



**Heloísa Pinzon de Andrade Cesar**

**Decisão de Investimento em Projetos de  
Serviços Pós-venda**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre (opção profissional) pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio.

Orientadora: Profa. Frances Fischberg Blank

Rio de Janeiro

Setembro de 2016



**Heloísa Pinzon de Andrade Cesar**

## **Decisão de Investimento em Projetos de Serviços Pós-venda**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre (opção profissional) pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Profa. Frances Fischberg Blank**

Orientadora

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

**Prof. José Eugenio Leal**

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

**Prof. Marco Antonio Guimarães Dias**

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

**Prof. Márcio da Silveira Carvalho**

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 12 de setembro de 2016

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador.

### **Heloísa Pinzon de Andrade Cesar**

Graduou-se na Universidade Estadual de Maringá em 2009. Kursou MBE em Comércio Exterior pelo Instituto de Economia da UFRJ entre os anos 2011-2012 e Mestrado Profissional em Logística entre os anos 2014-2016 na PUC-Rio. Trabalhou em empresas multinacionais no setor de Comércio Exterior e *Supply Chain* em posição de gerência e com participação ativa em projetos e na tomada de decisões.

### Ficha Catalográfica

Cesar, Heloísa Pinzon de Andrade.

Decisão de Investimento em Projetos de Serviços Pós-venda / Heloísa Pinzon de Andrade Cesar; orientadora: Frances Fischberg Blank. - Rio de Janeiro: PUC-Rio, Departamento de Engenharia Industrial, 2016.

v., 116 f.: il; 29,7 cm

1. Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial, 2016.

Inclui bibliografia

1. Engenharia Industrial – Teses. 2. Serviços pós-venda. 3. Custos logísticos e tributários. 4. Análise de viabilidade. 5. Opções reais. 6. Opção perpétua. I. Blank, Frances Fischberg. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título.

CDD: 658.5

Aos meus amados, Igor e minha família,  
por todo o amor, a confiança e o apoio.

## Agradecimentos

A Deus, por toda a proteção e por iluminar e abençoar minha vida.

Ao meu esposo e meu melhor amigo, Igor, por todo amor, carinho, paciência e dedicação.

Aos meus pais, Moasir e Joçania, pelo amor, pela educação, pelos valores e por sempre me oferecerem seu colo e seu apoio me dando a certeza de se manterem, mesmo à distância, meu porto seguro.

À minha irmã, Cecília, pelo amor, pela alegria, pela admiração e pelo incentivo a ser sempre um exemplo.

Aos meus sogros, Ademir e Neuza, pelo amor e cuidado de pais quando os meus estavam tão distantes. Por todo o carinho e por todo o suporte.

À minha querida orientadora, Professora Frances Fischberg Blank, por acreditar e me apoiar durante todas as etapas da dissertação. Por todos os ensinamentos, contribuições, tempo e pela enorme dedicação.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio, pela dedicação e atenção, especialmente ao Orivalde e ao Eduardo.

Aos meus amigos e colegas de mestrado e de trabalho (Felipe, Simone, Michael, Fernando, Kathy, Tom), pela companhia, pelo apoio e pela amizade.

## Resumo

Cesar, Heloísa Pinzon de Andrade; Blank, Frances Fischberg (Orientadora). **Decisão de Investimento em Projetos de Serviços Pós-venda**. Rio de Janeiro, 2016. 116p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A tomada de decisão de investimento em projetos de serviços pós-venda deve incluir, como etapa anterior, o levantamento dos custos logísticos de sua operação, que podem ser de transporte, provenientes, por exemplo, da roteirização de visitas, e logísticos e tributários se a operação envolver importação de equipamentos/peças. O objetivo deste trabalho envolve a identificação dos processos e custos e a avaliação de uma oportunidade de investimento neste contexto, mensurando o valor que projetos dessa natureza podem apresentar. Sua viabilidade econômica é analisada sob a ótica dos modelos tradicionais de análise de investimento e também sob a abordagem da Teoria das Opções Reais, método de avaliação que considera as flexibilidades gerenciais e modela as variáveis de incertezas do projeto por meio de processos estocásticos. O resultado das análises permite a comparação da viabilidade do projeto de implementação de uma van itinerante de reparos caso a decisão possa ser postergada ou nem mesmo tomada, considerada como uma opção perpétua. São modeladas duas variáveis estocásticas, demanda e taxa de câmbio R\$/US\$, ambas como um Movimento Geométrico Browniano por meio de Simulação de Monte Carlo. Os resultados obtidos indicam a viabilidade do projeto e sugerem o exercício imediato da opção de investir. Deste modo, disponibilizar um serviço pós-venda pode ser atraente para a empresa do ponto de vista econômico-financeiro, além de trazer benefícios aos clientes. Foi, adicionalmente, avaliada a influência dos parâmetros de volatilidade do projeto e de crescimento das variáveis estocásticas a fim de fazer uma análise de sensibilidade para os resultados encontrados.

## Palavras-Chave

Serviços pós-venda; custos logísticos e tributários; análise de viabilidade; opções reais; opção perpétua.

## Abstract

Cesar, Heloísa Pinzon de Andrade; Blank, Frances Fischberg (Advisor). **Investment Decision in an After-sale Services Project**. Rio de Janeiro, 2016. 116p. MSc. Dissertation - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Prior to taking investment decision in after-sales services projects, the logistics costs of its operations must be known and considered, they may include transportation costs, originated from routing, and logistics and import tax related costs if the project considers the import of equipment/parts. The aim of this dissertation involves the identification of those processes and costs and the valuation of an investment opportunity in this sense, measuring the value that similar projects may present. The economic viability of the project is analyzed from the perspective of the traditional models of investment analysis and also with the approach of the real options theory, a valuation method that considers the managerial flexibilities and that models the uncertainties of the project as stochastic processes. The result of the analyses allows the comparison of the viability of implementing a project for a mobile repair and service van in case the investment decision can be postponed or even not taken, considering it as a perpetual option. Two stochastic variables are modeled in this project, the demand and the R\$/US\$ exchange rate, both as a Geometric Brownian Motion through Monte Carlo simulation. The results indicate the viability of the project and suggest the immediate exercise of the option to invest. This way, offering after-sale services can be attractive to the company, from an economic and financial perspective, besides offering benefits to customers. Additionally, the influence of the project volatility and the stochastic variables growth parameters were tested through sensitivity analysis for the obtained results.

## Keywords

After-sale services; logistics and tax related costs; viability analysis; real options; perpetual option.

## Sumário

1 Introdução	16
2 Os serviços pós-venda como parte integrante da logística e da cadeia de suprimentos	21
2.1. Cadeia de suprimentos e gerenciamento da Cadeia de Suprimentos	22
2.2. Avaliação de desempenho de Cadeias de Suprimento	25
2.3. Configuração e características do serviço pós-venda	28
2.4. O transporte nos serviços pós-venda e o custo de servir	33
2.5. Logística internacional e modais de transporte	34
2.6. Custos e processos relacionados à nacionalização e ao desembaraço aduaneiro na importação de bens e mercadorias	39
3 Avaliação de investimentos sob incerteza	51
3.1. Teoria tradicional para análise de projetos	52
3.1.1. Valor Presente Líquido (VPL)	52
3.1.2. CMPC – Custo Médio Ponderado do Capital	53
3.1.3. CAPM – Modelo de formação de preços de ativos com risco	53
3.2. Teoria das Opções Reais	55
3.2.1. Definições e características das opções	56
3.2.2. Tipos de Opções Reais	57
3.3. Processos estocásticos – definições e características	59
3.3.1. Processo de Wiener e Movimento Geométrico Browniano	60



3.3.2. Séries com sazonalidade	63
3.3.3. Simulação e o método de Monte Carlo	65
3.4. Métodos de avaliação das Opções Reais	66
3.4.1. Método da volatilidade agregada – MAD	67
3.4.2. Método MAD modificado	68
3.4.3. Direitos contingenciais	69
3.5. O valor de um projeto como uma opção perpétua	70
3.5.1. Homogeneidade das variáveis	74
4 Projeto de serviço pós-venda com uso de van itinerante de reparo	76
4.1. Contextualização da empresa e do serviço pós-venda objeto do projeto	76
4.2. Variáveis de incerteza e definição dos parâmetros dos processos estocásticos	80
4.3. Simulação das despesas de importação e nacionalização dos equipamentos importados	85
4.4. Simulação da roteirização e despesas do veículo	88
4.5. Cálculo do Custo do Capital e do Custo Médio Ponderado do Capital – CMPC	92
4.6. Construção do Fluxo de Caixa e determinação do Valor Presente do projeto	93
4.7. MGB do valor do projeto e cálculo da volatilidade agregada	96
4.8. MGB do valor do investimento	97
4.9. Cálculo da correlação das variáveis	97
4.10. Cálculo do valor da opção de espera – perpétua	98
5 Conclusões	105

6 Referências bibliográficas	109
Apêndice A	114

## Siglas

ABC - *Activity Based Cost Method* (Método de custeio por atividade)  
ADF – *Augmented Dickey-Fuller Test* (Teste de Dickey-Fuller aumentado)  
AFRMM - Adicional ao Frete para Renovação da Marinha Mercante  
ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil  
ANP - Agência Nacional do Petróleo  
ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária  
ATA – Adicional de Tarifa Aeroportuária  
BC – Base de Cálculo  
BCB - Banco Central do Brasil  
BL – *Bill of Lading* (Conhecimento de embarque marítimo)  
CAMEX – Câmara de Comércio Exterior brasileira  
CAPM - *Capital Asset Pricing Model* (Modelo de Apreçamento de ativos com risco)  
CE - Conhecimento Eletrônico  
CF – Custo Fixo  
CIF – *Cost, Insurance & Freight* (Custo, seguro e frete)  
CMPC – Custo Médio Ponderado do Capital  
COFINS - Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social  
CPI – *Consumer Price Index* (Índice de preços aos clientes)  
CSLL – Contribuição Social sob o Lucro líquido  
CV – Custo Variável  
DECEX - Departamento de Comércio Exterior da Secretaria de Comércio Exterior  
DF - *Dickey-Fuller Test* (Teste de Dickey-Fuller)  
DGR-IATA – *Dangerous Good Regulation* (Regulação para o transporte aéreo de cargas perigosas)  
DI – Declaração de Importação  
EDE – Equação Diferencial Estocástica  
EDO - Equação Diferencial Ordinária  
EDP - Equação Diferencial Parcial  
FC – Fluxo de Caixa

FCD – Fluxo de Caixa Descontado

FCL – Fluxo de Caixa Livre

FECP - Fundo Estadual de Combate à Pobreza

GATT – *General Agreement on Tariffs and Trade* (Acordo Geral sobre Tarifas e Comércio)

IATA – *International Air Traffic Association* (Associação internacional de tráfego aéreo)

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICC - *International Chamber of Commerce* (Câmara de Comércio Internacional)

ICMS - Imposto sobre operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre prestações de Serviços de transporte interestadual e intermunicipal e de comunicação

II – Imposto de Importação

IN – Instrução Normativa

*Incoterms* - Termos Internacionais de Comércio

IPCA – Índice de Preços ao Consumidor Amplo

IPI – Imposto sobre Produto Industrializado

IR – Imposto de Renda

Lajir – Lucro Antes de Juros de IR

LC – Lei Complementar

LCL – *Less than a Container Load* (menos que um contêiner cheio)

LI – Licença de Importação MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

LL – Lucro Líquido

LT – Lucro Tributável

MAD – *Marketed Asset Disclaimer* (Método da Volatilidade Agregada)

MGB – Movimento Geométrico Browniano

NCM – Nomenclatura Comum do Mercosul

Nopat – *Net Operational Profit After Taxes* (Lucro Operacional após impostos)

OTM - Operador de Transporte Multimodal

PIS/PASEP – Programa de Integração Social/ Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público

PRPV - Problemas de Roteirização e Programação de Veículos

RA – Regulamento Aduaneiro

RADAR - Ambiente de Registro e Rastreamento da Atuação dos Intervenientes Aduaneiros

RICMS – Regulamento do ICMS

RPI – Remessa Postal Internacional

SCM – *Supply Chain Management* (Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos)

SCOR – *Supply Chain Operations Reference Model (Modelo de Referência para as Operações da Cadeia de Suprimentos)*

SECEX - Secretaria de Comércio Exterior

SIG - Sistema de Informação Geográfica

Siscomex – Sistema Integrado de Comércio Exterior

SRF - Secretaria da Receita Federal

SRVP - Sistema de Roteirização e Programação de Veículos

TEC - Tarifa Externa Comum

TIPI – Tabela do Imposto sobre Produto Industrializado

TIR – Taxa Interna de Retorno

TUM - Taxa de Utilização do Sistema Mercante

UN – *United Nations* (classificação das Nações Unidas para cargas perigosas)

VA – Valor Aduaneiro

VMLE - Valor da Mercadoria no Local de Embarque

VP – Valor Presente

VPL – Valor Presente Líquido

WACC - *Weighted average cost of capital*

## Lista de Figuras

Figura 1. Relação <i>Marketing</i> /Logística	22
Figura 2. Modelo de Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos	25
Figura 3. <i>Incoterms</i> 2010	36
Figura 4. Resultado do teste ADF para a série dessazonalizada da demanda	81
Figura 5. Resultado do teste ADF para a série dessazonalizada da demanda – ações de empresa concorrente	82
Figura 6. Valores das taxas de câmbio nominal e real (2000-2015)	84
Figura 7. Resultado do teste ADF para a série deflacionada da taxa de câmbio R\$/US\$	84
Figura 8. Base geográfica da malha viária brasileira	89
Figura 9. Identificação dos clientes	90
Figura 10. Resultado da roteirização	92
Figura 11. Gráfico do VPL do fluxo de caixa dinâmico	98
Figura 12. Gráfico da sensibilidade do parâmetro $\sigma_v$	100
Figura 13. Gráfico da sensibilidade do parâmetro $\delta_v$	102
Figura 14. Estimativa de despesas de importação/nacionalização – calibrador – modal aéreo	114
Figura 15. Estimativa de despesas de importação/nacionalização – calibrador – modal marítimo	114
Figura 16. Estimativa de despesas de importação/nacionalização – kit de montagem – modal aéreo	115
Figura 17. Estimativa de despesas de importação/nacionalização – kit de montagem – modal marítimo	115
Figura 18. Identificação dos depósitos	116
Figura 19. Dados para a roteirização	116
Figura 20. Detalhes das rotas	116

## Lista de Tabelas

Tabela 1. Modais de transporte: indicações, vantagens e desvantagens	38
Tabela 2. Valores de gatilho do projeto ( $v^*$ ) e decisão ótima de investimento – análise de sensibilidade para $\sigma_v$	100
Tabela 3. Valores de gatilho do projeto ( $v^*$ ) e decisão ótima de investimento – análise de sensibilidade para $\sigma_I$	101
Tabela 4. Valores de gatilho do projeto ( $v^*$ ) e decisão ótima de investimento – análise de sensibilidade para $\delta_v$	101
Tabela 5. Valores de VPL, $v$ , gatilho do projeto ( $v^*$ ) e decisão ótima de investimento – análise de sensibilidade para $\delta_I$	103
Tabela 6. Valores de gatilho do projeto ( $v^*$ ) e decisão ótima de investimento – análise de sensibilidade para $\rho$	103
Tabela 7. Valores de VPL, $v$ , gatilho do projeto ( $v^*$ ) e decisão ótima de investimento – análise de sensibilidade para $\alpha_q$	104

## Introdução

A alta competitividade dos mercados e a queda no crescimento das vendas de produtos duráveis aliada às suas menores margens estimulou o crescimento das atividades relacionadas aos serviços pós-venda. Esse tipo de serviço inclui todas as atividades que acontecem após a venda dos produtos e busca oferecer suporte aos clientes em termos de treinamento, de assistência técnica, de atendimento à garantia e de descarte dos produtos e embalagens, tornando a área dos serviços pós-venda importante fonte de diferenciação, agregação de valor e de geração de lucro às empresas.

Os serviços podem garantir uma receita adicional associada aos produtos de longo ciclo de vida e essa receita tende a ser mais estável às empresas, mais resistente aos ciclos econômicos e com maior margem de lucro. Além disso, garantem *feedback* com informações de desempenho, contribuem para a fidelização dos clientes e permitem a construção de vantagem competitiva e de criação de valor (Sellito et al, 2011; Borchardt et al, 2008).

Em face disso, destaca-se o papel estratégico das operações de pós-venda que afetam a configuração física e organizacional da cadeia logística das empresas como um todo (Gaiardelli et al, 2007).

O reconhecimento e a importância estratégica do setor de serviços para a economia das empresas têm sido discutidos por autores como Lovelock & Wright (2004), Lele (1997), Bundschuh & Dezvane (2003), Heskett et al. (2002), Roth & Menor (2003), Sellito et al. (2011), Gebauer (2017), Saccani et al (2007), Nordin (2005), Jalil (2011), Borchardt et al (2008), entre outros.

Por outro lado, a extensão do conceito dos serviços pós-venda e seu papel na cadeia de valor variam bastante na literatura e poucos trabalhos sobre o assunto com foco em questões relacionadas à área de Logística e Cadeia de Suprimentos são encontrados (Borchardt et al, 2008; Roth & Menor, 2003). Neste sentido, esta dissertação contribui para a literatura ao



fazer um levantamento de informações relevantes sobre processos e custos neste contexto. Adicionalmente, é apresentado um projeto de investimento e sua análise econômico-financeira que pretende auxiliar no processo de tomada de decisão de projetos logísticos similares. Essa análise mais profunda sob o ponto de vista econômico-financeiro é também uma contribuição da presente pesquisa à literatura.

O objetivo deste trabalho envolve, portanto, a identificação dos processos e dos custos relativos aos serviços pós-vendas e a avaliação de uma oportunidade de investimento neste contexto. O projeto, objeto deste estudo, é caracterizado por uma van itinerante de prestação de serviço de assistência técnica em equipamentos, em campo. Quanto maior o valor agregado dos equipamentos e quanto maior o custo da falta desses equipamentos para o cliente, maior a importância relativa em se oferecer o suporte pós-venda de forma rápida. A van itinerante representa bem uma oportunidade para oferecer esse serviço em substituição a manter estruturas físicas que demandam investimentos, especialmente em termos de custos fixos, muito mais altos.

O alto custo do frete interno no Brasil e a burocracia fiscal muitas vezes inviabilizam o envio dos equipamentos avariados dos clientes às assistências técnicas autorizadas para os reparos preventivos e corretivos, principalmente se os clientes estiverem dispersos geograficamente e distantes da estrutura física que lhes presta os serviços. Esses aspectos, aliados aos demais fatores sociais, econômicos e de concorrência, são importantes motivadores dessa pesquisa e, por outro lado, ajudam a justificar o crescente interesse pelas questões relacionadas às atividades pós-venda.

Espera-se que a utilização deste mecanismo de atendimento itinerante agregue valor às operações de empresas que possam implementá-lo, ao aumentar o nível do serviço prestado aos clientes minimizando o tempo que o cliente fica sem o produto (custo da falta) e proporcionando aos clientes acessibilidade aos serviços de reparos, disponibilidade de peças de reposição e até mesmo oferecendo, de imediato, um produto substituto enquanto o equipamento avariado estiver

sendo reparado (ILOS, 2016). Além disso, o uso de uma van itinerante, por exemplo, pode incrementar o resultado das demais fontes de receita das empresas, tais como a receita com a venda de novos equipamentos devido à maior satisfação e à fidelização dos clientes.

A viabilidade econômica do projeto é analisada neste trabalho sob a ótica de um modelo tradicional de análise de investimento e também sob a abordagem da Teoria das Opções Reais, baseada na teoria de opções para a valoração de ativos reais. Este método de avaliação utiliza processos estocásticos para caracterizar incertezas que são modeladas de acordo com cada projeto. Dias (2015) explica que o Fluxo de Caixa Descontado, modelo mais tradicional de análise de investimentos, trabalha com os valores esperados dos fluxos de caixa enquanto que as Opções Reais consideram a incerteza e as flexibilidades gerenciais que se apresentam aos tomadores de decisão, propiciando, portanto, uma análise mais realista e adequada.

No estudo de caso em questão, a demanda futura é a primeira fonte de incerteza. De forma complementar, se o processo incluir importação de equipamentos, como é o caso, a taxa de câmbio real (R\$) / dólar (US\$) é também outra fonte de incerteza que afeta o valor do projeto. Na presente pesquisa, ambas as variáveis estocásticas são modeladas como um Movimento Geométrico Browniano (MGB) e simuladas por meio de simulação de Monte Carlo.

O trabalho tem como proposta mensurar o valor que projetos dessa natureza podem apresentar. O resultado das análises permite a comparação da viabilidade deste projeto de implementação da van itinerante, caso a decisão de investimento possa ser postergada ou, até mesmo, nem ser tomada. Essa alternativa só se torna uma opção quando analisamos o projeto de investimento à luz da Teoria das Opções Reais, uma vez que essa leva em consideração a ação ótima gerencial, ou seja, a flexibilidade de resposta nos projetos em cada possível cenário (Dias, 2015). Nesse caso, a opção é tratada como perpétua e avaliada com os conceitos propostos por McDonald & Siegel (1986).

Além do objetivo principal, este trabalho pretende alcançar, de forma concomitante, objetivos específicos relativos à caracterização deste projeto dentro do contexto da Logística, quais sejam: o levantamento e a apresentação dos custos logísticos e tributários envolvidos no processo de importação dos equipamentos que serão montados na van de reparos e a roteirização das visitas que serão feitas pela van aos clientes em potencial.

A metodologia de pesquisa proposta neste trabalho baseia-se numa abordagem qualitativa e quantitativa de caráter exploratório e explicativo. Do ponto de vista qualitativo, entende-se que é possível compreender, empiricamente, o objeto de estudo e avaliá-lo com mais precisão ao observá-lo no contexto em que ocorre e do qual é parte. Sob a perspectiva quantitativa, aproveitam-se dados da empresa estudada, bem como outras informações de mercado, ao longo de uma delimitação temporal pré-definida para a modelagem dos dados. Ferramentas, *softwares* de análise de dados e técnicas de análises de investimento foram utilizados para dar suporte às verificações e estimativas necessárias à avaliação da viabilidade do projeto.

Com os resultados obtidos, é possível confirmar a viabilidade do projeto e o exercício imediato da opção de investir como sendo a melhor opção de *timing* para o investimento, dados os cenários e as premissas consideradas. Mesmo variando os principais parâmetros que afetam o valor do gatilho do projeto, por meio de análises de sensibilidade, o investimento imediato continua sendo a decisão ótima na grande maioria dos cenários considerados.

A dissertação está organizada em seis capítulos. O primeiro capítulo apresenta os aspectos introdutórios da pesquisa, a relevância do estudo, seus objetivos e sua metodologia.

O segundo capítulo aborda a literatura relativa ao serviço pós-venda como parte integrante da Logística e do Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (SCM – *Supply Chain Management*), às suas características e à sua configuração. Para uma análise mais completa de custos que podem estar envolvidos nesse processo, o capítulo, adicionalmente,

aborda o processo logístico internacional, bem como os custos e processos envolvidos na nacionalização de bens importados no caso de o projeto estar associado a equipamentos adquiridos no exterior.

Em seguida, o terceiro capítulo apresenta uma revisão bibliográfica sobre a Teoria Clássica da Análise de Investimentos, por meio do cálculo do Valor Presente Líquido do projeto, e sobre a Teoria de Opções Reais, incluindo a apresentação das características de uma opção, dos processos estocásticos que caracterizam as incertezas e dos métodos de avaliação deste processo de análise mais sofisticado.

No quarto capítulo, é apresentado o estudo de caso conduzido em uma empresa importadora e distribuidora de equipamentos que não terá seu nome divulgado por questões de confidencialidade. São apresentadas soluções numéricas, com base na fundamentação teórica do capítulo 3, e os resultados das análises comparativas entre as ferramentas da Teoria Clássica e a Teoria das Opções Reais, considerando a opção de espera perpétua.

As conclusões e sugestões para futuros trabalhos e para uma possível continuação deste são apresentadas no quinto capítulo.

Por fim, o sexto e último capítulo lista as referências bibliográficas que serviram de embasamento conceitual e teórico para o desenvolvimento deste estudo.

## 2

### **Os serviços pós-venda como parte integrante da logística e da cadeia de suprimentos**

A gestão integrada da logística é uma prática relativamente recente. Ballou (2006) cita, em seu livro sobre o Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos, que o primeiro livro-texto a publicar sobre a gestão logística coordenada data de 1961. Uma boa definição, pelo mesmo autor, descreve a Logística como sendo o “processo de planejamento, implantação e controle do fluxo eficiente e eficaz de mercadorias, serviços e informações relativas desde o ponto de origem até o ponto de consumo com o propósito de atender às exigências dos clientes”.

A principal missão da Logística é disponibilizar o produto certo, na quantidade certa, no local certo, no tempo certo e ao mínimo custo. Ballou (2006) subdivide as atividades da logística e as classifica em atividades-chave, que são percebidas em todos os canais de logística e que representam os maiores custos, e atividades de suporte, que só se verificam em algumas empresas.

