

# ESTRUTURAÇÃO DE CONCESSÃO EM MOBILIDADE URBANA POR OPÇÕES REAIS: UM ESTUDO DE CASO DO VLT DE JOÃO PESSOA

*Marcio Almeida Gaudioso*  
*Rafael Igrejas\**

**Palavras-chave:** Mobilidade urbana. Veículo leve sobre trilhos. Fluxo de caixa descontado. Orçamento fiscal. Opções reais.

\* Respectivamente, contador do Departamento de Parcerias em Infraestrutura Econômica e Desinvestimentos 1 da Área de Parcerias em Infraestrutura Econômica e Desinvestimentos do BNDES e professor dos programas de mestrado em Economia e Administração do Centro Universitário IBMEC-Rio.

# CONCESSION STRUCTURING IN URBAN MOBILITY BY REAL OPTIONS: A CASE STUDY OF JOÃO PESSOA LRV

*Marcio Almeida Gaudioso*  
*Rafael Igrejas\**

**Keywords:** Urban mobility. Light rail vehicle. Discounted cash flow. Fiscal budget. Real options..

\* Respectively, accountant at the Partnership in Economic Infrastructure and Divestment Department 1 of BNDES's Partnership in Economic Infrastructure and Divestment Division and professor of the master's programs in Economics and Administration of the IBMEC-Rio University Center.

## Resumo

A incerteza de demanda pode impactar severamente as concessões de mobilidade urbana. Estima-se que a pandemia da Covid-19 gerou um prejuízo de aproximadamente R\$ 9,5 bilhões no setor devido à redução da demanda de passageiros no Brasil. A estruturação econômico-financeira de projetos de mobilidade urbana, incorporando incertezas e flexibilidade de cenários, pode contribuir para mitigar riscos. Neste estudo foi utilizada a teoria de opções reais (TOR) para avaliar a flexibilidade de abandono de uma concessão de veículo leve sobre trilhos (VLT) em um cenário de incerteza de demanda. O modelo foi aplicado ao sistema do VLT da região metropolitana de João Pessoa, na Paraíba. Além de abordar uma modelagem financeira mais robusta para avaliação de VLTs, este estudo traz como contribuição uma análise de impacto de subsídios no orçamento do poder concedente.

---

## Abstract

The demand uncertainty can severely impact urban mobility concessions. It is estimated that the COVID-19 pandemic generated a loss of approximately R\$9.5 billion and reduced passenger demand in Brazil. The economic-financial structuring of urban mobility projects, incorporating uncertainties and flexibilities, can contribute to mitigating risks. In this study, the Real Options Theory (TOR) was used to assess the flexibility of abandoning a light rail vehicle (LRV) concession project in a scenario of demand uncertainty. The model was designed and applied to the case of the LRV in the metropolitan region of João Pessoa, Paraíba. In addition to approaching a more robust financial model for evaluating LRVs, the present study contributes to analyze the impact on the granting authority's budget with the objective of assessing the financial condition to pay for subsidies.



## Introdução

A redução de demanda por transporte urbano, ocasionada pela pandemia da Covid-19, gerou um prejuízo estimado em R\$ 9,5 bilhões para o setor de transporte urbano (NTU, 2021). Antes da pandemia, os prejuízos acumulados da Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU), por exemplo, já somavam R\$ 6,5 bilhões (CBTU, 2020a). Segundo Jiang e outros (2021), o surgimento de novos padrões estabelecidos pela Covid-19 promoveu alterações nos espaços temporais e urbanos, havendo a necessidade de maior cuidado na análise dos gestores públicos nas tomadas de decisão de avaliação de projetos.

No Brasil, de acordo com a ANPTrilhos (2020), a demanda por transportes como trens e veículos leves sobre trilhos (VLT) se viu reduzida em 82% nas primeiras semanas da pandemia. A diminuição das receitas em função da queda no número de passageiros, somada aos custos extras decorrentes do aumento do rigor da higienização, compra de equipamentos de proteção para funcionários e novos padrões comportamentais da população, pode colocar em risco a continuidade dos serviços. O transporte público urbano é um dos setores que poderá gerar passivos contingentes para os governos em razão da conjuntura econômica global (WORLD BANK, 2020).

O objetivo principal deste estudo é analisar a flexibilidade de continuidade e abandono de uma concessão de VLT, utilizando a teoria de opções reais (TOR). Diante da incerteza de demanda, foi modelada a opção de abandono da concessão por árvore binomial, para avaliar o nível de atratividade econômico-financeira do projeto, após observar cenários de queda de demanda, decorrentes da pandemia da Covid-19. O modelo foi aplicado ao sistema de VLT existente em João Pessoa, na Paraíba.

Este trabalho contribui de forma ampliada para a literatura sobre avaliação econômico-financeira de transporte urbano e traz ainda como contribuição uma análise de impacto sobre o orçamento fiscal do poder concedente. A análise sobre o impacto no orçamento fiscal tem como objetivo auferir a condição financeira necessária para que o Estado possa arcar com possíveis subsídios, visando mitigar o abandono de projetos de mobilidade urbana como os VLTs.

Este artigo está estruturado em cinco seções. Na segunda seção, foram abordados os principais aspectos regulatórios, assim como a experiência em outros países e no Brasil. A terceira seção trata da metodologia do estudo. Na quarta seção, apresentam-se os resultados. A quinta seção traz a conclusão e os comentários para estudos futuros.

## Referencial teórico

---

Para Santos (2016), o VLT pode ser definido como um meio de transporte de média capacidade, com baixo impacto ambiental por ter a possibilidade de ser movido a eletricidade. Por conseguinte, o modal auxilia na redução da poluição sonora e do ar, sendo ainda adequado para percursos com distâncias entre dez e quarenta quilômetros.

Gray (1989) define o VLT como:

[...] um sistema ferroviário metropolitano elétrico caracterizado por sua capacidade de operar vagões únicos ou trens curtos com direitos de passagem exclusivos ao nível do solo, em estruturas aéreas, em metrô ou, ocasionalmente, em ruas, e para embarcar e descarregar passageiros nos trilhos ou no piso do carro (GRAY, 1989, p. 67, tradução livre).

Para Klimekowski e Mielke (2007), o VLT apresenta economia, eficiência e conforto para seus passageiros. Em contrapartida, há desvantagens, como a possibilidade da obrigação de parar nos cruzamentos devido aos semáforos, deixando esse modal com sua eficácia reduzida. No entanto, segundo Santos (2016), esse tipo de veículo tem facilidade de integração com outros sistemas de transporte, além de ser seguro, confortável, silencioso e com alta capacidade de transportar passageiros (equivalente a dez ônibus).

Segundo Jefferson e Marquez (2004), o transporte urbano é responsável por até 16% da emissão global de gás carbônico no mundo e o VLT pode ser movido eletricamente, sem a utilização de combustíveis fósseis e com a possibilidade de recuperação de até 40% da energia de frenagem que realimenta o sistema. A Tabela 1 compara o VLT com os outros sistemas de transporte urbano.

**Tabela 1 | Comparativo entre os diferentes modais do transporte público**

	<b>VLT</b>	<b>BRT</b>	<b>Monotrilho</b>	<b>Metrô</b>	<b>Trens de superfície</b>
<b>Uso</b>	Urbano	Urbano	Local e urbano	Urbano	Ligação entre municípios vizinhos
<b>Vias</b>	Mistas	Mistas	Inteiramente segregadas	Inteiramente segregadas	Inteiramente segregadas
<b>Tração</b>	Elétrica ou <i>diesel</i>	<i>Diesel</i> , elétrico (trólebus), híbrido	Elétrica	Elétrica	Elétrica nos vagões ou locomotiva
<b>Velocidade média (km/h)</b>	20-35	20-30	30-35	30-40	40-60
<b>Espaço entre as estações</b>	0,3-1,0 (km)	0,3-1,0 (km)	0,5-1,5 (km)	0,7-1,5 (km)	1,0-5,0 (km)
<b>Passageiros por hora</b>	2.000-25.000	6.000-12.000	12.000-30.000	15.000-80.000	15.000-40.000

(Continua)

(Continuação)

	VLT	BRT	Monotrilho	Metrô	Trens de superfície
<b>Custo de implementação (US\$ milhões/km)</b>	13-40	0,5-15	40-100	45-350	05-25
<b>Vida útil do material rodante (anos)</b>	25-30	12	10-20	25-30	25-30

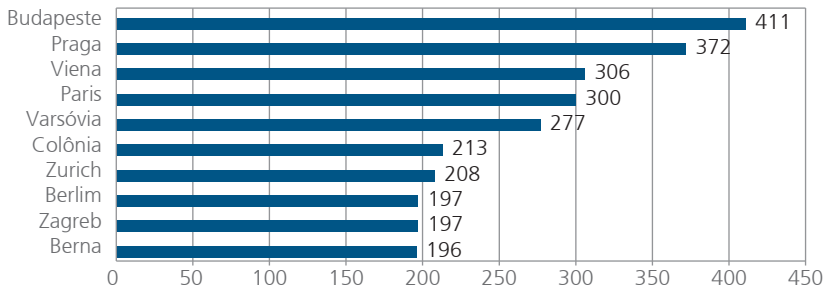
Fonte: Elaboração própria com base nos dados de Cervero (1998), IMRT (2013), TRB (2013) e Peña Escobar, Jiménez-Martín e Mateos Caballero (2013).

