO DE OUTLIERS

DMU	Mean	SD	Min	Max	Neff
1	0.837	0.043	0.771	0.882	8
2	0.846	0.057	0.786	0.926	8
3	0.884	0.034	0.817	0.928	8
4	0.837	0.025	0.813	0.881	8
5	0.959	0.068	0.793	0.998	8
6	0.924	0.070	0.826	0.998	8
7	0.851	0.050	0.800	0.936	8
8	0.788	0.098	0.684	1	8
9	0.864	0.039	0.823	0.943	8
10	0.932	0.061	0.792	0.970	8
11	0.925	0.069	0.812	0.998	8
12	0.825	0.030	0.797	0.866	8
13	0.959	0.070	0.792	0.998	8
14	0.920	0.073	0.807	1	8
15	0.937	0.063	0.798	0.998	8
16	0.903	0.073	0.821	1	8
17	0.951	0.067	0.798	0.998	8
18	0.967	0.073	0.788	1	8
19	0.946	0.064	0.793	1	8
20	0.936	0.060	0.797	1	8
21	0.903	0.075	0.823	0.995	8

Neff é o número de escores de eficiência para o cálculo do escore final

Fonte: Autor

FIGURA 5 – REGRA DE APLICAÇÃO DAS PARCELAS DO FATOR X NO TEMPO - FUNÇÃO DE DECAIMENTO EXPONENCIAL E VALORES DISCRETOS



Fonte: Autor

TABELA 4 – ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DO VALOR DO FATOR X A SER APLICADO PARA UM CICLO DE 5 ANOS

-	Mean	SD	Mín	Max	N
t=1	0.035	0.018	0.011	0.070	21
t=2	0.023	0.012	0.007	0.045	21
t=3	0.019	0.010	0.006	0.037	21
t=4	0.014	0.007	0.004	0.027	21
t=5	0.010	0.005	0.003	0.020	21
δ_i	0.100	0.051	0.033	0.200	21

Fonte: Autor

Na média, também podemos afirmar que as concessionárias não ficaram muito distantes da fronteira de eficiência, uma vez que o δ_i médio é de 0,10. Por outro lado, a pior concessionária foi, de certo modo, beneficiada pelo limite de desconto, uma vez $\delta_i^{sup} = 0,20$ implica a existência de um δ_i máximo de 0,20 na Tabela 4.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo contribuir para o debate acerca dos mandamentos legais e contratuais impostos à Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) no que tange ao incentivo à eficiência dos serviços prestados pelas concessionárias que atuam nas rodovias federais concedidas, por

meio da proposição de uma metodologia para o cálculo do Fator X.

Para tanto, foram apresentados os fundamentos econômicos que justificam a adoção de mecanismos de regulação por incentivos em monopólios naturais. Ademais, também buscamos na literatura, bem como em julgados do Tribunal de Contas da União (TCU), elementos indicativos da premência de se discutir tecnicamente mecanismos para buscar a melhoria dos incentivos para as concessionárias de rodovias federais. Neste trabalho buscamos mostrar como a implementação o Fator X seria importante para aprimorar o regime regulatório vigente para os contratos de concessão.

Ante o exposto, neste trabalho demonstramos como utilizar técnicas de análise de eficiência, não-paramétricas (DEA), paramétricas (de fronteira de

terminística e estocástica - SFA), além do método StoNED (*Stochastic SemiNonparametric Envelopment of Data*), para o cálculo de medidas de eficiência individuais para os concessionários de rodovias federais.

Foram utilizados os dados de vinte e um contratos de concessão de rodovias federais, entre os anos de 2012 e 2016 para a composição da base de dados. O modelo de análise de eficiência toma como insumos os custos totais e as receitas totais das concessionárias, normalizados pela extensão do trecho concedido, e como produto, a média ponderada da avaliação do trecho pela Confederação Nacional dos Transportes (CNT).

Nossa metodologia se baseia na robustez e consistência dos resultados obtidos por meio da aplicação de vários métodos de benchmarking, uma vez que não é possível afirmar que exista um método estritamente melhor que o outro (KUOSMANEN; SAAS-TAMOINEN; SIPILÄINEN, 2013).

Nos valemos então da experiência internacional, especialmente de países como Alemanha (BOGETOFT; OTTO, 2010) e Finlândia (KUOSMANEN, 2012), para propor uma forma de traduzir as medidas de eficiência em Fator-X a ser incluído nas revisões tarifárias executadas pela ANTT.