Dentre as atividades-chave, o autor cita: os padrões de serviço ao cliente (diretamente ligados ao nível de serviço que se pretender oferecer), a gestão de transporte, a gestão dos estoques e a gestão do fluxo de informações e do processamento de pedidos. Exemplos de atividades de suporte seriam: as técnicas de armazenagem, os procedimentos para o manuseio dos materiais, a seleção dos fornecedores e a determinação do momento da compra, a análise de dados e a coleta de informações para análise de desempenho dentre outras.

Diante de um cenário macroeconômico globalmente integrado, as organizações enfrentam um ambiente altamente competitivo. Por outro lado, os consumidores se tornam cada vez mais exigentes por redução de preços e por altos níveis de serviço. O nível de satisfação do cliente é o resultado da comparação entre o serviço percebido e o serviço esperado (Lovelock & Wright, 2004). Nesse sentido, pode-se observar a importante

relação entre as áreas de *Marketing* e Logística que, por meio do nível de serviço ao cliente, estabelecem forte conexão.

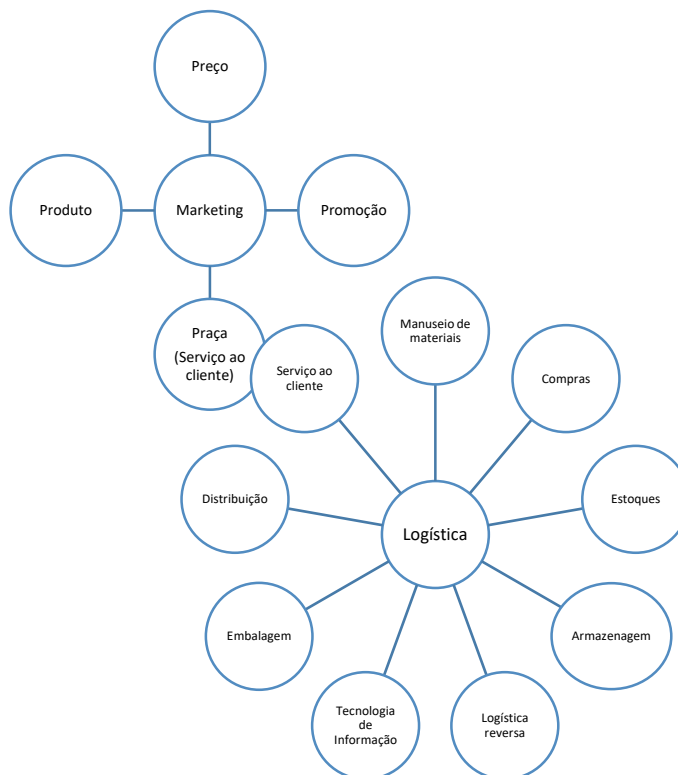


Figura 1. Relação *Marketing/Logística*

Fonte: Adaptado de Lambert e Stock (1993) e Ballou (2006) – elaboração própria

## 2.1.

### Cadeia de suprimentos e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos

Para fazer a gestão do fluxo de valor agregado, as organizações devem envolver e integrar toda a cadeia de suprimentos. Para isso, devem identificar e construir diferenciais competitivos que atendam às exigências de seus clientes. A competição organizacional tende a ocorrer cada vez mais entre cadeias de suprimentos (unidades virtuais de negócios) e não mais entre empresas (unidades isoladas de negócios) e a o gerenciamento da cadeia de suprimentos tem se mostrado fator-chave na integração dos elos das cadeias. Tal integração envolve os fluxos de informação, de investimento, a logística de suprimentos e de serviços e também as áreas de responsabilidade social e ambiental no fluxo ao cliente e no fluxo reverso, conhecidas como a Logística Reversa e a Logística de Reparos.

Mentzer et al (2001) definem a Cadeia de Suprimentos como um conjunto de três ou mais entidades diretamente envolvidas nos fluxos de produtos, serviços, finanças e informações de uma fonte primária ao cliente final, estejam as entidades a montante ou a jusante da cadeia. As Cadeias de Suprimentos existem independente se são ou não gerenciadas e controladas por seus membros, podendo ser comparadas, portanto, aos canais de distribuição. Ballou (2006) diferencia os canais físicos de suprimentos e de distribuição conforme as características abaixo:

- Canal físico de suprimentos – representa a lacuna de tempo e de espaço entre as fontes de materiais e insumos de uma empresa e seus pontos de processamento;

- Canal físico de distribuição – representa a janela de tempo e espaço entre os pontos de processamento das empresas e seus clientes finais.

Cabe mencionar que o canal logístico reverso, para muitas empresas, também precisa ser considerado como parte do processo logístico e envolve as etapas de devolução dos bens e/ou das embalagens dos clientes aos pontos de processamento (fluxo inverso ao fluxo do canal de distribuição).

A Logística Reversa é um conceito, definido por Stock (1998), para o conjunto das atividades de retorno de produtos, de reciclagem, de substituição de materiais (estando eles em garantia ou não), de disposição de resíduos, de reforma, de reparação e de remanufatura.

Leite (2003) define essa área como sendo a área da logística empresarial que se preocupa em planejar o retorno dos bens ao ciclo produtivo ou ao ciclo de negócios por meio de diferentes canais de pós-venda ou pós-consumo, agregando a esses bens valores de diversas naturezas: legal, ecológico, social, dentre outros. A classificação dos canais de distribuição reversos é feita, pelo autor, de dois modos: (i) bens de pós-consumo - após atingirem o fim da vida útil, desde sua coleta até sua reintegração ao ciclo produtivo como matéria prima secundária, por exemplo, após o desmanche ou a reciclagem dos bens; (ii) bens de pós-

venda (pouco uso/estoques) - em que os bens são subdivididos em duas categorias:

- retornos comerciais – devoluções por erros de expedição (físicos ou por emissão de NF-e), retornos de produtos em consignação ou retornos oriundos de baixa rotatividade do estoque ou defasagem;
- devoluções por substituição de componentes – devoluções para manutenções e consertos corretivos.

O termo *Supply Chain Management* ou, em português, Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos, doravante SCM, representa de forma mais completa a integração da logística, formada pela interação sistêmica das diversas áreas das empresas, tais como *marketing*, vendas, logística e produção. A empresa como um todo ganha quanto mais coordenadas forem suas ações intersetores e quanto maior for a quantidade e melhor for a qualidade das informações trocadas entre os setores; melhores serão os resultados da empresa em si e das empresas envolvidas na mesma Cadeia de Suprimentos.

Inúmeras são as definições para SCM encontradas na literatura, em razão da multidisciplinariedade da origem do conceito e de sua evolução no tempo. A abordagem da SCM nesta seção, busca ser clara e precisa e não terá a pretensão de ser exaustiva.

O *Global Supply Chain Forum*<sup>1</sup> (2016) conceitua o SCM como sendo a integração dos principais processos de negócios que produzem produtos, serviços e informações por meio de uma cadeia de suprimentos que agrega valor para os clientes e aos *stakeholders*.

Faz-se importante mencionar o conceito de Orientação à Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain Orientation*) já que se entende que implementar a orientação à Cadeia de Suprimentos, a montante e a jusante na cadeia, nada mais é do que a adotar o Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos

---

<sup>1</sup> Fórum Global da Cadeia de Suprimentos



(SCM), sendo essa a soma de todas as ações tomadas para chegar a esse fim.

O modelo conceitual de SCM está ilustrado na Figura 2, abaixo, e é resumido no entendimento de que o SCM representa a coordenação sistêmica e estratégica das funções e das táticas de negócios tradicionais dentro de uma empresa e entre os membros de sua cadeia de suprimentos com o objetivo de melhorar o desempenho de longo-prazo das empresas em si e da cadeia como um todo.

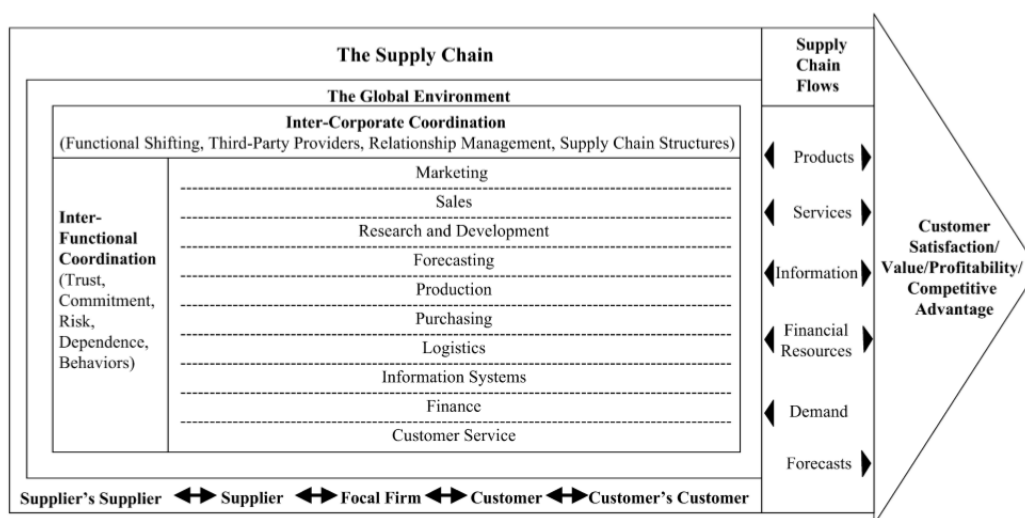


Figura 2. Modelo de Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos

Fonte: Mentzer et al (2001)

Os benefícios percebidos por empresas que implementam as práticas de SCM são caracterizados pelo aumento na produtividade, redução dos tempos de ciclo dos pedidos e dos custos de estoque, transporte e armazenagem.

## 2.2.

### Avaliação de desempenho de Cadeias de Suprimentos

Neely et al (1995) afirmam que a avaliação de desempenho é o processo de quantificar a eficiência e a eficácia de uma ação. Para tanto, definem a eficiência como sendo o nível ao qual as necessidades dos clientes são satisfeitas, e a eficácia como sendo de que forma os recursos da empresa estão sendo utilizados para alcançar um dado nível de satisfação dos clientes.

Para mensurar a avaliação de desempenho, métricas conhecidas como medidas de desempenho devem ser escolhidas, implementadas e monitoradas. Essas medidas são utilizadas para quantificar a eficiência e a eficácia de ações de parte de um processo ou de um sistema completo comparando os resultados encontrados a padrões ou metas pré-estabelecidos. Muitas medidas de desempenho foram identificadas na literatura e, embora não haja uma lista completa de possíveis medidas, uma vez que elas dependem das características da cadeia em que estão sendo implementadas, elas ainda podem ser classificadas em três categorias: (i) quantitativa e qualitativa, (ii) com ou sem custo e (iii) qualidade, tempo, flexibilidade e inovação (Braz et al, 2011).

Beamon (1999) identifica algumas características observadas em sistemas de avaliação de desempenho eficazes, sendo elas: inclusividade (medição de todos os aspectos pertinentes); universalidade (permitir a comparação sob várias condições de operação); mensurabilidade (disponibilidade dos dados necessários); e consistência (as medidas de desempenho devem estar consistentes com as metas da organização).

No SCM, o sistema de medidas de desempenho tem por objetivo prover para a alta gerência informações e dados sobre a competitividade da cadeia obtidos por meio do constante monitoramento das atividades-chave desenvolvidas e auxiliar na tomada de decisões. Dentre os motivos pelos quais utilizá-lo, Handfield & Nichols (1999) indicam a possibilidade de medir o desempenho da Cadeia de Suprimentos como um todo em vez de medir o desempenho individual dos membros, manter o foco na melhoria contínua do nível de serviço ao cliente e permitir a rápida identificação e eliminação das causas de problemas na Cadeia.

Bowersox & Closs (2001) apresentam três objetivos principais do desenvolvimento e da implementação de sistemas de medição de desempenho logístico: monitorar os indicadores, controlar o desempenho das operações logísticas e direcionar os colaboradores. Os autores sugerem alguns indicadores de desempenho classificados em seis categorias:

Gestão de ativos: taxa de rotação de estoque, custo de manutenção de estoque, níveis de estoque, número de dias de suprimento, obsolescência de estoque, retorno do patrimônio líquido, retorno do investimento, entre outros.

Custos: análise do custo total, custo unitário, custo como percentual de vendas, frete de suprimentos, frete de entrega, custo do depósito, custos administrativos, processamento de pedidos, mão de obra direta, comparação do valor real com o valor orçado, análise da tendência dos custos e rentabilidade direta ao produto.

Produtividade: unidades expedidas por funcionários, unidades por dólar de mão de obra, pedidos por representantes de vendas, comparação com padrões históricos, programas de metas, índice de produtividade, entre outros.

Qualidade: índice de avarias, valor das avarias, número de solicitações de crédito, número de devoluções, custo das mercadorias devolvidas, entre outros.

Serviço ao cliente; índice de disponibilidade de produto; falta de estoque; erros de expedição; pedidos pendentes; tempo de ciclo; *feedback* do cliente e pesquisas junto ao cliente.

*Benchmarking*: única das medidas de desempenho que é externa e é necessária para atender e manter uma perspectiva orientada ao cliente, além de ajudar a obter ideias inovadoras de outros setores.

Hijjar et al (2005) apresentam uma pesquisa publicada pelo *Council of Logistic Management*<sup>2</sup> que demonstra que empresas com logística de classe mundial percebem como competência crítica a medição de desempenho da cadeia de suprimentos e desenvolvem medidas relacionadas a custos, serviço ao cliente e qualidade. O serviço ao cliente, segundo os autores, representa quão bem o sistema logístico está funcionando na tarefa de prover os produtos e serviços no lugar e no tempo

---

<sup>2</sup> Conselho de Gestão da Logística, que se tornou em 1º de janeiro de 2005 o *Council of Supply Chain Management Professionals* (CSCMP), Conselho de Profissionais de Gestão de Cadeias de Suprimentos, principal associação mundial de profissionais da área.

desejados, sendo, portanto, a interface entre as áreas de *marketing* e logística, conforme apresentado na Figura 1.

Lambert et al (1998) definem o serviço ao cliente como sendo “um processo para prover benefícios significativos de valor agregado à cadeia de suprimentos de maneira eficiente em termos de custos” e cujos exemplos de medidas de desempenho poderiam ser: nível de disponibilidade do produto, velocidade e consistência no atendimento de pedidos e habilidade de se comunicar com os clientes. Lambert & Stock (1993) afirmam ainda que o serviço ao cliente é a maneira mais eficaz para a manutenção de um diferencial competitivo duradouro e de difícil *benchmarking* por parte da concorrência.

A definição de serviço ao cliente por Coyle et al (2003) sugere-o como o “processo para prover vantagem competitiva e agregar benefícios à cadeia de suprimentos com o objetivo de maximizar o valor total ao consumidor final”. Como parte da função logística, os autores indicam que as medidas de desempenho sejam estabelecidas do ponto de vista dos clientes e que definam os elementos para o serviço ao cliente: o tempo, a confiança, a comunicação e conveniência. O objetivo de avaliar o desempenho das ações tomadas pelas empresas deve ser no sentido de aumentar o nível de satisfação dos clientes e maximizar o valor para o cliente (Hilsforf et al, 2009).

### 2.3.

#### **Configuração e características do serviço pós-venda**

Os elementos que formam o atendimento ao cliente podem ser resumidos em três categorias, segundo Harrison & Van Hoek (2003):

- Elementos da pré-transação/pré-venda
- Elementos da transação
- Elementos da pós-transação/pós-venda

A formação geral da satisfação dos clientes é resultado de sua interação com todos os processos relacionados à experiência da aquisição de um bem ou do uso de um serviço. Processos não relacionados diretamente aos

elementos da transação podem ter até mais influência na percepção do nível de serviço e na satisfação do cliente do que o próprio serviço contratado ou o bem adquirido. A relação cliente-fornecedor se estabelece, normalmente, após uma primeira venda de bem ou material e quanto mais longa ela for, como, por exemplo, quando houver contratos de manutenção envolvidos, maior será a rentabilidade global e de longo prazo para a empresa.

Para uma breve reflexão, quando clientes adquirem equipamentos e tais equipamentos, por quaisquer motivos, apresentam problemas em seu funcionamento, o cliente, seja ele uma pessoa física ou jurídica, automaticamente incorre em custos além do desgaste comercial que a situação causará. Parte dos custos independe de quanto tempo demoraria a substituição do equipamento ou o seu reparo e pode incluir o custo do frete de envio/retorno do equipamento avariado ao fornecedor para reparo, o valor do próprio reparo e da mão-de-obra, o custo de aquisição de um novo equipamento (caso o avariado seja condenado) dentre outros. Uma segunda parcela dos custos depende diretamente de quanto duraria o processo de reparo, por exemplo, o custo de alugar um equipamento similar caso não seja possível aguardar pela conclusão do reparo e não se tenha outro equipamento de *back up* (segurança) ou ainda, considerando que o cliente seja uma empresa, o custo de oportunidade do desvio de recursos e do tempo de produção ou tempo gasto em parada de manutenção (Lele, 1997).

As atividades de pós-venda são importantes fontes de receita, lucro e de vantagens competitivas para grande parte das indústrias. O mercado de serviço pós-venda já ultrapassa em quatro a cinco vezes o tamanho do mercado de novos produtos (Bundschuh & Dezvane, 2003). Wise & Baumgartner (1999) mencionam que, durante o ciclo de vida do produto, os serviços pós-venda e a venda de *spare parts*<sup>3</sup> podem gerar mais de três vezes o retorno das vendas originais de produtos. Além disso, a fidelização do cliente, tão buscada e valorizada pelas organizações, está muito

---

<sup>3</sup> Partes e peças de reposição/sobressalentes

relacionada ao nível do serviço pós-venda recebido e à satisfação geral do cliente.

Os clientes esperam dos serviços pós-venda que eles sejam um atributo do produto, tanto quanto sua qualidade, seu *design*, seu desempenho e seu preço. A satisfação dos clientes também está relacionada ao pacote de serviços que acompanha a aquisição de novos produtos. A função do serviço pós-venda é garantir essa satisfação e manter elevado o nível de serviço percebido pelos clientes.

Tais constatações ajudam a explicar a mudança na percepção da importância dos serviços pós-venda, antigamente apenas considerados geradores de custo, mas hoje valorizados por serem entendidos como uma fonte importante de geração de valor, de vantagem competitiva e de oportunidades de novos negócios (Armistead & Clark, 1992).

A literatura utiliza alguns termos para se referir ao serviço pós-venda, como por exemplo: suporte ao cliente, suporte técnico, serviços, assistência em campo, garantias. Compartilham a característica de ser um conjunto de atividades que se iniciam logo após a venda de um bem ou a prestação de um serviço e que se dedicam a assistir aos clientes no correto uso dos equipamentos (oferecendo treinamentos, por exemplo), na avaliação e no reparo dos bens que, estando ou não em garantia, apresentarem defeitos, e também no correto descarte dos próprios bens, após sua vida útil, e/ou suas embalagens.

A heterogeneidade da base de clientes é um aspecto com peso significativo nas atividades de pós-venda, conferindo-lhes um leque de opções na configuração de contratos em termos de disponibilidade de equipe, de tempo de execução do serviço e das estruturas de preços. A distribuição geográfica dos clientes é outro fator inerente aos serviços pós-venda e a dispersão física influencia diretamente os tempos de resposta das necessidades dos clientes e os custos. Por fim, a natureza esporádica da demanda, que torna difícil sua previsão, e o baixo nível de giro de estoque adicionado aos curtos ciclos de vida dos produtos e à rápida obsolescência dos estoques de *spare parts* devido à constante evolução

da tecnologia dos produtos são outros elementos desafiadores à área (Jalil, 2011).

Há ainda poucas publicações que se dedicam exclusivamente a pesquisar o tema dos serviços pós-venda como parte integrante do SCM (Hull & Cox, 1994; Nordin, 2005; Saccani, 2007). Uma perspectiva sistêmica dos serviços pós-venda deve englobar as atividades relacionadas à assistência técnica, com seus reparos preventivos, corretivos e em garantia, às avaliações e descarte dos bens e embalagens, ao gerenciamento do estoque, à distribuição dos *spare parts*, ao gerenciamento dos pedidos de clientes e ao gerenciamento do suporte ao cliente, com informações técnicas, comerciais e de instrução.

Pesquisadores e profissionais concordam que a área de serviços pós-venda tem grande potencial de rentabilidade e de fidelização de clientes e a forma como a cadeia de suprimentos dos serviços pós-venda é desenhada é de importância e de valor estratégicos.

Saccani et al (2007) propõem uma configuração para a análise da estrutura de cadeia de suprimentos dos serviços pós-venda baseada em três características:

- (i) Integração vertical – o nível de integração vertical das empresas representa o nível de agregação de valor pela empresa ao longo de sua cadeia que pode se expandir para o cliente (*downstream*) ou para o fornecedor (*upstream*). A decisão por terceirizar atividades ou integrá-las às atividades internas da organização envolvem custos e riscos que devem ser analisados caso a caso (Quinn & Hilmer, 1994).
- (ii) Centralização das atividades – duas das atividades comumente centralizadas pelas empresas são a armazenagem e o controle do inventário. O motivo é a possibilidade de redução dos altos custos relacionados à manutenção de grandes volumes de estoque (Christopher, 1998). As organizações, contudo, devem fazer um *trade-off* entre custo e o nível de serviço oferecido aos clientes e tomar sua decisão sobre a centralização lembrando-se

de que há situações em que a proximidade aos clientes é um fator crítico.

- (iii) Desvinculação das atividades – definir um ponto de desvinculação na produção e na logística permite às atividades que agregam valor receberem abordagens diferenciadas de gestão, estejam elas *upstream* ou *downstream* a partir deste ponto definido (Wikner & Rudberg, 2005).

Não há uma única configuração mais adequada à cadeia de suprimentos dos serviços pós-venda. Fatores como as características dos produtos vendidos (substituibilidade, complexidade, ciclo de vida), a estratégia comercial de pós-venda da empresa (foco na qualidade, custo, diferenciação) e as características do serviço (padronização, customização) devem ser utilizados para determinar a estrutura que a empresa oferecerá aos seus clientes levando em consideração o *trade-off* entre custos e nível de serviço.

Quanto às políticas de manutenção oferecidas aos clientes, dois tipos são os mais comuns: as políticas de manutenção proativas ou preventivas e as políticas de manutenção reativas ou corretivas. Uma resposta reativa ocorre quando o equipamento defeituoso é reparado ou substituído pelo fornecedor. Respostas proativas são utilizadas como estratégias para evitar que o defeito aconteça ou ainda para minimizar sua gravidade. Sua frequência pode ser estipulada com base na condição de uso do equipamento, no nível de utilização ou ainda em uma oportunidade (Stapelberg, 2009; Murthy & Blischke, 2005 apud Jalil, 2011).

Tanto nas manutenções reativas quanto nas proativas, os fornecedores podem escolher métodos de suporte aos clientes que podem ser: a substituição *in loco* dos equipamentos que passarão por manutenção, o envio pelos clientes dos equipamentos defeituosos à unidade de reparo mais próxima ou, ainda, a oferta da prestação do serviço de reparo nas próprias instalações do cliente.

Fazendo uma analogia desses métodos com a Teoria das Filas, é possível entender que o envio dos equipamentos ao centro de reparos



designado seria como a abordagem tradicional da Teoria em que o cliente, que no caso seria o equipamento avariado, chega ao servidor e aguarda sua vez na fila. A prestação do serviço nas instalações do cliente, por outro lado, representaria uma situação em que o servidor se deslocaria para atender a um serviço. Uma vez que o serviço fosse prestado/concluído, o servidor se deslocaria para o próximo serviço ou ainda ficaria ocioso dentro das instalações do cliente aguardando um próximo serviço. Esse tempo entre os serviços seria o tempo na fila de espera (Tang, 2005).

## **2.4.**

### **O transporte nos serviços pós-vendas e o custo de servir**

Os canais de distribuição concentram as atividades responsáveis por tornar um produto ou serviço disponível no lugar certo, no tempo certo, na quantidade certa e atendendo ao nível de serviço requerido pelos clientes ou oferecido pelas empresas. Segundo Ballou (2006), os custos de distribuição e de gestão estão relacionados, entre outros, à localização dos clientes, aos meios de transporte utilizados nas entregas e à frequência dos atendimentos.

Para tornar o processo de distribuição física mais eficiente e eficaz, as empresas fazem uso de sistemas de roteirização e programação de veículos (SRPV). Esses sistemas, também conhecidos por roteirizadores, são, conforme Melo e Ferreira Filho (2001) explicam, sistemas computacionais capazes de obter soluções, por meio de algoritmos, para problemas de roteirização e de programação de veículos (PRPV).