A seguir, serão abordadas, de forma não exaustiva, experiências no mundo e no Brasil sobre veículo leve sobre trilhos (VLT).

## Visão geral da experiência com VLT em outros países

De acordo com as informações da International Association of Public Transportation (UITP, 2019), ao final de 2018, o sistema VLT alcançava 392 cidades ao redor do mundo, sendo um pouco mais da metade na Europa. O Gráfico 1 ilustra a quantidade de passageiros transportados em 2017.

**Gráfico 1 | Dez cidades europeias com maior quantidade de passageiros transportados nos VLTs em 2017 (em milhões)**



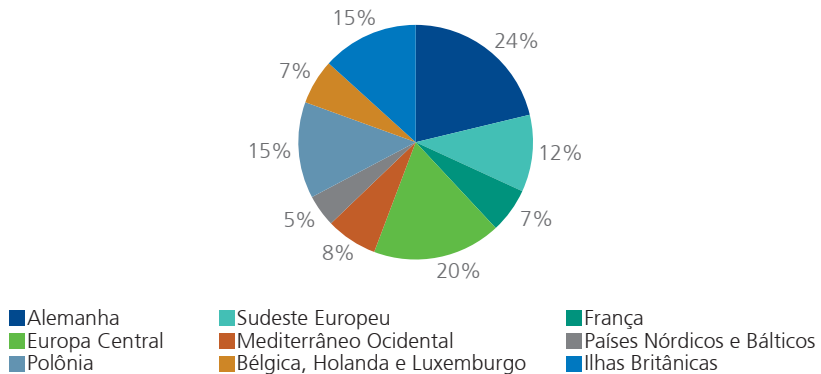
Fonte: UITP (2019).



Diante do exposto na Figura 1, conclui-se que a rede de VLT mais movimentada da Europa fica em Budapeste, com 411 milhões de passageiros. Em 2017, na Europa, o sistema transportou dez vezes mais passageiros do que o sistema aéreo (UITP, 2019).

De acordo com os dados divulgados pela UITP (2019), Berlim é a cidade que possui mais trilhos do sistema no continente: 193 km. Por consequência, o VLT da Alemanha e da Europa Central, juntos, representam quase a metade de todo o sistema do continente europeu (Gráfico 2).

**Gráfico 2 | Participação de VLTs por países europeus em 2017**



Fonte: UITP (2019).

Em 2018, havia 1.275 linhas de VLT na Europa, totalizando 20.750 bondes e VLTs, com tendência de modernização e substituição dos equipamentos pertencentes ao sistema devido às pressões contínuas para reduzir cada vez mais o congestionamento e combater a má qualidade do ar nas cidades. Por essa razão, há uma propensão de desaceleração dos projetos *greenfield* de VLT na região (UITP, 2019).

Na Europa, entre as normas relevantes sobre transporte urbano destaca-se o Regulamento de Transportes CE 1.371, de 23 de outubro de 2007 (EUROPEAN UNION, 2007), que estabeleceu direitos e obrigações

para as partes relacionadas aos transportes. De acordo com estudo de van de Velde (2008), no continente europeu, os modelos contratuais são diversos, não havendo dominância das privatizações. O uso de licitação competitiva, pelo contrário, se mostra dominante na Suécia, Dinamarca, Holanda (exceto nas principais cidades), França (fora de Paris) e Londres. Ainda segundo van de Velde (2008), os mercados desregulamentados são exceções no transporte público na Europa. No Quadro 1 são sintetizadas as medidas mais relevantes adotadas pelos principais países europeus que serviram de base para fomentar o desenvolvimento do transporte público ao longo da história.

#### Quadro 1 | Medidas adotadas para promoção do transporte público na Europa

País	Medidas adotadas
<b>Alemanha</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maioria dos transportes públicos são subsidiados financeiramente pelo governo.</li> <li>• Políticas de desincentivo para o uso de automóveis particulares.</li> <li>• Prioridade na integração dos diferentes modais do transporte coletivo.</li> <li>• Terceirização.</li> <li>• Extinção de rotas subutilizadas e transferência dos recursos para rotas lucrativas.</li> <li>• Política de desconto para os usuários que compram pacotes mensais de bilhetes.</li> <li>• Coordenação regional de horários, tarifas e políticas em áreas metropolitanas.</li> </ul>
<b>Holanda</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simplificação do processo licitatório com objetivo de torná-lo mais competitivo.</li> <li>• Integração do governo nacional e local como planejador de capacidade, trazendo maior segurança e promoção ferroviária.</li> <li>• Ampla política de financiamentos públicos.</li> <li>• Incentivo ao desenvolvimento urbano com pilar central na infraestrutura de mobilidade.</li> </ul>

(Continua)

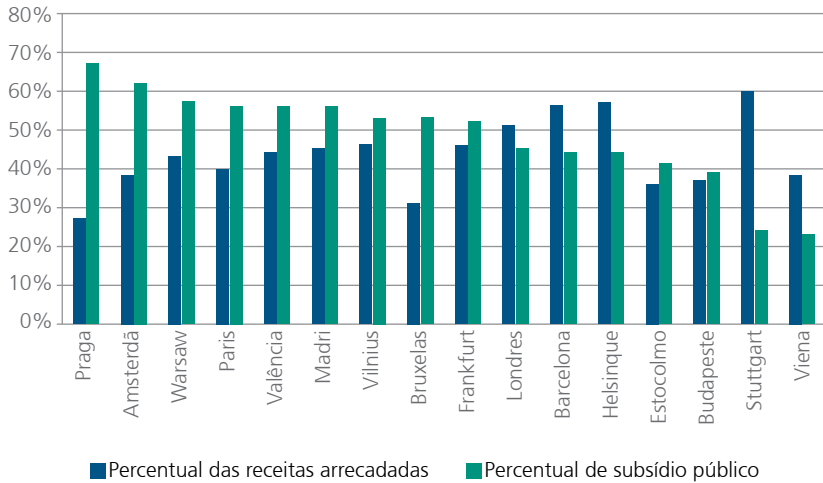
(Continuação)

<b>País</b>	<b>Medidas adotadas</b>
<b>Reino Unido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desregulamentação dos ônibus no transporte público.</li> <li>• Renovação urbana aliada com a implantação de ferrovias.</li> </ul>
<b>França</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criação de imposto específico para financiar o transporte público no país.</li> <li>• Priorização no desenvolvimento econômico urbano atrelado à implantação do sistema VLT.</li> </ul>
<b>Dinamarca</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planejamento e construção da infraestrutura do transporte público antes do crescimento urbano.</li> <li>• Utilização de bens públicos como garantia dos projetos ao investidor privado.</li> </ul>

Fonte: Elaboração própria com base em van de Velde (2008).

Com relação especificamente à estrutura financeira para manter o sistema de transportes em funcionamento, na Europa, as receitas com a venda de passagens cobrem, em média, 44% do total dos custos operacionais das empresas de transporte público, variando de 27% em Praga até 60% em Stuttgart. Já a participação dos subsídios públicos em relação aos custos operacionais atinge 48%, em média. Isso significa que, aproximadamente, metade dos custos operacionais de transporte na Europa é paga com receitas tarifárias, e a outra metade provém de subsídios públicos, federais ou municipais, a depender da estrutura governamental específica de cada país (EMTA, 2009). O Gráfico 3 apresenta a participação da receita tarifária e do subsídio público em relação aos custos operacionais por cidade.

**Gráfico 3 | Percentual das receitas totais arrecadadas e dos subsídios públicos em relação aos custos operacionais globais de cidades europeias**



Fonte: EMTA (2009).

## Transporte urbano sobre trilhos no Brasil

No Brasil, atualmente, há dez sistemas de VLT em operação, sendo quatro desses sistemas sob a gestão da empresa pública federal CBTU: Maceió, Recife, Natal e João Pessoa (este último é o município do estudo de caso deste trabalho). Destacam-se também os VLTs de Sobral, Fortaleza, Cariri e Teresina. Entre os VLTs sob gestão de empresas privadas, os casos notórios são de Santos (SP) e do Rio de Janeiro.

O VLT da região metropolitana de Santos foi construído pela Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos (EMTU), empresa pública controlada pelo governo de São Paulo, com o intuito de atender a demanda de passageiros dos municípios de Santos e São Vicente (EMTU, 2021). Em 2016, o consórcio BR Mobilidade, formado pelas empresas Viação Piracicabana Ltda. e Comporte Participações S.A., assumiu a operação

do Sistema Integrado Metropolitano (SIM) por meio de uma parceria público-privada (PPP) de vinte anos com o estado de São Paulo, contemplando as linhas metropolitanas regulares de ônibus e do VLT da região, incluindo o sistema de integração dos modais por meio de bilhetagem eletrônica (EMTU, 2017).

