

## CONCESSÃO RODOVIÁRIA: UMA ANÁLISE SOBRE OS RESULTADOS DAS METODOLOGIAS TRADICIONAL E FREE FLOW

Kaio Gefferson de Almeida Mesquita

Frederico Rodrigues

Igor Jackson Arthur Costa e Souza

João Vitor Freitas Campos

Pedro Henrique de Oliveira Cardoso

Imtraff Consultoria e Projetos de Engenharia LTDA

---

**Resumo:** Quando o assunto é pedágio nem sempre há um consenso entre a população, sobretudo sob a ótica de aspectos financeiros, que está intimamente atrelado ao valor da tarifa de pedágio e, com a recente publicação da lei do pedágio *free flow*, tudo indica que o sistema de pedagiamento no Brasil tomará novos rumos. Assim, este artigo apresenta um estudo de caso comparando os resultados esperados de receita de uma concessão pela forma convencional e aplicando o sistema *free flow*. Além disso, considerou-se também o efeito da política de desconto tarifário para usuários frequentes (DUF). A análise realizada permitiu inferir, conforme já esperado, que o sistema de pedagiamento por *free flow*, isto é, a cobrança por quilometro rodado, é mais justo e vantajoso aos usuários e, por consequência, gera uma menor receita frente ao sistema convencional, com praças fixas.

Palavras-chave: Concessão Rodoviária. *Free flow*. Praça de Pedágio. Tarifação Tradicional. DUF.

---

**Abstract:** When it the subject it 'to put tolls on roads', there is not always a consensus among the population, especially from the perspective of financial aspects, which is closely linked to the value of the toll fee and, with the recent publication of the free flow toll law, everything indicates that the toll system in Brazil will take new directions. Thus, this article presents a case study comparing the expected revenue results of a concession in the conventional way and applying the free flow system. In addition, the effect of the tariff discount policy for frequent users (DUF) was also considered. The analysis performed allowed us to infer, as expected, that the free flow toll system, that is, the charge per kilometer traveled, is fairer and more helpful to users and, consequently, generates lower revenue compared to the conventional system, with fixed squares.

### 1. INTRODUÇÃO

Quando se fala em concessão rodoviária, é inerente à relação direta ao termo pedágio, que é definido por Barbosa (2013) como *um* valor pago ao poder público ou concessionária responsável pelo uso da via em questão, com a garantia do ressarcimento dos custos por meio de construção e manutenção da mesma. No Brasil, a instalação de praças de pedágio suscitou grandes discussões sobre a natureza jurídica da cobrança e os problemas ocasionados por sua dúvida interpretação, principalmente no início da década de 2000 (Nepomuceno e Flores, 2005).

Pesquisadores, usuários das rodovias, políticos, órgãos públicos e empresas privadas detém opiniões diferentes sobre a configuração dos pedágios. Há quem defenda que os pedágios são uma violação por configurarem uma bitributação, uma vez que os motoristas já pagam impostos, como aqueles sobre a Propriedade de Veículos (IPVA), taxa de licenciamento,

além da cobrança sobre compra de combustíveis, entre outros. Há quem defenda que o pedágio não pode ser classificado como tributo, pois se trata de um preço público (Pessin, 2011), cobrado pelo serviço de conservação, manutenção e operação da infraestrutura ofertada.

Segundo Macarenhas (2005), os investimentos em infraestrutura exigem longo prazo de retorno e, conseqüentemente, maiores prazos de financiamento para obras. Nesse sentido, a concessão à iniciativa privada, dos serviços rodoviários, parece ser um processo adequado. Dessa forma, a concessão rodoviária ocorre quando o poder público transfere a administração de um determinado trecho rodoviário à iniciativa privada. O governo estabelece um período de contrato e define diferentes responsabilidades do concessionário e normas a serem seguidas, incluindo: (a) serviços a serem oferecidos, (b) forma de remuneração, (c) cronograma de realização de obras, entre outros.

Várias rodovias em diferentes países pelo mundo como, por exemplo, Alemanha, Argentina, Brasil, China, Espanha, Portugal e Suíça, assumem a cobrança de pedágio. Nestes são apresentados modelos variados de concessão que implicam diretamente a forma e o valor de tarifação dos usuários. Existe uma tendência de se cobrar pelo uso de rodovias, principalmente, quando considerada adoção de modelos associados à gestão privada (Senna; Michel, 2006). No Brasil, embora as concessões rodoviárias promovam uma melhoria em termos de atendimento e infraestrutura viária (segurança e conforto), sempre foram questionadas em relação às tarifas praticadas, que usualmente é adotado um valor único por modo de transporte, calculado pelos estudos de concessão. Todavia, novos métodos de tarifação e tecnologias surgiram com a finalidade de reduzir as tarifas para um valor mais justo perante o deslocamento. Dessa forma além do modelo tradicional de tarifação (pagamento através de pedágios), outros modelos com maior nível de aceitação já estão instalados em grandes rodovias pelo mundo, à exemplo o Desconto Tarifário para Usuário Frequente (DUF), com o intuito de minimizar o impacto de tarifas de pedágio nos custos totais de transporte de pessoas. Outro exemplo de tecnologia emergente, são os referentes Sistemas de Identificação Automática de Veículos (AVI), que contribuem para uma maior equidade na tarifação, possibilitando uma redução do valor básico através do aumento da base de usuários.