Os roteirizadores modernos consideram as inúmeras restrições inerentes a cada tipo de problema de roteirização, tais como janela de tempo, localização dos depósitos, distâncias, tipos de veículos e multimodalidade dentre outros, para fornecerem resultados rápidos e satisfatórios que muito auxiliam na tomada de decisões. A partir dos anos 80, os SRPVs passaram a contar com o apoio da tecnologia dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que permite identificar e georreferenciar os pontos exatos de atendimento, de parada e as rotas atendidas (menor custo, menor distância etc) (Melo & Ferreira Filho, 2001; Bodin, 1990).

Essas técnicas são importantes ferramentas no planejamento das operações logísticas, incluindo as operações pós-venda.

Muitas empresas ainda se mostram resistentes a oferecer aos seus clientes os serviços pós-venda por acharem que seu custo é muito elevado. Porém, o custo de conquistar novos clientes é, em geral, muito superior ao custo de manter os clientes já conquistados (Bundschuh & Dezvane, 2003; Wise & Baumgartner, 1999).

As áreas de Serviços aos Clientes das empresas estão assumindo funções logísticas importantes, como a distribuição e as atividades de pós-venda, criando para as empresas oportunidades de melhor servir os clientes ao atender às suas exigências específicas. Por exemplo, com relação ao transporte e aos agendamentos das entregas, as empresas têm ao seu dispor as técnicas de roteirização e também métricas que conseguem associar o custo dos atendimentos aos clientes (que envolvem, por exemplo, os custos de transporte) com o potencial de receitas geradas por esses clientes, criando mais valor aos clientes e aos acionistas.

Uma das metodologias usadas para tanto é conhecida por “Custo de Servir” e tem como objetivo minimizar o custo da atenção ao consumidor, maximizando o nível de serviço oferecido. Essa metodologia é baseada no método ABC de custeio por atividades (*Activity Based Cost Method*), e é construída sob o conceito de que são as atividades, e não os produtos, que geram os custos, ou, ainda, no modelo *time-driven ABC*, que considera “o tempo despendido em cada atividade como direcionador dos custos das atividades” (Argueta & Salazar, 2015; ILOS, 2016).

Analisar a rentabilidade dos clientes, de uma maneira mais abrangente, a partir da mensuração dos custos de servir que levam em consideração não apenas os custos de produção, mas também os logísticos e comerciais, permite às empresas desenvolver políticas customizadas de atendimento, otimizando seus lucros (ILOS, 2016).

## 2.5.

### **Logística internacional e modais de transporte**

Se o serviço pós-venda envolver a importação de equipamentos, partes e peças – como no projeto avaliado ao final desta Dissertação – e considerando haver uma lacuna na literatura da área de Logística de pesquisas que abordam a base legal e o referencial teórico desse tema, são apresentados também neste capítulo os principais conceitos e trâmites que envolvem os processos de importação de bens ao território brasileiro. Ademais, apresenta-se a base legal utilizada na simulação do cálculo dos tributos incidentes sobre os processos de importação.

Atualmente, sistemas logísticos modernos e eficazes garantem a viabilidade do comércio internacional mundial. Enquanto os países exploram e investem em bens e serviços nos quais possuem vantagens comparativas e competitivas, confiam à logística a tarefa de ser o elo de ligação entre os pontos de produção e os mercados consumidores.

A CAMEX (2016) – Câmara de Comércio Exterior Brasileira – afirma que a eficiência logística é um “fator determinante para a competitividade das empresas e dos seus produtos e exerce particular influência no sucesso das trocas internacionais”.

As operações de logística internacional são regulamentadas por algumas normas e regras que regem e controlam o bom funcionamento das transações interpaíses. A Câmara de Comércio Internacional (*International Chamber of Commerce - ICC*) criou, em 1936, um conjunto de regras para administrar os conflitos provenientes das diferentes interpretações dos contratos internacionais no que se referia à transferência de mercadorias, às despesas das transações e aos riscos envolvidos nas operações.

Os Termos Internacionais de Comércio, *Incoterms*, são revisados a cada 10 anos desde a década de 1980 e, atualmente, a versão 2010 é utilizada pelos importadores e exportadores mundiais. Os *Incoterms* definem os direitos e as obrigações das partes envolvidas e estabelecem, com força legal, regras e práticas neutras e imparciais (Banco do Brasil, 2016). Os *Incoterms* são representados por três siglas. A classificação apresentada na Figura 3 obedece a uma ordem crescente nas obrigações do vendedor/exportador:

	PRODUTOS EMBALADOS PARA VENDA	A CARGA NO ARRAZEM DO FORNECEDOR	TRANSPORTE TERRESTRE NA ORIGEM	FORMALIDADES ADUANEIRAS DE EXPORTAÇÃO	MANIPULAÇÃO DE DESPESAS NA FONTE	TRANSPORTE PRINCIPAL	SEGURO DOS BENS	MANIPULAÇÃO DE DESPESAS ALTO	FORMALIDADES ADUANEIRAS DE IMPORTAÇÃO	TRANSPORTE INTERNO NA CHEGADA	ENTREGA DA MERCADORIA AO COMPRADOR
EXW POLIVALENTE	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
FCA POLIVALENTE	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
FAS MARITIMO	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
FOB MARITIMO	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
CPT POLIVALENTE	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
CIP POLIVALENTE	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
CFR MARITIMO	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
CIF MARITIMO	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
DAT POLIVALENTE	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
DAP POLIVALENTE	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
DDP POLIVALENTE	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

● VENDEDOUR ● COMPRADOR ● VENDEDOUR/COMPRADOR

© 2012 CÂMARA DO COMÉRCIO INTERNACIONAL CCL

Figura 3. Incoterms 2010

Fonte: CAMEX

Dentre as atividades que compõem a Cadeia de Suprimentos, o transporte é, segundo Ballou (2006) um dos elementos mais importantes em termos de custo logístico para as empresas. O autor ainda cita que “a movimentação de cargas absorve de um a dois terços dos custos logísticos totais”.

A demanda de transporte de carga é o conjunto do fluxo dos produtos transportados. É necessário conhecer o ponto de origem, de destino e as características da carga sendo transportada para que se possa escolher, dentre os modais de transporte existentes, aquele que seja o mais adequado de acordo com cada situação.

Dentre as características das cargas, pode-se mencionar: o volume, a classificação UN – *United Nations* / NCM – Nomenclatura Comum do Mercosul, o momento de transporte (t-km), o valor específico do produto (capital imobilizado/unidade), o peso específico; os aspectos físicos da carga: se carga geral (solta ou paletizada), a granel, frigorificada, carga viva ou carga perigosa; os problemas especiais (prazos para entrega, compatibilidade com outras cargas) entre outros. Por fim, dentre as características dos meios de transportes, é importante conhecer o prazo de entrega, o custo e a disponibilidade do serviço, os riscos envolvendo perdas e avarias e o fornecimento de informações situacionais (localização das cargas).

Existem cinco modais de transporte: aquaviário (longo curso, cabotagem, fluvial, lacustre), rodoviário, ferroviário, aeroviário e dutoviário. Os modais podem ser utilizados na movimentação de cargas de forma independente ou em combinação, quando passa a ser conhecido como multimodalidade (apenas um conhecimento de embarque é emitido por Operador de Transporte Multimodal - OTM) ou intermodalidade (quando cada operador emite seu próprio conhecimento de transporte por trecho de carga movimentada).

Cada um dos modais de transporte possui custos e características próprias e requer diferentes características em termos de infraestrutura, conforme destacado por Calazans (2014), tais como vias específicas, rotas

de tráfego, locais para carga e descarga. A Tabela 1 resume as principais vantagens e desvantagens de cada um dos modais de transporte.

Modal de transporte	Indicação de uso	Vantagens	Desvantagens
<b>Rodoviário</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- curtas e médias distâncias;</li> <li>- pequenos e médios lotes de carga (até 30TM).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Único capaz de fazer transporte porta-a-porta (<i>door-to-door</i> - dentro dos limites continentais);</li> <li>-manuseamento simples;</li> <li>-grande competitividade em distâncias curtas/médias;</li> <li>- baixo investimento ao operador;</li> <li>- grande cobertura geográfica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alto custo do frete em função da exposição da carga;</li> <li>- sujeito à regulamentação (circulação, horário);</li> <li>- sujeito ao trânsito;</li> <li>- sujeito às condições atmosféricas;</li> <li>- espaço limitado.</li> </ul>
<b>Aquaviário</b>  Marítimo (longo curso)  Cabotagem  Fluvial  Lacustre	<ul style="list-style-type: none"> <li>- longas distâncias;</li> <li>- grandes volumes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- baixo custo;</li> <li>- capacidade de grande concentração de volume de cargas;</li> <li>- baixo número de sinistros;</li> <li>- opção competitiva para bens de baixo valor agregado/baixo custo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- longo tempo de trânsito (<i>transit time</i>);</li> <li>- não consegue realizar o transporte porta-a-porta, necessitando de modal complementar;</li> <li>- pouco flexível em termos rotas e horários;</li> <li>- matriz nacional pouco desenvolvida.</li> </ul>
<b>Aeroviário</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- longas distâncias;</li> <li>- curto prazo/velocidade de transporte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- rapidez;</li> <li>- segurança;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- limitação física;</li> <li>- custo elevado;</li> <li>- restrições (cargas perigosas/explosivas – classe 1; derivados de</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- produtos de alto valor agregado;</li> <li>- volume pequeno ou médio de carga.</li> </ul>		combustíveis/líquidos inflamáveis – classe 3; outras, conforme DGR-IATA
<b>Ferroviário</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- grandes volumes de carga</li> <li>- longas distâncias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- baixo custo operacional;</li> <li>- grande capacidade de transporte;</li> <li>- ideal para o transporte de produtos com baixo valor agregado e com alta densidade;</li> <li>- ambientalmente menos danoso que os demais;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alto custo de investimento em infraestrutura;</li> <li>- necessidade de implantação total das ferrovias;</li> <li>- pouca flexibilidade de rotas e horários;</li> <li>- pouca disponibilidade de malhas no território brasileiro;</li> <li>- dependência de outros modais para o transporte porta-a-porta</li> </ul>
<b>Dutoviário</b>  Gasoduto  Mineroduto  Oleoduto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- transporte de líquidos, minérios e gases</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- elevada vida útil;</li> <li>- baixa manutenção;</li> <li>- rapidez;</li> <li>- porta-a-porta para líquidos os gases</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- não se adapta a muitos tipos de produtos;</li> <li>- alto investimento inicial</li> </ul>

Tabela 1 – Modais de transporte: indicações, vantagens e desvantagens.

Fonte: Elaboração própria

## 2.6.

### **Custos e processos relacionados à nacionalização e ao desembaraço aduaneiro na importação de bens e mercadorias**

O processo de importação de bens e mercadorias compreende a entrada temporária ou definitiva em território nacional de produtos originários ou procedentes de outros países (MDIC, 2016). Segundo o Decreto nº 660/1992, “o Siscomex é o instrumento administrativo que integra as atividades de registro, acompanhamento e controle das

operações de comércio exterior, mediante fluxo único, computadorizado, de informações”.

Os órgãos gestores do Comércio Exterior brasileiro são: a Secretaria de Comércio Exterior do MDIC (SECEX), a Secretaria da Receita Federal do MF (SRF) e o Banco Central do Brasil (BCB).

A Portaria SECEX nº 23/2011 consolida todas as normas e procedimentos aplicáveis às operações de comércio exterior e é a grande referência teórica, juntamente com o Decreto nº 6759/2009, que regulamenta a administração das atividades aduaneiras, a fiscalização, o controle e a tributação das operações de comércio exterior no país.

Segundo informações apresentadas no site no Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), para realizar a importação de uma mercadoria para o Brasil, em primeiro lugar deve-se verificar a classificação fiscal do produto, por meio de seu código NCM. Essa consulta pode ser feita na lista da Tarifa Externa Comum (TEC) disponível *online* em sites e plataformas de Comércio Exterior.

Uma vez definida a classificação fiscal do produto, deve-se consultar o tratamento tributário e administrativo da importação em questão. Tal consulta, pode ser feita, de forma gratuita, no Portal SISCOMEX, que é uma iniciativa do governo brasileiro centrada no aumento da transparência e da eficiência nos processos e no controle das exportações e importações.

Nesta consulta, o importador poderá verificar se a importação estará ou não sujeita a licenciamento e, em caso positivo, qual órgão do governo será o responsável pela anuência da Licença de Importação (LI), aval necessário para que o importador possa iniciar o processo de importação.

Caso haja necessidade de anuência de algum órgão, o importador (ou seu representante legal) deverá registrar a LI no SISCOMEX e aguardar o deferimento do pedido. Cada órgão anuente, como exemplo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), a Agência Nacional do Petróleo (ANP), a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), o Departamento de Comércio Exterior da Secretaria



de Comércio Exterior (DECEX), entre outros, possui sua própria legislação para conceder o deferimento às LIs.

Se a importação for dispensada de licenciamento, que é a regra geral para as importações brasileiras, o importador deverá apenas registrar a Declaração de Importação (DI) e aguardar a parametrização e o desembaraço aduaneiro de sua carga, que é de competência exclusiva da SRF.

A seleção do canal de parametrização é feita de forma automática, dentro do SISCOMEX, pela Unidade da Secretaria da Receita Federal responsável.

Conforme o artigo 21º da Instrução Normativa da SRF IN 680/2006, são quatro os canais de parametrização existentes:

- Canal Verde: indica o desembaraço automático da mercadoria e ficam dispensados o exame documental e a verificação física da carga a não ser que sejam identificados, pela SRF, elementos com indícios de irregularidades no processo;

- Canal Amarelo: exige exame documental e, não sendo constatada nenhuma irregularidade pela SRF, é feito o desembaraço da carga. Sendo necessária, em qualquer hipótese, a verificação física da carga, a SRF pode solicitar a conferência e ela deverá ser cumprida para que a carga seja desembaraçada;

- Canal Vermelho: a carga somente é desembaraçada após a realização do exame documental e da verificação física da mercadoria;

- Canal Cinza: quando o processo de importação é parametrização nesse canal, é aplicado um procedimento especial de controle que indica a existência de indícios de fraude. Sendo comprovada a regularidade da documentação, da carga e do registro do importador (RADAR), a carga é desembaraçada.

### **Tarifas de transporte**

Tarifas de transporte são os preços que as empresas prestadoras de serviço de transporte cobram por seus serviços e há diversos critérios utilizados na precificação dessas tarifas. Os critérios mais comuns estão relacionados ao volume ou ao peso (densidade) da carga, à distância e à demanda (Ballou, 2006). Fatores como a facilidade ou a dificuldade no manuseio da carga, o risco envolvido no transporte e a classificação técnica podem também influenciar as tarifas cobradas.

Um conceito importante no cálculo das tarifas de frete é o do peso cubado (dimensional ou volumétrico). Trata-se de uma técnica de precificação das empresas comerciais de transporte de carga que reflete a densidade da carga, ou seja, o espaço que ela ocupa em relação ao seu peso real. O peso tarifável, peso base para o cálculo das tarifas, será sempre o maior peso entre o peso cubado e o peso real.

Para calcular o peso cubado, é necessário, primeiramente, determinar o peso real da carga, usando para isso uma balança. Depois, é necessário medir o tamanho cúbico do(s) volume(s) e para isso, deve-se calcular seu tamanho cúbico multiplicando o valor da altura pelo comprimento e pela largura, em centímetros. O resultado representa o tamanho cúbico do pacote. Finalmente, para determinar o peso cubado no modal aéreo, basta dividir o tamanho cúbico da carga por 5.000 (divisor volumétrico), arredondando para cima, para o próximo meio quilograma, os valores fracionais (UPS, 2016). O peso cubado calculado para o modal marítimo segue a relação  $1\text{m}^3 = 1\text{ton}$ . No modal rodoviário, o divisor volumétrico é 300 e igualmente deve-se arredondar para cima as frações.

### **Seguro de transporte**

Além do custo do transporte, outro custo obrigatório no transporte nacional e altamente recomendado no transporte internacional de cargas é o seguro de transporte. Tanto o proprietário da carga como o transportador devem contratar seguro para as operações de transporte e há apólices com características próprias para cada caso, já que os seguros de cada uma das partes são específicos. O capítulo VI do Decreto Nº 61.867/1967

regulamenta os seguros obrigatórios no território brasileiro. Em seu artigo 12, determina a obrigatoriedade:

Art 12. As pessoas jurídicas, de direito público ou privado, são obrigadas a segurar os bens ou mercadorias de sua propriedade, contra riscos de força maior e caso fortuito, inerentes aos transportes ferroviários, rodoviários, aéreos e hidroviários, quando objeto de transporte no território nacional [...].

No transporte internacional de cargas, é importante observar o *Incoterm* utilizado no processo de aquisição, pois ele determinará, de acordo com o tipo de contrato de compra e venda firmado, de quem e a partir de onde será a obrigação da contratação do seguro.

### **Custos Portuários**

Envolvem os custos relacionados aos serviços prestados pelos terminais portuários referentes às cargas importadas pelo modal aquaviário. Cada terminal portuário é responsável pela determinação de seus custos e os importadores têm a livre escolha para decidir quais terminais usar desde que essa opção seja feita antes da contratação do frete.

Dentre os custos portuários, os mais relevantes são:

- Tarifa de armazenagem portuária: calculada com base no valor CIF da carga e no tempo de armazenagem da carga nas instalações do porto durante o período (entre 7-10 dias cada período, de acordo com cada terminal) de desembaraço aduaneiro;

- Unitização ou desunitização de cargas: consiste na consolidação ou desconsolidação das cargas;

- Movimentação e posicionamento de contêiner e de carga geral: custo existente quando o contêiner ou a carga precisam ser submetidos a inspeções, tratamentos sanitários ou fitossanitários, ou serem movimentados enquanto aguardam a conclusão do tratamento administrativo para o término do processo de desembaraço;

- Escaneamento dos contêineres: custo da inspeção não-invasiva, obrigatória, de acordo com o § 2º, do artigo 27 da IN SRF 680/06;
- Carregamento e descarregamento de veículo: taxa cobrada por unidade de contêiner, por tonelada (ou fração de tonelada) ou, ainda, por hora de operação do veículo que fará a retirada da carga do terminal;
- Liberação em regime de DTA (Declaração de Trânsito Aduaneiro) pátio: a retirada de carga dos terminais portuários antes do término do processo de desembarço aduaneiro incorre em custos adicionais cobrados pelo terminal.
- Atendimento no *gate*: custo do atendimento feito fora das condições normais e dos padrões do terminal portuário.

### **Custos aeroportuários**

Quando o modal utilizado para o transporte das mercadorias importadas para o território nacional for o aéreo, serão usados como apoio os terminais aeroportuários. A Infraero<sup>4</sup> ou as concessionárias responsáveis pela administração dos aeroportos determinam os preços que cobrarão pelos serviços prestados e também é de livre escolha do importador optar pelo aeroporto pelo qual gostaria de importar.

Os principais custos aeroportuários são:

- Tarifa de armazenagem aeroportuária: calculada com base no valor CIF da carga e no tempo de armazenagem da carga nas instalações do porto durante o período (entre 2-3 dias úteis, por período, de acordo com cada terminal) de desembarço aduaneiro. As tarifas vigentes são indicadas na Resolução da ANAC nº 45/2015.
- Capatazia da Carga Importada: calculada com base no peso bruto da carga, compreende as despesas relacionadas ao serviço de movimentação de carga e descarga das mercadorias nas instalações do aeroporto.

---

<sup>4</sup> Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária – responsável pela administração dos terminais de carga nos aeroportos brasileiros.

- Adicional de Tarifa Aeroportuária (ATA aéreo): tarifa cobrada pela Infraero com o objetivo de melhorar as instalações portuárias. O adicional corresponde a 35,9% do valor da taxa de armazenagem adicionada da taxa de capatazia.

## **Tributos incidentes sobre o processo de importação**

### **Taxa de câmbio**

O valor da taxa de câmbio usada para se determinar o Valor Aduaneiro da mercadoria importada é definido pelo artigo 7º da IN SRF 1312/12 como sendo a taxa de câmbio de venda da moeda indicada no documento de importação (*Commercial Invoice*<sup>5</sup>) correspondente ao segundo dia útil imediatamente anterior ao dia de registro da DI.

### **Imposto de Importação - II**

Conforme determina o Regulamento Aduaneiro - RA (Decreto 6759/09), em seus artigos 69 e 72, a incidência do II se dá para as mercadorias de procedência estrangeira, quando importadas em caráter definitivo.

São contribuintes do imposto de importação:

I – O importador, ou seja, a pessoa que promove a entrada de mercadoria estrangeira no território aduaneiro;

II – O adquirente de mercadoria entrepostada (depositada em entreposto aduaneiro); e

III – O destinatário de Remessa Postal Internacional (RPI), indicado pelo respectivo remetente.

O fato gerador deste imposto é a entrada de mercadoria estrangeira no território aduaneiro. Como entrada entende-se a mercadoria constante no manifesto de carga ou no registro da declaração de importação.

---

<sup>5</sup> Fatura comercial - documento internacional que corresponde à Nota Fiscal nas operações internas.

O imposto é calculado por alíquota específica ou por alíquota *ad valorem* (percentual sobre uma base de cálculo determinada) de acordo com seu código NCM que pode ser encontrado na TEC, cuja tabela fica disponível *online* no *site* da Receita Federal e dos Órgãos de Comércio Exterior.

A base de cálculo (BC) do Imposto de Importação (II) será:

- o valor aduaneiro apurado segundo as normas do Artigo VII do Acordo Geral sobre Tarifas e Comércio - GATT 1994, acrescido do valor do frete internacional e seguro, quando a alíquota for *ad valorem*, e

- a quantidade de mercadoria expressa na unidade de medida estabelecida, acrescida do valor do frete internacional e seguro, quando a alíquota for específica:

$$BC\ II = VA \text{ (valor aduaneiro)} = \text{Valor CIF da carga} =$$

$$VMLE \text{ (valor da mercadoria no local de embarque)} + \text{frete} + \text{seguro} \quad (2.1)$$

O imposto de importação (equação (2.2)) é calculado aplicando-se a alíquota do II definida na TEC sobre a BC encontrada na equação (2.1):

$$II = VA * \% II \quad (2.2)$$

### **Imposto sobre produtos industrializados – IPI**

O artigo 237 do RA versa sobre a incidência do IPI sobre a importação de produtos industrializados de procedência estrangeira.

Não incide IPI nas operações de reposição de produto defeituoso; substituição de produto por devolução ou redestinação quando comprovado erro de expedição, embarcações e produtos nacionais sujeitos à exportação temporária.

O fato gerador do IPI na importação é o desembaraço aduaneiro e suas alíquotas são definidas de acordo com a Tabela do IPI, conhecida por TIPI, de acordo com sua classificação NCM. As alíquotas são alteradas, sempre por Decreto Presidencial por ser um imposto extrafiscal sem função arrecadatória, e, sim, com função regulatória.

Sua base de cálculo é definida pelo Valor Aduaneiro que serviu como base do Imposto de Importação acrescido do valor do próprio II:

$$BC \text{ IPI} = VA + II \quad (2.3)$$

Calcula-se o valor do imposto aplicando-se a alíquota definida sobre a base de cálculo da equação (2.3):

$$IPI = \% \text{ IPI} * (VA + II) \quad (2.4)$$

### **PIS/PASEP-Importação e COFINS-Importação**

De acordo com o artigo 249 do RA, a importação de produtos estrangeiros está sujeita ao pagamento da contribuição para o PIS/PASEP-Importação e da COFINS-Importação. Essas contribuições sociais têm como fato gerador a entrada de produtos estrangeiros no território nacional, de acordo com a data de registro da Declaração de Importação.

As alíquotas são definidas de acordo com legislação específica e variam de acordo com a classificação da NCM dos produtos e a base de cálculo de ambas as contribuições é o Valor Aduaneiro da operação, tal qual a *BC* do *II*. O cálculo das contribuições é feito aplicando-se a alíquota devida à *BC*, conforme indicam as equações (2.5) e (2.6):

$$PIS = \% \text{ PIS-Imp} * VA \quad (2.5)$$

$$COFINS = \% \text{ COFINS-Imp} * VA \quad (2.6)$$

Sendo % PIS-Imp e % COFINS-Imp, respectivamente, as alíquotas das duas contribuições.

### **ICMS-Importação - Imposto sobre operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre prestações de Serviços de transporte interestadual e intermunicipal e de comunicação**

O ICMS, diferente dos demais, é um imposto de competência estadual, cuja incidência nas operações de importação é dada sobre a entrada de mercadoria importada.

O fato gerador do ICMS-Importação é o desembaraço aduaneiro das mercadorias importadas, ou seja, o imposto só é recolhido após o desembaraço da carga pelos fiscais da SRF.

Por ser um imposto de competência estadual, a consulta às alíquotas específicas de cada estado e aos tratamentos tributários deve ser feita diretamente no RICMS – Regulamento do ICMS – das Secretarias de Fazenda de cada Estado.