Já a construção do VLT do Rio de Janeiro foi parte de um antigo projeto de revitalização da zona portuária da cidade, que ganhou vida quando o município foi escolhido para sediar os Jogos Olímpicos de 2016 (SILVA, 2018). Durante os 25 anos de vigência da PPP, a concessionária VLT Carioca tem como forma de arrecadação a receita tarifária, a receita financeira, a receita alternativa e as contraprestações pecuniárias, definidas como parcela A e B (RIO DE JANEIRO, 2012).

Os VLTs de Sobral, Fortaleza, Cariri e Teresina são qualificados como meios de transporte de cunho social para o atendimento da população local, sendo operados e subsidiados integralmente pelos seus respectivos estados. Em concordância com tal afirmação, o sistema de Fortaleza funciona de forma assistida, sem a cobrança de tarifa de passageiros (CEARÁ, 2021).

No caso dos VLTs de Maceió, Recife, Natal e João Pessoa, operados pela CBTU, os recursos são provenientes da União para garantir a continuidade do sistema e atualmente os custos não são integralmente cobertos por tarifa, sendo necessário o subsídio público (CBTU, 2020b).

Para piorar a situação, a pandemia Covid-19 ocasionou nos sistemas de transportes coletivos a diminuição das receitas em função da queda no número de passageiros, somada aos custos extras decorrentes do aumento do rigor da higienização, compra de equipamentos de proteção para funcionários e novos padrões comportamentais da população.

Como tentativa de recuperar os níveis satisfatórios de demanda de passageiros, até que a maioria da população esteja completamente vacinada, os operadores de transporte deverão promover cada vez mais medidas de proteção contra o coronavírus, para que o usuário se sinta seguro e volte a utilizar o sistema.

Na literatura acadêmica, diversos estudos já foram desenvolvidos abordando aplicações da TOR em transporte urbano sobre trilhos. Em estudo de Brandão e outros (2012) foi aplicada a TOR para modelar o impacto das garantias prestadas pelo governo estadual paulista no valor do projeto da Linha 4 do metrô de São Paulo. A demanda foi modelada por meio do Movimento Geométrico Browniano (MGB) com o cálculo da probabilidade de o valor presente líquido (VPL) ser negativo com ou sem suporte governamental. Silva (2018) determinou o retorno esperado para a concessionária do VLT do Rio de Janeiro, considerando os incentivos governamentais propostos no projeto. Para o tratamento da incerteza, modelou-se a demanda de passageiros por MGB. Gaspar (2011) avaliou as condições financeiras da concessão ferroviária de trens de alta velocidade em Portugal (Concessão RAV Poceirão-Caia). Além disso, entre as diversas análises do trabalho, verificou-se a opção de adiamento do projeto por meio da TOR. Cabral e Silva Júnior (2011) analisaram as alternativas de expansão da malha ferroviária do estado da Bahia, a partir de um projeto *greenfield*, interligando o oeste baiano à costa atlântica. Diante das incertezas envolvidas em incorporar a expansão da malha ferroviária, aplicou-se a TOR, por árvore de decisão binomial, a partir do VPL do investimento.

Entre os estudos mencionados, ainda não foi identificada uma abordagem que considerasse a modelagem da opção de abandono do concessionário, a qualquer momento ao longo do período contratual, como foi proposta neste estudo. Tal flexibilidade foi modelada como opção do

tipo americana e alinhada à legislação recente, prevista na Lei 13.448, de 5 de junho de 2017, que propõe o abandono amigável pelo concessionário. Além disso, esta pesquisa analisa o impacto no orçamento público gerado por essa flexibilidade e pelo uso de subsídio governamental.

## Metodologia

Este estudo partiu da análise de dados secundários do caso escolhido: o VLT de João Pessoa. Os dados de entrada foram coletados no *site* da CBTU – empresa pública federal, operadora do sistema – e suas premissas foram consideradas para projeções de fluxos de caixa e determinação do valor líquido do projeto.

Na abordagem por opções reais para avaliação de projetos, de forma geral, inicialmente calcula-se o valor presente do projeto pelo método do fluxo de caixa descontado (FCD). Em seguida, a incerteza é modelada e são extraídos os parâmetros que serão utilizados para o cálculo das opções. A avaliação das opções pode ser realizada por diferentes métodos. Neste estudo, foi adotado o modelo de árvore binomial, seguindo Cox, Ross e Rubinstein (1979).

A demanda por passageiros foi considerada a principal incerteza do modelo. Foi assumido que a incerteza segue o MGB, cuja equação diferencial é dada por:

$$dS = \mu S dt + \sigma S dz$$

Nessa equação,  $S$  é o valor da variável modelada,  $\mu$  é a taxa de crescimento de  $S$ ,  $\sigma$  é o parâmetro de volatilidade de  $S$ , o incremento de tempo é

dado por  $dt$ , e  $dz$  é o incremento padrão de Wiener, proporcional a  $\sqrt{dt}$  e que segue uma distribuição normal.

Para fins de apreçamento da opção de abandono, a incerteza do projeto foi modelada diretamente na árvore binomial, seguindo o modelo de Cox, Ross e Rubinstein (1979). A partir da extração do parâmetro de volatilidade  $\sigma$  da série de retornos da variável de incerteza, o valor presente (VP) do projeto sem opção pode ser calculado em uma árvore binomial de eventos. Na binomial, os movimentos ascendentes e descendentes ( $u$  e  $d$ ) são calculados como:

$$(1) \quad u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$$

$$(2) \quad d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} = \frac{1}{u}$$

Nesse caso,  $\Delta t$  é o intervalo de tempo do processo. Para este estudo, a tomada de decisão de abandono pode ocorrer a cada ano ( $\Delta t = 1$ ), a depender das condições de mercado para a continuidade da concessão. Na árvore binomial, a probabilidade de cada resultado, em um primeiro momento, é determinada para o fluxo de caixa determinístico do projeto, sendo:  $q = \frac{e^k - d}{u - d}$ , e:  $1 - q = \frac{u - e^k}{u - d}$ , onde  $q$  é a probabilidade. As variáveis de entrada são o seu custo de capital ajustado ao risco  $k$  e à sua volatilidade  $\sigma$ , sendo as probabilidades objetivas  $q$  e  $(1-q)$ .

Por se tratar de uma árvore binomial com desconto de dividendos em  $t$  ( $Div_t$ ), observou-se a necessidade de calcular o valor presente *ex-ante* dividendos ( $VP_a$ ) e o valor presente *ex-post* dividendos ( $VP_p$ ). Para todos os períodos de projeção foram obtidos os fluxos de caixa projetados e calculados os VPs, sendo que:

$$(3) \quad FC_1 = VP_{a1} - VP_{p1}, \dots, FC_n = VP_{an} - VP_{pn}$$



O vetor de taxas de dividendos ( $\delta$ ) passa a ser definido como:

$$(4) \quad \delta_1 = FC_1 / VP_{at}, \dots, \delta_n = FC_n / VP_{an},$$

no qual:

$VP_{at}$ : é o  $VP$  antes de dividendos e antes da opção em  $t$ .

$VP_{pt}$ : é o  $VP$  após desconto de dividendos e antes da opção em  $t$ .

O  $VP_{pt}$  é igual a  $VP_{at} \cdot (1 - \delta t)$  e a taxa de dividendos observada considera:

$$Div_t = VP_{at} - VP_{pt} = VP_{pt} \times (1/(1 - \delta) - 1) = VP_{pt} \cdot \delta t / (1 - \delta t)$$

A árvore binomial desenvolvida pressupõe taxas de desconto  $k$  diferenciadas a cada nó binomial, pelo risco em cada etapa, uma vez que o exercício das opções altera o risco do projeto. Para que não seja necessário utilizar diferentes taxas de desconto a cada nó binomial, utiliza-se a abordagem neutra a risco, na qual é simulado o que aconteceria se o risco fosse eliminado em todos os nós de decisão e faz com que o  $VP$  seja sempre o mesmo daquele obtido pela árvore binomial com risco. Assim, assume-se o resultado livre de risco e a solução do problema por meio de probabilidades neutras ao risco. Sendo:  $r_f$  a taxa livre de risco,  $p$  e  $(1-p)$  são definidos como:

$$(5) \quad p = \frac{e^{r_f} - d}{u - d} \text{ e } (1 - p) = \frac{u - e^{r_f}}{u - d},$$

chamadas de probabilidades neutras ao risco. Dessa forma, o valor presente expandido do projeto na data zero ( $VP_{EXP0}$ ) com opções pode ser descontado à taxa livre de risco  $r_f$  a partir do passo final da

binomial, calculando-se o *payoff* de trás para frente, período a período, até o valor inicial.