No Brasil, a recente Lei N° 14.157 de 2021, altera as leis N°s 9.503 de 1997 e 10.233 de 2001, que estabelece condições para implementação de cobrança pelo uso de rodovias por meio de sistemas de livre passagem. Anteriormente à implantação do *free flow* no Brasil, a iniciativa privada oferecia um serviço de pagamento eletrônico de pedágios. Isto é, veículos credenciados portadores de uma “placa eletrônica” eram identificados e cobrados posteriormente através de boletos bancários ou cartões de crédito/débito. Modelos de pedágio mais atuais operam por meio de pórticos, com monitoramento automático e eletrônico dos veículos por meio de radiofrequência (RFID) combinada com sistema de leitura automática de caracteres dos veículos (Pumatronix, 2021). Neste contexto, o objetivo deste trabalho é propor uma análise comparativa e descritiva a respeito do funcionamento do Pedágio Aberto (RPA) ou *free flow* com o modelo tradicional, considerando também o DUF, especialmente no tocante à receita esperada. Para se alcançar esse objetivo, o trabalho está estruturado em mais 4 tópicos além da introdução: Revisão sobre estudos de tráfego para modelagem de concessão; Método de pesquisa; Estudo de caso com análises do modelo tradicional, *free flow* e comparativa e, Conclusões além de recomendações de propostas de trabalhos futuros.

## 2. ESTUDOS DE TRÁFEGO PARA MODELAGEM DE CONCESSÃO

Ao longo da história, diferentes mecanismos de financiamento têm sido empregados na construção de infraestrutura de transporte, entre os quais destacam-se: cobrança sobre os usuários através de tributação direta ou imposição de tarifas de utilização (pedágios e tarifas de embarque, por exemplo) e receitas em geral (Barbosa, 2013). Há registros sobre cobrança de viajantes nas estradas há pelo menos 4 mil anos nas regiões da Síria e Babilônia. Os EUA, apesar

da pouca experiência na área de concessões rodoviárias (comparativamente aos países europeus), possuem diversas rodovias com pedágio (*Turnpikes*) administradas pelo governo do País. Na França o termo era conhecido como *péage* – origem do termo em português (Senna e Michel, 1998) e é atualmente uma referência mundial em cobrança de pedágios.

Neste contexto, para que haja credibilidade em programas de concessão, a definição da tarifa a ser cobrada exige uma avaliação clara dos custos e receitas, de modo que os usuários do sistema possam ver uma relação clara entre o que pagam e os benefícios ofertados. Frente à recente alteração da legislação brasileira para início de cobrança de pedágios pela metodologia *Free Flow*, surge o questionamento, objetivo do presente estudo: qual é a variação paga pelos usuários e/ou recebida pelas concessionárias, quando comparada à metodologia tradicional?

### 2.1. Metodologia Tradicional

O programa de Concessões de Rodovias Federais (PROCOFE) começou a ser implantado na década de 1990, com a licitação de cinco trechos que já tinham cobrado pedágio anteriormente diretamente pelo Ministério de Transportes e que possuíam Volumes Diários Médio baixos (média de 800 veículos/dia) (ANTT, 2012). O vencedor da licitação foi escolhido pelo critério de menor tarifa de pedágio, com prazos de exploração prefixados e com base em um plano de investimentos que contemplava obras de restauração e de ampliação de capacidade (Soares; Neto, 2006). Esses programas influenciam na efetiva conservação da sinalização horizontal e vertical, o rápido conserto de imperfeições no pavimento e melhoria nos serviços de socorro mecânico, guincho e ambulância.

O subsídio principal para uma modelagem de concessão rodoviária é o estudo de tráfego, que permite compreender a caracterização e distribuição do fluxo que percorre a região. Os estudos contam como principais fonte de dados as pesquisas de Contagem Classificada de Veículos (CCV) e pesquisas origem-destino (OD), além dos hábitos dos usuários. Essas últimas citadas são utilizadas para obtenção do padrão de viagens, frequência e rotinas, que são relacionados à forma de pagamento para indução de demanda futura, caso um novo método de cobrança seja ofertado. Além desses métodos, pesquisas de preferência declarada são realizadas para captação da provável escolha do usuário frente ao pedagiamento da rodovia.

A partir destas informações, é comumente calculada através de modelagem de escolha pelo método *logit*, a probabilidade de o usuário pagar pelo pedágio ou buscar por uma rota alternativa para completar sua viagem (a mesma relação é utilizada para análises de escolha entre modos de transportes). Uma vez identificada a curva de adesão x custo, são identificados os trechos com menor possibilidade de fuga e maiores volumes para implantação das praças de pedágio.

Nesta lógica tradicional, alguns poucos pontos terão cobrança, que recairão principalmente aos usuários daqueles trechos o que gera a possibilidade de uma cobrança desigual em relação a todos usuários da rodovia. Isto é, vários segmentos não possuem cobranças, o que permite que usuários entrem e saiam do sistema sem terem qualquer contribuição financeira à concessão, mesmo que use de seus serviços.

### 2.2. Metodologia *Free flow*

Segundo o próprio nome diz, o sistema de fluxo livre (*Free flow*) é um sistema com o conceito de Rodovias de Pedágio Aberto (RPA). Nesse sistema não há a existência de praças de pedágios convencional, isto é, aquela infraestrutura física onde a cobrança é realizada de forma manual, com a necessidade de interromper o fluxo de tráfego. No *Free flow* a cobrança é feita por meio pórticos instalados na rodovia e, portanto, calculado a distância percorrida na via. Em suma, paga-se proporcionalmente pelo trecho utilizado.

A tarifação é realizada por meio de um sistema que conta com câmeras OCR, leitores RFID (radiofrequência) e, em alguns casos laços indutores, que estrategicamente instalados,

fazem a identificação/reconhecimento do veículo e registram a passagem de forma automática. Uma vez que o sistema dispensa as tradicionais praças de pedágio, podem ser distribuídos um número maior de pontos de controle, seja nas entradas e saídas da rodovia, seja em trechos homogêneos entre cruzamentos com rodovias ou áreas urbanas.