A BC deste imposto é determinada pelo artigo 13 da LC 87/96 e é composta pelo valor aduaneiro (VA), impostos incidentes sobre a importação, quaisquer outros impostos, taxas, contribuições, multas e despesas aduaneiras, assim entendidos os valores pagos ou devidos à repartição alfandegária até o momento do desembaraço da mercadoria acrescidos do montante do próprio imposto\*:

$$\text{BC ICMS-Imp} = \text{VA} + \text{II} + \text{IPI} + \text{PIS-Imp} + \text{COFINS-Imp} + \text{despesas aduaneiras} + \text{ICMS-Imp}^* \quad (2.7)$$

No estado do Rio de Janeiro, a alíquota vigente do ICMS-Imp, conforme a LC 61/2015, é de 18% sendo 16% de ICMS-Imp + 2% de FECF (Fundo Estadual de Combate à Pobreza).

### **Taxa SISCOMEX - Taxa de utilização do SISCOMEX**

Regulamentada pela Instrução Normativa SRF 131/98, a taxa de utilização do SISCOMEX é devida no momento do registro da Declaração de Importação e é cobrada com base no número de adições feitas na DI. Em cada adição, são inseridos itens de características comuns - mesma NCM, mesmo fabricante/exportador, mesma condição de compra (como exemplo, com ou sem cobertura cambial), mesmo país de origem/procedência/aquisição, dentre outras.

A taxa é considerada uma despesa aduaneira e compõe a BC do ICMS-Importação. Conforme a IN SRF 1158/11, os valores vigentes da Taxa Siscomex, por adição na DI, são:

Pelo Registro de DI: R\$ 185,00



Até a 2ª adição: R\$ 29,50

Da 3ª a 5ª: R\$ 23,60

Da 6ª a 10ª: R\$ 17,70

Da 11ª a 20ª: R\$ 11,80

Da 21ª a 50ª: R\$ 5,90

A partir da 51ª: R\$ 2,95

### **AFRMM - Adicional ao Frete para Renovação da Marinha Mercante**

Outra despesa aduaneira que compõe a BC do ICMS-Importação sempre que a carga for importada via modal marítimo é o AFRMM. Trata-se de um tipo de contribuição especial interventiva, administrada pela SRF por meio da Lei 12599/12, cuja incidência se dá sobre o valor do frete contido no conhecimento de embarque marítimo (BL – *Bill of Lading*).

Seu fato gerador é o início da operação de descarregamento das embarcações nos portos brasileiros e suas alíquotas são definidas pela Lei 10893/04 e estão regulamentadas no Decreto 8257/14.

Nas operações de importação cuja modalidade de modal aquaviário é a navegação de longo curso, a alíquota de AFRMM cobrada é de 25% sobre o valor do frete adicionada de uma taxa fixa de R\$ 21,20 referente à Taxa de Utilização do Sistema Mercante (TUM) e à Taxa de emissão do Conhecimento Eletrônico (CE) mercante.

Um dos grandes problemas do comércio exterior brasileiro é a alta carga tributária que incide nos processos de importação. Além do alto custo com os tributos, existem ainda as despesas portuárias e aeroportuárias, a taxa de câmbio, que nem sempre está favorável às importações, e a complexa burocracia que envolve os processos. Todos esses entraves podem inviabilizar a aquisição de mercadorias e bens no mercado internacional. Portanto, é de extrema importância que todos os aspectos administrativos e tributários dos processos de importação sejam conhecidos e analisados com minúcia antes de ser tomada qualquer decisão pela aquisição de bens e materiais no mercado internacional.

Na avaliação econômico-financeira e na análise de viabilidade de projetos similares ao projeto de pós-venda avaliado neste trabalho, que envolvam a importação de máquinas, equipamentos, sistemas, *softwares*, peças de reparo, é essencial conhecer e levantar todos os custos provenientes da nacionalização dos materiais e bens e dos processos logísticos envolvidos.

### 3

## **Avaliação de investimentos sob incerteza**

Os critérios mais tradicionais e os mais utilizados para medir a rentabilidade e avaliar a viabilidade econômica de projetos de investimentos são os clássicos Método do Valor Presente Líquido – VPL - e o Método da Taxa Interna de Retorno – TIR, partindo do fluxo de caixa descontado de um projeto (Samanez, 2012). Entretanto, a metodologia tradicional se baseia em pressupostos questionáveis, que desconsideram três importantes características dos projetos de investimento: a irreversibilidade, a flexibilidade e a incerteza.

A regra do VPL assume que o investimento é do tipo “agora ou nunca”, sendo executado imediatamente e ignorando o fato de que a decisão pudesse ser postergada. Além disso, os fluxos de caixa são calculados como valores esperados e não são afetados por decisões gerenciais futuras.

Na prática, uma oportunidade de investimento deve ser vista pelas empresas como uma opção, cujas características são análogas a uma opção financeira de compra, de modo que a decisão do melhor momento para se realizar o investimento depende da sensibilidade dos fluxos às incertezas que se apresentam ao longo do tempo (Dixit & Pindyck, 1994). Considerando as incertezas, sejam elas técnicas ou de mercado, as possíveis flexibilidades nas decisões gerenciais precisam também fazer parte do processo de avaliação.

A Teoria das Opções Reais é uma metodologia de análise de decisão de investimentos sob incerteza, cuja base está nas características das opções financeiras, teoria originada do trabalho seminal de Black & Scholes (1973) e Merton (1973) que apresentou uma nova forma de valoração dos derivativos financeiros.

As Opções Reais são a aplicação dessa teoria aos ativos reais, investimentos em projetos de uma forma geral, tendo como uma de suas principais características a flexibilidade na tomada de decisões (opção)

uma vez que, ao valorar a opção real, é possível que os gestores reavaliem o projeto de investimento a cada mudança de cenário, seja para postergar a decisão de investimento, tomá-la no momento mais adequado ou nem mesmo tomá-la, abandonando o projeto caso se mostre inviável economicamente.

### 3.1.

#### Teoria tradicional para análise de projetos

A análise de investimentos exige a aplicação de métodos e técnicas para medir os riscos e os custos de oportunidade das opções de investimento que vão além da simples análise das demonstrações financeiras. Esses critérios são bastante utilizados nos processos decisórios e ajudam a estimar a capacidade dos projetos de gerarem renda (Samanez, 2007). Um dos métodos tradicionais usado para analisar a viabilidade econômica dos projetos de investimento é o Método do Fluxo de Caixa Descontando com seu critério de Valor Presente Líquido (VPL), apresentado a seguir.

#### 3.1.1.

##### Valor Presente Líquido (VPL)

O critério do VPL no método do Fluxo de Caixa Descontado calcula, em valor presente, o valor dos fluxos de caixa gerados pelo projeto. É definido pela equação (3.1):

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + K)^t} \quad (3.1)$$

Onde  $FC_t$  representa o fluxo de caixa do projeto no t-ésimo período ( $t$  variando de 1 a  $n$ ),  $I$  o investimento e  $K$  a taxa de desconto ajustada ao risco do projeto. O critério de decisão é dado pela aceitação do projeto no caso em que o resultado do VPL seja positivo,  $VPL > 0$ , de forma que o projeto é dito economicamente viável.

O ajuste dos valores futuros para o valor presente é conhecido por desconto e a taxa de desconto usada deve representar o custo do capital

aplicado no projeto. Só quando todos os fluxos estão em valor presente é que eles podem ser comparados.

A análise do VPL tradicional, também conhecido por VPL estático, não leva em consideração a flexibilidade estratégica no gerenciamento dos ativos do projeto e impõe ao método certo grau de rigidez uma vez que ignora a participação ativa dos gerentes de projetos que poderiam ajustá-los conforme novos cenários se apresentam. Portanto, a análise apenas do VPL dos projetos é rígida e limitada ao assumir um cenário esperado e a presumir a passividade dos gestores frente às mudanças e às incertezas diante da falta de informações ou das mudanças nos cenários políticos e/ou econômicos. Essas são algumas das deficiências da Teoria Clássica de análise de investimentos que tem o VPL como método base.

### 3.1.2.

#### **CMPC – Custo Médio Ponderado do Capital**

Também conhecido pelo acrônimo WACC (*Weighted average cost of capital*), o CMPC é uma taxa que reflete o custo das diversas fontes de capital que financiam os projetos.

A empresa pode se capitalizar para determinado projeto utilizando capital próprio ou capital dos seus sócios que deverão receber em troca uma rentabilidade pela cessão do capital. Essa rentabilidade representa o custo do capital próprio. A outra fonte de financiamento é dada pela participação do capital de terceiros, que representa a parcela advinda de financiamentos, empréstimos ou outras fontes de recursos de terceiros. O CMPC é uma ponderação do retorno exigido pelas diversas fontes de recursos, considerando a participação de cada uma delas no valor total da empresa (Samanez, 2007):

$$CMPC = (\text{Custo do capital próprio}) * (\text{proporção do capital próprio}) + (\text{custo líquido da dívida}) * (\text{proporção da dívida}) \quad (3.2)$$

### 3.1.3.

#### **CAPM – Modelo de formação de preços de ativos com risco**

Os modelos de formação de preços de ativos com risco pressupõem uma condição de equilíbrio de mercado e relacionam o risco de um ativo ao retorno que os investidores exigem para assumir esse risco.

O CAPM (*Capital Asset Pricing Model*) é usado para estimar o retorno esperado de um ativo de risco ou de uma carteira com ativos de risco. Baseia-se no valor esperado do retorno dos ativos que é influenciado por dois fatores, a rentabilidade do ativo livre de risco e o prêmio de risco, que é retorno adicional exigido pelo investidor para compensar cada unidade adicional de risco assumido (Samanez, 2007).

Presumindo investidores racionais, com portfólios de investimento diversificados, o risco mencionado acima estaria relacionado apenas às mudanças nos cenários econômicos que afetam a economia como um todo.

$$\begin{aligned} &\text{Retorno esperado de um ativo com risco} \\ &= \text{Taxa livre de risco} + \text{Prêmio de risco} \end{aligned} \quad (3.3)$$

O modelo pode ser escrito como:

$$E[R_i] = R_f + \beta_i \lambda \quad (3.4)$$

Onde:

$E[R_i]$  – retorno esperado de um ativo  $i$  de risco

$R_f$  – retorno do ativo livre de risco  $i$

$\beta_i$  – beta do ativo  $i$  (sensibilidade dos retornos do ativo em relação à carteira de mercado)

$\lambda$  – prêmio de risco de mercado, dado pela diferença entre o retorno esperado da carteira de mercado e do ativo livre de risco

Com base no CAPM para a estimação do custo de capital próprio de uma empresa ou de um projeto, costuma-se, em alguns casos, utilizar uma versão do modelo que permita trabalhar com dados de um país de economia mais sólida e estável, ajustando a estimativa a partir do risco-

país onde o projeto será implementado. Nesse caso, o modelo pode ser escrito como

$$K_e = R_f + \beta \lambda + R_b \quad (3.5)$$

Onde:

$K_e$  – custo do capital próprio (retorno esperado pelos acionistas)

$R_f$  – rentabilidade do ativo livre de risco

$\beta$  – beta do ativo similar ao avaliado no mercado mais estável

$\lambda$  – prêmio de risco

$R_b$  - risco país

### 3.2.

#### Teoria das Opções Reais

Muitos modelos de apreçamento de ativos foram desenvolvidos ao longo dos anos e são importantes ferramentas para a área de finanças no que tange à correta precificação dos ativos. Os modelos de apreçamento de derivativos financeiros (ativos que são escritos sobre algum outro ativo base, como, por exemplo, os contratos a termo ou opções) passaram a ser usados para apreçar ativos reais, devido à similaridade com os conceitos envolvidos em investimentos em projetos.

A Teoria das Opções Reais surgiu a partir de então baseada na Teoria das Opções Financeiras. Segundo Copeland & Antikarov (2003), uma opção pode ser definida como um direito de tomar uma decisão de compra (opção de compra, chamada de *call* em inglês) ou venda (opção de venda, ou *put* em inglês) de um determinado bem ou ativo, a um custo pré-determinado (preço de exercício) em uma data pré-determinada (vencimento/expiração da opção).

Importante mencionar que o detentor da opção não é obrigado a exercê-la. Ele somente o fará, de forma racional, se sua tomada de decisão for favorável ao exercício da opção. Na abordagem das opções reais, a oportunidade de investimento não é do tipo “agora ou nunca” e há um valor,

possível de ser calculado, para essa espera pelo momento mais adequado para exercer a opção e fazer o investimento.

### 3.2.1.

#### Definições e características das opções

Existem dois tipos de opções dependendo do seu momento de exercício:

- Opção do tipo europeia: Caracteriza as opções que só podem ser exercidas no vencimento (data de exercício pré-determinada);
- Opção do tipo americana: Representa as opções que podem ser exercidas a qualquer momento, até e inclusive na data de expiração.

O valor de uma opção real é uma função do valor do projeto, da taxa de retorno livre de risco, do valor do investimento no projeto, do tempo de expiração da oportunidade de investimento, da volatilidade do valor do projeto e do fluxo de caixa gerado pelo projeto.

Irreversibilidade, incerteza e flexibilidade são três características-chave das decisões de investimento e do momento – ou *timing* - para sua realização. A interação entre essas características determina a decisão ótima para o investidor (Dixit & Pindick, 1994).

Uma vez feito o investimento e caso ele não se mostre viável, econômica, técnica ou estrategicamente, não é possível recuperar todo o montante investido. A característica de irreversibilidade é, portanto, proveniente do fato de que o investimento é parcialmente ou completamente irreversível. A parcela que não é passível de ser recuperada é conhecida como custo afundado.

A característica da incerteza confere, por outro lado, possibilidades de valores às variáveis do projeto, valores esses que podem ser bons e ruins. Ela afeta as decisões de investimento econômica e tecnicamente, devido ao impacto dos retornos futuros que podem, inclusive, significar a perda parcial ou total de seu investimento. A presença da incerteza econômica estimula o investidor a esperar por uma melhor condição para investir,



adiando o projeto de investimento. No caso da incerteza técnica, de nada adianta aguardar para fazer o investimento; exige-se, na verdade, investimento em informação para que todas as variáveis sejam reestimadas e reavaliadas, reduzindo a incerteza e, logo, a possibilidade de falhas. De forma geral, reduzir a incerteza pode alterar a avaliação do projeto.

Em relação ao *timing* de investir, existem flexibilidades que podem estar presentes nos projetos e que são relacionadas às variáveis de incertezas e/ou aos riscos inerentes envolvidos, podendo ser avaliadas como opções até que se identifique o momento ótimo para o investimento.

No apreçamento de opções e outros derivativos, o conceito de arbitragem é de fundamental importância. É definido a partir de um investimento com custo inicial não-positivo e um retorno positivo em pelo menos um cenário, como exemplo, um investimento sem risco de perder valor, mas podendo auferir ganhos (lucro) sobre ele (Dixit & Pindick, 1994).

Em mercados competitivos, não há oportunidade para arbitragem<sup>6</sup> uma vez que o ajuste entre a oferta e demanda levará o valor dos títulos no mercado de volta ao equilíbrio. O modelo de Black & Scholes (1973) e Merton (1973) pressupõe que o preço justo da opção não permite ganhos de arbitragem e, por isso, há que se construir um portfólio sem risco, composto de ações e também do ativo básico (Dixit & Pindick, 1994). A ausência de arbitragem, portanto, é condição necessária para definir um preço justo de um ativo financeiro em equilíbrio.

### 3.2.2.

#### **Tipos de Opções Reais**

São vários os tipos de opções reais existentes, cada uma com um conjunto de características que a define. De acordo com Trigeorgis (1996), podemos citar como exemplos alguns tipos de opções reais, sendo de especial interesse nesse trabalho a opção de espera:

---

<sup>6</sup> Definição de arbitragem: “É um plano de consumo que tem custo inicial não-positivo e que é sempre não-negativo e estritamente positivo em pelo menos um cenário” (Huang & Litzemberger, 1988 apud Dias, 2005).

- (i) Expansão de um investimento – pode ser vista como uma opção de compra em que o investidor tem a flexibilidade para ampliar a escala de seu projeto, expandindo-o numa oportunidade futura.
- (ii) Contração de um investimento – ao contrário da opção de expansão, a opção de contrair um investimento concede ao investidor a flexibilidade para cancelar parte de seu projeto, em situações, por exemplo, de lançamento de novos produtos e/ou serviços que não tenham o êxito esperado. Trata-se de uma opção de venda sob a parte do projeto que será cancelada.
- (iii) Abandono do investimento – considerada uma opção americana de venda, o abandono do investimento se dará se, numa mudança de cenário futuro, não for mais atrativo ou economicamente viável o investimento.
- (iv) Parada temporária (*shutdown*) – a opção de parada temporária é similar à opção de abandono, porém é usada em situações em que, temporariamente, o investidor encerra as operações para retomá-las em um momento futuro quando as condições estiverem mais favoráveis e a receita possa voltar a se tornar positiva.
- (v) Opção de troca (*switch use*) – a opção permite ao investidor ter flexibilidade para trocar insumos, produtos, uso e localização a fim de adaptar o projeto a novos cenários e/ou a novos padrões tecnológicos (Dias, 2014).
- (vi) Adiamento do investimento ou opção de espera – pode ser vista como uma opção de compra americana em que o investidor tem o direito, e não a obrigação, de postergar o investimento a fim de obter mais informações acerca das incertezas do projeto e se beneficiar da flexibilidade que lhe é oferecida na análise do projeto com opções. No caso de investimentos irreversíveis, a decisão de investir levará em conta o custo de oportunidade por se esperar por novas informações e a decisão será tomada comparando-se o valor do investimento (com custo afundado, devido à sua irreversibilidade) com o valor do ativo real cujo valor, dinamicamente, varia no tempo. A mensuração do valor da

opção de esperar para investir está diretamente relacionada à análise das variáveis de incerteza do projeto e o nível de incerteza é refletido no parâmetro de volatilidade da variável estocástica e, conseqüentemente, do projeto. Quanto maior o nível de volatilidade, maior será o valor da opção de espera.

A equação (3.6) representa o *payoff* da opção de investimento,  $F(V_T, I)$ , na data de expiração  $T$ , com  $V_T$  sendo o valor do projeto em  $T$  estimado pelo valor presente de todas as receitas e custos.

$$F(V_T, I) = \max(V_T - I, 0) \quad (3.6)$$

### 3.3.

#### Processos estocásticos – definições e características

Um processo estocástico é uma coleção de variáveis aleatórias definidas no mesmo espaço de probabilidade e indexadas pelo tempo e é utilizado para modelar variáveis que, ao longo do tempo, apresentam um componente determinístico e outro aleatório e imprevisível. O processo estocástico da variável  $X$  pode ser denotado por  $\{X(t); t \in T\}$ , logo, para cada  $t$  do conjunto de índices  $T$ ,  $X(t)$  é uma variável aleatória (Dias, 2015).

Tratar as incertezas é essencial na análise de opções reais e, na maior parte dos casos, assume-se que os fatores de incerteza no projeto seguem um processo estocástico, ou seja, sua evolução no tempo possui um componente de aleatoriedade. Os processos estocásticos podem estar em tempo discreto, quando o conjunto de índices ( $T$ ) é um conjunto contável em determinados instantes de tempo, ou em tempo contínuo, quando o tempo é um conjunto incontável, ou seja, as variações podem ocorrer a qualquer instante de tempo de forma contínua.

Os processos estocásticos são usados para ajudar a fazer previsões e estimar os riscos dessas previsões por meio dos intervalos de confiança que consideram os fatos estilizados (propriedades estatísticas) específicos da série temporal analisada.

### 3.3.1.

#### Processo de Wiener e Movimento Geométrico Browniano

Um tipo especial de processo estocástico é o Processo de Wiener, muito utilizado na área de Finanças. Esse processo é também conhecido como Movimento Browniano e representa o referencial matemático para modelar incertezas no cálculo das opções.

Trata-se de um processo estocástico com valores nos números reais, em tempo contínuo, com conjunto incontável de variações e as seguintes propriedades inerentes ao processo:

- i. Markoviana - é um processo markoviano (sem memória) em que as distribuições de probabilidade em  $x_t$  não são afetadas pelos dados passados  $x_{t-1}$  e  $x_{t+1}$  depende apenas de  $x_t$ . Tal propriedade deve-se à hipótese fraca de eficiência do mercado. (Dyxit & Pindyck, 1994)
- ii. Incrementos estacionários independentes - sua distribuição de probabilidade da variação no tempo independe de outro intervalo de tempo.
- iii. Normalidade e *martingale* - em intervalos de tempo finito, as variações seguem uma distribuição normal com média zero (*martingale*) e variância linear, proporcional ao intervalo de tempo, de crescimento.

O incremento de Wiener  $dz(t)$  é definido como sendo a variação (incremento) infinitesimal do movimento Browniano e é dado pela expressão:

$$dz(t) = \varepsilon_t \sqrt{dt} \quad (3.7)$$

com distribuição normal e variância proporcional ao intervalo de tempo:

$$dz(t) \sim N(0, dt) \quad \forall t \geq 0 \quad (3.8)$$

Um Processo de Itô é um processo de Wiener generalizado dado pela seguinte equação diferencial estocástica (EDE):

$$dx(t) = a(x, t)dt + b(x, t)dz \quad (3.9)$$

Sendo  $dx(t)$  um intervalo infinitesimal do tempo,  $dz$  um incremento do Processo de Wiener onde  $dz \sim N(0, dt)$  para todo  $t \geq 0$ ,  $a(x, t)$  e  $b(x, t)$  são funções conhecidas. Um caso particular da equação (3.9) é quando a função  $a(x, t)$  for igual a  $ax$  e  $b(x, t)$  for igual a  $\sigma x$ ; nesse caso, caracteriza-se um Movimento Geométrico Browniano.

O Movimento Geométrico Browniano é o processo estocástico mais utilizado nas áreas de Economia e Finanças. É um processo relativamente simples, com poucos parâmetros, porém bastante consistente e ideal para modelar processos estocásticos que não aceitam valores negativos (Dixit e Pyndick, 1994; Brandão, 2005; Dias, 2015). É bastante utilizado para modelar preços de ações, taxas (juros, câmbio), índices agregados, preços de produtos e ativos dentre outras variáveis.

O MGB modela a série temporal (podendo ser usado para descrever preços, demanda, índices, taxas e outros) com uma tendência de crescimento exponencial, sendo esta característica uma de suas propriedades (Dias, 2015). A volatilidade é a propriedade que determina o grau de incerteza sobre a variação da variável estocástica. Outros processos estocásticos comumente utilizados envolvem outras características específicas, como é o caso da reversão à média de longo prazo nos conhecidos processos de reversão à média, bastante utilizados na modelagem de preços de *commodities*.

Um cuidado adicional na estimação do MGB para uma determinada variável é a identificação da sazonalidade observada em algumas séries de dados, como, por exemplo, no caso da demanda de produtos e serviços. Nesse caso, é necessário removê-la para que a aceitação ou rejeição de um processo estocástico como um MGB não seja equivocada (Marathe & Ryan, 2005).

O MGB assim definido pressupõe que a variável modelada tenha distribuição log-normal, de forma que se uma variável  $Y$  tem distribuição log-normal, o seu logaritmo igualmente tem uma distribuição normal.

$$Y \sim \text{lognormal} \Leftrightarrow X = \ln(Y) \sim \text{normal} \quad (3.10)$$

A equação diferencial estocástica do MGB é dada por:

$$dx(t) = \alpha x dt + \sigma x dz \quad (3.11)$$

sendo  $\alpha$  o parâmetro de tendência (*drift*) e  $\sigma$  o parâmetro de volatilidade e  $dx$  e  $dz$  os termos estocásticos da equação.

No MGB, a variável estocástica segue uma distribuição log-normal com tendência de crescimento (ou queda) exponencial a uma taxa  $\alpha$  e com variância crescente (de forma ilimitada) no tempo, podendo-se assumir  $\alpha > -\sigma^2/2$ .

$$\frac{dx(t)}{x} \sim N(\alpha dt; \sigma^2 dt) \quad (3.12)$$

Com média e variância:

$$E[x(t)] = x_0 e^{\alpha t} \quad (3.13)$$

$$Var[x(t)] = x_0^2 e^{2\alpha t} (e^{\sigma^2 t} - 1) \quad (3.14)$$

Sendo  $x_0$  o valor inicial, em ( $t = 0$ ).

A estimação dos parâmetros nos processos estocásticos pode ser feita por meio de regressão linear com variáveis com distribuição normal, considerando o MGB dado pela equação (3.11). Seja  $x_t$  determinado valor da observação no período  $t$ , deve-se, primeiramente, calcular os valores logaritmos das observações, gerando  $\ln(x_t)$ . Em seguida, calculam-se os retornos logaritmos, por meio da equação (3.15).

$$\ln \left[ \frac{x_t}{x_{t-1}} \right] \quad (3.15)$$

Em não se rejeitando o MGB para modelagem da série, os parâmetros de tendência e volatilidade ( $\alpha$  e  $\sigma^2$ ) podem ser estimados por meio das seguintes equações:

$$\alpha = N \left\{ E \left[ \ln \left( \frac{x_t}{x_{t-1}} \right) \right] + \frac{\sigma^2}{2N} \right\} \quad (3.16)$$

$$\sigma^2 = N Var \left[ \ln \left[ \frac{x_t}{x_{t-1}} \right] \right] \quad (3.17)$$

onde  $N$  representa o número de períodos por ano das observações dos dados.