O valor da opção  $VP_{p_0}$  é dado por:

$$(6) \quad VP_{p_0} = VP_{EXP_0} - VP_0$$

Para chegar a esse valor expandido em  $t = 0$ , a cada instante e nó binomial, simultaneamente, é utilizada a regra de maximização entre o exercício das opções de abandono e continuidade. O valor das opções ( $\theta$ ), na data zero, será dado pela equação:

$$(7) \quad \theta_0^{put} = \sum_{t=1}^n \left( \max \left( VP_{ABANDONO}; \left( VP_{PÓS-DIV}^+ \cdot p + VP_{PÓS-DIV}^- \cdot (1-p) \right) \cdot e^{-rf} \right) \right)$$

A regra de otimização tem como foco avaliar a flexibilidade de abandono do empreendimento, cujo  $VP_{ABANDONO}$  é obtido pelo valor residual dos investimentos realizados, descontados a cada ano do valor depreciado, já incluídas as penalidades do distrato contratual. O modelo incorpora, a cada nó binomial, a regra de maximização entre a opção de adiar e abandonar, sendo o valor presente do adiamento descontado em tempo contínuo ( $e^{-rf}$ ) e os demais valores de abandono pós-desconto de dividendos.

## Análise de resultados

---

### Estudo de caso: VLT de João Pessoa

O VLT de João Pessoa, objeto do estudo de caso, encontra-se em funcionamento, sendo operado, atualmente, pela CBTU. O empreendimento atende aos municípios de João Pessoa, Cabedelo, Bayeux e Santa Rita, pertencentes à região metropolitana do estado da Paraíba. De acordo com o artigo 17, inciso I, da Lei 12.587, de 3 de janeiro de 2012 (BRASIL, 2012), o estado da Paraíba é definido como poder concedente, uma vez que o sistema passa por quatro municípios da região metropolitana. Mesmo assim, corroborando tal entendimento, em 2007, foi julgada pelo Supremo Tribunal Federal (STF) a Ação Direta de Inconstitucionalidade 845, que, entre outros assuntos, definiu para os Estados Federativos a competência da prestação de transportes coletivos intermunicipais, ou seja, dentro das regiões metropolitanas (BRASIL, 2007).

O modal paraibano está estruturado em uma única linha (de Cabedelo a Santa Rita), possuindo 12 estações, distribuídas, aproximadamente, em trinta quilômetros de linha férrea (CBTU, 2021). A velocidade média operacional programada do trem é de 36 km/h, variando de 26 a 43 km/h no percurso entre as estações, com tempo estimado de 59 minutos para percorrer toda extensão da linha, de Cabedelo a Santa Rita.

No período de 2016 a 2019, o número de passageiros transportados aumentou a cada ano, atingindo 2,14 milhões em 2019. Assim, em média, estima-se que foram transportados oito mil passageiros por dia útil nessa época (CBTU, 2020b). Porém, em 2020, devido ao avanço da pandemia de Covid-19 no país, o número de passageiros transportados diminuiu

drasticamente, caindo para 944 mil. A tarifa do serviço de trens urbanos (R\$ 2,50) é menor do que a tarifa do serviço de ônibus (R\$ 4,15).

Com relação à frota, o sistema opera com trens movidos a *diesel*, composto por três carros, com piso alto e bitola métrica. Os veículos são fabricados pela empresa Bom Sinal e têm capacidade para transportar 540 passageiros.

Em termos socioeconômicos, os quatro municípios atendidos pelo VLT geram 89% do produto interno bruto (PIB) da Paraíba, sendo João Pessoa o município responsável pela maior parcela, 75% do total. Cabedelo contribui com 11%, Santa Rita com 8% e Bayeux com cerca de 5% (IBGE, 2017).

## Premissas do modelo base

A seguir, são apresentadas as premissas adotadas para o cálculo da viabilidade financeira, via fluxo de caixa descontado, do estudo do caso base: VLT de João Pessoa. Essas informações são resultado da análise técnica e multidisciplinar de dados históricos disponibilizados pela CBTU, atual operadora do sistema, por meio de demonstrações financeiras, relatórios de administração e gestão, referentes, especialmente, aos anos de 2014 a 2021 (CBTU, 2020a, 2020b).

O elemento central para a modelagem financeira é a análise dos fluxos de caixa futuros da concessão do sistema para o investidor privado, sob a ótica da firma. Esse modelo é alimentado por uma série de premissas e dados técnicos com indicadores típicos que, em seu conjunto, permitem avaliar a atratividade do empreendimento para um potencial investidor e operador privado.

O modelo proposto neste estudo considera projeções para a constituição de uma nova sociedade de propósito específico (SPE), dedicada a operar o sistema VLT de João Pessoa, não havendo, portanto, dívidas que precisariam ser absorvidas.

Para efeitos de modelagem, supõe-se que a concessão do sistema de VLT terá duração de trinta anos e o ano inicial da concessão pelo operador privado será 2022. Para este estudo, aplicou-se o percentual do custo médio ponderado de capital (WACC), em conformidade com a regulamentação estabelecida pela nota técnica ANTT 97, publicada em 24 de abril de 2020, para as concessões ferroviárias (ANTT, 2020). Essa nota utiliza como premissa para o cálculo da taxa livre de risco a taxa média de retorno anual do título do tesouro norte-americano com vencimento de dez anos (T-Bonds -10 yr), considerando a série histórica de janeiro de 1996 a julho de 2020, obtendo, assim, um valor médio de 3,78% com WACC explícito de 9,98% (ANTT, 2020).

No entanto, para este trabalho, identificou-se uma limitação da fórmula de apuração da taxa livre de risco calculada pela ANTT, que não considerava a conversão para reais (R\$). Logo, viu-se a necessidade de realizar a conversão por meio da média da inflação americana e brasileira, de janeiro de 1996 até julho de 2020, obedecendo o mesmo período adotado pela nota técnica da ANTT. Assim, o novo WACC calculado foi 12,67% ao ano, sendo esse percentual adequado para uso dentro do modelo econômico-financeiro. Cumpre destacar que os demais fundamentos da nota técnica da ANTT foram considerados para o modelo, dado o elevado grau de embasamento da ANTT, agência reguladora do Governo Federal com larga experiência em formatar concessões.

Para fins de projeção e cálculo de impostos, foram adotadas as premissas do Quadro 2.

## Quadro 2 | Alíquotas de impostos sobre o lucro

Imposto	Alíquota	Incidência
IRPJ	15,00%	Lucro efetivamente auferido, que é calculado a partir de ajustes do lucro contábil.
IRPJ Adicional	10,00%	Parcela do lucro efetivamente auferido superior a R\$ 240 mil ao ano.
CSLL	9%	Lucro efetivamente auferido, que é calculado a partir de ajustes do lucro contábil.
PIS	1,65%	Incide apenas nas receitas acessórias de acordo com a Lei 12.860, de 11.09.2013.
COFINS	7,6%	
ISSQN	5%	O sistema passa por quatro municípios com diferentes alíquotas. Para fins do modelo, optou-se por utilizar a alíquota máxima de 5% sobre as receitas acessórias.
ICMS	0%	Isento conforme definido no artigo 5º, inciso XXIX, do RICMS/PB.

Fonte: Elaboração própria a partir da IN 1700, de 14 de março de 2017 (BRASIL, 2017a) e RICMS/PB (PARAÍBA, 2021).

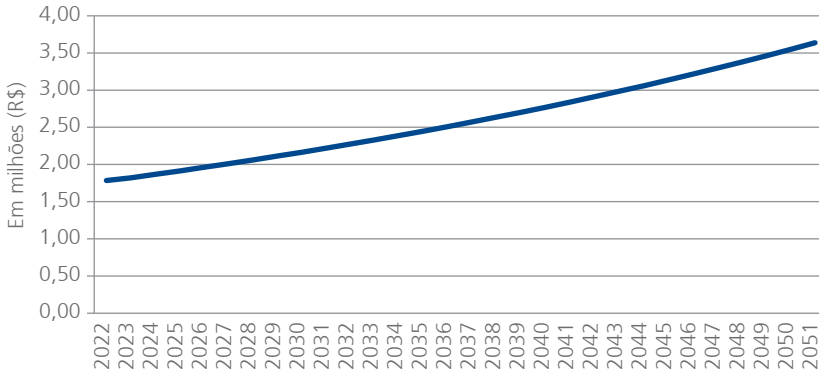
Para apuração do valor de depreciação dos investimentos em ativos a serem realizados pela concessionária, escolheu-se adotar o método linear, dividindo o valor depreciável pelo tempo de vida útil da concessão (trinta anos). Para manter o funcionamento do sistema do VLT, estimou-se em R\$ 116,68 milhões a necessidade de investimentos de Capex pelo concessionário, sem considerar as obras de expansão da linha (CBTU, 2020b). Os ativos adquiridos pela concessionária, que ampliam a infraestrutura ferroviária, são entregues ao poder concedente ao final da concessão mediante a indenização referente aos bens reversíveis.