Os resultados obtidos mostram que o Fator-X calculado, considerando um ciclo de aplicação de cinco anos, e uma regra de decaimento exponencial para as parcelas a serem aplicadas anualmente, equivale, na média, a um desconto de 3,5% nas tarifas das vinte e uma concessionárias no primeiro ano do ciclo de regulatório. No máximo, a concessionária menos eficiente tem 7% do seu valor de reajuste descontado no primeiro ano. Por outro lado, a concessionária mais eficiente tem somente 1% do seu valor de reajuste descontado na tarifa do primeiro ano. Já no último ano do ciclo regulatório, a média do Fator-X cai para 1%, o que implica em uma regra de incentivos que busca forçar as concessionárias a melhorarem a sua eficiência, ao mesmo tempo em que garante um fluxo de receitas adequado para afastar o risco de descumprimento de obrigações contratuais.

Comparando os nossos resultados com aqueles obtidos por MEDEIROS (2014), podemos afirmar que a presente metodologia, ao contrário daquela proposta por ele, tem o potencial de ser uma ação regulatória capaz de estimular a eficiência das concessionárias, uma vez que os valores obtidos de Fator-X são de magnitude relevante, e a metodologia é flexível o bastante para permitir sua melhor calibragem de acordo com avaliação do regulador sobre o mercado regulado.

REFERÊNCIAS

- AGRELL, P.; BOGETOFT, P. Benchmarking and Regulation, CORE Discussion Paper. 2013.
- AGUIRRE, J. C. Electoral cycle and renegotiation of transport infrastructure. In: PICOT, A. et al. (Ed.). The economics of infrastructure provisioning: The changing role of the state. [S.l.]: MIT press, 2016. cap. 6, p. 315-337.
- ARMSTRONG, M.; COWAN, S.; VICKERS, J. Regulatory reform: economic analysis and British experience. [S.l.]: MIT press, 1994. v. 20.
- BARON, D. P.; MYERSON, R. B. Regulating a monopolist with unknown costs. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, JSTOR, p. 911-930, 1982.
- BOGETOFT, P.; OTTO, L. Benchmarking with Dea, Sfa, and R. Springer Science & Business Media, 2010. v. 157.
- BRASIL, Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). EDITAL DE CONCESSÃO N° 001/2011. 2012. Disponível em: <<https://cutt.ly/SmqXcr4>>.
- BRASIL, Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). EDITAL DE CONCESSÃO N° 003/2013 - Contrato de Concessão. 2013. Disponível em: <<https://cutt.ly/vmqXhDx>>.
- BRASIL, Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). Agenda Regulatória da ANTT. 2015. Disponível em: <<https://cutt.ly/AmqXWNE>>.
- BRASIL, Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). Edital n° 1/2018 - Ata de Respostas aos Pedidos de Esclarecimentos. 2018. Disponível em: <<https://cutt.ly/VmqXOmL>>.