Alguns testes podem ser feitos para verificar a hipótese de o MGB ser um modelo que se ajusta bem aos dados da série temporal analisada, tais como o teste da raiz unitária (*Dickey-Fuller*), teste de normalidade para os retornos logaritmos, teste de autocorrelação nos resíduos, testes de estacionariedade entre outros. O teste da raiz unitária (*Dickey-Fuller* – *DF test* ou *Augmented Dickey-Fuller* – *ADF test*, nos casos em que há autocorrelação na série) é o principal teste, embora não deva ser o único, usado para identificar se a série temporal segue um MGB. Seu entendimento parte da equação de regressão linear dada pela equação (3.18), com  $\varepsilon$  sendo o erro. Consiste em um teste de hipótese com a inclinação das linhas da regressão feita com os valores de retorno logaritmo  $\ln \left[ \frac{x_t}{x_{t-1}} \right]$  e  $\ln[x_{t-1}]$ . Quando  $b$  é igual 1 ( $b = 1$ ), identifica-se que a série apresenta raiz unitária, de modo que o MGB não pode ser rejeitado. A contraprova pode ser encontrada em Dias (2015), capítulo 16.

$$\ln[P(t)] = a + b \ln[x_{t-1}] + \varepsilon_t \quad (3.18)$$

O teste compara os resultados encontrados com uma tabela de valores críticos (nos níveis de significância de 1, 5 e 10%) determinados com base na série temporal e no número de observações existentes. Se a estatística-teste encontrada na regressão for maior do que os valores críticos dos níveis de significância, a hipótese  $H_0$  não é rejeitada, sugerindo, portanto, a presença de raiz unitária e a não rejeição do MGB.

$H_0: b-1 = 0$  (ou  $b = 1$ ) – MGB não pode ser rejeitado

$H_1: b-1 \neq 0$  (ou  $b \neq 1$ ) – MGB é rejeitado

### 3.3.2.

#### Séries com sazonalidade

Marathe & Ryan (2005) explicam a importância de tratar a sazonalidade das séries temporais e analisam diferentes exemplos de séries com dados da demanda, tal qual uma das variáveis estocásticas deste trabalho, a fim

de verificar se o MGB é um modelo válido para explicar o crescimento desse tipo de série temporal.

Os autores indicam dois métodos comuns para decompor séries temporais, sendo aqui apresentado o da dessazonalização por meio da adição, modelo tido como mais adequado a situações com pouca flutuação de sazonalidade ao longo da série. A equação (3.19) representa o método da adição em que a soma dos índices por período resulta em zero (Brockwell e Davis, 2002):

$$X_t = S_t + T_t + E_t \quad (3.19)$$

Onde,  $S_t$  é o índice de sazonalidade no período  $t$ ,  $T_t$  é o componente de ciclo no período  $t$  e  $E_t$  é o componente irregular.

A primeira etapa da dessazonalização consiste em estimar os valores dos índices de sazonalidade para cada período. Uma vez encontrado o estimador  $\hat{S}$  para cada período  $j$ , as variáveis log-normais podem ser estimadas usando a equação (3.20):

$$\ln[\hat{Y}_{ij}] = \ln[X] - \ln[\hat{S}_j] \quad (3.20)$$

O método de estimação utilizado neste trabalho foi o método das médias aritméticas móveis (Brockwell e Davis, 2002; Marathe e Ryan, 2005), de acordo com a equação (3.21), em que  $P_{ij}$  representa a média aritmética móvel do período  $j$  em cada ano  $i$ .

Com um número de períodos par (como exemplo,  $j = 4$  para os dados trimestrais da série de dados deste projeto), a média móvel pode ser calculada com a equação:

$$P_{ij} = \frac{1}{p} \left( 0,5 \ln X_{t-\frac{p}{2}} + \ln X_{t-\frac{p}{2}+1} + \dots + \ln X_{t+\frac{p}{2}-1} + 0,5 \ln X_{t+\frac{p}{2}} \right), \quad (3.21)$$

$$\text{com } t = (i - 1)p + j$$

Após encontrar as médias móveis, é necessário calcular o desvio para estimar o log do índice de sazonalidade para o período  $j$  baseado no ano  $i$ .

$$\ln \hat{S}_{ij} = \ln X_{ij} - P_{ij} \quad (3.22)$$



Com  $p$  sendo um número par ( $p = 4$ , como exemplo), as equações correspondentes para o cálculo do log do índice de sazonalidade estimado para o período são as equações (3.23, 3.24 e 3.25):

$$\ln \hat{S}_j = \frac{1}{m-1} \sum_{i=2}^m \ln \hat{S}_{ij} \text{ para } j = 1 \text{ a } \frac{p}{2} \quad (3.23)$$

$$\ln \hat{S}_j = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^{m-1} \ln \hat{S}_{ij} \text{ para } j = \left(\frac{p}{2} + 1\right) \text{ a } p \quad (3.24)$$

$$E[\ln \hat{S}_j] = \ln S_j \quad (3.25)$$

### 3.3.3.

#### Simulação e o Método de Monte Carlo

Simulação é uma técnica de modelagem utilizada para a reprodução do comportamento dinâmico de um sistema que permite medir seu desempenho e testar novas situações, imitando o funcionamento de um sistema real (Prado, 2014).

O método de Monte Carlo é um método numérico computacional que utiliza números aleatórios e uma função de probabilidade que descreve o fenômeno real. Baseia-se na amostragem probabilística repetida dos dados de entrada (*inputs*) que geram repetidos resultados de saída (*outputs*), resultados da simulação.

Para fins de simulação do processo estocástico, pode-se trabalhar com o MGB na sua forma discretizada dada pela seguinte equação:

$$x_t = x_{t-1} * \exp\left\{\left(\alpha - \frac{1}{2}\sigma^2\right)\Delta t + \sigma\varepsilon\sqrt{\Delta t}\right\}, \varepsilon \sim N(0,1) \quad (3.26)$$

Para a avaliação de opções, sob neutralidade ao risco, a equação (3.9) pode ser reescrita como:

$$dx(t) = (r - \delta)x dt + \sigma x dz \quad (3.27)$$

De modo que na forma discretizada, tem-se que:

$$x_t = x_{t-1} * \exp\left\{\left(r - \delta - \frac{1}{2}\sigma^2\right)\Delta t + \sigma\varepsilon\sqrt{\Delta t}\right\}, \varepsilon \sim N(0,1) \quad (3.28)$$

Essa versão é utilizada para propiciar o cálculo do valor da opção usando a taxa livre de risco como uma taxa de desconto adequada para o cálculo do valor da opção, substituindo o parâmetro real de tendência ( $\alpha$ ) por um parâmetro neutro ao risco ( $r - \delta$ ).

A taxa de conveniência, também conhecida como a taxa de retorno de escassez, para ativos não financeiros está relacionada à possibilidade de escassez de um produto e, conseqüentemente, à manutenção dos níveis de estoques que permitem amenizar possíveis rupturas na produção. Há, portanto, uma relação inversamente proporcional entre o nível de estoque e a taxa de conveniência ( $\delta$ ).

Para as *commodities* e para os ativos financeiros, a taxa de conveniência ou a taxa de dividendos representa um retorno adicional oriundo da posse de determinado ativo.

No caso em que a variável estocástica é o valor de um projeto, este parâmetro  $\delta$  representa não mais uma taxa de conveniência sob esta definição, mas sim uma taxa de distribuição de fluxos de caixa. Uma forma de se estimar esta taxa pode ser realizada a partir da média das razões entre o valor do fluxo de caixa,  $FC(t)$ , e o valor do projeto,  $V(t)$ , em cada período ( $t$ ), conforme a equação (3.29):

$$\frac{FC(t)}{V(t)} \quad (3.29)$$

O software utilizado para as simulações de Monte Carlo ao longo do trabalho foi o *@Risk*. O programa efetua os cálculos e simula diversos possíveis cenários futuros, informando também as probabilidades e os riscos associados a cada cenário. A construção do fluxo de caixa do projeto fez uso da Simulação de Monte Carlo para simular o comportamento das variáveis aleatórias e das demais variáveis dependentes dessas variáveis. As simulações serviram como *inputs* aos dados analisados.

### 3.4.

#### Métodos de avaliação das Opções Reais

As decisões de investimento são influenciadas pela variável tempo e pelo comportamento das variáveis de incerteza dos projetos. As ferramentas de modelagem das decisões de investimento devem conseguir lidar e tratar com essas incertezas ou contingências futuras (Fonseca, 2008). Sendo  $V$  o valor de um projeto, quanto maior o número de variáveis de incerteza num projeto, maior a complexidade do cálculo do valor da opção de espera  $F(V)$  e o cálculo do valor do gatilho  $v^*$  (valor ótimo) para investir.

### 3.4.1.

#### **Método da volatilidade agregada – (*Marketed Asset Disclaimer* – MAD)**

O método da volatilidade agregada proposto por Copeland & Antikarov (2003) tem como objetivo simplificar o problema da solução de processos com múltiplas variáveis estocásticas, permitindo reduzir as fontes de incerteza em apenas uma. Duas premissas são consideradas na simplificação da análise por meio deste método de avaliação.

A primeira premissa do método é conhecida por MAD – *Marketed Asset Disclaimer* – na qual se assume que a melhor estimativa não tendenciosa para o valor de um ativo real, não negociado no mercado, é o valor presente (VP) dos Fluxos de Caixa (FC) desse ativo sem flexibilidade. Portanto, segundo essa premissa, o Valor Presente estático do projeto é a melhor estimativa não tendenciosa do valor atual de mercado do projeto. Utilizar o próprio projeto como o ativo básico do projeto com opções torna o mercado completo para o projeto e permite o uso da condição de neutralidade ao risco na valoração do ativo (Brandão, 2002; Fonseca, 2008).

A segunda premissa do método, atribuída pelos autores ao teorema de Paul Samuelson (1965), é de que os retornos do projeto seguem um passeio aleatório (*random walk*), com distribuição log-normal, e podem, nesse sentido, ser aproximados como um MGB, independentemente de quais sejam os processos estocásticos seguidos pelas variáveis de incerteza do projeto. O uso dessa premissa permite combinar qualquer

número de variáveis estocásticas em uma planilha que use as técnicas de simulação de Monte Carlo para estimar o valor do projeto

Os autores subdividem o método em um processo de quatro etapas. O primeiro passo do método é o cálculo do VPL estático, sem flexibilidade, por meio dos Fluxos de Caixa Descontados do projeto ajustados ao risco, usando para isso as técnicas tradicionais. O segundo passo do método consiste em modelar as incertezas do projeto, com base na série histórica de dados de suas variáveis estocásticas. Assume-se, neste passo, que as múltiplas incertezas podem ser combinadas, por meio de Simulação de Monte Carlo, em apenas uma incerteza que é o valor do projeto (V)<sup>7</sup>. A estimativa da volatilidade agregada basta para a construção da árvore de decisões. O terceiro passo consiste na determinação das decisões gerenciais a fim de estimar o valor da opção para o projeto. No quarto e último passo, calcula-se o valor da Opção Real por meio do método de portfólios replicantes ou de probabilidades neutras ao risco. Quando não é possível identificar um portfólio replicante para o projeto, assume-se a premissa de que o Valor Presente das receitas líquidas, de custos operacionais e de impostos do projeto, sem opções, é a melhor estimativa do seu valor de mercado. Considerando que o mercado seja completo, utiliza-se a taxa livre de risco para descontar os fluxos de caixa a valor presente solucionando o problema.

### **3.4.2.**

#### **Método MAD modificado**

O método MAD, proposto por Copeland & Antikarov (2003), apresenta algumas limitações de metodologia que foram apontadas por Dias (2005) e Brandão (2002) e que resultam em uma volatilidade demasiadamente alta e acabam implicando em erros de implementação do método nas simulações dos fluxos de caixa. Segundo os autores críticos ao método tradicional, o uso da premissa de mercado completo e eficiente para um projeto real pode induzir a erros significativos uma vez que não pode ser testada no mercado. Ademais, o uso do custo médio ponderado

---

<sup>7</sup>  $VPL = V - I$

de capital como taxa de desconto pode não ser a escolha mais adequada para todos os tipos de projeto. Esse problema é inerente ao método MAD e à própria teoria tradicional do FCD. A segunda premissa também só deve ser considerada em forma de aproximação uma vez que exige mercados eficientes para que de fato a aproximação se verifique e exclui a possibilidade da existência de outros processos estocásticos ou eventos discretos, como as distribuições de Poisson com saltos (Brandão, 2005).

Dias (2015) sugere modificações ao método original, aqui chamado de MAD modificado. No método modificado, o cálculo da volatilidade das variáveis estocásticas passa a ser feito apenas no primeiro ano de operação do projeto ( $t=1$ ), diferentemente do método original que faz a simulação das variáveis para todos os períodos. Após simular os parâmetros de mercado do fluxo de caixa em  $t=1$ , o método modificado usa curvas de valor esperado para calcular o valor presente do projeto nos demais períodos até o final da operação. Essa modificação tem como objetivo evitar a ocorrência de volatilidades  $\sigma_V$  para o valor do projeto demasiadamente altas e inconsistentes, identificadas no uso do método MAD tradicional.

Outra revisão que aparece no método MAD modificado diz respeito à simulação da variância do projeto que é feita considerando a distribuição log-normal do projeto em contrapartida à simulação da variância dos retornos usada por Copeland & Antikarov (2003) como uma distribuição normal do retorno logaritmo sem adiar o primeiro fluxo de caixa. Essa modificação evita a ocorrência de cenários com valor negativo do projeto que não são, computacionalmente, possíveis de serem calculados (Dias, 2005).

### 3.4.3.

#### Direitos Contingenciais

As opções reais podem ser avaliadas por meio de técnicas de modelagem de direitos ou ativos contingenciais (*contingent claims*), um método que é baseado na teoria das finanças e é utilizado na avaliação de ativos replicáveis (Dixit e Pindyck, 1994). Obtém-se o valor da opção nesse

método ao construir um portfólio neutro ao risco composto pela opção e pelo ativo subjacente. Ao construir o portfólio livre de risco, é possível usar a taxa livre de risco como taxa de desconto em equilíbrio, na ausência de arbitragem, desse portfólio (Dias, 2015).

A principal premissa desta técnica de análise é que o mercado é completo e que mudanças estocásticas no valor do investimento podem ser replicadas por meio de uma carteira dinâmica de ativos com preço perfeitamente correlacionado ao valor do projeto (Brandão, 2002).

No caso de uma opção europeia em que o processo estocástico do ativo subjacente é dado pelo MGB, a solução analítica do método se dá por meio da dedução da Equação Diferencial Parcial (EDP) de Black-Scholes-Merton.

Quando o projeto possui mais de uma variável estocástica, é possível escrever a EDP do valor da opção real utilizando a aproximação proposta por Copeland & Antikarov (2002) que propõe o cálculo dos parâmetros agregados do projeto incorporam as incertezas e as representam. Simplifica-se, assim, o problema para o caso clássico das Opções Reais, podendo ser resolvido com base nos dados de apenas um ativo subjacente  $V$ .

### 3.5.

#### O valor de um projeto como uma opção perpétua

Seja  $F(V, t)$  o valor da opção real de investir o valor  $I$  para se obter um ativo básico  $V$  em função do tempo. Considerando que a variável  $V$  segue um MGB, temos:

$$dV(t) = \alpha V dt + \sigma V dz \quad (3.30)$$

sendo  $\alpha$  o parâmetro de tendência, calculado por meio da equação (3.31),  $\sigma$  o parâmetro de volatilidade para  $V$ , equação (3.32), e  $dz$  o incremento de Wiener.

$$\alpha_V = \ln \left( \frac{E[VP(t=1)]}{VP \text{ esperado do FC estático}} \right) \quad (3.31)$$

$$\sigma_V = \sqrt{\left( \ln\left(1 + \left( \frac{Var[VP(t=1)]^2}{(VP \text{ esperado do FC estático}^2 * \exp(2 * \alpha_V))} \right) \right) \right)} \quad (3.32)$$

Seja o portfólio formado pelo ativo básico e pelo valor da opção representado pela equação (3.33):

$$\Phi = F - nV \quad (3.33)$$

Onde  $\Phi$  é o valor da carteira com posição comprada na opção  $F$  e vendida no ativo  $V$  em  $n$  unidades. Embora não se conheça a taxa de desconto de  $F$ , ao se considerar que se trata de um portfólio livre de risco, a taxa de desconto do portfólio tem que ser a taxa livre de risco para que não exista oportunidade de arbitragem e utiliza-se, para tanto, o *delta-hedge* dado por:

$$n = \frac{\partial F}{\partial V} = F'(V) \quad (3.34)$$

Dessa forma, tem-se uma equação dinâmica do valor da carteira livre de risco, que varia conforme  $V$  varia no tempo:

$$\Phi = F - F'(V)V \quad (3.35)$$

Durante um intervalo infinitesimal  $dt$ , o retorno do portfólio livre de risco é dado por:

$$r \Phi dt = r [F - F'(V)V]dt \quad (3.36)$$

O retorno total da carteira em um intervalo de tempo  $dt$  é igual ao ganho de capital ( $dF$ ) mais os dividendos das demais variáveis do portfólio.

$$r \Phi dt = dF - F'(V) [dV - \delta V dt] \quad (3.37)$$

Aplicando-se o Lema de Itô para  $F(V, t)$ , temos:

$$dF = F_V dV + \frac{1}{2} F_{VV} dV^2 + F_t dt \quad (3.38)$$

Igualando as duas últimas equações de retorno de portfólio, aplicando-se o Lema de Itô para  $F(V, t)$ , substituindo o valor de  $dF$  e usando

as igualdades  $dz^2 = dt$  e  $dV^2 = \sigma^2 V^2 dt$ , temos uma nova equação para o retorno total sobre o portfólio livre de risco:

$$r \left[ F - \frac{\partial F}{\partial V} V \right] dt = \frac{1}{2} \sigma^2 V^2 \frac{\partial^2 F}{\partial V^2} dt - \delta V \frac{\partial F}{\partial V} dt + \frac{\partial F}{\partial t} dt \quad (3.39)$$

Rearranjando os termos da equação, chega-se à equação diferencial parcial (EDP) de Black-Scholes-Merton (caso com dividendos do ativo básico a uma taxa  $\delta$ ).

$$\frac{1}{2} \sigma^2 V^2 \frac{\partial^2 F}{\partial V^2} + (r - \delta) V \frac{\partial F}{\partial V} + \frac{\partial F}{\partial t} - rF = 0 \quad (3.40)$$

O valor da opção exercida no momento ótimo é dado não pela EDP, mas, sim, por suas condições de contorno.

Em muitos casos, inclusive na análise do projeto em questão, a oportunidade de investimento pode ser vista como uma opção perpétua, em que não há uma data limite para o seu exercício. A equação diferencial nos casos de opções perpétuas tem sua derivada em relação ao tempo igual a zero ( $\frac{\partial F}{\partial t} = 0$ ), ou seja, a simples passagem do tempo não influencia nem altera o valor da opção cujo tempo de expiração é infinito (Dias, 2015).

No caso da opção perpétua, a EDP se torna uma Equação Diferencial Ordinária – EDO - com apenas uma variável estocástica e com solução analítica em grande parte dos casos.

$$\frac{1}{2} \sigma^2 V^2 \frac{\partial^2 F}{\partial V^2} + (r - \delta) V \frac{\partial F}{\partial V} - rF = 0 \quad (3.41)$$

Suas condições de contorno são (Dias, 2015):

Trivial: se  $V = 0$

$$F(0) = 0 \quad (3.42)$$

Condição de continuidade (definição de gatilho): se  $V = V^*$

$$F(V^*) = V^* - I \quad (3.43)$$

Condição de contato suave: se  $V = V^*$



$$\left. \frac{\partial F(V)}{\partial V} \right|_{V=V^*} = \left. \frac{\partial (V-I)}{\partial V} \right|_{V=V^*} = 1 \quad (3.44)$$

Substituindo  $V = 0$  na EDO, obtém-se  $F = 0$ . A EDO é homogênea e parabólica de 2ª ordem com a seguinte solução analítica geral (Dias, 2015):

$$F(V) = A V^\theta \text{ para } V < V^* \quad (3.45)$$

onde  $A > 0$  é uma constante obtida com as condições de contorno e  $\theta$  um parâmetro determinado pela solução das equações quadráticas:

$$\theta_1 = \frac{1}{2} - \frac{(r - \delta)}{\sigma^2} + \sqrt{\left[ \frac{(r - \delta)}{\sigma^2} - \frac{1}{2} \right]^2 + \frac{2r}{\sigma^2}} \quad (3.46)$$

$$\theta_2 = \frac{1}{2} - \frac{(r - \delta)}{\sigma^2} - \sqrt{\left[ \frac{(r - \delta)}{\sigma^2} - \frac{1}{2} \right]^2 + \frac{2r}{\sigma^2}} \quad (3.47)$$

Assumindo os parâmetros neutros ao risco  $r > 0$  e  $\delta > 0$ , pode-se inferir que as raízes das equações acima têm as seguintes propriedades:

$$\theta_1 > 1$$

$$\theta_2 < 0$$

Pelas condições de contorno, apenas  $\theta_1$  é válido, de forma que o valor final da opção perpétua é dado por

$$F(V) = A_1 V^{\theta_1} \quad (3.48)$$

As incógnitas são determinadas pelas equações:

$$V^* = \frac{\theta_1}{\theta_1 - 1} I \quad (3.49)$$

$$A_1 = \frac{V^* - I}{(V^*)^{\theta_1}} I \quad (3.50)$$

O prêmio líquido da espera para exercer a opção é dado pela diferença entre o valor da Opção Real  $F(V)$  e o VPL estático, sem flexibilidade. Se essa diferença for superior a zero, a decisão de investir deve ser postergada até que haja melhores condições. Em contrapartida, se a diferença for negativa ou se o valor de  $F(V)$  for igual ao valor do VPL,

não há que se falar em espera, a decisão pode ser tomada, pois o momento é ótimo para investir.

### 3.5.1.

#### Homogeneidade das variáveis

Normalmente, as variáveis estocásticas de problemas de opções reais são correlacionadas e podem ser modeladas usando o artifício da redução da dimensionalidade, que usa o conceito de homogeneidade de opções e gatilho (Dias, 2015).

Se além do valor do projeto, o valor do investimento inicial for também considerado estocástico, a redução da dimensionalidade pode ser usada para simplificar a resolução dos problemas de opções reais e é feita com a interação entre as variáveis estocásticas do projeto resultando numa EDP que considera a razão  $v = V/I$  para o cálculo da opção unitária  $f = F/I$ .

Usando o conceito de homogeneidade, tem-se que:

$$F(V, I, t) = I f\left(\frac{V}{I}, t\right) = I f(v, t) \quad (3.51)$$

de modo que a volatilidade de  $v$  é dada por:

$$\sigma^2 = \sigma_V^2 - 2 \rho \sigma_V \sigma_I + \sigma_I^2 \quad (3.52)$$

A EDO para a opção por unidade de investimento  $f(v, t) = F(V, t)/I$  com  $v (= V/I)$  sendo o ativo básico é dada por:

$$\frac{1}{2} \sigma^2 v^2 f''(v) + (\delta_I - \delta_V) v f'(v) - \delta_I f(v) = 0 \quad (3.53)$$

Finalmente, a condição de continuidade é:

$$f(v^*) = v^* - 1 \quad (3.54)$$

e a condição de suavidade:

$$f'(v^*) = 1 \quad (3.55)$$

McDonald & Siegel (1986) desenvolvem uma solução analítica para o caso da opção perpétua em que o valor do projeto  $V$  e o investimento  $I$

são as variáveis estocásticas e seguem MGBs correlacionados com os parâmetros  $(a_V, \sigma_V)$  e  $(a_I, \sigma_I)$ . Novamente, a solução é do tipo  $f = Av^\theta$ , que substituindo na equação (3.53), gera a seguinte equação quadrática:

$$\frac{1}{2}(\sigma_V^2 - 2\rho \sigma_V \sigma_I + \sigma_I^2)\theta(\theta - 1) + (\delta_I - \delta_V)\theta - \delta_I = 0 \quad (3.56)$$

onde a raiz  $\theta_1 > 1$  dada por:

$$\theta_1 = \frac{1}{2} - \frac{(\delta_I - \delta_V)}{\sigma^2} + \sqrt{\left[\frac{(\delta_I - \delta_V)}{\sigma^2} - \frac{1}{2}\right]^2 + \frac{2\delta_I}{\sigma^2}} \quad (3.57)$$

Considerando como condições de contorno,  $f(v^*) = v^* - 1$  para a continuidade e  $f'(v^*) = 1$  para o contato suave, a solução analítica do problema é análoga às equações das incógnitas (equações 3.49 e 3.50) apresentadas anteriormente. Neste caso, tem-se que:

$$f(v) = \left(\frac{v}{v^*}\right)^{\theta_1} (v^* - 1), \text{ se } v \leq v^* \quad (3.58)$$

$$f(v) = (v^* - 1), \text{ se } v \geq v^* \quad (3.59)$$

$$v^* = \left(\frac{\theta_1}{\theta_1 - 1}\right) \quad (3.60)$$

## 4

### **Projeto de serviço pós-venda com uso de van itinerante de reparo**

Neste capítulo, são apresentados os resultados da análise de viabilidade de um projeto de serviço pós-venda de uso de uma van itinerante de reparo com opção de espera perpétua. Considerando as incertezas sobre a demanda, provenientes do número de serviços prestados, e sobre o comportamento da taxa de câmbio, que influencia os custos e as receitas do projeto por considerar a importação de equipamentos utilizados na montagem da van e dos *spare parts* utilizados nos reparos, este projeto avalia a opção real de espera do investimento em comparação a uma análise estática de Valor Presente Líquido. As técnicas aplicadas e as teorias apresentadas permitem a generalização da análise para projetos similares.

