



**OTIMIZAÇÃO DE CUSTOS DO TRANSPORTE PÚBLICO URBANO: COMPRAR
OU VENDER UM ÔNIBUS USADO?**

**COST OPTIMIZATION OF URBAN PUBLIC TRANSPORT: BUYING OR SELLING
A USED BUS?**

**OPTIMIZACIÓN DE COSTES DEL TRANSPORTE PÚBLICO URBANO: COMPRA
O VENTA DE UN BUS QUE SE UTILIZA?**

Ana Paula Rodrigues da Costa

Mestra em Ciências Contábeis (FUCAPE)

Professora do Centro Universitário do Espírito Santo (UNESC)

Email: anapcontabil@gmail.com

Valcemiro Nossa

Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq

Doutor em Controladoria e Contabilidade (USP)

Professor da Fucape Business Scholl (FUCAPE)

Endereço: Av. Fernando Ferrari, 1358 – Boa Vista

29.075-505 Vitória/ES, Brasil

Email: valcemiro@fucape.br

Arilda Magna Campagnaro Teixeira

Doutora em Economia da Indústria e da Tecnologia (UFRJ)

Professora da Fucape Business Scholl (FUCAPE)

Endereço: Av. Fernando Ferrari, 1358 – Boa Vista

29.075-505 Vitória/ES, Brasil

Email: arilda@fucape.br

Aridelmo José Campanharo Teixeira

Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq

Doutor em Controladoria e Contabilidade (USP)

Professor da Fucape Business Scholl (FUCAPE)

Endereço: Av. Fernando Ferrari, 1358 – Boa Vista

29.075-505 Vitória/ES, Brasil

Email: aridelmo@fucape.br

RESUMO

Embora a discussão sobre a mobilidade urbana envolva as modalidades de transporte de massa, a maioria das cidades ainda se valem das frotas de ônibus. Esta pesquisa objetiva apresentar um modelo que propõe identificar o momento que poderá ser exercida a opção de vender ou comprar um veículo usado da frota de ônibus do sistema de transporte público urbano, por meio da aplicação da Teoria de Opções Reais (TOR). Pesquisas apontam que quando o veículo é novo os custos de manutenção são baixos, cobrindo basicamente as revisões de rotina e a substituição de componentes, porém depois de certa idade, esses custos vão aumentando. Neste

Recebido em 28.10.2013. Revisado por pares em 24.01.2014. 1ª Reformulação em 28.04.2014. 2ª Reformulação em 19.07.2014. Recomendado para publicação em 21.07.2014. Publicado em 11.08.2014.



sentido uma dúvida que sempre surge é decidir o momento adequado para adquirir ou se desfazer de um veículo usado. A teoria utilizada neste estudo, a TOR, foca no Modelo Binomial em Tempo Discreto. Metodologicamente, o estudo foi desenvolvido com dados reais de um caso específico de frota de ônibus que serviu de suporte para a construção e teste do modelo proposto e apoiou-se em dados de uma empresa de ônibus tradicional do Espírito Santo. O modelo proposto é validado por meio de exemplo numérico que identifica o momento para a tomada de decisão. No caso em estudo o modelo apresentou o momento da opção a partir do final do segundo ano de uso do ônibus. A metodologia aplicada e os resultados encontrados despertam para a necessidade dos gestores terem informações decorrentes dos dados das frotas e poderem tomar decisões mais seguras, especialmente o momento “ideal” para substituição da frota. Para o poder público, estudos dessa natureza podem gerar subsídios à elaboração de normativos pelas agências reguladoras com vistas ao atendimento pelas concessionárias e de parcerias público-privado.

Palavras-chave: Custo de manutenção. Substituição de frota. Teoria das opções reais. Transporte público urbano.

ABSTRACT

Although the discussion on urban mobility involves the mass transportation modalities, most cities still trust on bus fleets. This research aims to present a model that proposes to identify the moment that may be made the option to sell or buy a used vehicle from the fleet of buses of urban public transport system, through the application of Real Options Theory (TOR). Research indicates that when the vehicle is new maintenance costs are low, basically covering the routine reviews and component replacement, but after a certain age, these costs grow. In this sense a question that always arises is to decide the appropriate time to acquire or dispose of a used vehicle. The theory used in this study, TOR, focuses on the Binomial Model in Discrete Time. Methodologically, the study was carried out with real data of a particular case of the bus fleet that served as support for the construction and testing of the proposed model and relied on data from a traditional bus company of the Espirito Santo state. The proposed model is validated through a numerical example that identifies the time for decision making. In the case study, the model showed the time of the option as of the end of the second year of use of the bus. The methodology and the results awaken to the need for managers to have information resulting data fleets and can make safe decisions, especially the "ideal" time for fleet replacement. For the government, this kind of studies can generate data drafting normative regulatory agencies in order to meet the dealers and public-private partnerships.

Keywords: Cost of maintenance. Replacement fleet. Theory of real options. Urban public transport.

RESUMEN

Aunque la discusión sobre la movilidad urbana supone la masa modal, la mayoría de las ciudades todavía vale la pena de flotas de autobuses. Esta investigación tiene como objetivo presentar un modelo que propone identificar el momento en que puede ejercer una opción para vender o comprar un vehículo usado de la flota de autobuses de transporte público urbano, a través de la aplicación de la Teoría de Opciones Reales (TOR). Las investigaciones indican que cuando el vehículo es nuevo los costos de mantenimiento son bajos, que cubre básicamente las revisiones de rutina y reemplazo de componentes, pero después de una cierta edad, estos costos están creciendo. En este sentido, una pregunta que siempre surge es decidir el momento adecuado para la suscripción o compra de un vehículo usado ya. La teoría utilizada en este estudio, TOR, se centra en el modelo binomial en tiempo discreto. Metodológicamente, el estudio se realizó con datos reales de un caso particular de la flota de autobuses que servía de

apoyo a la construcción y prueba del modelo propuesto y se basó en datos de una compañía de autobuses tradicionales en el estado de Espírito Santo. El modelo propuesto es validado a través de un ejemplo numérico que identifica el momento de la toma de decisiones. En el estudio de caso, el modelo mostró el momento de la opción a partir del final del segundo año de uso del autobús. La metodología y los resultados se despiertan a la necesidad de que los directivos tengan la información resultante flotas de datos y puedan tomar decisiones educadas, especialmente el "ideal" para el tiempo de renovación de la flota. Para el gobierno, tales estudios pueden generar datos para la preparación de los organismos reguladores normativos con el fin de cumplir con los comerciantes y las asociaciones público-privadas.

Palabras clave: El coste de mantenimiento. Flota reemplazo. Teoría de las opciones reales. El transporte público urbano.

1 INTRODUÇÃO

São muitas as discussões sobre os problemas de mobilidade urbana nas grandes cidades do Brasil e do mundo. Percebe-se que, aos poucos, há um direcionamento para as modalidades metroviárias como Metrô, Bus Rapid Transit (BRT) e Veículo Leve sobre Trilho (VLT) (BRINCO, 2012). No Brasil, embora bastante discutida a implementação desses projetos são ainda muito lentos e muito dependentes da vontade política dos governantes (PEREIRA, 2011). Neste sentido o que ainda prevalecem são grandes frotas de ônibus atendendo a maioria das cidades brasileiras.

Companhias de trânsito com grandes frotas de ônibus e orçamentos limitados buscam um mecanismo robusto de alocação de recursos para manter o padrão do serviço público. No entanto, a alocação de recursos ideal para a compra, operação e manutenção de uma frota de ônibus é um processo decisório complexo (MISHRA et al., 2013, p. 111).

Feldens et al. (2010, p. 2) explicam que no processo de decisão as empresas do setor de transporte urbano devem buscar o uso eficiente dos ativos fixos vinculado a uma política bem estruturada de avaliação e substituição da frota. Já Murty e Naikan (1995) destacam a importância da análise do custo de manutenção em relação à disponibilidade do ativo e o lucro da empresa.

Feng e Figliozzi (2012) contribuem explicando que, por um lado, a substituição de frota de veículos antigos por novos, por exemplo, pode reduzir os custos de manutenção, pois, quanto maior a idade do ônibus maior esse custo. Por outro lado, a substituição de frota aumenta significativamente os custos de capital.