Barbosa (2013) menciona dois modelos de cobrança de pedágio, o primeiro indicado para rodovias cujas entradas e saídas (ramos de acesso) sejam totalmente controladas, com locais de acesso definidos e sem acessos irregulares ao longo da rodovia. Já no segundo tipo de cobrança, mais adequado as rodovias brasileiras, diga-se de passagem, o controle do trecho da via utilizado se dá por meio de segmentos homogêneos, os quais normalmente estão entre acessos de vias importantes ou perímetros urbanos. A Figura 1 a seguir, apresenta ambos os modelos.

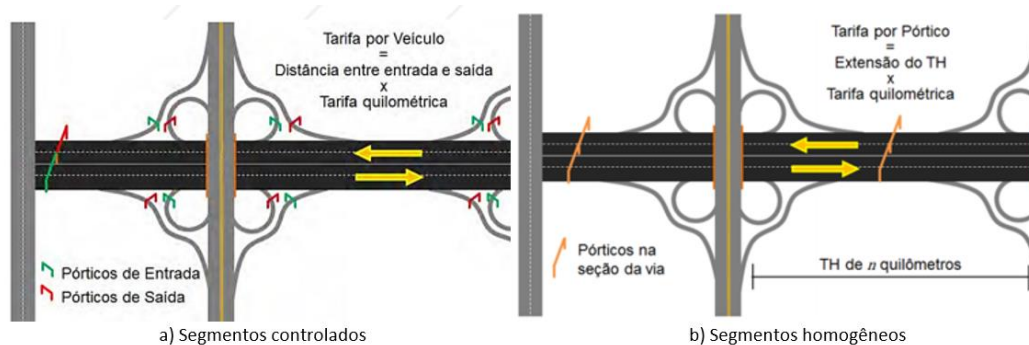


Figura 1: Metodologia *free flow* a) segmentos controlados; b) segmentos homogêneos

Fonte: Barbosa (2013).

No presente trabalho, a metodologia convencional será comparada à adoção de *free flow* para pórticos instalados em segmentos homogêneos, conforme apresentado nos próximos itens. O método de pórticos instalados em segmentos homogêneos é adotado por ser mais adequado nas rodovias que não possuem completo controle de acessos.

### 3. MÉTODO DA PESQUISA

Para comparar a metodologia tradicional com a *free flow* utilizou-se dados de um estudo técnico de uma rodovia que está em processo de modelagem para posterior concessão à iniciativa privada. Como o trecho ainda não foi divulgado publicamente, será omitida a identificação da rodovia. Para atingir o objetivo deste trabalho foram analisados os resultados das pesquisas quantitativas de campo, realizada análise sistêmica das entrevistas com usuários com o objetivo de caracterizar as viagens e verificar quais usuários já fazem uso de algum sistema de pagamento automatizado por AV, estimativa, por meio da alocação do tráfego, do volume de veículos no sistema viário, definição da localização das praças de pedágio e dos pórticos, no caso do sistema de rodovias de pedágio aberto e, por fim, realizada uma análise para expectativa de receita esperada da concessão via metodologia tradicional e pela metodologia *free flow*.

A Figura 2 apresenta um esquema comparativo entre a metodologia para obtenção da receita no modelo tradicional e o modelo *free flow* com foco nas etapas que distinguem ambos os métodos. Aqui é importante destacar que serão apresentados resultados de receita, para a metodologia tradicional, com e sem a política de descontos para usuários frequentes (DUF), inovação que algumas modelagens de concessão de rodovias federais mais recentes estão trazendo em seus modelos.

Nota-se a diferença entre as metodologias principalmente na execução das etapas de escolha das praças de pedágio (tradicional) ou dos pórticos (*free flow*). Para ambas as

metodologias é necessário um levantamento de campo com Contagens Classificadas dos Veículos, isto é, classificando-os, além do tipo, em número de eixo (informação crucial para estimativa de receita) e Pesquisa O/D, que caracterizará melhor as viagens e o perfil dos usuários da via para posterior construção da matriz O/D e simulação do cenário atual.

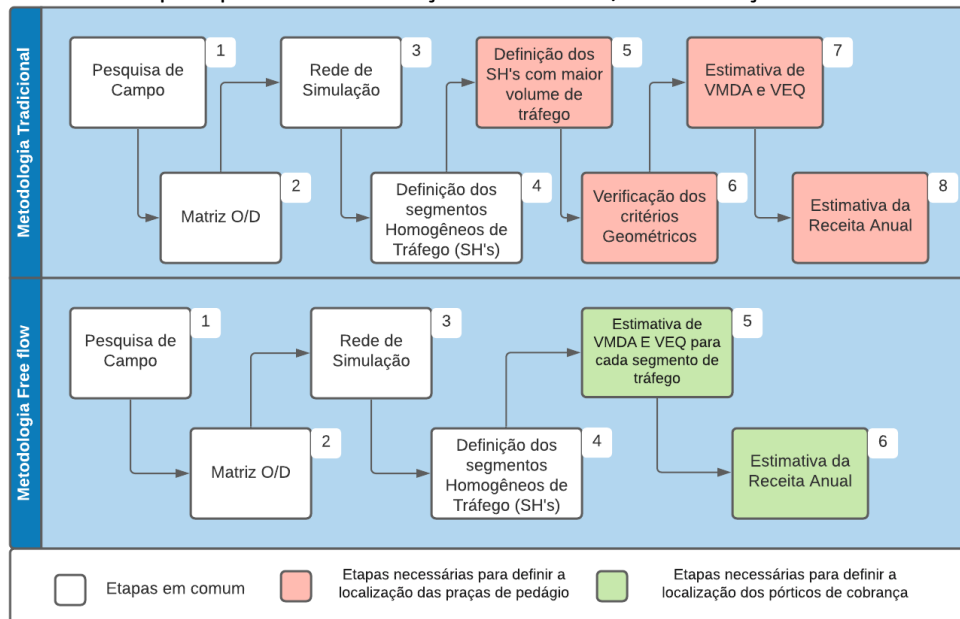


Figura 2: Método comparativo entre o modelo tradicional e o *free flow*

Fonte: Autores

Os métodos se mantêm semelhantes até a etapa de definição dos Segmentos Homogêneos de Tráfego (SH's). Para o modelo tradicional é necessário definir quais os segmentos com maiores volumes de tráfego e posterior verificação dos critérios geométricos que minimizem os custos de implantação das praças de pedágio (que entram no CAPEX – *Capital Expenditure* – que são os custos relativos aos investimentos de uma concessionária). Por conseguinte, estima-se o Volume Médio Diário Anual (VMDA) e o Volume Diário Médio Equivalente (VEQ), que é produto entre VMDA e o fator multiplicador da categoria a que pertence àquele veículo, para se obter a estimativa da receita diária e anual.