Já a estruturação dos dados de entrada, que formam os custos e despesas operacionais (Opex), foi realizada com base nos elementos financeiros disponibilizados pela CBTU, operadora do VLT de João Pessoa (CBTU, 2020b). De forma a assumir o indicador de Opex mais conservador possível,

decidiu-se aplicar, no ano inicial do modelo, o mesmo valor consumido de Opex de 2019: R\$ 31,17 milhões. Linearmente, corrigiu-se esse Opex ao longo dos anos da concessão pelo índice nacional de preços ao consumidor amplo (IPCA) (BRASIL, 2021). Mais adiante, por meio de análises de sensibilidades, as categorias de Opex foram avaliadas considerando a atratividade do projeto sob a ótica do setor privado. A partir dos dados divulgados pela CBTU, foram realizadas avaliações que permitiram estimar ganhos de eficiência operacional, ocasionados pela maior flexibilidade do investidor privado em diminuir os custos de Opex. Assim, entende-se que as sensibilidades calculadas são possivelmente factíveis, já que a operação privada começará com uma nova SPE, com grande possibilidade de redução do montante de R\$ 31,17 milhões devido à otimização na qualidade da gestão dos serviços pelo investidor privado.

Com relação ao cálculo do fluxo da receita, foi necessário projetar a demanda de passageiros (Gráfico 4) e o valor da tarifa do sistema (Gráfico 5). Dessa forma, para essa projeção, foi analisada a demanda histórica de passageiros pagantes (CBTU, 2020b). A partir da obtenção desses dados, apurou-se a média histórica de 2014 a 2021, este último ano projetado, acolhendo como número inicial do modelo. Para fins de atualização desse número, aplicou-se a projeção de crescimento do PIB (BRASIL, 2021). Tal critério foi escolhido pela grande correlação de usuários pagantes no transporte público (receita tarifária para o concessionário) e a população economicamente ativa.

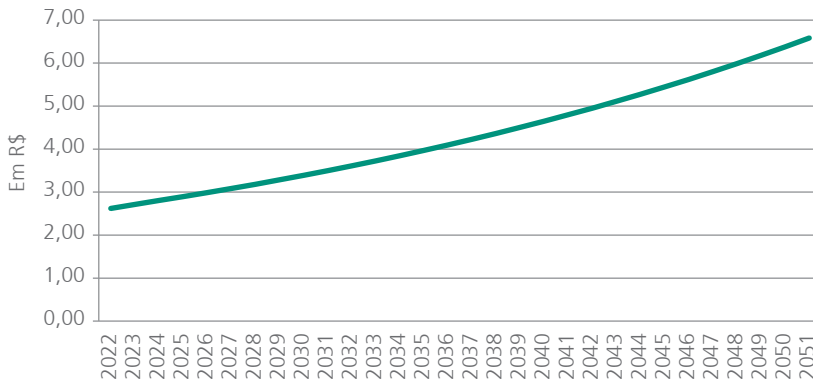
Gráfico 4 | Projeção de passageiros pagantes ao longo do tempo



Fonte: Elaboração própria.

Para o ano inicial do modelo, considerou-se a tarifa de R\$ 2,50, dado que esse valor é cobrado atualmente ao usuário do sistema, sendo atualizada pelo IPCA ao longo de todo período da concessão. Não há integração do VLT de João Pessoa com outros serviços de transporte locais, portanto, não há receitas de integração tarifária.

Gráfico 5 | Evolução da tarifa do VLT de João Pessoa



Fonte: Elaboração própria.



A receita acessória baseia-se em publicidade, com comércio nas estações, com máquinas dispensadoras e com serviços. Essa receita foi definida pela média da série histórica da receita tarifária de 2014 a 2021 projetada, resultando 7,41% em relação ao total da receita tarifária.

## Aplicação e análise do modelo FCD

Esta seção apresenta a aplicação e os resultados da avaliação econômico-financeira considerando os indicadores tipicamente utilizados nesse tipo de avaliação. Esses resultados são obtidos a partir da aplicação do método FCD para trinta anos de concessão, levando em consideração os dados de entrada e as premissas apresentados nas seções anteriores.

O modelo aplicado não considerou os investimentos em Capex de expansão e melhoria do sistema, refletindo apenas os investimentos necessários para continuidade do funcionamento da operação nos trinta anos da futura concessão. Assim, diante do resultado, é possível entender a viabilidade econômico-financeira do VLT de João Pessoa sob a ótica do investidor privado.

O cenário base deste estudo (C1) reputa a realidade atual do sistema, com o valor da tarifa de R\$ 2,50 por passageiro, queda da demanda de passageiros ocasionada pela pandemia de Covid-19, sem redução dos custos iniciais de Opex e sem o apoio financeiro ao concessionário por meio dos subsídios públicos.

Para esse cenário, é apresentada, na Tabela 2, a soma dos montantes de toda a concessão das principais categorias de entrada do modelo:

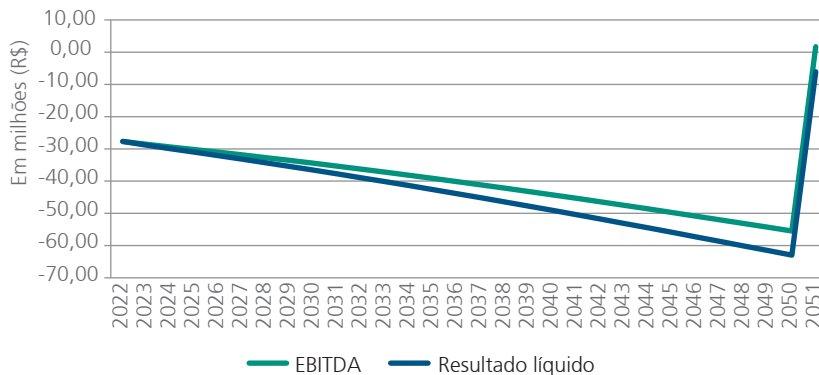
Tabela 2 | Resultados gerais dos dados de entrada e saída

Ótica de análise	Valores (em R\$ milhões)
Receita tarifária	356,65
Receita acessória	26,42
Valor presente da receita tarifária	57,73
Valor presente da receita acessória	4,27
Opex	1.616,21
Valor presente do Opex	235,77
Impostos	3,76
Valor presente de impostos	0,8

Fonte: Elaboração própria.

Assim, cumpre observar que a soma das receitas acumuladas é bem inferior ao Opex acumulado ao longo de toda a concessão. Essa diferença negativa indica que as receitas durante o período de concessão não são suficientes para pagar os custos do sistema.

Gráfico 6 | EBITDA e resultado líquido



Fonte: Elaboração própria.

Sob a ótica do modelo, conforme demonstrado no Gráfico 6, o EBITDA e o resultado líquido encontram-se com valores negativos e com uma trajetória decrescente. Ambas as margens permanecem negativas ao longo

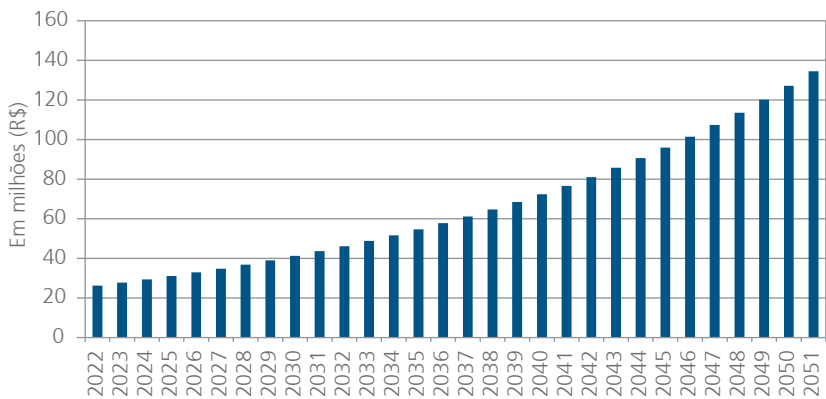
de todo o período, até mesmo no último ano da concessão, quando há o recebimento da indenização pelos bens reversíveis da concessão, direto no caixa da concessionária.

A partir dos fluxos de caixa projetados, foi calculado o fluxo de caixa descontado acumulado, que resultou em um VPL negativo de R\$ 325,74 milhões, indicando a inviabilidade econômico-financeira do projeto sob a gestão privada. O Opex, o valor da tarifa e a quantidade de passageiros foram relevantes para afastar a atratividade financeira do projeto.

Como o VPL se mostra sempre negativo, é presumido que o projeto não se paga, impossibilitando o cálculo da taxa interna de retorno (TIR e TIRM) e, conseqüentemente, o cálculo do *payback* do projeto.

Sob a ótica do investidor, conclui-se que, para o cenário base, é necessário o suporte financeiro público. Nesse contexto, a entrada financeira líquida de recursos públicos para o projeto poderia ser uma solução. Por isso, para este estudo, foi assumido o pagamento de contraprestações pecuniárias, anualmente, ao longo dos trinta anos da concessão.

**Gráfico 7 | Fluxo estimado de aportes públicos**



Fonte: Elaboração própria.