Essa questão, observada por Feng e Figliozzi (2012, p.2), pode tornar-se significativamente mais complicada quando as decisões de substituição têm de ser feitas em grandes frotas, e quando o orçamento e as restrições de demanda tem que ser considerados. No entanto, os autores frisam sobre a necessidade de se encontrar o momento ideal da substituição de frota que minimiza o custo total líquido ao longo de um horizonte de tempo.

Diante do exposto, se os custos de manutenção aumentam de acordo com a evolução da idade média da frota e se a evolução dos custos correspondentes deve ser limitada para não onerar demasiadamente o fluxo de caixa, estabelece-se a seguinte questão de pesquisa: Qual o momento em que poderá ser exercida a opção de comprar ou vender um veículo da frota de ônibus do sistema de transporte público urbano a fim de otimizar os custos?

Estudos sobre substituição de frota para otimização dos custos são apresentados pela literatura, como os estudos de Feldens et al. (2010), Zambujal-Oliveira e Duque, (2010), Feng e Figliozzi (2012) e Mishra et al. (2013) que demonstram metodologias para alcançar o objetivo de identificar o momento ideal para se realizar a substituição.

Esta pesquisa, por sua vez, apresenta no estudo do caso uma abordagem metodológica recomendada por Feldens (2006) utilizando Opções Reais (TOR) para política de substituição de equipamentos aplicada ao sistema de transporte público urbano por uma empresa pública de transporte urbano.

A Teoria das Opções Reais (TOR) como base metodológica, mostra-se adequada, devido ao objeto de estudo, o ônibus, estar envolvido em um contexto de irreversibilidade de investimento, incertezas e flexibilidades em relação à política de substituição da frota, variação dos preços insumos, inseguranças técnicas, fluxo de caixa gerado, prestação de serviço de transporte público urbano, flutuação do valor de mercado, dentre outras variáveis.

A metodologia propõe primeiramente, o cálculo do valor esperado do ônibus e posteriormente a comparação com o valor de mercado. E numa abordagem de opções reais se estabelece a análise da opção mais rentável, qual seja: comprar ou vender o ônibus.

Neste contexto, o objetivo desta pesquisa é apresentar uma metodologia para identificar o momento em que poderá ser exercida a opção de vender ou comprar um veículo da frota de ônibus do sistema de transporte público urbano por uma empresa pública de transporte urbano.

Este estudo irá analisar o caso do sistema de transporte público urbano de uma Empresa de transportes urbanos da Grande Vitória (ES). Essa permissionária vem adotando a idade média do sistema de frota de ônibus convencional de 4,2 anos em média, estabelecida por sugestão de estudos realizados em outros Estados (COMPANHIA DE TRANSPORTES URBANOS DA GRANDE VITÓRIA, 2008).

O estudo justifica-se por aplicar a metodologia da TOR num contexto de otimização de resultados e na tomada de decisão, com um modelo proposto que considera a irreversibilidade, incerteza e flexibilidade no segmento de transportes público de passageiros. A aplicação do modelo pode ser útil de forma mais ampla na discussão dos problemas de mobilidade urbana. O Brasil vive atualmente grandes desafios, especialmente decorrente dos grandes eventos previstos (como Copa do Mundo e Olimpíadas) em que muitas iniciativas de Parcerias Público-Privado vem sendo concretizadas (GUIMARÃES NETO, 2010). Esses novos modelos exigem informações mais oportunas e precisas para o processo de tomada de decisão. Neste sentido a TOR aplicada à questão da mobilidade urbana pode ajudar na definição dos vários *trade off* atrelados à gestão.

Este artigo daqui pra frente está estruturado da seguinte maneira: A seção 2 apresenta uma revisão teórica sobre os fundamentos que conformam o tema. A seção 3 traz uma descrição da metodologia proposta. A seção 4 apresenta o modelo proposto e os resultados da análise metodológica. A seção 5 apresenta as considerações finais sobre a pesquisa.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 Sistema de Transporte Público Urbano

O serviço público é definido como “[...] todo aquele prestado pela administração ou por seus delegados, sob normas e controles estatais, para satisfazer necessidades essenciais ou secundárias da coletividade ou simples conveniência do Estado” (MEIRELLES, 2000).

Desta forma, a Constituição Federal, em seu artigo 175 (BRASIL, 1988), estabelece a incumbência junto ao Poder Público da prestação de serviços públicos. Tais serviços poderão ser prestados diretamente pelo poder público ou sob o regime de concessão ou permissão.

No Brasil, de acordo com Magalhães (2001) em se tratando de transporte público, o modelo adotado na maioria das cidades brasileiras, em relação aos operadores, é a prestação de serviço público sob o regime de concessão ou permissão. Assim, Aragão e Figueiredo (1993) denominam de atores intervenientes as partes que compõem o sistema de transporte público urbano no Brasil. Estes participantes são o governo, os usuários do sistema, as operadoras do sistema e a comunidade em geral.

Magalhães (2001) acrescenta que o transporte urbano por ônibus é considerado um serviço público e na maioria das cidades brasileiras, exerce o papel de modalidade preponderante para a satisfação diária das necessidades de locomoção da parte considerável população. Por ser um serviço público, o transporte coletivo necessita de um modelo de gestão para definir a atuação do Poder Público na área de transporte, particularmente na relação com os operadores públicos ou privados. Essa gestão determina como se processam as políticas tarifárias, bem como as atividades de fiscalização, remuneração dos operadores, e atividades de planejamento operacionais (MAGALHÃES, 2001).

No que tange ao planejamento operacional, o ônibus se torna o foco principal das estratégias de alocação de recursos com foco na minimização dos custos e prestação de um serviço excelente.

Mishra et al., (2013) explicam que as agências de transporte público urbano necessitam de um mecanismo robusto de alocação de recursos para operar e manter a frota de ônibus dentro das restrições orçamentárias propostas pelo governo. Idealmente, um ônibus que completa sua vida útil precisa ser substituído, entretanto, as agências nem sempre possuem fundos disponíveis para aquisição de novos ônibus, portanto os gestores utilizam de diferentes alternativas incorrendo em custos de manutenção para prolongar a vida útil do ativo (MISHRA et al., 2013). No entanto, esta não é uma solução permanente, uma vez que apenas adia a substituição do ônibus. Portanto, a decisão em relação à substituição ou reabilitação de uma frota de ônibus se torna um aspecto crítico da gestão da frota de trânsito.

Feldens et al., (2010, p. 26) afirmam que “em empresas do setor de transporte urbano, o uso eficiente dos ativos fixos está vinculado a uma política bem estruturada de avaliação e substituição de frota”. Os autores frisam que a gestão da empresa deve otimizar a geração de lucro por meio da definição do momento certo para a substituição do ativo em determinado período de tempo.

Embora a substituição da frota seja a opção mais desejável do ponto de vista da qualidade, as restrições orçamentárias impõem um desafio a estes gestores para encontrarem uma combinação ótima entre os custos de manutenção e os custos de substituição da frota (MISHRA et al., 2013, p. 111).

2.2 Custos de Manutenção no Sistema de Transporte Público Urbano

A operacionalização do sistema de transporte público urbano desencadeia a realização de vários custos que necessitam de controle permanente e eficiente. Segundo Freitas e Resende Filho (2006), o gerenciamento de todos os custos deve ser cuidadosamente monitorado.

Os custos relacionados ao sistema de transporte público urbano são: combustíveis, lubrificantes, rodagem, depreciação de veículos, remuneração de veículos, remuneração de máquinas, equipamentos, instalação e almoxarifado, peças e acessórios, despesa de pessoal de operação e manutenção, despesas administrativas, benefícios e uniforme, manutenção de bilhetagem eletrônica e portaria. (COMPANHIA DE TRANSPORTES URBANOS DA GRANDE VITÓRIA, 2008).

Freitas e Resende Filho (2006), no entanto, afirmam que na gestão de custeio o monitoramento dos custos de manutenção por meio de acompanhamento, registro e controle é importante para a vitalidade da empresa.

Peres e Lima (2008) defendem que a manutenção é uma ferramenta estratégica para as empresas e quando aplicadas de forma eficiente pelos gestores podem reduzir os custos e criar vantagem competitiva.

Uma análise teórica da gestão de manutenção de frotas de veículos foi feita por Campos e Belhot (1994, p.173) e observaram sobre a necessidade do estabelecimento do plano de manutenção que deve visar “a adoção de políticas de manutenção apropriadas para as operações

de reparo, substituição e recondicionamento dos sistemas e componentes, de modo que o processo decisório seja o maior favorecido”.