Em contrapartida no método *free flow*, após definição dos SH's é realizada a estimativa de VMDA e VEQ para cada segmento, os quais são baseados nas informações que são obtidas nas pesquisas OD como, por exemplo, distância percorrida, além da própria informação de origem e destino de tal viagem e, a partir daí, define-se quais são os trechos que recebem os pórticos de cobrança de pedágio no estilo *free-flow* (podendo ser um ou todos os segmentos homogêneos do tráfego do sistema viário em questão), sendo essa etapa a de principal diferença do método anterior. Por fim calcula-se a estimativa da receita diária/anual por segmento em que foi implantado o pórtico.

Vale destacar que, normalmente, o maior volume de tráfego definido no modelo tradicional é o que garante a geração da receita da concessão. Dessa forma as etapas de 5 a 8 no modelo tradicional são as que definem a localização das praças de pedágio. De maneira análoga, as etapas 5 e 6 do modelo *free flow* são as que definem a localização dos pórticos de cobrança desta metodologia.

### 3.1. Análise de Desconto Tarifário para Usuário Frequente (DUF)

O principal objetivo da política de DUF é o de minimizar o impacto da introdução de tarifas de pedágio nos custos totais de transporte de pessoas que precisam utilizar a rodovia para a realização de deslocamentos frequentes, que usualmente ocorrem entre municípios

próximos, ou distritos de um mesmo município, tendo, portanto, distâncias de percurso menores que as dos trechos de cobertura das praças de pedágio, aos quais as tarifas são proporcionais.

Primeiramente, seleciona-se as viagens que tiveram como resposta a frequência diária, e posteriormente é realizada a análise de cada par OD se a viagem inicia e termina dentro do TCP da praça referência e se ainda o usuário avaliado, durante a viagem, passaria pela praça, isto é, pagaria a tarifa. Por fim, define-se o par OD mais representativo com a menor distância de viagem. Após a definição da viagem de referência, compara-se o valor real da viagem (extensão da viagem do par OD de referência) com a extensão média aproximada do trecho de cobertura de pedágio, em seguida, dentre as selecionadas, é escolhida como viagem referencial de cada praça aquela correspondente ao par Origem-Destino mais ocorrente, isto é, com maior volume observado na pesquisa OD. Destaca-se que o DUF considera o DBT (desconto pelo AVI), ou seja, na primeira passagem do mês em uma dada praça e sentido, a tarifa paga corresponderá à 95% da tarifa normal da praça.

#### 4. ESTUDO DE CASO

##### 4.1. A rodovia em análise

A concessão analisada é composta pelas vias 1 e 2 (Figura 3). Ambas são rodovias de pista simples, possuindo uma extensão total de aproximadamente 115 km, com relevo majoritariamente plano, relativa facilidade de ultrapassagem para cerca de 60% do trecho e possibilidade de se desenvolver altas velocidades. Sobre a característica de tráfego, verificou-se baixa participação de veículos comerciais (caminhões e carretas) e um volume médio da ordem de 4.000 mil veículos por dia.

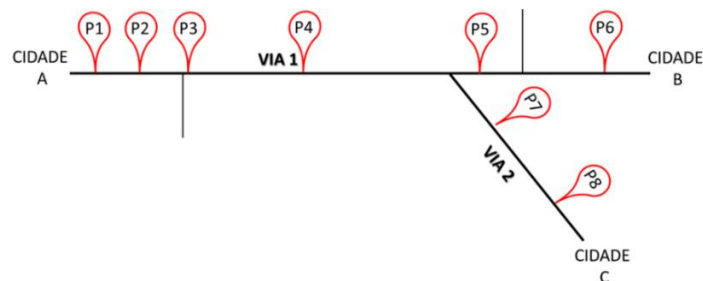


Figura 3: Esquemático da rodovia em análise.

Fonte: Autores.

Pode-se notar que na via 1 estão contidos 6 segmentos de tráfego e na via 2 os demais, e os resultados da alocação de tráfego para segmento homogêneo da rodovia estão apresentados na Tabela 1. Estes dados foram utilizados para realização das análises da metodologia tradicional e, também para realizar todas as análises de desconto, estimativa de tráfego pelo Free flow, além da obtenção das receitas estimadas.

Tabela 1: VMDA dos segmentos de homogêneos de tráfego

Segmento Homogêneo	VMDA Leves	VMDA Pesados	VMDA Total	VEQ Total
1	5937	893	6830	9063
2	6262	836	7098	9188
3	6320	930	7250	9575
4	3500	642	4141	5747
5	2792	487	3279	4497
6	3999	609	4608	6131



7	1501	298	1799	2544
8	1672	268	1940	2610
TOTAL	31983	4963	36946	49355

Fonte: Autores.

#### 4.2. Perfil dos Usuários

Traçar perfil do usuário da rodovia corrobora nas tomadas de decisão, bem como, as escolhas de metodologias, qualidades esperadas, além do plano de desenvolvimento futuro que a administradora da rodovia terá de executar após início da concepção. Para a rodovia em questão, 90,49% dos usuários são automóveis, sendo que 88,79% são do sexo masculino, destes, 13,5% estão entre 38 e 42 anos. Além disso, 62,1% das viagens são realizadas para o trabalho e conforme apresentado no gráfico seguinte, 20,72% das viagens são realizadas eventualmente, e 18,81% diariamente. A Figura 4 a seguir apresenta os resultados.