- BRASIL, Agência Nacional de Transportes Terrestres(ANTT). Agenda Regulatória da ANTT. 2019. Disponível em: <<https://cutt.ly/HmqXI39>>.
- BRASIL, Agência Nacional de Transportes Terrestres(ANTT). Edital nº 01/2021 - BR-153/414/080/TO/GO. 2021. Disponível em: <<https://cutt.ly/RmqX2o9>>.
- BRASIL, Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995. Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências. 1995. Disponível em: <<https://cutt.ly/lmqX44v>>
- BRASIL, Tribunal de Contas da União(TCU). ACÓRDÃO 1174/2018-PLENÁRIO: ACOMPANHAMENTO. PRIMEIRO ESTÁGIO DE CONCESSÃO DO LOTE RODOVIÁRIO DENOMINADO RODOVIA DE INTEGRAÇÃO DO SUL - RIS (BR-101/RS, BR-290/RS, BR-386/RS e BR-448/RS). 2018. Disponível em: <<https://cutt.ly/XmqCfLL>>
- BRASIL, Tribunal de Contas da União(TCU). ACÓRDÃO 2190/2019-PLENÁRIO: AUDITORIA OPERACIONAL. AVALIAR A PERFORMANCE DAS CONCESSÕES NO ÂMBITO DO PROGRAMA DE CONCESSÕES RODOVIÁRIAS FEDERAIS (PROCROFE) E O SEU REAL CUSTO PARA SOCIEDADE. 2019. Disponível em: <<https://cutt.ly/cmqClQA>>
- CIRACE, J. Law, Economics, and Game Theory. [S.l.]: Lexington Books, 2018.
- ÉGERT, B. Infrastructure investment in network industries. In: PICOT, A. et al. (Ed.). The economics of infrastructure provisioning: The changing role of the state. [S.l.]: MIT press, 2016. cap. 6, p. 175–194.
- GAO, S.; REN, Z. The X Factor Investigation of a Price Cap Regulation of Infrastructure Under Public-Private Partnerships. In: Shen L., Ye K., Mao C. (eds) Proceedings of the 19th International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate. Springer, Berlin, Heidelberg, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-662-46994-1_59.
- GUASCH, J. L.; LAFFONT, J.-J.; STRAUB, S. Renegotiation of concession contracts in latin america: Evidence from the water and transport sectors. International Journal of Industrial Organization, Elsevier, v. 26, n. 2, p. 421–442, 2008.
- JAMASB, T.; POLLITT, M. Benchmarking and regulation: international electricity experience. Utilities policy, v. 9, n. 3, p. 107–130, 2000.
- JEHLE, G.; RENY, P. Advanced microeconomic theory (third Edition). Essex: Pearson Education Limited, 2011.
- KUOSMANEN, T. Stochastic semi-nonparametric frontier estimation of electricity distribution networks: Application of the stoned method in the finnish regulatory model. Energy Economics, v. 34, n. 6, p. 2189–2199, 2012. ISSN 0140-9883.
- KUOSMANEN, T.; JOHNSON, A.; SAASTAMOINEN, A. Stochastic Nonparametric Approach to Efficiency Analysis: A unified Framework. In: ZHU, J. (Ed.). Data Envelopment Analysis. [S.l.]: Springer, 2015. cap. 7, p. 191–244.
- KUOSMANEN, T.; SAASTAMOINEN, A.; SIPILÄINEN, T. What is the best practice for benchmark regulation of electricity distribution? comparison of dea, sfa and stoned methods. Energy Policy, Elsevier, v. 61, p. 740–750, 2013.
- LAFFONT, J.-J.; MARTIMORT, D. The theory of incentives: the principal-agent model. [S.l.]: Princeton university press, 2009.
- MAS-COLELL, A. et al. Microeconomic theory. [S.l.]: Oxford university press New York, 1995.
- MEDEIROS, F. d. S. Eficiência em concessões de infraestrutura: Benchmarking, Price-cap e o fator “x”. 2014.
- NEVES, C. E. V.; BERTUSSI, G. L. EFICIÊNCIA EM CONCESSÕES DE RODOVIAS FEDERAIS BRASILEIRAS. Brazilian Review of Economics & Agribusiness/Revista de Economia e Agronegócio, v. 17, n. 2, 2019.
- PINHEIRO, A. C.; RIBEIRO, L. C. Regulação das ferrovias. [S.l.]: FGV Editora, 2017.
- POLLITT, M. The role of efficiency estimates in regulatory price reviews: Ofgem’s approach to benchmarking electricity networks. Utilities Policy, v. 13, p. 279–288, 12 2005.
- Pyomo Developer Team. Pyomo: Python Optimization Modeling Objects. 2021. Disponível em: <<http://pyomo.org>>.
- RAY, S. C.; KUMBHAKAR, S. C.; DUA, P. Benchmarking for performance evaluation. [S.l.]: Springer, 2015.
- TIROLE, J. Economics for the common good. [S.l.]: Princeton University Press, 2017.
- WORLD BANK. Advising Services for Enhancement of BR-476 PPP Bidding Documents. 2015.

**Carlos Eduardo V. Neves**<http://orcid.org/0000-0003-1854-3153>CV Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9531672520913887>carlos.vneves@gmail.com

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade de Brasília (dezembro 2006), Mestrado em Geotecnia pela Universidade de Brasília (fevereiro de 2009) e Doutorado em Economia Aplicada pela Universidade de Brasília (setembro de 2021). Trabalha na Administração Pública Federal desde 2009, tendo passado pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba (CODEVASF), pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e, atualmente, é Especialista em Regulação na Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), e exerce a função de Gerente de Gestão Econômico-Financeira da Superintendência de Infraestrutura Rodoviária da ANTT.

**Geovana Lorena Bertussi**<http://orcid.org/0000-0001-5929-2536>CV Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7807516727155977>geovanalorena@gmail.com

Possui graduação em Ciências Econômicas pela Universidade de Brasília (dezembro 2005), Mestrado em Economia pela Universidade Federal de Minas Gerais (fevereiro de 2008) e Doutorado em Economia pela Universidade de Brasília (agosto de 2010). Tem experiência na área de Economia, com ênfase em Crescimento e Desenvolvimento Econômico, Economia da Infraestrutura e Economia Aplicada. Atualmente é Professora Associada do Departamento de Economia da UnB.