O plano de manutenção deve estar em conformidade com a estratégia de controles de recursos adotada pela empresa, uma vez que o custo de manutenção influencia sensivelmente as estruturas organizacionais e administrativas vigentes (CAMPOS; BELHOT, 1994, p. 173).

De acordo com Marcorin e Lima (2003), o gerenciamento do custo de manutenção reflete a estratégia empresarial, aumenta o lucro, melhora o aproveitamento das máquinas e equipamentos, a confiabilidade e a qualidade dos serviços prestados, dentre outros objetivos, resumidamente uma boa gestão de custos de manutenção impacta na qualidade, produtividade e disponibilidade de bens e serviços prestados.

Murty e Naikan (1995) desenvolveram um modelo em que indicam até quando é lucrativo para a empresa incorrer nos custos de manutenção para ter garantia da disponibilidade total e integral do seu ativo. Os autores analisaram a possibilidade econômica da disponibilidade total de um ativo em relação ao custo de manutenção e o lucro líquido da empresa, propondo o limitador de valor desta disponibilidade, como mostrado na Figura 1:

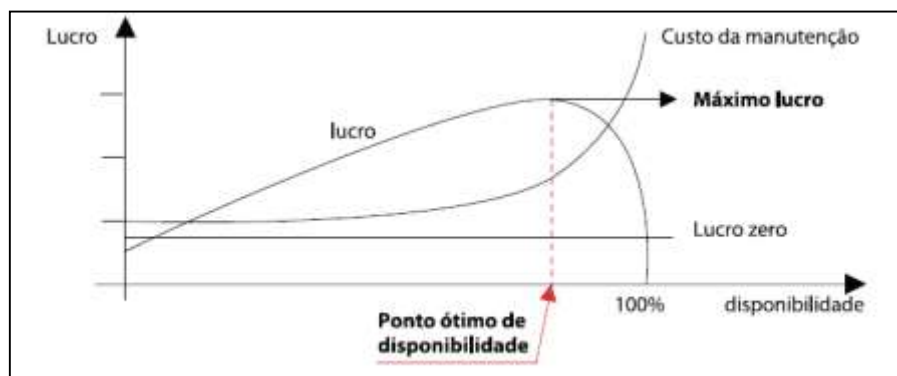


Figura 1 - Lucro versus disponibilidade

Fonte: Murty e Naikan (1995) *apud* Marcorin e Lima (2003).

Desta forma, Murty e Naikan (1995) apresentam uma técnica que propõe uma gestão de custos que alcança um ponto ótimo de disponibilidade para os equipamentos sem que acarrete perdas econômicas acentuadas.

Valente et al., (2003) afirmam que a empresa deve possuir uma frota com maior idade possível, em boas condições de uso, com boa produtividade, redução de custos e bom resultado econômico, ao mesmo tempo, ausente de problemas que resultem em reparos e no comprometimento técnico, econômico e de segurança da frota.

Logo, se faz necessário analisar a temporalidade da evolução diretamente proporcional que ocorre entre a variável custo de manutenção com a variável idade média da frota, para verificar em até que ponto a empresa deve incorrer em custos para manter o automóvel ou fazer a sua substituição por um veículo novo.

2.3 Política de Substituição de Frota

Um dos primeiros trabalhos aplicados na área de substituição de frota de veículos foi o de Smith (1957), no qual foi avaliado não somente a política ideal, mas também, as características ideais dos veículos a serem utilizados. Depois, vieram muitos outros estudos, sempre buscando uma melhoria dos critérios a serem adotados.

Feldens (2006) efetuou um estudo de revisão na área de substituição de frota, onde compara os trabalhos de substituição de frota mais antigos com os mais recentes. Nessa comparação, evidenciou-se que os trabalhos mais antigos apresentavam modelos estáticos que utilizavam horizontes infinitos, ao passo que os trabalhos mais recentes possuem modelos que utilizam sistemas de apoio à decisão, programação dinâmica ou linear e consideram a incerteza e flexibilidade.

Em seu estudo, Hartman e Keles (2004) afirmam que a maioria das frotas exige certo número de ativos para atender as necessidades de serviços, porém as empresas estão sujeitas a limitações de orçamento de capital e economias de escalas.

Assim, a implantação de uma política de substituição de frota depende, sobretudo, da análise dos resultados combinatórios do ativo individual e em grupo, considerando economia de escala, restrições da demanda e restrições orçamentárias. (HARTMAN; KELES, 2004).

Hartman e Keles (2004) ainda apontam outros fatores importantes que devem ser considerados numa política de substituição de frota, tais como, existência de múltiplos fornecedores, preço de compra determinado pelo mercado, fatores externos como regulamentações governamentais ou concorrência, políticas ambientais diretas e indiretas e igualdade de acesso para idosos e deficientes.

Desta forma, ao se implantar uma política de substituição de frota restrita a mensuração do desgaste pela depreciação do ativo, poderá resultar na elaboração de uma política com um critério pouco prudente (HARTMAN; KELES, 2004).

A literatura internacional apresenta uma abordagem bem avançada sobre modelos que indicam o momento da substituição de frota que otimizem os custos (FENG; FIGLIOZZI, 2012).

Feldens et al., (2010) apresenta uma metodologia para a substituição de frotas de ônibus por meio da integração de critérios econômicos e não-econômicos. Aspectos econômicos são contemplados por indicadores econômicos e fluxo de caixa, utilizando custos de aquisição e manutenção da frota, entre outros. Aspectos não-econômicos são representados por decisões estratégicas e de gestão, sendo avaliados por intermédio de ferramentas de decisão múltipla. A metodologia proposta possibilitou avaliação detalhada do desempenho dos ônibus atuais frente a potenciais substitutos, viabilizando constante monitoramento dos ativos da empresa e assegurando elevados níveis de serviço ao cliente. A metodologia é ilustrada em uma empresa pública de transporte urbano.

Feng e Figliozzi (2012) realizaram um estudo de caso no Estado de Washington, EUA, comparando, por meio da aplicação de um modelo de otimização da substituição de frota, dois diferentes modelos de ônibus: os que são abastecidos com diesel convencional e os híbridos. A escolha se justifica por levarem em consideração que os custos de: compra, operacionais por quilômetro e de manutenção variam entre os modelos. Para análise dos dados os autores desenvolveram um modelo de otimização determinístico, considerando vários cenários e análise de sensibilidade das variáveis. Os resultados não determinaram qual o melhor modelo global, no entanto, forneceram informações aos gestores da melhor estratégia de substituição considerando os cenários analisados.

Mishra et al., (2013) analisaram o sistema de frota do Estado de Michigan (USA) para propor um modelo de otimização que identifique a distribuição ótima de recursos entre as diferentes opções de 'melhoria de vida da frota' (reabilitação, remanufatura ou substituição). O objetivo do modelo é a minimização dos custos de investimento, expressa pela variável NPC, em oposição à maximização da qualidade da frota, expressa pela variável TSWARL a fim de identificar uma opção de melhoria que resultem no menor NPC com um TSWARL aceitável. O modelo de otimização proposto ofereceu um conjunto de soluções representando um NPC mínimo para um valor especificado de TSWARL, assim o usuário tem a opção de estabelecer

uma solução que atenda sua exigência de qualidade para que o NPC seja minimizado (MISHRA et al., 2013).

Os estudos mais recentes de substituição de frota evidenciam as questões de frotas com tamanho (número de veículos), variável de limites de orçamento e horizontes finitos (FELDENS et al., 2010). Contudo, com o passar dos anos, a motivação dos estudos sobre a política de substituição de frota ainda é saber qual o tempo “ideal”, para o qual a soma dos custos com o veículo atinge o menor valor. Esse tempo “ideal” corresponde à melhor época, em termos econômicos, para trocá-los, porque o custo total é mínimo, estabelecendo, assim, a necessidade de se conhecer a idade média ideal de substituição da frota (VALENTE et al., 2003).

2.3 Teoria das Opções Reais (TOR)

Os primeiros estudos sobre a TOR foram desenvolvidos na década de 70 pelos pesquisadores Black e Scholes (1973) e Cox, Ross e Rubinstein (1979). Mais tarde estes estudos sofreram adaptações por outros pesquisadores como Dixit e Pindyck (1994) e Copeland e Antikarov (2001).