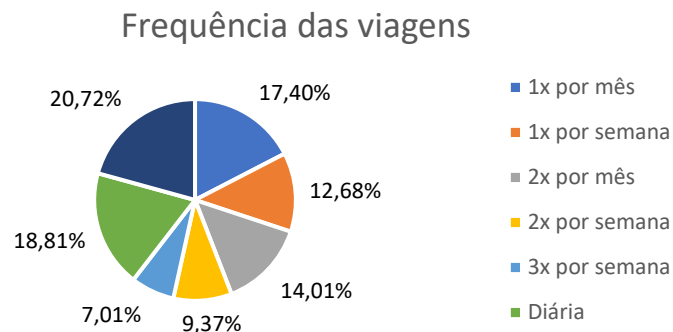


Figura 4: Frequência das viagens realizadas na rodovia em estudo.

Fonte: Autores.

Além da frequência das viagens, outra informação extremamente relevante é obter informações acerca da distância percorrida, pois é um dado utilizado para verificar qual é a parcela utilizada do trecho que está sendo estudado para concessão. Nota-se no gráfico das figuras adiante que a maior parcela dos usuários faz viagens com mais de 100km de extensão e cerca de 25,8% dos usuários fazem viagens de até 60km. Estes dados são utilizados para traçar o perfil dos usuários da rodovia e assim, confluir com melhores escolhas para o motorista.

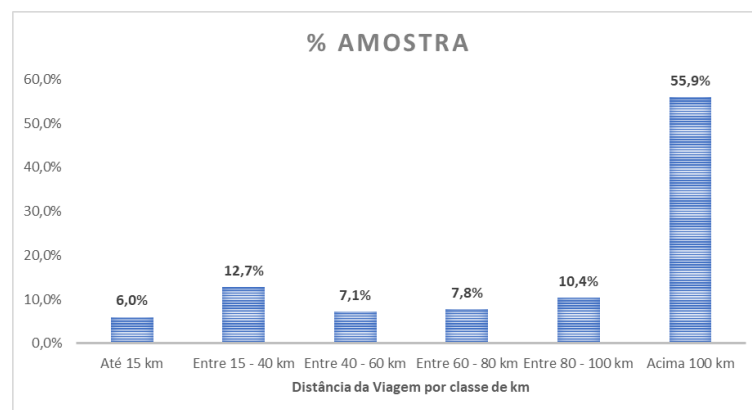


Figura 5: Distância da Viagem por classes.

Fonte: Autores.

#### 4.3. Modelagem Tradicional

Pôde-se verificar com base na Tabela 1 que os segmentos de tráfego com maior volume de veículos eram os segmentos 3, 2, 1 e 6, respectivamente. Contudo, seguindo o segundo critério para implantação das praças, isto é, parâmetros geométricos (como por exemplo, curvas verticais e horizontais, proximidade com perímetro urbano e afins) os segmentos 2 e 1 foram desqualificados, restando, portanto, apenas os segmentos 3 e 6. Assim, a aplicação da metodologia tradicional indicou a instalação de duas praças de pedágio de sistema convencional, isto é, praças fixas, e elas foram instaladas nos segmentos 3 e 6, com uma tarifa cheia de R\$8,00 ou R\$0,1381 centavos por km, denominada tarifa quilométrica e com um TCP médio (Trecho de Cobertura de Pedágio) de aproximadamente 57,5km, ou seja, cada praça de pedágio é responsável por 57,5km de rodovia.

Portanto, temos que, do total de 49.355 veículos que trafegam pelos 8 segmentos de tráfego, apenas os que passam pelos SH's 3 e 6 serão tarifados, o que representa um total da ordem de 32% de todos os VEQ. Verificou-se ainda, com base nos dados da pesquisa OD (Tabela 2 e Tabela 3), que 48% das viagens que passam pelo segmento 3 possuem uma extensão maior que 58 km, e na praça localizada no SH 6 as viagens com extensão maior que 58km representam mais de 75%, o que significa dizer que esse usuários trafegam mais que o TCP da praça, isto é, apresentando uma iniquidade (diferença entre o valor pago na praça de pedágio da via e o valor justo a ser pago se a cobrança fosse por quilometro percorrido) negativa. Ou seja, usuários pagam menos do que deveriam pagar. Isso impacta diretamente nos demais usuários que possuem distância de viagem de até 25km e acabam pagando mais do que o valor justo.

Sobre 'Iniquidade', quanto maior for, significa dizer que as viagens são mais curtas em relação ao trecho pedagiada. Para o caso da praça do SH 6 o caso é ainda pior, pois cerca de 77% dos usuários andam mais que o TCP da praça, e apenas 3% possuem viagens com até 58km (e pagam o valor justo). É importante mencionar ainda que equilibrar essa iniquidade é o maior desafio dos modelos de concessão tradicionais, isto é, com praças fixas.