Nas seções que seguem estão descritas as premissas adotadas na construção do fluxo de caixa estático do projeto e os processos relacionados ao tratamento das séries temporais de dados, das estimativas dos custos logísticos de importação e transporte envolvidos, bem como o cálculo do custo de capital da empresa e das informações necessárias em todas as etapas percorridas para o cálculo da opção real de espera.

#### **4.1.**

#### **Contextualização da empresa e do serviço pós-venda objeto do projeto**

A empresa, cujo projeto de investimento é avaliado, revende no mercado brasileiro equipamentos importados. Desenvolve as atividades de:

- importação e revenda de equipamentos;
- locação de equipamentos e;
- assistência técnica (reparos corretivos, preventivos e calibrações nos equipamentos da marca).

A empresa possui uma delimitação geográfica de área de atuação, definida em seu contrato de representação, e atende os clientes localizados nos estados do RJ, PR e RS.

Os dois principais diferenciais competitivos da empresa em relação aos seus concorrentes são a qualidade dos equipamentos fornecidos e o nível de serviço prestado. Quanto à qualidade dos equipamentos, há forte investimento no setor de engenharia da empresa matriz (fabricante), localizada no exterior, que se destaca por seu perfil de vanguarda no setor, com soluções modernas que buscam otimizar a segurança dos operadores e a qualidade do serviço realizado com os equipamentos.

Quanto ao nível de serviço, busca-se oferecer a todos os clientes um elevado nível de serviço. É regra da empresa, por exemplo, que seus representantes estejam disponíveis para atender seus clientes 24 horas por dia, 7 dias por semana, todos os dias no ano.

Uma nova ferramenta adotada pela matriz da empresa com o objetivo de maximizar o nível de serviço oferecido aos clientes é a utilização de uma oficina móvel de reparos e calibrações montada em uma van que pretende atender, de forma rápida e segura, às necessidades de reparo e de calibrações dos clientes, proporcionando um serviço de excelência no próprio *site* dos clientes, evitando que eles tenham burocracia e desgaste, em termos de tempo e de custo, no envio dos equipamentos avariados ou que necessitem de manutenções preventivas ou recalibrações às oficinas de assistência técnica.

Com base na configuração proposta por Sacconi et al (2007), podemos descrever o serviço pós-venda do uso da van itinerante de reparos com base na estrutura da cadeia de suprimentos dos serviços pós-venda, cujas características principais seriam: a integração vertical do tipo *downstream*, em que os clientes estariam mais integrados à cadeia de suprimentos dos serviços, devido ao maior controle das atividades relacionadas aos reparos e ao próprio controle dos ativos; a centralização das atividades de reparo, que permaneceriam concentradas na oficina de Assistência Técnica localizada na base da empresa, porém a van ofereceria a possibilidade de

melhorar a disponibilidade e a prontidão dos serviços aos clientes, que muitas vezes trata-se de fator crítico em suas operações, com um relativo baixo custo fixo; desvinculação das atividades relacionadas ao tipo de serviço pós-venda proposto, fazendo que com que essa área, que agrega significativo valor ao negócio da empresa, receba uma abordagem e uma estratégia diferenciadas em termos de gestão.

O custo do transporte para os equipamentos em reparo é significativo, especialmente em função das longas distâncias geográficas que envolvem os clientes da empresa e seu único centro de assistência técnica e também em razão do alto valor dos equipamentos que impacta no valor do seguro das cargas sendo transportadas. O modal rodoviário, mais utilizado na malha viária brasileira, é uma opção demorada e o modal aéreo, é bastante oneroso aos clientes.

Ademais dos custos financeiros, há que se mencionar o custo fiscal relacionado à movimentação das cargas em reparo. Fiscalmente, exige-se a emissão de uma NF-e (Nota Fiscal Eletrônica) que acompanha o material tanto na operação de remessa quanto na operação de retorno dos equipamentos enviados para reparo.

A incidência de ICMS sobre a remessa para reparo é suspensa, de acordo com o título IX do RICMS RJ, por um período inicial de 180 dias e prorrogável por igual período. O não retorno dos equipamentos enviados em reparo no prazo máximo de 360 dias representa a possibilidade de autuação às empresas envolvidas, sob pena de instauração de procedimento fiscal por configurar operação de venda sem o recolhimento dos impostos devidos. Portanto, há que se ter um rigoroso controle dos ativos no que se refere às datas de remessa e retorno dos equipamentos, tanto pelos clientes quanto pelo fornecedor que os recebe.

“Art. 52. Sem prejuízo de outras hipóteses expressamente previstas neste regulamento, gozam de suspensão do imposto:

I - a saída e o respectivo retorno de mercadoria destinada a conserto, reparo ou industrialização;

[...]

§ 1.º A suspensão a que se refere o inciso I:

[...]

2. é condicionada ao retorno da mercadoria ao estabelecimento de origem no prazo de 180 (cento e oitenta) dias, contados da data da respectiva saída, prorrogável por mais 180 (cento e oitenta) dias, pela repartição fiscal, a requerimento do interessado, admitindo-se, excepcionalmente, uma segunda prorrogação de igual prazo.

[...]

Art. 54. Não se verificando a condição ou o requisito que legitima a suspensão, torna-se exigível o imposto com base na data da respectiva saída da mercadoria, corrigido monetariamente e com os acréscimos cabíveis, observado, ainda, o disposto na legislação aplicável. ” (RICMS RJ, 2016)

Já há mais de 60 vans de reparo em uso em quase todos os países em que a empresa matriz está presente. A política de manutenção adotada na implementação da van é do tipo proativa ou preventiva e tem como estratégia evitar que defeitos aconteçam nos equipamentos ou ao menos minimizar sua gravidade. A frequência pretendida para os reparos preventivos e recalibrações é anual ou, dependendo do nível de utilização e das condições de uso dos equipamentos, sob demanda pelos clientes. Demandas de manutenções reativas ou corretivas também poderão ser atendidas pela van e, caso o serviço corretivo não possa ser realizado no próprio *site* dos clientes, é possível que a van tenha equipamentos similares para serem oferecidos, em processos de empréstimos ou locações, sempre que não for possível pelo cliente aguardar pela conclusão do reparo que deverá ser finalizada, nesses casos, na oficina principal localizada na base da empresa.

Os resultados positivos do uso das oficinas móveis podem ser percebidos nos locais em que a van já é utilizada, em termos do aumento do nível de satisfação dos clientes, do aumento da venda de *spare parts* e também do incremento de venda de novos equipamentos (nos casos em que o custo do reparo fica além do nível de reparo definido pelos clientes).

No Brasil, ainda não há vans de reparos da empresa em operação e o resultado das avaliações realizadas poderão servir como ferramenta de decisão de investimento para o projeto de implementação da primeira van itinerante no Brasil e para demais projetos similares de serviços pós-venda que venham a ser implementados no futuro pela mesma empresa ou ainda por outras empresas com serviços e estruturas similares.

#### **4.2.**

#### **Variáveis de incerteza e definição dos parâmetros dos processos estocásticos**

Para a modelagem da variável estocástica relativa à demanda, a coleta de dados da série temporal utilizada nas análises foi feita, diretamente, com a empresa. Obtiveram-se dados históricos com os números de equipamentos reparáveis vendidos, mensalmente, desde o ano de início das operações da empresa no Brasil, de 2004 até 2015.

Em função de haver muitos dados faltantes nos primeiros anos de operação da empresa no país, devido ao período de abertura do mercado a esses novos produtos, optou-se por trabalhar com os dados dos anos 2008 a 2015, em base trimestral. Partindo de um MGB, modelo bastante utilizado para representar a demanda futura (Marathe e Ryan, 2005; Lieberman, 1989; Whitt, 1981, Brandão et al, 2012; Dias, 2015), buscou-se verificar a aderência dos dados históricos a essa premissa.

Conforme indicado por Marathe & Ryan (2005), para testar se o MGB é válido para representar o crescimento da demanda, é necessário dessazonalizar os dados. Para tanto, com base na metodologia descrita na seção 3.3.2 (Séries com sazonalidade), foram dessazonalizados os dados utilizando as equações (3.23), (3.24) e (3.25).

Para os dados históricos dessazonalizados, o teste ADF de raiz unitária apresentou os seguintes resultados.



Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on LOGTOTAL20082015DESSAZ				
Null Hypothesis: LOGTOTAL20082015DESSAZ has a unit root				
Exogenous: Constant				
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=0)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic			-1.662139	0.4383
Test critical values:	1% level		-3.699871	
	5% level		-2.976263	
	10% level		-2.627420	
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(LOGTOTAL20082015DESSAZ)				
Method: Least Squares				
Date: 07/16/16 Time: 22:07				
Sample (adjusted): 2 28				
Included observations: 27 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOGTOTAL20082015DESSAZ(-1)	-0.173428	0.104340	-1.662139	0.1090
C	0.758636	0.423696	1.790520	0.0855
R-squared	0.099511	Mean dependent var		0.059893
Adjusted R-squared	0.063492	S.D. dependent var		0.283722
S.E. of regression	0.274567	Akaike info criterion		0.323945
Sum squared resid	1.884678	Schwarz criterion		0.419933
Log likelihood	-2.373264	Hannan-Quinn criter.		0.352488
F-statistic	2.762706	Durbin-Watson stat		1.507804
Prob(F-statistic)	0.108975			

Figura 4. Resultado do teste ADF para a série dessazonalizada da demanda

Fonte: Eviews - elaboração própria

Com os níveis de significância determinados pelo teste (1%, 5% e 10%), em função do número de amostras, não é possível rejeitar o MGB para a série de dados, embora o resultado dos outros dois testes sugeridos por Marathe e Ryan (2005) como testes adicionais no processo de confirmação do MGB - teste de normalidade e o teste qui-quadrado de independência com relação aos dados passados - não tenham apresentado resultados consistentes.

O objetivo de se adotar um modelo de dados históricos para ajudar na previsão futura da demanda, neste caso, o uso do MGB, permite assumir que a tendência de crescimento da variável estocástica no futuro seguirá o mesmo padrão percebido nos dados do passado e do presente. Algumas dificuldades, entretanto, se apresentam quando tratamos de dados de mercados emergentes, ainda não consolidados, em que inexiste um padrão público e estabelecido de dados similares para reanálise (Marathe e Ryan, 2005).

A fim de que os parâmetros do MGB refletissem melhor as tendências dessa série temporal, testou-se a aplicação do modelo para uma série de preços de ações de uma empresa do mesmo setor e com estrutura similar cujas ações são negociadas na bolsa de valores americana. Considerou-se o mesmo período temporal (2008-2015), porém, em razão da maior disponibilidade de dados, trabalhou-se com dados mensais. Com mais observações na série, buscou-se obter parâmetros mais confiáveis. Os valores das observações foram deflacionados a partir do índice de preços americanos CPI<sup>8</sup> – *Consumer Price Index*.

O teste ADF de raiz unitária, de forma semelhante, não rejeitou o MGB e apresentou os seguintes resultados, com 77% de probabilidade:

Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on DEFLACIONADA				
Null Hypothesis: DEFLACIONADA has a unit root				
Exogenous: Constant				
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=0)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic			-0.931000	0.7743
Test critical values:				
1% level			-3.501445	
5% level			-2.892536	
10% level			-2.583371	
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(DEFLACIONADA)				
Method: Least Squares				
Date: 08/12/16 Time: 23:56				
Sample (adjusted): 2 95				
Included observations: 94 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DEFLACIONADA(-1)	-0.021305	0.022884	-0.931000	0.3543
C	0.112967	0.112117	1.007589	0.3163
R-squared	0.009333	Mean dependent var		0.008852
Adjusted R-squared	-0.001435	S.D. dependent var		0.077382
S.E. of regression	0.077437	Akaike info criterion		-2.257644
Sum squared resid	0.551684	Schwarz criterion		-2.203532
Log likelihood	108.1093	Hannan-Quinn criter.		-2.235787
F-statistic	0.866760	Durbin-Watson stat		2.127657
Prob(F-statistic)	0.354290			

Figura 5. Resultado do teste ADF para a série dessazonalizada da demanda – ações de empresa concorrente

Fonte: Eviews - elaboração própria

A partir da série deflacionada, utilizaram-se as equações (3.16) e (3.17) para estimação dos parâmetros do MGB e foram obtidos como resultados para a variável de demanda  $\alpha = 14\%$  e  $\sigma = 27\%$ . Uma análise de

<sup>8</sup> Obtido no site: <https://fred.stlouisfed.org/series/CPIAUCSL>.

sensibilidade foi feita para os parâmetros encontrados para o processo estocástico da demanda e o parâmetro de crescimento foi ajustado para 10% devido à intuição econômica da autora para o comportamento dos dados de demanda da empresa, a fim de minimizar a possibilidade de erros na tendência de crescimento futuro dessa variável.

Com relação à variável de incerteza dada pela taxa de câmbio R\$/US\$, a análise da variação mensal da taxa apresentada por Brandão (2002) desde o início do Plano Real em 1994, observados os períodos de forte depreciação da moeda brasileira durante as crises de 1998 e 2002, não permite que se verifique um processo de reversão à média para essa variável. Com base nesses resultados, testou-se a aderência dos dados do câmbio R\$/US\$ ao modelo MGB, considerando-se, neste caso, um período temporal maior para que fosse possível testá-lo em uma série com mais dados e com períodos mais longos em comparação aos dados da demanda.

A partir dos dados da série temporal da taxa de câmbio nominal, com início do período em janeiro/2000 e os dados do Índice da Taxa de Câmbio Real R\$/US\$ (IPCA – Junho/1994 = 100)<sup>9</sup>, calculou-se a variação real da taxa R\$/US\$ no período de 2000 a 2015 e em seguida os valores mensais reais deflacionados pelo índice IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo), calculado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Os valores reais deflacionados do câmbio eliminam as variações da inflação interna no período.

A Figura 6 apresenta os valores do câmbio R\$/US\$ reais deflacionados no período temporal considerado.

---

<sup>9</sup> Série de dados obtida no Sistema Gerenciador de Séries Temporais do Banco Central do Brasil – código 11753 - <https://www3.bcb.gov.br/sgspub/localizarseries/localizarSeries.do?method=prepararTelaLocalizarSeries>

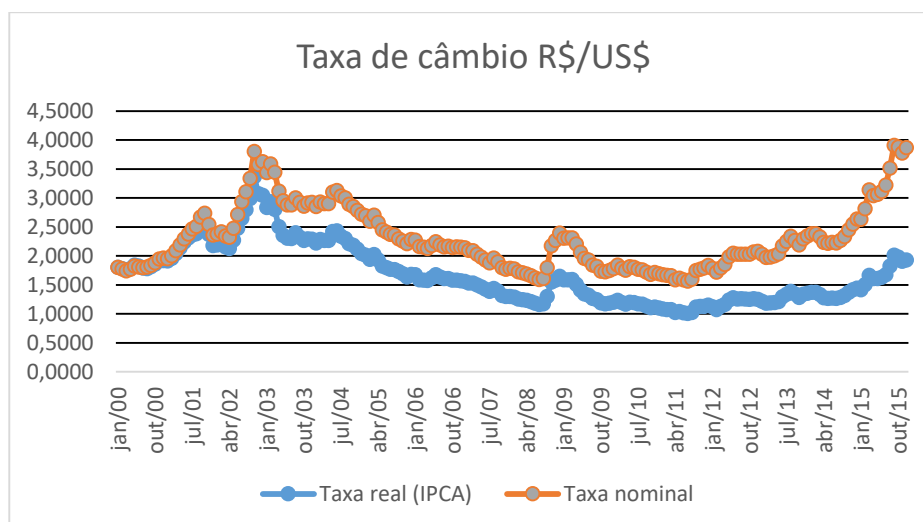


Figura 6. Valores das taxas de câmbio nominal e real (2000-2015)

Fonte: Elaboração própria

Os valores da taxa de câmbio real foram utilizados para estimação dos parâmetros do MGB para a taxa de câmbio. Estimaram-se, com as equações (3.16) e (3.17), os parâmetros  $\alpha = 1\%$  e  $\sigma = 14\%$ . Não se rejeitou o MGB como modelo representativo da série de dados do câmbio pelo Teste ADF para os níveis de significância 1%, 5% e 10%, conforme apresentado na Figura 7.

Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on LOGDOLARDEFLACIONADO				
Null Hypothesis: LOGDOLARDEFLACIONADO has a unit root				
Exogenous: Constant				
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=0)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic			-0.875935	0.7942
Test critical values:				
	1% level		-3.464643	
	5% level		-2.876515	
	10% level		-2.574831	
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(LOGDOLARDEFLACIONADO)				
Method: Least Squares				
Date: 08/14/16 Time: 18:32				
Sample (adjusted): 2 192				
Included observations: 191 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOGDOLARDEFLACIONADO(-1)	-0.008712	0.009946	-0.875935	0.3822
C	0.004469	0.005479	0.815714	0.4157
R-squared	0.004043	Mean dependent var		0.000358
Adjusted R-squared	-0.001226	S.D. dependent var		0.039042
S.E. of regression	0.039066	Akaike info criterion		-3.636707
Sum squared resid	0.288444	Schwarz criterion		-3.602652
Log likelihood	349.3055	Hannan-Quinn criter.		-3.622913
F-statistic	0.767262	Durbin-Watson stat		1.265813
Prob(F-statistic)	0.382177			

Figura 7. Resultado do teste ADF para a série deflacionada da taxa de câmbio R\$/US\$

Fonte: Eviews – elaboração própria

Ainda que o resultado dos testes adicionais indicados por Marathe e Ryan (2005) não tenha se mostrado consistente para a variável de demanda do projeto, optou-se por adotar o MGB como o modelo de processo estocástico a ser seguido tanto pela variável demanda quanto pela variável taxa do câmbio, apoiando-se nos resultados dos testes ADF, que não rejeitaram a escolha do MGB, nas limitações comentadas por Dias (2015) uma vez que, particularmente no caso da demanda, trata-se de uma série de poucos dados e com períodos curtos, e, por fim, considerando o princípio da parcimônia, levando-se em conta a simplicidade deste modelo, que é representativo para séries similares em comparação com outros com um número muito maior de parâmetros e muito mais complexos cujos resultados são de difícil interpretação.

#### 4.3.

#### **Simulação das despesas de importação e nacionalização dos equipamentos importados**

O projeto de implementação da van de reparos considera a importação de dois equipamentos para a montagem no veículo – um sistema de calibração e um kit de montagem deste sistema adaptado para a van. Como não há a possibilidade de adquiri-los no mercado doméstico, há que se avaliar os trâmites necessários à importação e simular suas despesas, que envolvem as despesas relacionadas ao frete e ao seguro internacionais e à nacionalização dos equipamentos que serão importados, caso a empresa opte pela decisão de investir no projeto.

Como a empresa já é importadora e já tem o RADAR<sup>10</sup>, ela já estaria apta a importar, não sendo necessário nenhum registro adicional nos sistemas de comércio exterior brasileiro.

A segunda etapa no processo de importação consiste em uma consulta ao tratamento administrativo a que as mercadorias serão submetidas, de acordo com suas NCMs<sup>11</sup>, em portais gratuitos do governo

---

<sup>10</sup> Habilitação da empresa na Receita Federal para operar no Comércio Exterior (importando/exportando) por meio do sistema Siscomex.

<sup>11</sup> Código de classificação fiscal das mercadorias.

brasileiro, tais como o Portal Siscomex<sup>12</sup>, ou em outras plataformas privadas. A consulta para as duas NCMs dos equipamentos em questão indica que não há necessidade de registro de Licença de Importação prévio ao embarque ou ao desembaraço das cargas, ou seja, não há que se pedir deferimento a nenhum órgão específico para a importação dos dois equipamentos e, desta forma, o licenciamento das importações será automático.

O *Incoterm* de venda dos equipamentos da empresa matriz para a empresa no Brasil é o *Ex-Works (EXW)* que representa o maior grau de responsabilidade para o importador, sendo ele o responsável por coordenar e arcar, financeiramente, com todas as obrigações e com os riscos envolvidos desde a coleta da mercadoria no armazém do exportador até a chegada da carga em território brasileiro.

As cotações de frete internacional e de seguro das cargas são feitas diretamente com agentes de cargas (*freight forwarding companies*) que, normalmente, representam empresas mundiais de transporte de carga. De acordo com as características do material ou bem a ser importado, conforme resumido na Tabela 1 (no Capítulo 2 desta dissertação), os modais de transporte adequados à situação, com suas vantagens e desvantagens, podem ser escolhidos para que uma análise de custos seja feita.

Para os equipamentos da van, são modais adequados para a operação de importação o modal aéreo e o modal aquaviário de longo curso. As planilhas de simulação das despesas de importação, considerando as duas opções de modais para cada equipamento importado, e das despesas de nacionalização são apresentadas no Apêndice A.

Uma análise comparativa das opções em cada um dos processos de importação nos permite apontar alguns benefícios que se sobressaem e

---

<sup>12</sup> <http://portal.siscomex.gov.br/>

justificam as escolhas feitas para a importação do sistema de calibração e do kit de montagem, conforme equações apresentadas na seção 2.6..

(a) Importação do Sistema de Calibração – características da carga: volume relativamente pequeno (320kg de peso cubado e 526kg de peso real) e alto valor da carga:

- Custo da importação e nacionalização pelo modal aéreo – R\$ 226.921,48<sup>13</sup>
- Custo da importação e nacionalização pelo modal marítimo – R\$ 224.149,86

A importação via modal aéreo pelo aeroporto internacional Antônio Carlos Jobim (Galeão), foi a opção escolhida por ser apenas 1% mais cara em comparação à importação pelo modal marítimo e ter como benefício, por uma pequena diferença de preço, um *transit time* (tempo de transito) muito menor, de mais ou menos 6-7 dias no modal aéreo, considerando dois períodos de armazenagem para o desembarço aduaneiro, em contrapartida a 35-40 dias, aproximadamente, no modal marítimo também considerando dois períodos de armazenagem como tempo médio para o desembarço no Porto do Rio de Janeiro.

(b) Importação do kit de montagem da van (*outfit kit*) – características da carga: volume alto (1112kg de peso cubado e 696kg de peso real), devido, especialmente, ao tamanho da carga embalada em que o peso cubado é quase o dobro do peso real da carga, e valor da carga relativamente baixo.

- Custo da importação e nacionalização pelo modal aéreo – R\$ 164.986,72
- Custo da importação e nacionalização pelo modal marítimo – R\$ 157.229,25

Neste caso, a importação via modal marítimo na opção LCL – *less than a container load* - é, economicamente, mais interessante para a empresa. Ela é 5% mais barata em comparação à importação pelo modal

---

<sup>13</sup> Foi utilizada a taxa de câmbio R\$/US\$ 3,40 (da data em que os cálculos foram feitos) para as estimativas de custo de importação e nacionalização em ambos os modais e para ambos os itens.

aéreo e essa economia, devido à situação de que a chegada da carga não é urgente e há tempo suficiente para uma opção de importação com maior *transit time*, justifica a escolha do modal.

Uma outra alternativa, considerando que não existe urgência para a importação dos equipamentos e que há tempo e condições (da carga) suficientes para que outros modais sejam utilizados, seria a importação de ambos os equipamentos, consolidados, via modal marítimo. Essa seria a opção mais econômica, do ponto de vista financeiro, porém a mais demorada e com trajeto mais longo. Optou-se, neste trabalho, por usar os dois modais, em cada uma das situações, de modo a evidenciar como as características da carga são determinantes para a escolha, que é situacional, do modal mais adequado.

#### 4.4.

#### **Simulação da roteirização e despesas do veículo**

Para a simulação das despesas que a van teria em sua rota de visitação aos clientes, utilizou-se o *OpenJUMP* versão 1.9.1, um *software* livre de Sistema de Informação Geográfica e seu *plug-in Vehicle Routing* (Roteirização de Veículos) que permite considerar no modelo de roteirização restrições como a capacidade dos veículos e dos depósitos, limite de jornada de trabalho e tempo de descarga no cliente.