Copeland e Antikarov (2001), afirmam que uma opção real é o direito, mas não a obrigação de empreender uma ação, como uma ação de diferir, expandir, contrair ou abandonar. Esta opção real se efetua a um custo predeterminado que se denomina preço de exercício, por um período preestabelecido, que se denomina vida da opção.

Dixit e Pindyck (1994) usam um exemplo simplificado para demonstrar o conceito de opções reais num modelo binomial em tempo discreto e representa o problema graficamente por meio de uma árvore de decisão de dois períodos, conforme Figura 2:

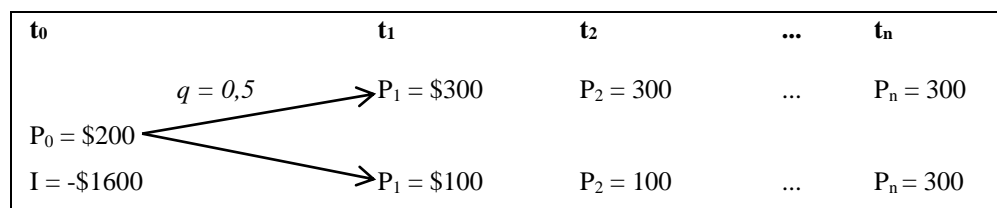


Figura 2 – Árvore de Decisão de dois períodos
Fonte: Dixit e Pindyck (1994)

Assim, a distribuição de probabilidade de eventos e avaliação de oportunidades futuras por meio da análise de opções pode ser modelada por meio de uma árvore binomial discreta. (BRASIL et al., 2007).

Zambujal-Oliveira e Duque (2011) corroboram o uso da metodologia de opções reais com foco na substituição de ativos. Os autores fizeram um estudo para investigar o momento ótimo de substituição de ativos em um determinado ambiente fiscal com uma dada política de depreciação. Aplicaram um modelo de minimização dos custos de operação e manutenção, com base na definição do custo anual equivalente, utilizando a metodologia de opções reais. A metodologia desenvolvida permitiu uma avaliação da flexibilidade da análise do processo de substituição, bem como contribuiu para a literatura de opções reais através do desenvolvimento de um modelo de dois fatores com processos *brownianos* aplicados à substituição de ativos.

Portanto, com base metodológica a Teoria das Opções Reais (TOR) mostrou-se adequada para problemas que envolvem substituição de ativos por meio do modelo binomial em tempo discreto, uma vez que a análise de vender ou comprar um ônibus é uma questão de opções reais, possuindo as três condições básicas para a precificação de uma opção: irreversibilidade, incerteza e flexibilidade.

2.4 Apresentação do Estudo de Caso

O sistema de transporte público urbano operacionalizado no Estado do Espírito Santo é conceituado na Constituição Estadual, em seu art. 227, como serviço essencial e de obrigação do poder público (ESPÍRITO SANTO, 1989). Com respaldo da Constituição Estadual instituiu-se em 1984 a Companhia de Transportes Urbanos da Grande Vitória (CETURB-GV) como órgão representativo do poder público estadual. O objetivo da Ceturb-GV é conceder, planejar, contratar e gerenciar o sistema de transporte público de passageiro da Região Metropolitana da Grande Vitória (ESPÍRITO SANTO, 1984).

Os usuários do sistema e a comunidade em geral também compõem o sistema de transporte público urbano, pois além de utilizar o sistema também o avalia, segundo o artigo n. 226, da Constituição Estadual, e Lei n. 3.693. (ESPÍRITO SANTO, 1984).

Assim, se confirma a atuação dos atores intervenientes citados por Aragão e Figueiredo (1993) ao verificar a interação entre governo, empresas permissionárias, usuários do sistema e a comunidade em geral. Esses atores intervenientes do sistema de transporte público urbano por ônibus interagem entre si de forma simultânea e pela própria natureza das suas missões possuem seus próprios objetivos.

Além da Ceturb-GV há também as empresas permissionárias que executam todo o serviço de transporte público urbano, como estabelece a Constituição Estadual, em seu artigo n. 210, e a Lei n. 3.693 (art. 6º) (ESPÍRITO SANTO, 1984).

A permissionária estudada nesta pesquisa atua no sistema metropolitano que interliga cinco dos sete municípios que compõem a Região Metropolitana. Este sistema é denominado Transcol que foi institucionalizado em 1990 como um sistema de transportes urbanos da aglomeração urbana da Grande Vitória com a função de integrar a estrutura tronco-alimentadora por meio de terminais urbanos, estrategicamente localizados, e permitir que o usuário se desloque por vários trechos da Grande Vitória pagando uma única tarifa (ESPÍRITO SANTO, 1985).

A permissionária possui uma frota de 144 ônibus, conforme posição datada em 18 de outubro de 2009, sendo que desse total 126 ônibus são do tipo convencional. Estes ônibus foram adquiridos nos anos de 1999, 2001, 2006 e 2007, direto da fábrica. A frota desta empresa permissionária representava em 2008, cerca de 9,2% de toda a frota do sistema de transporte público urbano (COMPANHIA DE TRANSPORTES URBANOS DA GRANDE VITÓRIA, 2008).

Atualmente, o sistema de transporte público urbano da Grande Vitória adota a idade média do sistema de frota de ônibus convencional de 4,2 anos em média (COMPANHIA DE TRANSPORTES URBANOS DA GRANDE VITÓRIA, 2008). Essa idade média foi convencionalizada por meio de sugestão de estudos realizados em outros Estados e é fortemente influenciada por cenários políticos, econômicos e financeiros.

3 METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido com dados reais de um caso específico de frota de ônibus que serviu de suporte para a construção e teste do modelo proposto e apoiou-se em dados de uma empresa de ônibus tradicional do Espírito Santo.

Optou-se pelo estudo do ônibus de modelo convencional por ser o mais representativo da frota total do sistema de transporte público urbano da permissionária (COMPANHIA DE TRANSPORTES URBANOS DA GRANDE VITÓRIA, 2008).

A empresa permissionária estudada possui uma frota de 144 ônibus, conforme posição datada em outubro de 2009, sendo que desse total, 126 ônibus são do tipo convencional. A frota dessa empresa representa 9,2% de toda a frota do sistema de transporte público urbano.

A técnica de coleta de dados utilizada foi a pesquisa documental. Os dados analisados são provenientes de relatórios fornecidos pelo setor contábil e de manutenção da empresa estudada com informações referentes ao fluxo de caixa e às demonstrações de resultado dos anos de 2007 a 2009. Foi obtido, também, o custo de capital da empresa por meio dos contratos que indicavam a taxa de remuneração do capital próprio e de terceiros.

As variáveis econômicas do fluxo de caixa foram isoladas e foram consideradas somente as movimentações com impactos financeiros da demonstração de resultado, ou seja, não foi considerado, por exemplo, os valores de depreciação e valores da reserva de reavaliação de ativos.

No setor de manutenção da empresa pesquisada foi identificada manutenção do tipo preventiva e manutenção do tipo corretiva, sendo que, os dados de custeio dessas manutenções são apurados por veículo diariamente. Dessa forma, ao se obter os dados no setor de manutenção, esses foram categorizados na seguinte ordem: informação da característica do ônibus convencional (nº. placa e nº. chassis); data de aquisição; custo mensal de manutenção por veículo, dos anos de 2007, 2008 e 2009 (período preliminar), fluxo de caixa operacional gerado por veículo, custo de capital da empresa e valor de mercado do ônibus.

Ressalta-se ainda que os custos de manutenção analisados são peças e acessórios, rodagem, lubrificantes e mão-de-obra e representam os itens de custo de manutenção relacionados ao sistema.

4 APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO E RESULTADOS ENCONTRADOS

A primeira etapa da aplicação do modelo proposto é o cálculo do valor esperado por ônibus que tende a ser decrescente com o passar do tempo, pois o fluxo de caixa do período decresce devido à evolução do custo de manutenção com o passar dos anos.

Como segunda etapa, busca-se o valor de mercado, considerando que o valor de mercado do ônibus também tende a decrescer com a evolução do tempo.

Na terceira etapa, identifica-se o comportamento do valor de mercado e compara com o comportamento do valor esperado por ônibus. Nesse momento a análise pode ser desenvolvida e a tomada de decisão pode ser exercida.