Tabela 2: Frequência de viagens por distância percorrida - Praça do SH 3

Frequência da Viagem	Distância Percorrida		
	Até 25 km	Até 58 km	> 58 km
1x por mês	1%	4%	8%
1x por semana	3%	4%	5%
2x por mês	2%	3%	9%
2x por semana	4%	3%	5%
3x por semana	2%	3%	2%
Diária	9%	5%	2%
Eventual	3%	7%	18%
<b>TOTAL</b>	<b>24%</b>	<b>28%</b>	<b>48%</b>

Fonte: Autores

Tabela 3: Frequência de viagens por distância percorrida - Praça do SH 6

Frequência da Viagem	Distância Percorrida		
	Até 25 km	Até 58 km	> 58 km
1x por mês	1%	1%	18%
1x por semana	2%	0%	10%
2x por mês	2%	0%	13%
2x por semana	2%	0%	6%
3x por semana	1%	0%	5%
Diária	12%	2%	11%
Eventual	0%	0%	14%
<b>TOTAL</b>	<b>1%</b>	<b>1%</b>	<b>18%</b>

Fonte: Autores



Portanto, a modelagem desse cenário, indicou, que a receita estimada para este cenário de cobrança é da ordem de R\$ 996 Milhões de reais, quando aplicada uma taxa de crescimento de tráfego de 3%a.a. e ainda considerando a duração da concessão foi de 30 anos. Destaca-se que no primeiro ano de concessão não há arrecadação, pois este corresponde ao período em que acontece a fase de trabalhos iniciais e construção das praças.

As praças de pedágio que na metodologia tradicional foram propostas nos segmentos 3, 6, seriam responsáveis pela cobrança de todo o fluxo que trafega na rodovia (8 segmentos analisados). Ou seja, em suma, uma das principais desvantagens de um sistema convencional é a iniquidade no sistema de pagamento pelos usuários da rodovia.

#### 4.4. Modelagem Tradicional com DUF

Considerando o desconto para usuários frequentes (DUF), a arrecadação estimada é da ordem de R\$ 945,6 milhões de reais. Ou seja, conforme esperado, o DUF gera uma menor arrecadação em função de reduzir a penalização para usuários que percorrem frequentemente a rodovia, porém em curtas extensões. Ou seja, o DUF é uma tentativa de correção das distorções promovidas pela metodologia tradicional, especialmente no tocante a impacto aos usuários.

#### 4.5. Modelagem *Free Flow*

Conforme já apresentado, foi calculada uma tarifa quilométrica de R\$0,1381, que não se altera na metodologia *free flow*. No entanto, é considerada a instalação de um pórtico em cada um dos 8 segmentos da rodovia em questão, sendo que cada um terá uma distância de referência em quilômetros associada, conforme apresentado na Tabela 4:

Tabela 4: Informações sobre o sistema *Free flow* do estudo de caso

SEGMENTO DE TRÁFEGO	PÓRTICO	EXTENSÃO REFENCIAL DE COBERTURA	TARIFA	
			QUILOMÉTRICA	CHEIA
1	1	11,9	R\$ 0,138	R\$ 1,64
2	2	8	R\$ 0,138	R\$ 1,11
3	3	24,1	R\$ 0,138	R\$ 3,33
4	4	17,6	R\$ 0,138	R\$ 2,43
5	5	17,8	R\$ 0,138	R\$ 2,46
6	6	14,6	R\$ 0,138	R\$ 2,02
7	7	10,2	R\$ 0,138	R\$ 1,41
8	8	10,2	R\$ 0,138	R\$ 1,41
TÁRIFA MÉDIA				R\$ 1,98

Fonte: Autores.

Nesta metodologia a iniquidade é reduzida pois os usuários são cobrados por trechos mais curtos (pórticos representativos de trechos). Menciona-se ainda, que aqueles trechos nos quais foram mapeados os VEQ, mas por não haver condições de instalar praças de pedágio eles não eram tarifados, acabando contribuindo com a receita da concessão, pois nesta metodologia há pórtico em todos os segmentos. Assim, a partir dos dados da Tabela 4 foi estimada a receita do sistema *free flow* considerando o fluxo de tráfego diário (VMDA) ao longo de todo o período de concessão multiplicado pelo valor da tarifa cheia de cada segmento de tráfego em que há o pórtico de cobrança automatizada. A arrecadação estimada nesse modelo de cobrança foi da ordem de R\$ 630 milhões para todo o período de concessão, ou seja, menor que a receita total do sistema convencional.

#### 4.6. Análise Comparativa

Os itens anteriores mostraram a arrecadação estimada pelas duas metodologias de cálculo. A Tabela 5 apresenta o resumo com a expectativa da receita da concessão considerando as possibilidades de operação do pedágio nas rodovias do estudo de caso em questão:

Tabela 5: Análise comparativa da receita frente aos tipos de cobrança e DUF

RECEITA	TIPOS DE COBRANÇA DE PEDÁGIO		
	CONVENCIONAL	CONVENCIONAL COM DUF	FREE FLOW
TOTAL	R\$ 996.361.720,39	R\$ 945.612.623,09	R\$ 629.542.497,51
VARIAÇÃO COM BASE NO CENÁRIO CONVENCIONAL	-	- 5,09%	- 36,82%

Fonte: Autores.

Verifica-se por meio da análise da tabela anterior que o sistema de cobrança convencional, isto é, aquele inicialmente previsto com duas praças de pedágio e tarifa por praça no valor de R\$8,00, é a que geraria a maior receita para a concessão por ter cerca de 20 a 24% dos usuários trafegando em cerca de 25km de todo trecho da infraestrutura e pagando uma tarifa equivalente ao trecho completo, por consequência prejudicial ao usuário. Comparando a expectativa de receita do cenário convencional com DUF frente ao cenário *free flow* verifica-se ainda que há uma variação da ordem de 36%. Em termos de equidade, aquela parcela de usuários (24% para o SH 3 e 20% para o SH) que acabavam passando pela praça de pedágio, pagando uma tarifa similar a dos demais usuários que percorriam todo o TCP, ou até mais, passam a ter valores mais coerentes com o uso da rodovia. Para enriquecer ainda mais a análise comparativa entre as duas metodologias foram realizadas análises de três cenários sob a ótica de despesas com pedágio, a saber:

- Cenário 1 – Comparar o gasto mensal de um usuário que trafega por 25km (metade do trecho de cobertura do pedágio) com frequência diária, isto é, cinco vezes na semana, pelas duas metodologias;
- Cenário 2 – Comparar o gasto mensal de um usuário qualquer que trafega por toda extensão das rodovias analisadas, pelas duas metodologias;
- Cenário 3 – Comparar o gasto mensal considerando a distância média das viagens conforme dados da pesquisa Origem-Destino, para duas metodologias;

Para realização das análises considerou-se que a viagem do cenário 1 se iniciou, obrigatoriamente, pelo segmento 2 (para coerência com a extensão da viagem e da extensão do trecho de cobertura dos pórticos no sistema *free flow*). E para os demais cenários a viagem se originou no SH 1, percorrendo, a partir daí, todos os segmentos até completar sua extensão. A Tabela 6 apresenta os valores de cada cenário:

Tabela 6: Comparação de despesas com pedágio por cenário

CENÁRIO	EXTENSÃO VIAGEM	TIPO DE ANÁLISE	
		CONVENCIONAL	FREE FLOW
TÁRIFA PAGA POR PASSAGEM			
1	25	R\$ 8,00	R\$ 4,44
2	115	R\$ 16,00	R\$ 15,81
3	101,92	R\$ 16,00	R\$ 14,40

Fonte: Autores

Verificou-se que há uma variação da ordem de 44% no valor pago na tarifa para o cenário 1, da ordem de 1% para o cenário 2 e uma variação de cerca de 10% para o cenário 3. Ou seja, por meio da análise pôde-se corroborar a afirmação que o sistema *free flow* é mais justo para o usuário. Na Figura 6 verifica-se o gasto total ao final das 30 viagens (1 mês).

VIAGEM NO MÊS	CONVENCIONAL		FREE FLOW		CONVENCIONAL		FREE FLOW		CONVENCIONAL		FREE FLOW	
	CENÁRIO 1				CENÁRIO 2				CENÁRIO 3			
1ª	R\$ 8,00	R\$ 4,44	R\$ 16,00	R\$ 15,81	R\$ 16,00	R\$ 14,40						
2ª	R\$ 16,00	R\$ 8,88	R\$ 32,00	R\$ 31,62	R\$ 32,00	R\$ 28,80						
3ª	R\$ 24,00	R\$ 13,32	R\$ 48,00	R\$ 47,43	R\$ 48,00	R\$ 43,20						
4ª	R\$ 32,00	R\$ 17,76	R\$ 64,00	R\$ 63,24	R\$ 64,00	R\$ 57,60						
5ª	R\$ 40,00	R\$ 22,20	R\$ 80,00	R\$ 79,05	R\$ 80,00	R\$ 72,00						
6ª	R\$ 48,00	R\$ 26,64	R\$ 96,00	R\$ 94,86	R\$ 96,00	R\$ 86,40						
7ª	R\$ 56,00	R\$ 31,08	R\$ 112,00	R\$ 110,67	R\$ 112,00	R\$ 100,80						
8ª	R\$ 64,00	R\$ 35,52	R\$ 128,00	R\$ 126,48	R\$ 128,00	R\$ 115,20						
9ª	R\$ 72,00	R\$ 39,96	R\$ 144,00	R\$ 142,29	R\$ 144,00	R\$ 129,60						
10ª	R\$ 80,00	R\$ 44,40	R\$ 160,00	R\$ 158,10	R\$ 160,00	R\$ 144,00						
11ª	R\$ 88,00	R\$ 48,84	R\$ 176,00	R\$ 173,91	R\$ 176,00	R\$ 158,40						
12ª	R\$ 96,00	R\$ 53,28	R\$ 192,00	R\$ 189,72	R\$ 192,00	R\$ 172,80						
13ª	R\$ 104,00	R\$ 57,72	R\$ 208,00	R\$ 205,53	R\$ 208,00	R\$ 187,20						
14ª	R\$ 112,00	R\$ 62,16	R\$ 224,00	R\$ 221,34	R\$ 224,00	R\$ 201,60						
15ª	R\$ 120,00	R\$ 66,60	R\$ 240,00	R\$ 237,15	R\$ 240,00	R\$ 216,00						
16ª	R\$ 128,00	R\$ 71,04	R\$ 256,00	R\$ 252,96	R\$ 256,00	R\$ 230,40						
17ª	R\$ 136,00	R\$ 75,48	R\$ 272,00	R\$ 268,77	R\$ 272,00	R\$ 244,80						
18ª	R\$ 144,00	R\$ 79,92	R\$ 288,00	R\$ 284,58	R\$ 288,00	R\$ 259,20						
19ª	R\$ 152,00	R\$ 84,36	R\$ 304,00	R\$ 300,39	R\$ 304,00	R\$ 273,60						
20ª	R\$ 160,00	R\$ 88,80	R\$ 320,00	R\$ 316,20	R\$ 320,00	R\$ 288,00						
21ª	R\$ 168,00	R\$ 93,24	R\$ 336,00	R\$ 332,01	R\$ 336,00	R\$ 302,40						
22ª	R\$ 176,00	R\$ 97,68	R\$ 352,00	R\$ 347,82	R\$ 352,00	R\$ 316,80						
23ª	R\$ 184,00	R\$ 102,12	R\$ 368,00	R\$ 363,63	R\$ 368,00	R\$ 331,20						
24ª	R\$ 192,00	R\$ 106,56	R\$ 384,00	R\$ 379,44	R\$ 384,00	R\$ 345,60						
25ª	R\$ 200,00	R\$ 111,00	R\$ 400,00	R\$ 395,25	R\$ 400,00	R\$ 360,00						
26ª	R\$ 208,00	R\$ 115,44	R\$ 416,00	R\$ 411,06	R\$ 416,00	R\$ 374,40						
27ª	R\$ 216,00	R\$ 119,88	R\$ 432,00	R\$ 426,87	R\$ 432,00	R\$ 388,80						
28ª	R\$ 224,00	R\$ 124,32	R\$ 448,00	R\$ 442,68	R\$ 448,00	R\$ 403,20						
29ª	R\$ 232,00	R\$ 128,76	R\$ 464,00	R\$ 458,49	R\$ 464,00	R\$ 417,60						
30ª	R\$ 240,00	R\$ 133,20	R\$ 480,00	R\$ 474,30	R\$ 480,00	R\$ 432,00						

Figura 6: Gasto Total considerando 30 viagens.