O procedimento de roteirização do *plug-in* utiliza o método de economias de Clark e Wright (1964) e uma pós otimização 2-OPT, detalhada no trabalho do criador do protótipo, Silva Junior (2008).

#### - Malha Viária

A Figura 8 ilustra a base geográfica da malha viária utilizada. Ela é formada pelas rodovias federais, estaduais e municipais existentes no território nacional. Utilizou-se como parâmetro na criação da melhor rota, a métrica da distância euclidiana, cuja forma é:

$$DE_{AB} = [(X_A - X_B)^2 + (Y_A - Y_B)^2]^{1/2} \quad (4.1)$$



Pizzolato et al (2012) explicam que a métrica euclidiana se utiliza do princípio de que o caminho mais curto entre dois pontos é uma reta derivada da geometria básica. As distâncias entre dois pontos na métrica euclidiana podem ser definidas como:

$$DE_{AB} = [(X_A - X_B)^2 + (Y_A - Y_B)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (4.2)$$

Na prática, entretanto, raramente se tem um trajeto cuja distância entre dois pontos possa ser medida em linha reta, ou seja, utilizando uma métrica euclidiana clássica. Faz-se necessário, portanto, ajustar a métrica à distância real utilizando-se para tanto um fator de correção ( $b$ ), que pode ser obtido por regressão simples, usando a seguinte expressão:

$$D_{AB} = \alpha + bDE_{AB} \quad (4.3)$$

Novaes (1989) adota, para estudos preliminares em malhas urbanas,  $b$  igual a 1,30 e faz a observação de que os fatores de correção para as malhas urbanas são, geralmente, maiores do que os estimados para as malhas rodoviárias, em função das características geomorfológicas e históricas do crescimento das cidades e também em função das restrições de tráfego dentro dos perímetros urbanos. Nesta dissertação, utilizou-se  $b$  igual a 1,20 como coeficiente de ajuste para a correção e melhor aproximação da distância euclidiana à distância real da malha rodoviária.

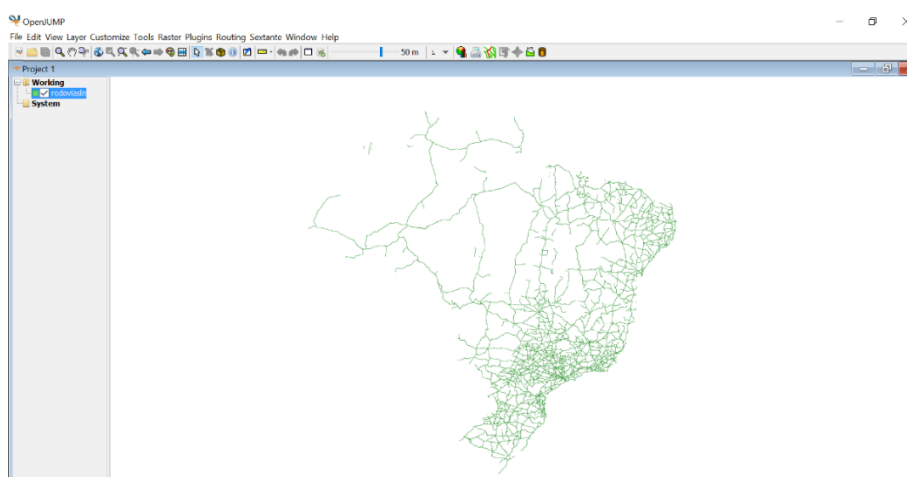


Figura 8. Base geográfica da malha viária brasileira

Fonte: *Open Jump* – elaboração própria

#### - Identificação dos clientes

A base de clientes foi obtida diretamente com a empresa distribuidora e continha a Razão Social, o Endereço e a Demanda (com base na curva ABC de cliente sobre o faturamento total da empresa) de cada um dos seus principais clientes.

O atributo de endereço e suas coordenadas (latitude e longitude), obtidas com o auxílio de uma ferramenta *online* de busca, permitiu identificar, por meio de georreferenciamento, a localização real de cada um dos 80 principais clientes da empresa. Cada cliente é representado, na Figura 9, por um ponto. A concentração dos clientes nos estados do RJ, PR e RS deve-se ao fato de que é essa, exclusivamente, a área de atuação da empresa no território brasileiro.

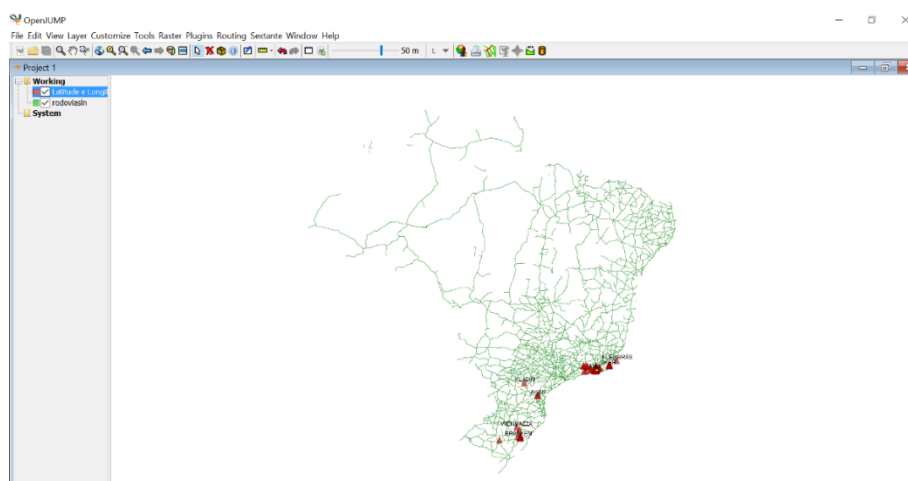


Figura 9. Identificação dos clientes

Fonte: *Open Jump* – elaboração própria

#### - Identificação dos depósitos

Atualmente, a empresa distribuidora possui apenas uma filial e um único depósito. Para que a roteirização não considerasse uma rota única de visita aos clientes, uma vez que os principais clientes estão localizados no estado no RJ, criaram-se dois depósitos adicionais fictícios, um no estado no PR e outro no estado do RS. Com isso, foi possível criar três rotas distintas que aglomeraram os clientes por proximidade.

Os três depósitos foram georreferenciados e identificados.

#### - Informação do veículo

As informações da van modelo Furgão 311, extralonga com 3,32m entre eixos e capacidade volumétrica de 14m<sup>3</sup> foram assim imputadas no *plug-in Vehicle Routing* do *OpenJUMP*:

- Capacidade (em kg): 99999, capacidade máxima do veículo. Assumiu-se um valor alto, pois os *spare parts* utilizados nos reparos dos equipamentos são pequenos e serão repostos sempre que necessário, mesmo que isso ocorra antes do retorno da van ao depósito principal, em Niterói, no estado do Rio de Janeiro.
- Velocidade média (km/h): 60, velocidade média da van nas rotas municipais e intermunicipais.
- Custo por km (R\$): 1, custo por quilômetro percorrido, incluindo combustível, pedágios, manutenção e outras despesas adicionais;
- Tempo de parada (h): 8, tempo médio de parada da van em cada cliente visitado.
- Jornada máxima de trabalho (h): 99999, jornada de trabalho máxima por dia. Assumiu-se, novamente, um valor alto, para que se anulasse essa restrição já que os trechos de viagens intermunicipais muitas vezes demandam mais do que um único dia de trabalho.

#### - Geração das rotas no *OpenJUMP*

Após serem carregadas as camadas com as informações das rodovias, clientes e depósitos, todas em formato *ESRI Shape File*, foram informados os dados relativos à malha viária, aos clientes, aos depósitos e ao veículo

Foram então geradas as rotas, de modo a calcular o custo total em reais da solução encontrada, bem como o custo, a distância percorrida, o tempo e a demanda por cada uma das três rotas criadas.



Para a taxa de rentabilidade dos ativos livre de risco real ( $R_f$ ), considerou-se a taxa de retorno dos títulos do tesouro do Governo norte-americano (*treasury bonds*) de 30 anos de 2,55% a.a.<sup>14</sup> e descontou-se a taxa de inflação projetada norte-americana de 1,2% a.a. para o ano de 2016, obtendo-se, então, uma estimativa para a taxa de  $R_f = 1,35\%$  a.a..

O prêmio de risco histórico do mercado norte-americano ( $\lambda$ ) foi estimado em 6% a.a e taxa de Risco Brasil ( $R_b$ ) em 4,73% a.a.<sup>15</sup>.

O beta<sup>16</sup> ( $\beta_u$ ) utilizado foi de 1,2 considerando como referência os betas de (i) uma empresa de capital aberto do mesmo setor e fabricante de equipamentos similares ( $\beta_u$ , – *5-year unlevered beta*), em 1,17, e (ii) o beta setorial de empresas fabricantes de equipamentos (1,23), obtido do site do Prof. Aswath Damodaran.<sup>17</sup>

Por meio do modelo CAPM, dado pela equação (4.4), obtemos o custo do capital de  $K_e = 13,28\%$  a.a., à época da análise do projeto (junho de 2016), que é igual ao custo médio ponderado real de capital (WACC), considerando que não há endividamento, ou seja, o percentual de capital de terceiros é nulo.

#### 4.6.

#### **Construção do Fluxo de Caixa e determinação do Valor Presente do projeto**

O projeto é uma função das duas variáveis de incerteza: demanda e taxa do câmbio R\$/US\$.

O Valor Presente (VP) dos fluxos de caixa do projeto  $V$  é dado por:

<sup>14</sup> Valor extraído do site do Federal Reserve na data de 23/06/2016 (<https://www.federalreserve.gov/monetarypolicy/fomcprojtabl20160316.htm> e <https://www.treasury.gov/resource-center/data-chart-center/interest-rates/Pages/TextView.aspx?data=yield>)

<sup>15</sup> Com base nos dados disponíveis no site do Professor Aswath Damodaran (<http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>).

<sup>16</sup> Não se utilizou o beta alavancado, pois a estrutura considerada para a empresa é 100% de capital próprio. Caso se considere participação de capital de terceiros, o cálculo do beta chamado alavancado é facilmente obtido por equações da literatura (Samanez, 2007).

<sup>17</sup> Com base nos dados disponíveis no site do Professor Aswath Damodaran (<http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>).

$$VP_V = \sum_{i=1}^T \frac{FC_i}{(1 + K)^i} \quad (4.5)$$

onde  $i$  é o ano do fluxo de caixa, calculado em 2016 para início do projeto em 2017,  $T$  é o último ano (2026) e o símbolo do somatório indica que devem ser somados na data 1 até a data  $T$  dos Fluxos de Caixa Descontados ao período inicial.  $K$  representa o custo do capital e  $\mu$  é a taxa real anual de desconto representada pelo valor do custo médio ponderado real de capital (WACC).

O Fluxo de Caixa Livre (FCL) do projeto, que reflete suas atividades operacionais, em cada ano  $i$  é dado por:

$$FCL_i = Nopat - \text{mudanças no capital de giro} + \text{depreciação} \quad (4.6)$$

em que o Nopat (*net operational profit after taxes*) é obtido após a incidência da alíquota  $T$  de Imposto de Renda e de Contribuição Social sobre o Lucro Operacional (Lajir – lucro antes de juros e IR) do projeto em cada ano  $i$ , conforme a equação (4.7):

$$Nopat_i = Lajir * (1 - T) \quad (4.7)$$

A receita de cada período do projeto é baseada na demanda dos quatro grupos de produtos reparáveis da empresa: máquinas hidráulicas, acessórios sextavados, unidades hidráulicas de bombeio e máquinas pneumáticas. O Lucro Tributável em cada ano  $t$  é definido neste projeto pelo somatório das receitas destes quatro grupos  $j$ , que são função da demanda estimada  $Q_j$  e de um preço médio  $P_{j,t}$ . Para os grupos 1, 2 e 3,  $P_{j,t}$  é influenciado pela taxa do dólar estimada.

Os custos são separados em custos fixos (CF) que incluem o salário e os benefícios do técnico da van, o IPVA e o seguro da van, a licença de uso do sistema ERP, os materiais de uso e consumo da oficina móvel e a despesa com a recalibração anual dos transdutores, e os custos variáveis (CV) do projeto que incluem a comissão do técnico da van, o custo da mercadoria vendida (CMV), os impostos sobre as vendas e sobre a prestação dos serviços, despesas com combustível, hospedagem, manutenção da van e *marketing*.

$$LT_t = \sum_{j=1}^4 (Q_{j,t} * P_{j,t}) - CF_t - CV_t \quad (4.8)$$

onde:  $P_{j,t}: f(US\$), j = 1, 2, 3$ .

O Valor Presente Líquido do projeto é definido pela expressão:

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^T \frac{FCt}{(1 + K)^t} \quad (4.9)$$

Algumas premissas foram adotadas na construção do fluxo de caixa do projeto e merecem ser apontadas. A capacidade da van foi limitada em 800 reparos ao ano, com base em uma análise de sensibilidade feita a partir do número de reparos efetuados, atualmente, na assistência técnica da empresa. Assume-se que a demanda excedente de reparos deveria ser atendida por uma segunda van em operação, situação não analisada neste projeto. Neste caso, uma possível demanda excedente tornar-se-ia uma demanda frustrada pela falta de capacidade para o atendimento. A análise de uma opção de expansão pode ser uma extensão deste trabalho.

O investimento ( $I$ ) inclui a aquisição da van no mercado interno e a importação de um sistema de calibração e de um kit de montagem deste sistema de calibração na van (*outfit kit*). A importação é realizada utilizando o *Incoterm* EXW e o valor do investimento do projeto é calculado, primeiramente, em dólar e posteriormente incluído no fluxo a partir da taxa de câmbio R\$/US\$ considerada nas projeções.

A variável de incerteza relacionada à demanda define, por meio de seus parâmetros, a previsão da demanda de novos produtos ao longo dos anos. Considerando que o objetivo da van é o atendimento de reparos preventivos e recalibrações, feitos uma vez ao ano em cada equipamento, adotou-se um percentual desejado de atendimento tanto para a demanda passada, utilizando para isso um período de 10 anos de dados históricos, quanto para a demanda futura, estimada por 10 anos pelo modelo de MGB. Os percentuais variam, linearmente, de 5% a 20% da demanda dos equipamentos antigos e de 20% a 40% da demanda dos novos equipamentos.

O fluxo de caixa do projeto foi construído com três variações para efeito de cálculo. Na versão estática do fluxo, os valores dependentes das variáveis, tais como receitas e custos, foram influenciados unicamente pelos valores esperados para as variáveis estimadas pelo modelo com base nos parâmetros de volatilidade e de tendência encontrados após a aplicação da teoria indicada na seção 3.3.1., relacionada, especificamente, à definição dos parâmetros do MGB e ao tratamento da série temporal.

Uma segunda versão foi chamada de fluxo de caixa dinâmico e baseia-se no Método da Volatilidade Agregada, apresentado na seção 3.4.1. Essa versão considerou como valores das variáveis estocásticas valores simulados, também com base nos parâmetros do MGB definidos anteriormente, para todos os períodos ( $t$ ), com base em uma distribuição Normal (0,1) da demanda e da taxa do dólar para todo  $t$ .

A terceira e última versão foi preparada à luz do Método MAD modificado, explicitado na sessão 3.4.2.. Esse método sugere que os valores das variáveis de incerteza sejam simulados apenas para o primeiro período, ou seja,  $t=1$ , e os valores dos períodos subsequentes sejam valores esperados a partir desses primeiros valores simulados.

#### 4.7.

#### **MGB do valor do projeto e cálculo da volatilidade agregada**

A partir do método MAD modificado, para o cálculo dos parâmetros de volatilidade e de tendência do valor do projeto  $V$ , assume-se que o mesmo segue um MGB. Assim, é possível calcular a média e a variância da distribuição de  $V$  usando a Simulação de Monte Carlo para simular diferentes cenários e em cada um desses cenários, calcular por meio de curvas de valor esperado, o valor presente VP de  $V$  em  $t=1$ .

Para tanto, utilizou-se a ferramenta de simulação por Monte Carlo do *software @Risk*, com 10.000 iterações, a fim de encontrar o valor da média e da volatilidade do valor do projeto em  $t=1$ .

Os parâmetros de tendência do valor do projeto e de volatilidade obtidos a partir das equações (3.31) e (3.32) foram:  $\alpha_V = 23\%$  e  $\sigma_V = 26\%$ .



O parâmetro  $\delta_V$  do valor projeto, que representa a taxa de distribuição do fluxo de caixa, foi estimado por meio da equação (3.29) de modo que  $\delta_V = 9\%$ .

Assim, a equação para o MGB do valor do projeto  $V$  é dada por:

$$dV = \alpha_V V dt + \sigma_V V dz_V \quad (4.10)$$

#### 4.8.

##### MGB do valor do investimento

O Investimento ( $I$ ), de forma semelhante ao valor do projeto, também segue um MGB e tem parâmetros iguais aos parâmetros da taxa do dólar. Com modelagem de moeda, adota-se como valor de referência para o  $\delta_I$  a taxa de juros livre de risco na moeda correspondente, neste caso o valor de  $R_f$  e utilizado no cálculo do WACC (1,35%). Como  $\sigma_I$  e  $\alpha_I$ , são considerados os mesmos valores de parâmetros estimados para o dólar ( $\alpha = 1\%$  e  $\sigma = 14\%$ ).

A equação para o MGB do investimento ( $I$ ) é assim representada:

$$dI = \alpha_I I dt + \sigma_I I dz_I \quad (4.11)$$

#### 4.9.

##### Cálculo da correlação das variáveis

A variável do valor do projeto ( $V$ ) é correlacionada com a variável do Investimento ( $I$ ) e essas são as duas grandes fontes de incerteza do projeto. A correlação entre elas deve, por isso, ser estimada e considerada no cálculo do valor da opção de espera. Neste projeto, as variáveis de incerteza (demanda e taxa de câmbio R\$/US\$) seguem um MGB. Da mesma forma, o valor do projeto também segue um MGB.

Considerando a existência de duas variáveis estocásticas ( $V$  e  $I$ ), é possível, de acordo com Dias (2015), utilizar o artifício da redução de dimensionalidade para a simplificação do problema por meio do conceito da homogeneidade das opções e do valor do gatilho. Assim, definindo a razão  $v = V/I$ , a sua volatilidade é dada pela equação (3.52) aqui repetida:

$$\sigma^2 = \sigma_V^2 - 2 \rho \sigma_V \sigma_I + \sigma_I^2 \quad (4.12)$$

Efetuada 10.000 simulações pelo *software @Risk* para as variáveis  $V$ , representada pelo Valor Presente do Fluxo de Caixa dinâmico, e  $I$ , o valor do Investimento, foi obtido um valor de correlação igual a  $\rho = 0,42$ .

Considerando os valores estimados nas seções anteriores para o  $\sigma_V = 26\%$  e  $\sigma_I = 14\%$ , o valor estimado para a volatilidade total da razão  $v = V/I$  dada pela equação (4.12) é de  $\sigma_v = 24\%$  ( $\sigma^2 = 0,06$ ). Quanto maior a correlação entre as variáveis  $V$  e  $I$ , menor será a volatilidade da razão  $v$  ( $\sigma$ ) e quanto menor a correlação, ou seja, quanto mais próximo a 0 resultar o valor do  $\rho$ , maior tende a ser a volatilidade de  $v$ . Será realizada uma sensibilidade para o valor deste parâmetro ao final deste capítulo.

#### 4.10.

#### Cálculo do valor da opção de espera - perpétua

Com base na teoria clássica da análise de investimentos, a análise estática do valor presente do projeto (sem flexibilidade), em que o critério de decisão de investir é dado apenas pelo resultado positivo do VPL, nos permite afirmar que o projeto em questão é economicamente viável, apresentando um valor de VPL estático de R\$ 546,6 mil e um VP = R\$ 1,09 milhão.

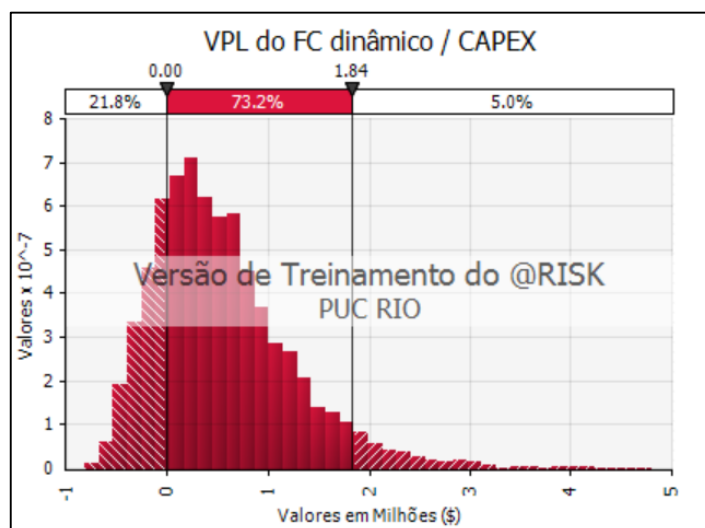


Figura 11. Gráfico do VPL do fluxo de caixa dinâmico

Fonte: @Risk – elaboração própria

Para o cálculo da opção de espera, à luz da Teoria das Opções Reais, que considera os processos estocásticos para caracterizar as

incertezas do projeto (neste caso, a demanda e a taxa de câmbio R\$/US\$), adota-se o método da opção perpétua para o exercício da opção de investir de McDonald & Siegel (1986) em que  $V$  e  $I$ , as variáveis estocásticas, seguem MGBs correlacionados com parâmetros  $(\alpha_V, \sigma_V)$  e  $(\alpha_I, \sigma_I)$ , respectivamente, sendo possível calcular por meio da equação (3.56) a EDO da opção de investir cuja raiz é  $\theta_1 = 4,19$ .

Com o valor da raiz  $\theta_1$ , calcula-se o valor do gatilho  $v^*$ , a partir do qual é ótimo investir. O valor da opção de espera  $F$  representa o valor da oportunidade de investimento em comparação ao valor do VPL com exercício imediato. Se o valor do projeto em  $t=0$  for maior ou igual ao valor do gatilho,  $v \geq v^*$ , então é possível inferir que o exercício imediato da opção de investir é a opção ótima neste investimento. A espera pelo exercício da opção de investir só tem valor quando  $F(V, t)$  for maior do que o VPL estático.

A solução analítica da EDO é dada pela equação (3.49) e tem como valor de referência para o valor do gatilho  $v^* = 1,31$  e para os parâmetros  $\sigma_I = 14$ ,  $\sigma_V = 26\%$ ,  $\delta_V = 9\%$ ,  $\delta_I = 1,35\%$  e  $\rho = 0,42$ .

A relação entre o valor presente esperado do fluxo de caixa do projeto (R\$ 1,09 milhão) e o valor do investimento (R\$ 552,9 mil) resulta em um  $v = 1,99$  que, quando comparado ao  $v^*$  do projeto, na condição de opção perpétua para o investimento, permite concluir que a decisão ótima de investir é a opção de investir imediatamente uma vez que o valor crítico da opção com o VPL estático é superior ao valor do  $v^*$  encontrado por meio da equação (3.49).

Efetuaram-se análises de sensibilidade para os parâmetros do projeto a fim de que se verificasse o valor do gatilho nas situações simuladas, considerando que pudesse haver mudanças ou erros nos resultados dos parâmetros estimados ( $\sigma_I^2$ ,  $\sigma_V$ ,  $\delta_V$ ,  $\delta_I$ , e  $\rho$  e  $\alpha_q$ ) e, caso houvesse, como a mudança nos resultados desses parâmetros influenciaria na decisão do momento ótimo de investir. A comparação dos resultados dos valores de gatilho encontrados ( $v^*$ ) deve ser feita com base no valor  $v$  do projeto (1,99).

A análise de sensibilidade para o parâmetro de volatilidade do valor do projeto, mantendo todos os demais parâmetros constantes, apresentou os seguintes resultados ( $\sigma_v$ ):

$\sigma_v$	$v^*$	Valor correspondente ao VPL	Decisão ótima
5%	1,09	R\$ 49,2	Investir imediatamente
15%	1,13	R\$ 74,0	Investir imediatamente
26%	1,31	R\$ 169,2	Investir imediatamente
35%	1,54	R\$ 298,5	Investir imediatamente
45%	1,90	R\$ 496,4	Investir imediatamente

Tabela 2 – Valores de gatilho do projeto ( $v^*$ ) e decisão ótima de investimento – análise de sensibilidade para  $\sigma_v$

Mesmo com uma volatilidade quase duas vezes maior do que a volatilidade do projeto, conforme também demonstra a Figura 12, o  $v^*$  continua inferior à razão  $v$  do projeto ( $1,90 < 1,99$ ), portanto a decisão de investir imediatamente permanece sendo a decisão ótima mesmo diante de um cenário de alta volatilidade para o  $\sigma_v$ .