A opção de venda poderá ser exercida no ponto em que o valor de mercado superar o valor esperado do ônibus, como segue na Figura 3 que ilustra este momento:

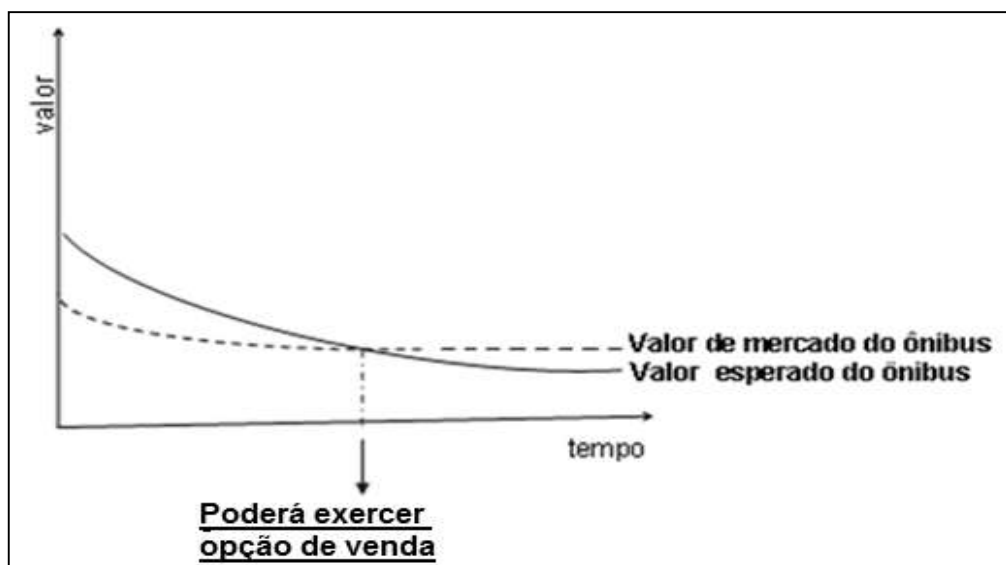


Figura 3 - Momento da opção de venda.

Fonte: Adaptado de Murty e Naikan (1995) *apud* Marcorin e Lima (2003).

Em contrapartida, o momento de exercer a opção de compra será aquele em que o valor esperado superar o valor de mercado, como segue na Figura 4:

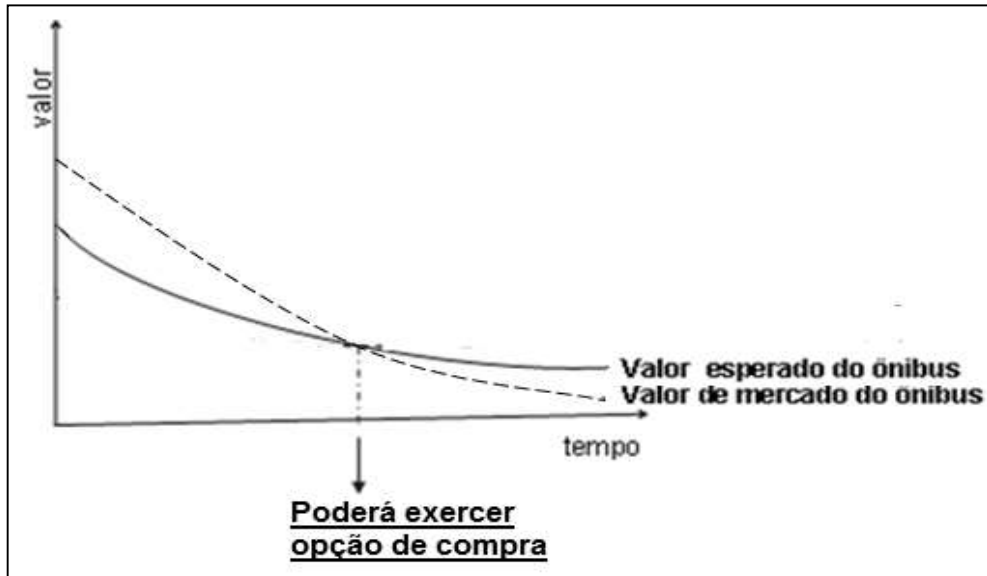


Figura 4 - Momento da opção de compra.

Fonte: Adaptado de Murty e Naikan (1995) *apud* Marcorin e Lima (2003).

Outra ferramenta importante ao se utilizar a TOR é a árvore binominal discreta, conforme Figura 5, que segue como exemplo de uma opção de venda:

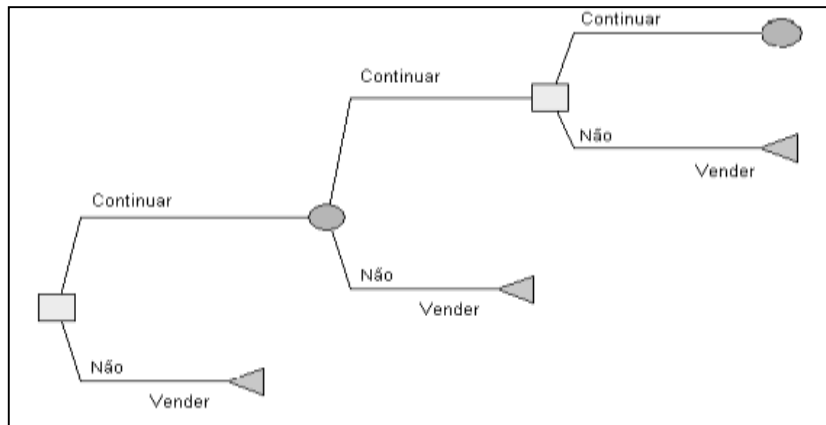


Figura 5 - Diagrama de árvore de decisão.

Fonte: Adaptado de Brealey e Myers (1998).

Diante do exposto o cálculo do modelo proposto é detalhado a seguir com uma série de fluxos de caixa descontados (FCD):

$$VPL = \frac{FC_1}{(1+r)} + \frac{FC_2}{(1+r)^2} + \dots$$

Ou seja:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+r)_t}$$

Dessa forma estabelece-se uma série futura de fluxos de caixa descontados em que o modelo resumido é uma variação do VPL com série futura de FCD a uma taxa de crescimento e a um custo de capital:

$$FC_t = \frac{FC_{t+1}(1+g)}{(1+k)} + \frac{FC_{t+1}(1+g)^2}{(1+k)^2} + \frac{FC_{t+1}(1+g)^3}{(1+k)^3} + \dots$$

Formando assim uma progressão geométrica (P.G.) pela sequência numérica dos fluxos de caixas gerados:

$$1FC_t = \frac{FC_{t+1}(1+g)}{(1+k)} + \frac{FC_{t+1}(1+g)^2}{(1+k)^2} + \frac{FC_{t+1}(1+g)^3}{(1+k)^3} + \dots$$

$$(-) \frac{1+g}{1+k} FC_t = \frac{FC_{t+1}(1+g)^2}{(1+k)^2} + \frac{FC_{t+1}(1+g)^3}{(1+k)^3} + \dots$$

Ao subtrair a fórmula torna-se reduzida:

$$FC_t = \frac{FC_{t+1}(1+g)}{(k-g)}$$

onde:

FC_t = valor esperado do ônibus

FC_{t+1} = fluxo de caixa anual por ônibus

g = taxa de crescimento do custo de manutenção

k = custo de capital da empresa

Portanto, ao aplicar a fórmula reduzida será obtido o valor esperado do ônibus que quando comparado com o valor de mercado poderá ser possível avaliar as seguintes opções:

Se $FC(t) > FC(t^*)$ = poderá ser exercida opção de compra

Se $FC(t) < FC(t^*)$ = poderá ser exercida opção de venda

Se $FC(t) = FC(t^*)$ = indiferente vender ou comprar

Onde:

$FC(t)$ = valor esperado do ônibus

$FC(t^*)$ = valor de mercado do ônibus

Ou seja, quando o valor esperado do ônibus for maior que valor de mercado poderá ser exercido a opção de compra, e ao contrário, quando o valor esperado do ônibus for menor que valor de mercado, a opção de venda poderá ser exercida.

4.1 As Variáveis do Modelo

Em relação ao modelo proposto, sua implementação dependerá do cálculo das variáveis explicativas, que são: fluxo de caixa anual por veículo, taxa de crescimento do custo de manutenção, custo de capital da empresa e valor de mercado do ônibus.