Fonte: Autores

## 5. CONCLUSÕES

O processo de concessão de rodovias do Brasil está prestes a passar por uma transformação significativa que visa dar maior equidade ao sistema de pagamento de pedágios. De acordo com as análises realizadas no presente artigo foi possível verificar que o *free flow* é um sistema que proporcionará maior equidade para os usuários da rodovia, em detrimento de uma redução na receita da concessão, a priori.

Os resultados indicaram uma redução da ordem de 36% na arrecadação da concessão e, ao considerar a média dos resultados, verificou-se uma redução na ordem 18% no valor médio da tarifa, que seria de R\$13,33 e passou para R\$11,55. Quando é analisado cada cenário de forma isolada observa-se variação de 1% para aqueles usuários que percorrem quase toda extensão da rodovia, redução de cerca de 10% sobre o valor gasto por aqueles usuários que percorrem uma extensão de viagem de aproximadamente 101km, e uma redução ainda maior, da ordem de 45%, no valor gasto quando a viagem é de cerca de 25km de extensão. Ou seja, para distâncias menores a metodologia *free flow* corrige os desvios de iniquidade no sistema.

Nota-se que em todos os cenários avaliados a variação da tarifa foi positiva para o usuário, pois esse paga um valor menor, pois está diretamente atrelado ao fato de o usuário pagar mais proporcionalmente apenas o efetivo percorrido da concessão rodoviária.

Não obstante, haverá uma redução de receita para a concessão. No entanto, isso não necessariamente significa em redução na lucratividade do concessionário, pois o sistema *free flow* tende a reduzir custos operacionais (*OPEX – Operational Expenditure*) e de *CAPEX*, especialmente na construção e operação das praças de pedágio.

No entanto, a metodologia *free flow* ainda enfrentará desafios para sua implantação efetiva no país como por, por exemplo, receios em relação ao risco de inadimplência no sistema de cobrança por pórticos.

Por último, como trabalhos futuros sugere-se avançar a análise considerando os investimentos para implantação do sistema free flow e a não construção e operação de praças de pedágio, para concluir a análise econômica completa do novo sistema, isto é, se será benéfico ou não para a lucratividade esperada pelos potenciais investidores.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT (2012) Histórico. Disponível em: <<http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/4978/Historico.html>>. Acesso em: 28/09/2021.

Barbosa, S. H. (2013) **Rodovias de pedágio aberto ou free flow: perspectivas para a implantação no Brasil**. 118 f. Dissertação (mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

Brandão, L. (2002) **Uma aplicação da teoria das opções reais em tempo discreto para a valoração de uma concessão rodoviária**. Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Brandão, L. E. T.; Cury, M. V. Q. (2005) **Modelagem Híbrida para concessões rodoviárias pioneiras com o uso da teoria das opções reais: o caso da BR-163**. Anais do XVII Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

Brasil (2021). **Lei Federal Nº 14.157, de 01 de Junho de 2021**. Altera as Leis nºs 9.503, de 23 de setembro de 1997 (Código de Trânsito Brasileiro), e 10.233, de 5 de junho de 2001, para estabelecer condições para implementação da cobrança pelo uso de rodovias por meio de sistemas de livre passagem. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/>>. Acesso em: 30/ set. 2021.

Cury, M.V.Q.; Veiga, J.F.P. (2003) **Método para Avaliação do Desempenho de Rodovias Concedidas sob a Ótica do Usuário**. Anais do XII Congresso Panamericano de Transportes, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Highways W. (2013). **Free flow tolling technology is booming**. Disponível em: <<https://www.worldhighways.com/wh12/feature/free-flow-tolling-technology-booming>>. Acesso em: 30 set. 2021.

NEPOMUCENO, W. P.; FLORES, K. M. (2005) **Natureza Jurídica do Pedágio: A Teoria do Preço Tributário**. In: Revista Faculdade de Direito, n. 15. Caxias do Sul: Educs, p. 83-98.

Mascarenhas, J. (2005) A Infra-estrutura no Brasil. Confederação Nacional dos Transportes CNI/SESI/SENAI/IEL, Brasília, DF PESSIN, J. C. S. (2011) **Natureza Jurídica do Pedágio**. Trabalho de Conclusão de Curso. Sorocaba: Instituto Brasileiro de Estudos Tributários.

Pumatronix (2021). **Free Flow deve modernizar as rodovias brasileiras e reduzir custos para usuários e concessionárias**. Disponível em: <https://pumatronix.com/free-flow-deve-modernizar-as-rodovias-brasileiras-e-reduzir-custos-para-usuarios-e-concessionarias/>. Acesso em: 21 set. 2021.

SENNA, L. A. S. MICHEL, F. D. (1998) Concessão de rodovias no Rio Grande do Sul: Análise das razões de sua implantação, da visão dos usuários, do custo-benefício e de seu impacto econômico. Laboratório de Transportes da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/arquivos/concessao.pdf>>. Acesso em 28 set. 2021.

Senna, L. A. S. Michel, F. D. (2006) Rodovias auto-sustentadas: o desafio do Século XXI. Editora CLA. São Paulo

SOARES, R. P. E NETO, C. A. S. C. (2006) Das **Concessões Rodoviárias às Parcerias Público-Privadas: Preocupação com o Valor do Pedágio**. In: XXXIV Encontro Nacional de Economia da ANPEC. Salvador.

IPR 723: Manual de estudos de tráfego (DNIT). Rio de Janeiro, 2006.