O Gráfico 7 mostra a evolução do subsídio público a ser pago pelo poder concedente para obtenção da atratividade mínima do investidor no projeto, gerando 18,39% de TIR Modificada. No caso do cenário base, há bastante fluxo negativo, sendo indispensável o uso da TIR Modificada, já que essa taxa corrige as distorções, igualando o valor presente dos fluxos de caixa negativos com o valor final.

Adicionalmente, apesar do embasamento do WACC contido na nota técnica para as concessões ferroviárias (ANTT, 2020), foi relevante calcular a análise de sensibilidade com o critério de variação em até dois pontos percentuais para mais ou para menos da taxa considerada no modelo: 12,67%. Essa variação na taxa foi feita já incorporando o subsídio para zerar o VPL negativo de R\$ 325,74 milhões do cenário base. A Tabela 3 ilustra a *performance* do VPL, considerando o cenário de pagamento do subsídio público.

**Tabela 3 | Variação do VPL em função da taxa de desconto com subsídio público**

<b>Taxa de desconto</b>	<b>10,67%</b>	<b>11,67%</b>	<b>12,67%</b>	<b>13,67%</b>	<b>14,67%</b>
VPL (em R\$ milhões)	11,83	5,20	0	-4,06	-7,24

Fonte: Elaboração própria.

A partir dos valores obtidos, nota-se o comportamento inverso entre a taxa de desconto e o VPL no fluxo com subsídio público. Ou seja, quanto maior a taxa de desconto, menor será o VPL e vice-versa.

## **Aplicação TOR e análise da opção de abandono**

A análise pelo FCD peca por ter apenas como base a projeção do valor esperado, desconsiderando as flexibilidades gerenciais do investidor e as incertezas que podem ocorrer durante o projeto. Dentro desse contexto,

objetivou-se nesta seção analisar a viabilidade econômico-financeira do projeto, por meio da utilização da teoria de opções reais, mediante a construção da árvore binomial, tratando especificamente a opção de abandono dos investimentos e, conseqüentemente, da concessão. Tal opção considera a possibilidade de o concessionário sair do projeto e ser ressarcido pelo poder concedente por parte dos investimentos realizados em bens reversíveis da concessão. Assim, a opção de abandono pode ser acionada em condições contrárias ao esperado no projeto, trazendo flexibilidade gerencial e prevendo, inclusive, a estruturação dos valores de provisão a serem contabilizados.

Portanto, em uma tentativa de simular situações adversas para o modelo, foram projetados três possíveis cenários (C2, C3 e C4) para o cálculo da opção de abandono, além do cenário base (C1) já calculado pelo FCD na seção anterior:

- Cenário pessimista (C1): considerando a realidade atual do sistema, com o valor da tarifa de R\$ 2,50 por passageiro, queda da demanda de passageiros acarretada pela pandemia de Covid-19, sem redução dos custos iniciais do sistema e sem o apoio financeiro governamental via subsídio.
- Cenário provável (C2): equiparando o mesmo valor da tarifa do sistema de ônibus para R\$ 4,15, com efeitos da queda de passageiros pela pandemia de Covid-19, presumindo um ganho de eficiência pelo investidor privado, com redução de 70% dos custos iniciais de Opex em todo o sistema e ainda sem considerar o subsídio público.
- Cenário possível (C3): considerando a tarifa de R\$ 4,15, ainda com impacto de redução da demanda, causada pela pandemia, sem redução dos custos de Opex e com subsídio público, a fim de tornar o VPL zero.

- Cenário otimista (C4): considerando a tarifa de R\$ 4,15, sem impactos de redução de demanda, causada pela pandemia de Covid-19,<sup>1</sup> partindo da suposição de que toda a população estará completamente vacinada, com redução de 70% dos custos iniciais de Opex e com subsídio público, tornando o VPL zero.

Na opção de abandono, o acionista deve confrontar o valor esperado de continuidade no projeto com o saldo devedor do financiamento, bem como as penalidades decorrentes da “devolução” da concessão (custos de abandono),<sup>2</sup> em cada instante do pagamento de uma parcela do Capex, para definir se abandona ou permanece no projeto. Assim, a tomada de decisão ótima pelo abandono deverá ser realizada de acordo com a análise do valor presente (VP) dos fluxos de caixa anuais do projeto. No entanto, nesse momento, o acionista também tem a opção de injetar recursos no projeto e abandoná-lo futuramente.

Assim, calculou-se a árvore binomial para os fluxos de caixa projetados do projeto, considerando as receitas, custos operacionais e não operacionais e os impostos. A partir dessa árvore, calculou-se o valor do projeto com a opção de abandono por retroversão (*backward*), ou seja, de trás para frente e em cada nó, ao longo de todo o período da concessão. Portanto, diante do exposto, calculou-se o valor da opção considerando o fluxo de caixa pós-dividendos para os quatro cenários do modelo. A partir da série histórica de passageiros pagantes de 2014 a 2021, divulgada pela CBTU, foi extraída a volatilidade ( $\sigma$ ), que serviu de base para o cálculo dos movimentos de subida (*u*) e descida (*d*), além das probabilidades (*p* e *1-p*).

1 Para esta projeção, calculou-se a média da série histórica de demanda de passageiros pagantes de 2014 a 2019, não considerando os anos de 2020 e 2021, já que eles têm o viés diretamente relacionado com os efeitos da pandemia.

2 Os custos de abandono consistem em despesas do concessionário necessárias para sair do projeto, como multas por quebra de contrato, débitos remanescentes por atrasos em investimentos *e/ou performance* no fornecimento dos serviços e despesas irrecuperáveis de capital.

A partir da análise dos dados disponibilizados pela CBTU, de 2014 a 2021, apurou-se a média do período, resultando em 31,89% de volatilidade. Com a série histórica de passageiros da CBTU foi possível extrair os parâmetros para o cálculo do valor do projeto com opções.

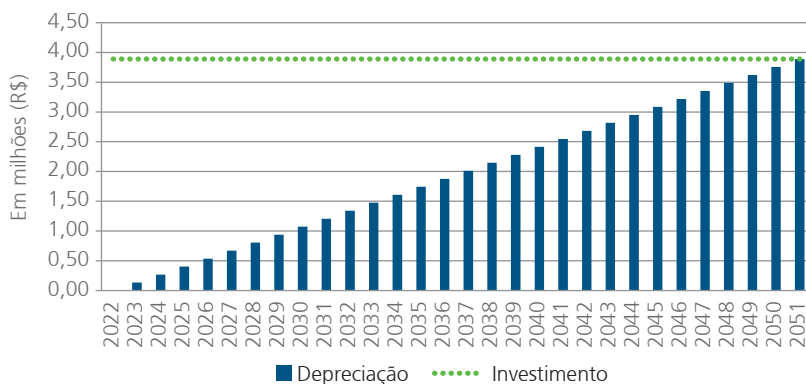
**Tabela 4 | Parâmetros estatísticos para cálculo da opção de abandono**

Premissas	Valores
Demanda de passageiros do primeiro ano do modelo (C1, C2 e C3)	1.784.527
Demanda de passageiros do primeiro ano do modelo (C4)	2.024.931
Taxa de crescimento ( $\alpha$ )	2,58%
Volatilidade ( $\sigma$ )	31,89%
Movimento de subida (u)	1,3757
Movimento de descida (d)	0,7269
Probabilidade (p)	0,4794
Taxa livre de risco (rf)	4,80%
Custo médio ponderado de capital (WACC)	12,67%

Fonte: Elaboração própria.

Os valores de indenização relativos aos investimentos vinculados aos bens reversíveis durante o período de concessão foram calculados a partir dos dados disponíveis no fluxo de caixa do projeto. Não há normativa da ANTT que trate da reversibilidade de bens para o transporte ferroviário de passageiros. Nesse sentido, tal assunto é tratado no próprio contrato de concessão. Para fins deste trabalho, adotou-se a diferença entre os valores acumulados dos fluxos de investimentos e depreciação como montante de indenização a ser pago ao poder concedente. O Gráfico 8 apresenta os investimentos privados (Capex) de R\$ 3,83 milhões previstos para cada ano da concessão e a depreciação com seus valores acumulados, sendo a diferença deles, representando a indenização pelo poder concedente a título de bens reversíveis.

Gráfico 8 | Evolução do Capex e depreciação ao longo da concessão



Fonte: Elaboração própria.

Cumpramos ressaltar que a opção de abandono foi considerada durante todo o período da concessão. Para o cenário base (C1), o fluxo de caixa estático do projeto resultou em um VPL negativo de R\$ 325,74 milhões. Dessa forma, o C1 demonstra ser completamente inviável aos concessionários privados.

Já no C2, considerando o aumento da tarifa de passageiros para R\$ 4,15 e redução de 70% do Opex, o VPL resultou em R\$ 55,1 milhões negativos e, com a incorporação da opção de abandono, o valor desse VPL passou a ser de R\$ 49,8 milhões negativos, apresentando uma leve melhora. Assim, nesse cenário, fica relevante apurar a TIRM, que performou 4,64%.