Ao elaborar uma alocação de custeio visando obter mais profundidade e alcance dos resultados, a taxa de crescimento do custo de manutenção foi calculada de forma não constante. Assim, o modelo proposto, além de considerar a taxa de crescimento do fluxo de manutenção de forma não constante, também considera o cálculo das variáveis explicativas, fluxo de caixa anual por veículo, custo de capital da empresa e valor de mercado do ônibus.

4.1.1 Fluxo de Caixa Anual por Veículo

Essa variável é calculada pela divisão do Fluxo de Caixa do exercício pelo número de Veículos da Frota no ano. A escolha dessa variável deve-se a variação inversamente

proporcional que o fluxo de caixa possui com o custo de manutenção, pois, quanto maior o custo de manutenção menor será o fluxo de caixa obtido pela empresa.

Assim:

$$FC_{t+1} = \frac{FC_{anual}}{n^{\circ}.veículos}$$

4.1.2 Taxa de Crescimento não Constante do Custo de Manutenção

Para o cálculo da taxa de crescimento do custo de manutenção (“g”) pode ser desenvolvido um modelo de regressão linear múltipla.

O resultado obtido por meio dessa regressão é utilizado na apuração do “g”, obtendo a relação do custo de manutenção (variável dependente) com a idade da frota (variável independente).

O modelo de regressão linear múltipla desenvolvido neste caso é descrito a seguir:

$$Custo = \beta_0 + \beta_{99}.idade + \beta_{01}.idade + \beta_{06}.idade + \beta_{07}.idade$$

onde:

$Custo$ = custo de manutenção

β_0 = interseção de custo

$\beta_{99}.idade$ = coeficiente variação por idade de veículos adquiridos – ano de 1999

$\beta_{01}.idade$ = coeficiente variação por idade de veículos adquiridos – ano de 2001

$\beta_{06}.idade$ = coeficiente variação por idade de veículos adquiridos – ano de 2006

$\beta_{07}.idade$ = coeficiente variação por idade de veículos adquiridos – ano de 2007

O objetivo de desenvolver o modelo de regressão linear múltipla é analisar a variação da variável resposta (variável dependente) em relação a variável explicativa (independente) de acordo com a evolução dos custos de manutenção de forma não constante em relação à idade do ônibus, considerando assim, a evolução do custo de manutenção em relação ao período de aquisição do veículo.

Ao interpretar o resultado da regressão linear múltipla, pode-se verificar um aumento do custo de manutenção para cada unidade de acréscimo na idade da frota e um valor constante β_0 que refere-se a parcela do custo de manutenção que não é afetado pela idade da frota.

O “g” a ser aplicado na fórmula continua negativo, uma vez que representa o decréscimo do fluxo de caixa em relação ao acréscimo da taxa de crescimento do custo de manutenção.

Deve-se dividir o resultado do valor da regressão linear múltipla pela variável Fluxo de Caixa Anual por Veículo, como segue na fórmula:

$$g = \frac{\beta_0 + \beta_{99}.idade + \beta_{01}.idade + \beta_{06}.idade + \beta_{07}.idade}{FCt}$$

A variável FCt é calculada pela divisão do Fluxo de Caixa do exercício pelo número de Veículos da Frota no ano.

4.1.3 Custo de Capital da Empresa

Essa variável identifica a taxa que remunera todo o capital do investimento, ou seja, a taxa que remunera tanto o capital de terceiros quanto o capital próprio. Os percentuais do custo

de capital da empresa são estimados com base no levantamento da taxa de capital de terceiros e da taxa de capital próprio da empresa.

$$k = \text{custo de capital da empresa}$$

4.1.4 Valor de Mercado

A variável denominada Valor de Mercado resulta da avaliação no mercado de determinado veículo. Esse valor dependerá de algumas informações sobre o veículo no momento da avaliação. A principal informação para a valorização do veículo refere-se à marca, modelo e ano de fabricação do veículo.

4.2 Estudo de Caso Quando a Taxa de Crescimento do Custo é não Constante

A partir deste tópico, todas as informações quantitativas têm como fonte os dados da frota de 126 ônibus do tipo convencional, objeto deste estudo para o desenvolvimento do modelo proposto.

A aplicação do modelo se inicia com a divisão do fluxo de caixa do ano de 2008 pelo número da frota daquele ano, obtendo o valor do fluxo de caixa esperado por ônibus:

$$FC_{t+1} = \frac{FC_{\text{anual}}}{n^{\circ} \text{veículos}} = \frac{5.764.689,17}{126} = 45.751,50$$

Aplica-se a fórmula de regressão linear múltipla para a obtenção dos dados da evolução do custo de manutenção para cada unidade de acréscimo na idade da frota:

$$\text{Custo} = \beta_0 + \beta_{99} \cdot \text{idade} + \beta_{01} \cdot \text{idade} + \beta_{06} \cdot \text{idade} + \beta_{07} \cdot \text{idade}$$

Temos então o resultado da regressão linear múltipla por ano de aquisição dos veículos:

$$\text{Custo} = 394,15 + 1.250,51 \cdot \text{idade} + 1.237,32 \cdot \text{idade} + 472,01 \cdot \text{idade} + 177,87 \cdot \text{idade}$$

O resultado da regressão linear múltipla indica um aumento do custo de manutenção em relação a cada unidade de acréscimo na idade da frota, a um valor constante cerca de R\$ 394,15 (parcela do custo de manutenção que não é afetado pela idade da frota).

Divide-se a seguir o resultado da regressão pelo valor do fluxo de caixa anual:

$$g = \frac{394,15 + 1.250,51 \cdot \text{idade} + 1.237,32 \cdot \text{idade} + 472,01 \cdot \text{idade} + 177,87 \cdot \text{idade}}{45.751,50}$$

A composição da frota de ônibus possui veículos fabricados no ano de 1999, 2001, 2006, 2007 e 2008. Assim as taxas de crescimento do custo de manutenção não constante serão as seguintes:

$$g_{99} = \frac{394,15 + 1.250,51 \cdot 12 + 1.237,32 \cdot 0 + 472,01 \cdot 0 + 177,87 \cdot 0}{45.751,50} = 0,34$$

$$g_{01} = \frac{394,15 + 1.250,51 \cdot 0 + 1.237,32 \cdot 12 + 472,01 \cdot 0 + 177,87 \cdot 0}{45.751,50} = 0,33$$

$$g_{06} = \frac{394,15 + 1.250,51 \cdot 0 + 1.237,32 \cdot 0 + 472,01 \cdot 12 + 177,87 \cdot 0}{45.751,50} = 0,13$$

$$g_{07} = \frac{394,15 + 1.250,51 \cdot 0 + 1.237,32 \cdot 0 + 472,01 \cdot 0 + 177,87 \cdot 12}{45.751,50} = 0,06$$

$$g_{08} = \frac{394,15 + 1.250,51 \cdot 0 + 1.237,32 \cdot 0 + 472,01 \cdot 0 + 177,87 \cdot 0}{45.751,50} = 0,01$$

Assim apura-se a taxa de crescimento do custo de manutenção anual, conforme apresentado na Tabela 1.

TABELA 1: EVOLUÇÃO TAXAS DE CRESCIMENTO CUSTO MANUTENÇÃO VARIAÇÃO POR ANO.

Ano Veic.	Tx. Cresc. Custo "g"
1999	0,34
2001	0,33
2006	0,13
2007	0,06
2008	0,01

Fonte: dados da pesquisa.

Observa-se que as taxas de crescimento do custo de manutenção confirmam que quanto maior a idade média da frota, maior será o crescimento do custo de manutenção.

Importante ressaltar que o cálculo do valor presente líquido deve ser efetuado considerando o resultado da taxa de crescimento do custo de manutenção "g" como negativo, uma vez que, esta taxa teme o impacto de decrescer o fluxo de caixa empresarial.

Assim, aplica-se a fórmula para obter o valor do fluxo de caixa descontado:

$$FC_t = FC_{t+1} (1 + g)$$

Ao aplicarmos a fórmula do valor do fluxo de caixa descontado, calcula-se em seguida o valor presente dos fluxos de caixa futuros. Para que o valor presente dos fluxos de caixas futuros fosse obtido em uma sequência anual foi utilizada a interpolação linear de valores, conforme Tabela 2, com o cálculo do valor presente líquido dos fluxos de caixas futuros.

TABELA 2: EVOLUÇÃO FLUXO DE CAIXA GERADO POR TAXA CUSTO MANUTENÇÃO NÃO CONSTANTE.