Analizou-se o C3 com as mesmas condições do C2, porém, foi acrescentado o recebimento de R\$ 273,7 milhões<sup>3</sup> de subsídio público para zerar o VPL. Assim, o valor da opção de abandono passa a ser positivo em R\$ 90,9 milhões. Já a TIRM desse cenário corresponde a 13,22%. Portanto, conclui-se que a opção de abandono aumenta significativamente o valor do projeto em comparação aos dois cenários anteriores (C1 e C2).

3 Calculado o valor presente descontado pela mesma taxa do modelo (12,67%).



Partindo do C4, cenário mais otimista, com os mesmos parâmetros utilizados no C3, porém sem os efeitos da redução de demanda, ocasionada pela pandemia de Covid-19, apurou-se a necessidade de R\$ 48,4 milhões de subsídio público<sup>4</sup> referente ao período da concessão, com uma TIRM de 18,42% e opção de abandono de R\$ 81 milhões.

Sob a ótica de viabilizar a atratividade do projeto, nota-se que, em todos os cenários projetados, o suporte via subsídio público é imprescindível. Mesmo no cenário mais otimista (C4), simulando que a soma do valor da opção de abandono com o VPL resultaria em zero, viu-se uma exigência mínima de subsídio público na ordem de R\$ 440 mil em todo o período da concessão.

Inicialmente, aferiu-se 31,89% de volatilidade, obtida por meio da média de uma série histórica de dados de demanda de passageiros pagantes de 2014 a 2021. A fim de avaliar o comportamento do valor da opção de abandono, foram realizadas análises de sensibilidade para a volatilidade, com variações de 30% e 15% positivos e negativos para os quatro cenários, conforme demonstrado a seguir.

**Tabela 5 | Comportamento do valor da opção de abandono em função da volatilidade (em R\$ milhões)**

Cenários	Subsídio público	VPL	Opção de abandono	-30%	-15%	+15%	+30%
C1	0	-325.7	0	0	0	0	0
C2	0	-55.1	5.2	5.2	5.0	5.5	5.8
C3	273.7	0	90.9	93.1	91.6	90.6	90.6
C4	48.4	0	81.0	82.9	81.7	80.7	80.6

Fonte: Elaboração própria.

4 Calculado o valor presente descontado pela mesma taxa do modelo (12,67%).

Pela Tabela 5, no C1, o impacto da variação da taxa de volatilidade é nulo. Já para o C2, C3 e C4 há pouca sensibilidade para flexibilidade da volatilidade, apesar de os C3 e C4 possuírem expressivos valores de opção de abandono.

## Conclusão

---

As análises por fluxo de caixa descontado e por opções reais apontam para a necessidade de suporte público em algum formato a ser definido (aporte, subsídio ou contraprestações públicas para garantia de demanda) com o objetivo de tornar o projeto atrativo para o operador privado. Neste estudo foram propostos diferentes cenários, considerando a presença de subsídio público. O amparo do projeto por meio de recursos públicos também é muito comum nos sistemas de transporte de passageiros em todo o mundo. No entanto, é necessário justificar os benefícios socioeconômicos do sistema para a sociedade em geral.

A tomada de decisão pelo concessionário para ingressar em projetos de VLT no Brasil requer estudos e análise das boas práticas históricas do sistema na Europa (continente com o maior sistema de VLT no mundo). Além disso, sob a ótica da estruturação financeira do sistema, é preciso criar modelagens e aprofundar as flexibilidades gerenciais. A Lei 13.448/2017 instituiu a possibilidade da devolução amigável de projetos de parceria, flexibilizando as hipóteses de término antecipado dos contratos do setor ferroviário, o que possibilitou a opção de abandono após acordo comum entre ambas as partes (BRASIL, 2017b).

Por definição, a opção de abandono é a vantagem de flexibilidade gerencial que o investidor possui, uma vez que viabiliza sua saída do

projeto com o pagamento dos custos exigidos com reembolso de parte dos investimentos realizados, chamados de bens reversíveis. A volatilidade dos retornos nesse investimento está relacionada com as variações de demanda de passageiros, entre outras incertezas. Assim, ter a *expertise* de associar a análise dessas incertezas às flexibilidades contratuais em um único modelo pode ser um fator decisivo para identificar a viabilidade econômico-financeira do projeto.

O problema de pesquisa foi endereçado por meio da aplicação do método do FCD e da modelagem por opções reais. Sob a ótica do concessionário, buscou-se, a partir de dados realistas do VLT de João Pessoa, estudo de caso desta pesquisa, responder à análise de atratividade econômico-financeira do investidor privado diante da hipótese de exercer a entrada em uma concessão pelo período de trinta anos, considerando o cenário atual do sistema. Os dados de entrada do modelo tiveram como base os dados secundários históricos da CBTU, empresa pública federal, operadora do VLT de João Pessoa.

A partir da aplicação do fluxo de caixa, encontrou-se o VPL negativo de R\$ 325,7 milhões para o cenário base. Assim, houve a necessidade de estimar novos cenários de demanda, tarifa e valor de subsídio público, incorporando a opção de abandono. Tal opção pode ser exercida a cada ano do projeto e os valores de indenização seriam definidos no contrato de concessão. Cumpre ressaltar que a opção de abandono foi modelada por meio da árvore binomial com o emprego do modelo de Cox, Ross e Rubinstein (1979).

A fim de mitigar as restrições do modelo, foram criados cenários, simulando novas tarifas para o sistema, diminuição dos custos de Opex com novas demandas de passageiros, desconsiderando os impactos de redução ocasionados pela pandemia de Covid-19 e o pagamento de subsídios públicos para o operador privado. Em todos os cenários

simulados nesta pesquisa, a viabilidade econômico-financeira do projeto se concretiza apenas quando há o pagamento de subsídio público pelo poder concedente. Assim, mesmo diante da hipótese mais otimista, a necessidade de subsídio público não pode ser dispensada. Para o referido cenário, a TIRM obtida foi de 18,42% e a opção de abandono foi calculada em R\$ 81 milhões.

Este estudo apresenta algumas limitações. A prática de financiamento dos investimentos é muito comum em concessões e PPPs de infraestrutura, com a função de suavizar a curva do fluxo de caixa descontado e gerar valores de VPL mais próximos da viabilidade financeira. Além disso, há limitação ao não calcular o fluxo de caixa do acionista, no qual seriam aplicadas as condições de financiamento de longo prazo, tendo como referência as praticadas pelo mercado. Soma-se ainda a incorporação de uma lógica de requalificação, com expansão da linha e melhoria das tecnologias e dos sistemas, o que pode aumentar a demanda de passageiros, porém não foi possível mensurar a receita potencial desse impacto. Outra limitação do estudo refere-se à gama de penalidades contratuais que antecedem a rescisão do contrato e podem impactar o valor da opção de abandono do operador privado.

Para futuros estudos, sugere-se a incorporação de novas incertezas no modelo, relacionadas à taxa de câmbio, à inflação e à taxa de juros. Além disso, como perspectiva futura, recomenda-se estudar a inclusão do regime de bandas de demandas no modelo, com o compartilhamento de risco entre o poder concedente e o concessionário, com o intuito de buscar a diminuição do subsídio público do projeto e a mitigação de riscos. Por fim, outra perspectiva a ser considerada é a análise aprofundada da evolução histórica de participação e relevância dos subsídios públicos nos sistemas do VLT no mundo.

## Referências

- ANPTRILHOS – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES DE PASSAGEIROS SOBRE TRILHOS. Coronavírus: metrô e trens registram queda de demanda de 82% na última semana. *ANPTrilhos*, Brasília, DF, 2 abr. 2020. Disponível em: <https://anptrilhos.org.br/coronavirus-metros-e-trens-registram-queda-de-demanda-de-82-na-ultima-semana/>. Acesso em: 25 jan. 2021.
- ANTT – AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. *Voto DDB*. Brasília, DF: ANTT, 2020. Disponível em: <https://portal.antt.gov.br/documents/498202/0/Voto+DDB+097-2020.pdf/9d729b27-58bd-6b0f-064c-c9fe33fc4f65?t=1600282439277>. Acesso em: 25 jan. 2021.
- BRANDÃO, L. E. T. *et al.* Incentivos governamentais em PPP: uma análise por opções reais. *Revista de Administração de Empresas*, São Paulo, v. 52, n. 1, p. 10-23, 2012.
- BRASIL. Banco Central do Brasil. *Focus*: relatório de mercado. Brasília, DF: BCB, 2021. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/publicacoes/focus>. Acesso em: 23 jan. 2021.
- BRASIL. *Lei 12.587, de 3 de janeiro de 2012*. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana; revoga dispositivos dos Decretos-Leis nºs 3.326, de 3 de junho de 1941, e 5.405, de 13 de abril de 1943, da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, e das Leis nºs 5.917, de 10 de setembro de 1973, e 6.261, de 14 de novembro de 1975; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm). Acesso em: 18 fev. 2021.
- BRASIL. Receita Federal. Instrução Normativa RFB 1700, de 14 de março de 2017. Dispõe sobre a determinação e o pagamento do imposto sobre a renda e da contribuição social sobre o lucro líquido das pessoas jurídicas e disciplina o tratamento tributário da Contribuição para o PIS/Pasep e da Cofins no que se refere às alterações introduzidas pela Lei 12.973, de 13 de maio de 2014. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, p. 23, 16 mar. 2017a. Disponível em: <http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta/link.action?naoPublicado=&idAto=81268>. Acesso em: 19 fev. 2021.

BRASIL. *Lei 13.448, de 5 de junho de 2017*. Estabelece diretrizes gerais para prorrogação e relicitação dos contratos de parceria definidos nos termos da Lei 13.334, de 13 de setembro de 2016, nos setores rodoviário, ferroviário e aeroportuário da administração pública federal, e altera a Lei 10.233, de 5 de junho de 2001, e a Lei 8.987, de 13 de fevereiro de 1995. Brasília, DF: Presidência da República, 2017b. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/lei/l13448.htm#:~:text=Estabelece%20diretrizes%20gerais%20para%20prorroga%C3%A7%C3%A3o,n%C2%BA%208.987%2C%20de%2013%20de.](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13448.htm#:~:text=Estabelece%20diretrizes%20gerais%20para%20prorroga%C3%A7%C3%A3o,n%C2%BA%208.987%2C%20de%2013%20de.) Acesso em: 18 fev. 2021.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. *Ação direta de inconstitucionalidade 845-5 Amapá, de 22 de novembro de 2007*. Brasília, DF: STF, 2007. Disponível em: <https://redir.stf.jus.br/paginadorpub/paginador.jsp?docTP=AC&docID=513619>. Acesso em: 18 fev. 2021.

CABRAL, S.; SILVA JÚNIOR, A. F. Escolhas estratégicas para expansão de uma malha ferroviária: uma análise baseada em opções reais. *Revista de Administração e Contabilidade da Unisinos*, São Leopoldo, v. 8, n. 1, p. 78-90, 2011.

CBTU – COMPANHIA BRASILEIRA DE TRENS URBANOS. *Balanco patrimonial*. Brasília, DF: CBTU, 2020a. Disponível em: <https://www.cbtu.gov.br/index.php/pt/governanca/demonstracoes-financeiras>. Acesso em: 23 jan. 2021.

CBTU – COMPANHIA BRASILEIRA DE TRENS URBANOS. *Relatórios anuais*. Brasília, DF: CBTU, 2020b. Disponível em: <https://www.cbtu.gov.br/index.php/pt/governanca/relatorio-anual-da-administracao>. Acesso em: 23 jan. 2021.

CBTU – COMPANHIA BRASILEIRA DE TRENS URBANOS. *Mapa da linha do VLT de João Pessoa*. Brasília, DF: CBTU, 2021. Disponível em: <https://www.cbtu.gov.br/index.php/pt/joao-pessoa/>. Acesso em: 23 jan. 2021.

CEARÁ. Secretaria da Infraestrutura. Metrofor. *VLT Parangaba-Mucuripe*. Metrofor, Fortaleza, 2021. Disponível em: <https://www.metrofor.ce.gov.br/vlt-fortaleza-3/>. Acesso em: 23 jan. 2021.

CERVERO, R. *The transite metropolis: a global inquiry*. Washington, DC: Island Press, 1998.

COX, J. C.; ROSS, S. A.; RUBINSTEIN, M. Option pricing: a simplified approach. *Journal of Financial Economics*, Amsterdam, v. 7, n. 3, p. 229-263, 1979.

EMTA – EUROPEAN METROPOLITAN TRANSPORT AUTHORITIES. *EMTA barometer of public transport in European metropolitan areas in 2006*. New York: EMTA, 2009. Disponível em: [https://www.emta.com/IMG/pdf/Barometer\\_2006\\_full\\_Report.pdf](https://www.emta.com/IMG/pdf/Barometer_2006_full_Report.pdf). Acesso em: 23 ago. 2021.

EMTU – EMPRESA METROPOLITANA DE TRANSPORTES URBANO. PPP do VLT da Baixada Santista é finalista em prêmio internacional. *EMTU*, São Paulo, 10 abr. 2017. Disponível em: <https://www.emtu.sp.gov.br/emtu/imprensa/ppp-do-vlt-da-baixada-santista-e-finalista-em-premio-internacional.fss>. Acesso em: 23 jan. 2021.

EMTU – EMPRESA METROPOLITANA DE TRANSPORTES URBANOS. VLT – Veículo leve sobre trilhos. *EMTU*, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.emtu.sp.gov.br/emtu/emprendimentos/emprendimentos/vlt-da-baixada-santista-veiculo-leve-sobre-trilhos.fss>. Acesso em: 23 jan. 2021.

EUROPEAN UNION. Regulation (EC) 1371/2007 of the European parliament and of the council of 23 October 2007 on rail passengers' rights and obligations. *Official Journal of the European Union*, Luxembourg, p. 14-41, 2007. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32007R1371>. Acesso em: 18 jan. 2021.

GASPAR, L. M. N. *Parcerias público-privadas: projecto ferroviário de alta velocidade em Portugal*. 2011. Dissertação (Mestrado em Finanças) – Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa, 2011.

GRAY, B. H. (ed.). *Urban public transportation glossary*. Washington, DC: TRB, 1989. Disponível em: <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/glossary/001.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Brasil/Paraíba*. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/panorama>. Acesso em: 24 abr. 2021.

IMRT – THE INSTITUTE OF METRO AND RAIL TECHNOLOGY. *Mass transit systems: technologies and choices*. Secunderabad: IMRT, 2013.

JEFFERSON, C.; MARQUEZ, J. Hybrid powertrain for a light rail vehicle. *In: INTERNATIONAL UNIVERSITIES POWER ENGINEERING CONFERENCE*, 39., 2004, Bristol. *Anais [...]*. Bristol: University of the West of England, 2004. p. 1267-1273.

JIANG, P. *et al.* Spatial-temporal potential exposure risk analytics and urban sustainability impacts related to COVID-19 mitigation: a perspective from car mobility behaviour. *Journal of Cleaner Production*, Amsterdam, v. 279, p. 1-15, 2021.

KLIMEKOWSKI, F.; MIELKE, A. Desenvolvimento regional: a ferrovia em Jaraguá do Sul. In: CONCURSO DE MONOGRAFIA CBTU – A CIDADE NOS TRILHOS, 3., 2007, Rio de Janeiro. *Anais [...]*. Rio de Janeiro: CBTU, 2007.

NTU – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS. *Boletim NTU: impactos da covid-19 no transporte público por ônibus*. Brasília, DF: NTU, 2021. Disponível em: <https://www.ntu.org.br/novo/upload/Publicacao/Pub637474260048364846.pdf>. Acesso em: 3 mar. 2022.

PARAÍBA. Secretária de Estado da Fazenda. *Regulamento do imposto sobre operações relativas à circulação de mercadorias e sobre prestações de serviços de transporte interestadual e intermunicipal e de comunicação – RICMS*. João Pessoa: Sefaz PB, 2021. Disponível em: <https://www.sefaz.pb.gov.br/legislacao/98-regulamentos/icms/1472-ricms-sem-historico>. Acesso em: 18 ago. 2021

PEÑA ESCOBAR, F. J.; JIMÉNEZ-MARTÍN, A.; MATEOS CABALLERO, A. A first approach to the optimization of Bogota's TransMilenio BRT system. In: Finnish Operations Research Society 40th Anniversary Workshop: FORS40, 40., 2013, Lappeenranta. *Anais [...]*. Lappeenranta: UPM, 2013. p. 94-104.

RIO DE JANEIRO (Cidade). Secretaria Municipal da Casa Civil. *Contrato de parceria público-privada – PPP – na modalidade concessão patrocinada CVL 010008/2013*. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal da Casa Civil, 2012. Disponível em: <http://www.portomaravilha.com.br/conteudo/vlt/DOCUMENTOS/Contrato.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2021.

SANTOS, F. S. *Veículo leve sobre trilhos: simulação do impacto ambiental acústico em Brasília – DF*. 2016. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2016.

SILVA, A. J. F. *Análise do projeto VLT Carioca via opções reais avaliando o retorno para o vencedor da licitação e os impactos dos incentivos governamentais*. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.



TRB – TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. *Transit capacity and quality of service manual*. 3. ed. Washington, DC: TRB, 2013.

UITP – INTERNATIONAL ASSOCIATION OF PUBLIC TRANSPORT. *Light rail and tram: the European outlook*. Brussels: UITP, 2019. Disponível em: <https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2020/09/Statistics-Brief-LRT-Europe2.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2022.

VAN DE VELDE, D. A new regulation for the European public transport. *Research in Transportation Economics*, Amsterdam, v. 22, n. 1, p. 78-84, 2008.

WORLD BANK. *Covid-19 no Brasil: impactos e respostas de políticas públicas*. Washington, DC: World Bank, 2020. Disponível em: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/106541594362022984/pdf/COVID-19-in-Brazil-Impacts-and-Policy-Responses.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2021.