Ano	VPL	Cálculo do "g"			Valor Fluxo de Caixa Futuro
2008	45.751,50	(1+(-g))	(1-0,01)	0,99	45.293,99
2007	45.751,50	(1+(-g))	(1-0,06)	0,94	43.006,41
2006	45.751,50	(1+(-g))	(1-0,13)	0,87	39.803,81
2005	45.751,50	(1+(-g))	(1-0,13)	0,87	39.803,81
2004	45.751,50	(1+(-g))	(1-0,13)	0,87	39.803,81
2003	45.751,50	(1+(-g))	(1-0,13)	0,87	39.803,81
2002	45.751,50	(1+(-g))	(1-0,13)	0,87	39.803,81
2001	45.751,50	(1+(-g))	(1-0,13)	0,87	39.803,81
2000	45.751,50	(1+(-g))	(1-0,33)	0,67	30.653,51
1999	$V_0.(1+g)/(K_i-g)$	$\frac{45.751,50.(1+(-0,34))}{(0,15-(-0,34))}$			61.624,47

Fonte: dados da pesquisa.

Os percentuais da taxa de capital de terceiros e da taxa de capital próprio da empresa objeto do estudo de caso, após apuração, foi de cerca de 15% a.a., logo:

$$K = 15 \% a.a.$$

Este percentual da taxa de capital de terceiros e da taxa de capital próprio corresponderá ao custo de oportunidade que será descontado do valor do fluxo de caixa ano a ano.

Importante citar que o último fluxo de caixa descontado é a perpetuidade do fluxo e o cálculo do valor descontado do fluxo é demonstrado na Tabela 3.

TABELA 3: EVOLUÇÃO FLUXO DE CAIXA NO TEMPO COM TAXA CRESCIMENTO CUSTO MANUTENÇÃO NÃO CONSTANTE.

Ano	Valor fluxo gerado
T ₀	198.771.60
T ₁	183.293.37
T ₂	167.780.96
T ₃	153.144.03
T ₄	138.142.20

Fonte: dados da pesquisa.

Os valores de mercado pesquisados não se alteraram e os dados obtidos pela tabela da Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas, FIPE (2010) levaram em consideração:

- Modelo do ônibus: Convencional com Câmbio Manual Adaptado;
- Tipo de Carroceria: Ciferal;
- Marca: Mercedes Benz;
- Chassi: OF 1722;

Após pesquisa os valores de mercado apurados foram apresentados na Tabela 4.

TABELA 4: VALOR DE MERCADO ÔNIBUS POR ANO.

Ano	Valor Tabela FIPE
2008	225.000.00
2007	210.000.00
2006	174.000.00
2005	140.000.00
2004	120.000.00

Fonte: dados da pesquisa.

Calculado os valores do modelo para a tomada de decisão deve-se comparar o valor esperado do ônibus por fluxo de caixa com o valor de mercado, representado na Tabela 5.

TABELA 5: EVOLUÇÃO FLUXO DE CAIXA E VALOR DE MERCADO COM TAXA CRESCIMENTO CUSTO MANUTENÇÃO NÃO CONSTANTE.

Ano	Valor do fluxo gerado (VFG)	Valor Tabela FIPE (VTF)	Diferença entre VFG e VTF	
T ₀	198.771,61	225.000,00	26.228,39	Vr. Mercado Maior
T ₁	183.293,37	210.000,00	26.706,63	Vr. Mercado Maior
T ₂	167.780,96	174.000,00	6.219,04	Vr. Mercado Maior
T ₃	153.144,03	140.000,00	(13.144,03)	Vr. Mercado Menor
T ₄	138.142,20	120.000,00	(18.142,20)	Vr. Mercado Menor

Fonte: dados da pesquisa.

Observa-se que até o ano t₂ o valor do fluxo gerado fica inferior ao valor de mercado, invertendo-se posteriormente nos anos t₃ e t₄, conforme ilustra na Figura 6:

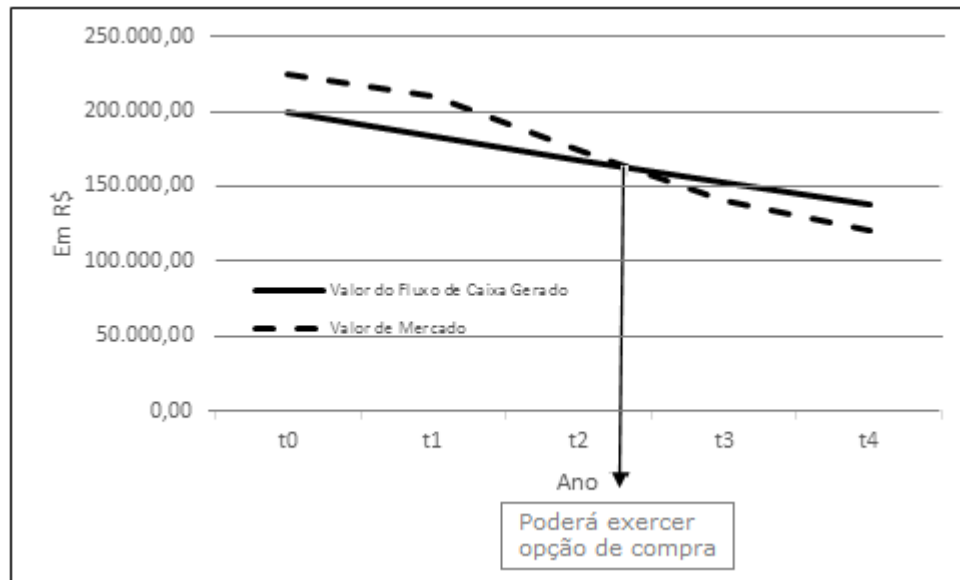


Figura 6 - Valor do Fluxo Gerado com Taxa Custo Manutenção para Crescimento não Constante versus Valor Mercado.

Fonte: Dados da pesquisa.

Logo, para este estudo de caso, a opção a ser exercida é de compra do ônibus, que poderá ser exercida a partir do final do 2º ano de uso, pois o valor esperado do ônibus a partir deste período supera o valor de mercado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo pretendeu apresentar um modelo analítico, por meio da modelagem e valoração da Teoria das Opções Reais, que identifica o momento em que uma empresa do sistema de transporte público urbano deve exercer a opção de vender e comprar um ônibus.

A metodologia apresentada analisou as variáveis de fluxo de caixa, o custo de manutenção por veículos e o custo de capital da empresa, apresentando um modelo que foi detalhado e testado neste estudo e, posteriormente, comparado com o valor de mercado.

A modelagem da Teoria das Opções Reais ao mensurar o valor do ônibus esperado, permitiu comparar, verificar e testar com o valor de mercado e assim estabelecer uma métrica de tempo na tomada de decisão. Conforme apresentado nas análises, para o estudo de caso a opção a ser exercida é a de compra do ônibus a partir do final do 2º ano de uso. Esses resultados evidenciam os resultados da aplicação da metodologia de opções reais com foco na substituição de ativos corroborando os resultados do trabalho de Zambujal-Oliveira e Duque (2011), além de trazer respostas às incomodações de Feldens et al., (2010) e Valente et al., (2003) no que se refere ao tempo “ideal” de substituição de frota.

Esse modelo naturalmente pode ser aplicado em outras modalidades de negócios e segmentos empresariais, tais como indústrias e transportadoras, desde que possuam ativos que requeiram custo de manutenção.

Como limitação do estudo a TOR enfrenta dificuldades de aplicação, devido sua complexidade teórica e matemática avançada, limitando uma maior difusão (Brandão e Cury, 2006). Outra limitação do estudo foi o enfoque econômico na aplicação do modelo, ou seja, não foram considerados outros fatores como qualidade do atendimento do usuário, a segurança, o impacto ao meio ambiente, entre outros. Apesar do processo no estudo de caso ter sido elaborado de forma detalhada e testada, os resultados poderão ser diferentes quando aplicados em outro contexto ou momento.

Como recomendação para estudos futuros, há a sugestão para a análise de outras variáveis tais como tempo de movimentação cíclica dos veículos, tempo de parada ótima, velocidade operacional e tempo de viagem. Inclusive replicar essa modelagem da TOR em tempo contínuo. Outra sugestão seria a renovação da frota sob o impacto econômico no resultado empresarial, impacto no meio ambiente ou impacto na qualidade de vida dos usuários, acrescentando as variáveis qualitativas tais como qualidade, conforto, meio ambiente, entre outras. Recomenda-se ainda a aplicação da TOR para análise da renovação de frota em outros tipos de modais de transporte de massa como BRT e VLT, além da aplicação na decisão de mudança de modalidade de transporte.

REFERÊNCIAS

ARAGÃO, J. J. G. de; FIGUEIREDO, A. dos S. Produtividade e qualidade em empresas de transporte coletivo urbano. **Revista dos Transportes Públicos – ANTP**, São Paulo, 15, p. 63-82, 1º trimestre 1993.

BLACK, F.; SHOLES, M. The pricing of option and corporate liabilities. **Journal of Political Economy**, v. 81, May-June, 1973.

BRANDÃO, L.; CURY, M. Modelagem híbrida para concessões rodoviárias com o uso da teoria das opções reais: o caso da Rodovia BR-163. **Revista Eletrônica de Gestão Organizacional**, v. 4, n. 2, mai/ago, 2006.

BRASIL, H. G. et al. **Opções reais conceitos e aplicações a empresas e negócios**. São Paulo: Atlas, 2007.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, Publicada em 05 de outubro de 1988. Disponível em: <http://_www.planalto.gov.br>. Acesso em: 28 dez. 2008.

_____. Presidência da República Casa Civil. **Lei n. 8.987, de 13 de fevereiro de 1995**. Brasília, Ano. Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL>>. Acesso em: 30 nov. 2009.

BREALEY, R. A.; MYERS, S. C. **Princípios de finanças empresariais**. Portugal: McGraw-Hill, 1998.

BRINCO, R. Mobilidade urbana e transporte público: Mobilidade urbana e transporte público: sobre a oportunidade sobre a oportunidade sobre a oportunidade de implantação de sistemas metroviários. **Indicadores Econômicos FEE**. v. 40, n.1, p. 105-116, 2012.

CAMPOS, Fernando Celso de; BELHOT, Renato Vairo. Gestão de manutenção de frotas de veículos: uma revisão. **Gestão & Produção**, v. 1, n. 2, p. 171-188, ago. 1994.

COMPANHIA DE TRANSPORTES URBANOS DA GRANDE VITÓRIA. **Norma Complementar nº 004, de 18 de dezembro de 2008**. Vitória, 2008. Dispõe sobre a idade média e os critérios para avanço nas faixas etárias de veículos da frota do Sistema de Transporte

Coletivo Urbano de Passageiros sob gerenciamento da CETURB-GV, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.ceturb.es.gov.br>>. Acesso em: 28 dez. 2008.

_____. **Ônibus: Dados Operacionais**. Disponível em: <<http://www.ceturb.es.gov.br>>. Acesso em: 28 dez. 2008.

COPELAND, T.; ANTIKAROV, V. **Opções reais: um novo paradigma para reinventar a avaliação de investimentos**. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

COX, J.; ROSS, S.; RUBINSTEIN, M. Option Pricing: a simplified approach. **Journal of Financial Economics**, p. 229-264, oct., 1979.

DIXIT, A. K.; PINDYCK, R. S., **Investment under uncertainty**. Princeton: Princeton University Press, 1994.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Constituição (1998). **Constituição [do] Estado do Espírito Santo**, data de publicação em 05 de outubro de 1989. Vitória/ES, 2003: Assembleia Legislativa Estadual. Disponível em: <<http://www.sefaz.es.gov.br>>. Acesso em: 28 dez. 2008.

_____. **Lei Complementar nº 58, de 21 de fevereiro de 1985**. Vitória/ES, Ano 2008. Dispõe sobre a institucionalização da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV). Disponível em: <<http://www.ijsn.es.gov.br>>. Acesso em: 20 fev. 2009.

_____. **Lei nº 3.693, de 6 de dezembro de 1984**. Vitória/ES, Ano 2008. Dispõe sobre a institucionalização do Sistema de Transportes Urbanos da Aglomeração Urbana da Grande Vitória, componente do Sistema Nacional de Transportes Urbanos. Disponível em: <<http://www.ceturb.es.gov.br>>. Acesso em: 28 dez. 2008.

_____. **Lei nº 4.243, de 5 de julho de 1984**. Vitória/ES, Ano 2008. Dispõe sobre a criação como integrante da estrutura organizacional da Coordenação Estadual do Planejamento, o Conselho Tarifário da Grande Vitória (COTAR) e alterado pela Lei Estadual nº 6.061 de 28/12/1999. Disponível em: <<http://www.ceturb.es.gov.br>>. Acesso em: 28 dez. 2008.

FELDENS, A.G.F. 2006. **Sistemática para desenvolvimento de políticas de substituição de frotas de ônibus para transporte público urbano: uma abordagem multicritério**. Porto Alegre, RS. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 140 p.

FELDENS, A. G.; MÜLLER, C. J.; FILOMENA, T. P.; KLIEMANN Neto, F. J.; CASTRO, A. S. e ANZANELLO, M. J. (2010) Política para Avaliação e Substituição de Frota por Meio da Adoção de Modelo Multicritério. **ABCustos Associação Brasileira de Custos**, v. 5, n. 1, p. 1-27, 2010.

FENG, W., FIGLIOZZI, M.A.. **Bus fleet type and age replacement optimization: a case study utilizing king county metro fleet data**. In: Proceedings of the 12th Conference on Advanced Systems for Public Transport. Santiago, Chile, 2012.

FIPE - FUNDAÇÃO INSTITUTO PESQUISA ECONÔMICAS; 2010. Disponível em: <http://www.webtrucks.com.br/index.php?p=avaliar_usado>. Acesso em: 20 jun. 2010.

FREITAS, M. J. de S.; RESENDE FILHO, N. de S. Custos de manutenção: competência e racionalidade na gestão de recursos objetivando maior competitividade. **Revista do Conselho Regional de Contabilidade do Rio Grande do Sul**, Rio Grande do Sul, Parte integrante da edição 126, p. 18-29, set. 2006.

GUIMARÃES NETO, M. Q. Parceria público-privada como solução de mobilidade urbana: o caso do metrô/BH. In: CONGRESSO CONSAD DE GESTÃO PÚBLICA, 3, **Anais...** Brasília, 2010.

HARTMAN, J. C.; KELES, P. Case Study: Bus Fleet Replacement. **Publishead in The Engineering Economist**, v. 49, n. 3, p. 253-278, set. 2004.

MAGALHÃES, M. de L. **Estudo dos impactos da diferenciação tarifária no sistema integrado de transporte urbano de Goiânia**. 2001.167 f. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Brasília/DF, jul. 2001.

MARCORIN, Wilson Roberto, LIMA, Carlos Roberto Camello. Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos. **Revista de Ciência & Tecnologia**, v.11, n. 22, p.35-42, 2003.

MEIRELLES, H. L. **Direito administrativo brasileiro**. 25. ed. São Paulo: Malheiros, 2000.

MISHRA, Sabyasachee; SHARMA, Sushant; KHASNABIS, Snehamay; MATHEW, Tom V., Preserving an aging transit fleet: An optimal resource allocation perspective based on service life and constrained budget. **Transportation Research Part A**, v. 47, p.11–123, 2013.

MURTY, A. S. R.; NAIKAN, V. N. A. Availability and Maintenance Cost Optimization of a Production Plant. **International journal of quality & Reability Management**, Cambridge, v. 12, n. 2, p. 28-35, 1995.

PERES, Carlos Roberto Coelho; LIMA, Gilson Brito Alves. Proposta de modelo para controle de custos de manutenção com enfoque na aplicação de indicadores balanceados. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 15, n. 1, p. 149-158, jan.-abr. 2008

PREREIRA, J.R.S. Transporte público de massa como estruturador do espaço urbano: análise sobre o TransMilenio de Bogotá. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPUR, 14. **Anais...** Rio de Janeiro, RJ, 2011.

SMITH, V. L. Economic Equipment Policies: an Evaluation. **Management Science**, v. 4, n. 1, p. 20-37, Oct. 1957.

TRIGEORGIS, L. **Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation**. Cambridge, MA: MIT Press, 1996.

VALENTE, A. M. et al., **Gerenciamento de transporte e frotas**. 2. ed. São Paulo: Pioneira Thompson, 2003.

ZAMBUJAL-OLIVEIRA, João; DUQUE, João. Operational asset replacement strategy: A real options approach. **European Journal of Operational Research**, v. 210, p. 318–325, 2011.