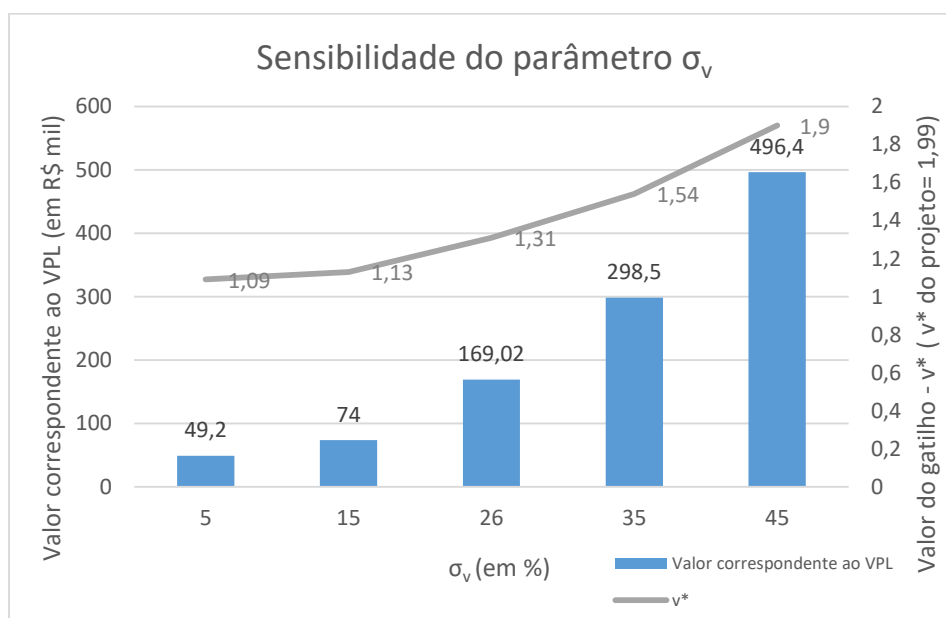


Figura 12. Gráfico da sensibilidade do parâmetro  $\sigma_v$

Fonte: Elaboração própria

O resultado da sensibilidade para o parâmetro de volatilidade do investimento,  $\sigma_I$ , demonstra que as variações não mudariam a decisão ótima de investir imediatamente.

$\sigma_I$	$v^*$	Valor correspondente ao VPL	Decisão ótima
5%	1,32	R\$ 176,7	Investir imediatamente
10%	1,30	R\$ 166,6	Investir imediatamente
14%	1,31	R\$ 169,2	Investir imediatamente
20%	1,35	R\$ 190,6	Investir imediatamente
25%	1,41	R\$ 224,4	Investir imediatamente

Tabela 3 – Valores de gatilho do projeto ( $v^*$ ) e decisão ótima de investimento – análise de sensibilidade para  $\sigma_I$

A tabela 4 apresenta os resultados da sensibilidade feita para o parâmetro  $\delta_V$ , com os demais parâmetros constantes.

$\delta_V$	$v^*$	Valor correspondente ao VPL	Decisão ótima
2%	2,08	R\$ 595,8	Aguardar para investir
3%	1,80	R\$ 443,6	Investir imediatamente
6%	1,45	R\$ 246,6	Investir imediatamente
9%	1,31	R\$ 169,2	Investir imediatamente
12%	1,23	R\$ 128,3	Investir imediatamente
15%	1,19	R\$ 103,3	Investir imediatamente

Tabela 4 – Valores de gatilho do projeto ( $v^*$ ) e decisão ótima de investimento – análise de sensibilidade para  $\delta_V$

Pela análise tanto da Tabela 4 quanto do Figura 13, observa-se que apenas no cenário que considera um  $\delta_V$  muito baixo, de valor igual ou inferior a 2%, a opção de espera pelo investimento teria valor ( $VP_{\delta_V \leq 2\%} > VP_{t=0}$ ) e somente neste caso seria economicamente viável a espera pela opção de investir.

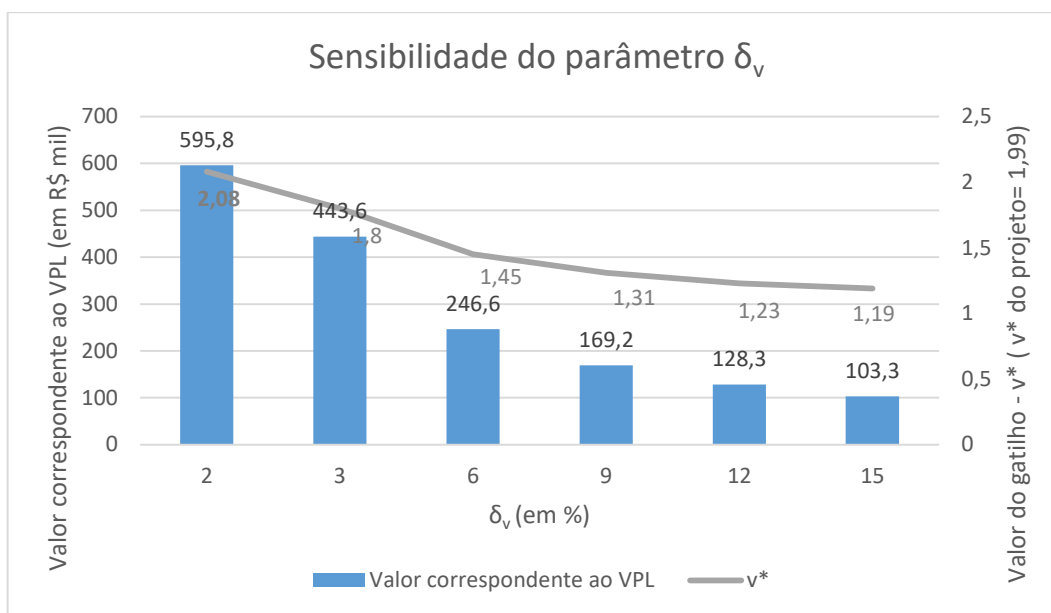


Figura 13. Gráfico da sensibilidade do parâmetro  $\delta_v$

Fonte: Elaboração própria

Diferentemente do que ocorre com os demais parâmetros, o valor do gatilho do projeto é pouco sensível às variações de valores do parâmetro  $\delta_I$ . Por representar a taxa de rentabilidade dos ativos livres de risco dos ativos americanos e ser usado como referência na modelagem do valor do investimento, esse parâmetro não costuma sofrer grandes oscilações, por esse motivo as variações consideradas foram, relativamente, pequenas em comparação às demais.

Para a análise de sensibilidade deste parâmetro, não foi considerada a condição *ceteris paribus*, pois como o  $\delta_I$  representa a taxa de rentabilidade dos ativos livres de risco da moeda de referência ( $R_f$ ) e essa taxa é utilizada para o cálculo do valor do custo médio ponderado do capital (WACC) do projeto, foi necessário verificar seus impactos sobre os valores do projeto.

$\delta_I$	VPL	v	v*	Valor correspondente ao VPL	Decisão ótima
0,5%	R\$ 604,3	2,09	1,31	R\$ 172,4	Investir imediatamente
1%	R\$ 569,9	2,03	1,31	R\$ 171,5	Investir imediatamente
1,35%	R\$ 546,6	1,99	1,31	R\$ 169,2	Investir imediatamente
2%	R\$ 504,8	1,91	1,31	R\$ 169,3	Investir imediatamente
3%	R\$ 444,4	1,80	1,31	R\$ 171,3	Investir imediatamente
4%	R\$ 388,1	1,70	1,31	R\$ 173,1	Investir imediatamente

Tabela 5 – Valores de VPL, v, gatilho do projeto (v\*) e decisão ótima de investimento – análise de sensibilidade para  $\delta_I$

Com relação ao parâmetro de correlação entre as variáveis V e I ( $\rho$ ), maiores correlações (com o valor de  $\rho$  mais próximo ou igual a 1, inclusive) ou menores coeficientes de correlação (incluindo uma correlação nula, com  $\rho = 0$ ) não alterariam o valor da opção de forma que o v\* fosse superior ao v\* atual do projeto – todos os coeficientes de correlação considerados apresentam  $v^* < 1,99$ .

$\rho$	v*	Valor correspondente ao VPL	Decisão ótima
0	1,47	R\$ 258,5	Investir imediatamente
0,1	1,43	R\$ 237,3	Investir imediatamente
0,2	1,39	R\$ 216,1	Investir imediatamente
0,42	1,31	R\$ 169,2	Investir imediatamente
0,6	1,24	R\$ 130,6	Investir imediatamente
0,8	1,16	R\$ 87,4	Investir imediatamente
1	1,08	R\$ 43,7	Investir imediatamente

Tabela 6 – Valores de gatilho do projeto (v\*) e decisão ótima de investimento – análise de sensibilidade para  $\rho$

A última análise de sensibilidade realizada buscou verificar os impactos que as alterações no valor do parâmetro de crescimento da demanda estimada ( $\alpha_q = 10\%$ ) teriam no valor do VPL do projeto e no seu valor de gatilho.

Considerando dois cenários, um com o parâmetro original (não arbitrado) para o  $\alpha_q$  de 14% e outro com um  $\alpha_q$  de 5%, obteve-se como resultado os dados apresentados na Tabela 7:

$\alpha_q$	VPL	V	$v^*$	Valor correspondente ao VPL	Decisão ótima
5%	R\$ 431,1	1,78	1,45	R\$ 249,4	Investir imediatamente
10%	R\$ 546,6	1,99	1,31	R\$ 169,2	Investir imediatamente
14%	R\$ 619,9	2,12	1,33	R\$ 179,9	Investir imediatamente

Tabela 7 – Valores de VPL, v, gatilho do projeto ( $v^*$ ) e decisão ótima de investimento – análise de sensibilidade para  $\alpha_q$

Os dados corroboram a análise feita anteriormente e, de forma análoga, nos permitem inferir que investir imediatamente é a decisão ótima a ser tomada para o projeto de investimento de serviço pós-venda em questão, consideradas suas variáveis de incerteza e seus parâmetros estimados.



## 5

### Conclusões

A área de serviços pós-venda tem se tornado importante fonte de diferenciação, de agregação de valor e de geração de lucro às empresas. Seu papel na cadeia de valor é crescente e varia bastante na literatura relativa à Logística e à Cadeia de Suprimentos, ambas áreas mais focadas na produção e nos processos relacionados aos bens e materiais. Essa dissertação pretende contribuir para o tema apresentando um levantamento de informações características de projetos de serviço pós-venda, tratando de forma particular, de um tipo deste serviço: o uso de uma van itinerante para prestação de serviço de assistência técnica (essencialmente, adotando uma política de manutenção proativa/preventiva) em equipamentos em campo por uma empresa importadora e revendedora de máquinas industriais.

Pretende-se, com a implementação deste projeto, aumentar o nível do serviço prestado aos clientes minimizando o custo da falta - o tempo que o cliente fica sem o produto - e proporcionando aos clientes acessibilidade aos serviços de reparos, disponibilidade de peças de reposição e equipamentos substitutos.

A tomada de decisão de investimento em projetos deste contexto deve incluir o levantamento de custos relacionados aos aspectos logísticos de sua operação, podendo ser citados os custos de transporte provenientes, por exemplo, da roteirização de visitas, bem como os custos logísticos e tributários se a operação envolver importação e nacionalização de equipamentos e peças, como foi o caso do projeto analisado.

O objetivo deste trabalho envolveu a identificação desses processos e custos e a avaliação de uma oportunidade de investimento, mensurando o valor que projetos dessa natureza podem apresentar. Foram apresentados, juntamente com a teoria, os métodos e cálculos utilizados nas simulações das despesas oriundas das roteirizações de visitas aos clientes e os procedimentos e custos envolvidos no processo de importação e nacionalização de equipamentos.

Outra contribuição do presente trabalho foi apresentar uma análise mais profunda, do ponto de vista econômico-financeiro, de ferramentas de auxílio à tomada de decisão em projetos logísticos similares. A viabilidade econômica do projeto é analisada sob a ótica dos modelos tradicionais de análise de investimento e também sob a abordagem da Teoria das Opções Reais, um método de avaliação que considera as flexibilidades gerenciais e modela as variáveis de incerteza do projeto por meio de processos estocásticos, propiciando uma análise mais realista e adequada aos tomadores de decisão.

Duas variáveis estocásticas foram modeladas para o projeto em questão - a demanda e a taxa de câmbio (R\$/US\$) -, ambas como um Movimento Geométrico Browniano por meio de Simulação de Monte Carlo. Os resultados obtidos indicam a viabilidade do projeto e sugerem o exercício imediato da opção de investir, diante dos cenários e premissas considerados. O resultado das análises também permitiu verificar a viabilidade do projeto de implementação da van de reparos considerando uma opção perpétua, em que não há prazo para o exercício da opção de investir.

Foram, adicionalmente, avaliadas a influência dos parâmetros de volatilidade do projeto e do crescimento das variáveis estocásticas a fim de se fazer uma análise de sensibilidade para os resultados encontrados. O investimento imediato mostrou-se como a decisão ótima gerencial em praticamente todos os cenários considerados nas análises de sensibilidade.

A disponibilização de um serviço pós-venda pode ser atraente tanto para a empresa do ponto de vista econômico-financeiro, podendo lhe garantir receita significativa proveniente da própria prestação do serviço e também de fontes de receita incrementais associadas ao aumento da venda de *spare parts* e, até mesmo, de novos equipamentos (sempre que o valor do reparo torná-lo inviável na comparação com o valor de custo de aquisição um novo equipamento), como também aos clientes, trazendo-lhes benefícios de relacionamento e qualidade, aumentando seu nível de satisfação e sua fidelização, aspectos tão valorizados atualmente.

Esta análise pode ser estendida para empresas que desejem oferecer serviços pós-venda, com o objetivo de avaliar o momento ótimo para a realização do investimento necessário à disponibilização do projeto. Há que se considerar em cada caso as variáveis de incerteza e a estimação dos parâmetros correspondentes, mas os conceitos da abordagem da oportunidade de investimento como uma opção perpétua são possíveis de serem aplicados a diferentes projetos logísticos.

Como sugestão para trabalhos futuros ou até mesmo para a continuação deste, indica-se:

- a consideração de outras premissas além das adotadas na construção do fluxo de caixa do projeto, como por exemplo: a não limitação do número de reparos/ano, a contratação de mais técnicos por van em operação; o tratamento da demanda excedente de reparos (no caso de uma limitação estabelecida), considerando uma expansão do projeto com a implementação de um número superior de vans, neste caso também como uma opção real; a adoção de diferentes percentuais de atendimento para a demanda futura, com parcela estimada pelo MGB para o projeto no caso dos equipamentos novos, e a outra parcela estimada com base nos dados históricos de venda de equipamentos nos últimos anos.
- a aplicação de um prazo de expiração (de 5 anos, por exemplo) para a opção de investir em contrapartida à análise das opções utilizadas - o VPL estático do projeto e a opção perpétua para exercer a opção de investir.
- a avaliação de desempenho do projeto, pós-implementação, a fim de medir o nível de satisfação percebido pelos clientes e a maneira como os recursos da empresa estarão sendo utilizados para viabilizar essas ações. O desempenho deve ser analisado por meio das métricas citadas no capítulo 2, com os indicadores e subindicadores das medidas de desempenho tanto da perspectiva dos clientes beneficiados com a prestação do serviço *on site*, como da perspectiva da empresa. Cada elemento indicador deve ter um objetivo, um responsável por medi-lo na organização, uma

frequência de medição, uma fórmula de cálculo da métrica e uma frequência de revisões (para que esteja sempre atualizado) (Fernandez et al., 2012).

- a análise da rentabilidade dos clientes e o custo total dos serviços prestados, a partir da técnica do Custo de Servir, que leva em consideração os custos da prestação de serviço, os custos logísticos e os custos comerciais envolvidos no projeto permitindo à empresa mensurar e desenvolver políticas customizadas de atendimento. Essa ferramenta consegue identificar as atividades requeridas para assegurar a rentabilidade de cada perfil de cliente. O método utilizado para essa análise, segundo Argueta e Salazar (2015), é o método de custeio baseado nas atividades (*Activity Based Cost method*) que mapeia com critérios bastante precisos as atividades envolvidas no processo de prestação de serviço (ou de venda) a fim de compreender os custos indiretos incorridos por cliente, por tipo de produto e por tipo de serviço prestado entre outros.

## 6

## Referências bibliográficas

- ARGUETA, C. M.; SALAZAR, C.H. Costo de servir como variable de decisión estratégica el en diseño de estrategias de atención a canales de mercados emergentes. **Estudios Gerenciales**, v. 31. 2015.
- ARMISTEAD, C.; CLARK, G.; Customer service and support - Implementing effective strategies. Londres: **FT Books**, Pitman Publishing, 1992.
- BALLOU, R. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos - Logística Internacional**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 616p.
- BANCO DO BRASIL. Incoterms. Disponível em: <<http://www.bb.com.br/docs/pub/dicex/dwn/IncotermsRevised.pdf>>. Acesso em: 15 Maio 2016.
- BEAMON, B. Measuring supply chain performance. **International Journal of Operations and Productions Management**, v. 19, n. 3. 1999.
- BLACK, F. SCHOLLES, M. The pricing of options and corporate liabilities. **Journal of Political Economy**, v. 81 Maio/Junho. 1973.
- BODIN, L. D. Twenty years of routing and scheduling. **Operations Research**, v. 38, n.4. 1990.
- BORCHARDT, M.; SELLITO, M.A.; PEREIRA, G.M. Serviços de pós-venda para produtos fabricados em base tecnológica. **Revista Produção Online ABEPRO-UFSC**, v. 8. 2008.
- BOWERSOX, D.; CLOSS, D.J. **Logística empresarial – o processo de integração da cadeia de suprimentos**. São Paulo: Atlas, 2001. 594p.
- BRANDÃO, L. E. T. **Uma aplicação da teoria das opções reais em tempo discreto para avaliação de uma concessão rodoviária no Brasil**. Rio de Janeiro, 2002. 118p. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.
- BRANDÃO, L. E. T. et al. Using binomial decision trees to solve real-option valuation problems. **Decision Analysis**, v.2, n.2. 2005.
- BRANDÃO, L. E. T. et al. Incentivos governamentais em EPP: uma análise por opções reais. **RAE**, v.52, n.1. 2012.
- \_\_\_\_\_. Response to comments on Brandão et al. **Decision Analysis**, v.2, n.2. 2005.
- BRASIL. Decreto n.º 61.867, de 11 de dezembro de 1967. Regulamenta os seguros obrigatórios previstos no artigo 20 do Decreto-lei nº 73, de 21 de novembro de 1966, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, DF, 6 fev. 2009. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1950-1969/D61867.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1950-1969/D61867.htm)>. Acesso em: 18 maio 2016.
- BRASIL. Decreto n.º 6.759, de 5 de fevereiro de 2009. Regulamenta a administração das atividades aduaneiras, e a fiscalização, o controle e a tributação das operações de comércio exterior. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, DF, 6 fev. 2009. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/decreto/d6759.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6759.htm)>. Acesso em: 16 Abril 2016.

- BRAZ, R. G. F.; SCAVARDA, L. F.; MARTINS, R. A. Reviewing and improving performance measurement systems: An action research. **The International Journal of Production Economics**, v. 133, n.2. 2011.
- BROCKWELL, P. J.; DAVIS, R. A. **Introduction to time series and forecasting**. 2.ed. Nova Iorque: Springer-Verlag, 2002.
- BUNDSCHUH, R.G., DEZVANE, T.M. **How to make after sale services pay off**. The McKinsey Quarterly, 2003.
- CALAZANS, F. M et al. **Gestão de frotas no transporte rodoviário de carga**, 2014. Disponível em:<[www.aedb.br/seget/arquivos/artigos14/1620463.pdf](http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos14/1620463.pdf)>. Acesso em: 30 maio 2016.
- CAMEX. Apresenta textos sobre a legislação aduaneira no Brasil. Disponível em:<<http://www.camex.gov.br/conteudo/exibe/area/3/menu/47/Logística>>. Acesso em: 25 Abril 2016.
- CLARKE, G.; WRIGHT, J.W. Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. **Operations Research**, v. 12, 1964.
- CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Supply chain management: Strategy, planning and operation**. São Paulo: Pearson, Prentice Hall, 2004.
- CHRISTOPHER, M. **Logistics and supply chain management: Strategies for reducing cost and improving service**. Londres: Financial Times Prentice Hall, 1998.
- COPELAND, T.; ANTIKAROV, V. **Real Options: A practitioner's guide**. Nova Iorque: Texere – Thomson Corp, 2003. 370p.
- COYLE, J. J.; BARDI, E. J.; LANGLEY Jr., J. **The management of business logistics: a supply chain perspective**. 7. ed. Toronto: Thomson Learning, 2003.
- DIAS, M. **Análise de Investimentos com Opções Reais: teoria e prática com aplicações em petróleo e em outros setores – volume 1: conceitos básicos e opções reais em tempo discreto**. 1.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2014. 322p.
- DIAS, M. **Análise de Investimentos com Opções Reais: teoria e prática com aplicações em petróleo e em outros setores – volume 2: processos estocásticos e opções reais em tempo contínuo**. 1.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2015. 478p.
- DIAS, M. Material de aula – IND2072 – Análise de Opções de Investimentos com Opções Reais e Jogos de Opções. Rio de Janeiro: PUC-RJ, 2005.
- DIXIT, A. K.; PINDYCK, R. S. Investment under uncertainty. 2.ed. Nova Jersey: **Princeton University Press**, 1994. 468p.
- FERNANDEZ, N. S.; SCAVARDA, L.F.; LEIRAS, A.; HAMACHER, S. **Diseño de sistemas de medición de desempeño de proveedores: experiencias de un caso de estudio**. Produção, v. 22, n.1. 2012.
- FONSECA, D. A. D. **Avaliação de Projetos de Investimento com Opções Reais: cálculo do valor da opção de espera de uma unidade separadora de propeno**. Rio de Janeiro, 2008. 76p. Dissertação (Mestrado) – Escola Brasileira de Economia e Finanças, Fundação Getúlio Vargas.
- GAJARDELLI, P.; SACCANI, N.; SONGINI, L. Performance measurement systems in after-sales service: an integrated framework. **International Journal of Business Performance Management**, v. 9. 2007.

GEBAUER, H. Prioridades estratégicas em serviços de pós-venda de uma empresa de manufatura de base tecnológica. **Industrial Marketing Management**, v. 37. 2008.

GSCF. Apresenta textos sobre logística internacional. Disponível em: <<https://fisher.osu.edu/centers-partnerships/gscf>>. Acesso em: 13 abril 2016.

GODOY, A. Pesquisa qualitativa – tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, n. 3. 1995.

HANDFIELD, R.B.; NICHOLS, E.L. **Introduction to supply chain management**. Nova Jersey: Prentice-Hall, 1999.

HARRISON, A.; VAN HOEK, R. **Estratégia e gerenciamento de logística**. São Paulo: Futura, 2003.

HESKETT, J.; SASSER, W. & SCHESINGER, L. **Lucro na prestação de serviços - como crescer com a lealdade e satisfação dos clientes**. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

HIJJAR, M. F.; GERVÁSIO, M. H.; FIGUEIREDO, K. F. **Mensuração do desempenho logístico e o modelo *world class logistics* – Parte 1**. Rio de Janeiro: Centro de Estudos em Logística COPPEAD UFRJ, 2005. Disponível em: <[www.centrodelogistica.com.br](http://www.centrodelogistica.com.br)>. Acesso em: 26 abril 2016.

HILSDORF, W.C.; ROTONDARO, R.G.; PIRES, S.R.I. **Integração de processos na cadeia de suprimentos e desempenho do serviço ao cliente: um estudo na indústria calçadista de Franca**. Gestão e Produção UFSCAR, v.16, n.2. 2009.

HULL, D.; Cox, J. The field service function in the electronics industry: Providing a link between customers and production/marketing. **International Journal of Production Economics**, v. 37. 1994.

JALIL, M.N. **Customer information driven after sales service management: Lessons from spare parts logistics**. Research Institute of Management, 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1765/22156>>. Acesso em: 23 março 2016.

ILOS. **A logística do pós-venda**. Disponível em: <<http://www.ilos.com.br/web/a-logistica-do-pos-venda/>>. Acesso em 20 julho 2016.

LAMBERT, D.M.; COOPER, M. C.; PAGH, J. D. Supply chain management: implementation issues and research opportunities. **The International Journal of Logistics Management**, v. 9, n. 2. 1998.

LAMBERT, D. M.; STOCK, J. R. **Strategic logistics management**. 3. ed. Nova Iorque: McGraw-Hill, 1993. 862p.

LAMBERT, D. M.; STOCK, J. R.; ELLRAM, L. M. **Fundamentals of logistics management**. Nova Iorque: McGraw-Hill, 1998. 626p.

LELE, M. M. After-sales service - necessary evil or strategic opportunity? Managing Service Quality - **An International Journal**, v. 7. 1997.

LEITE, P.R. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. São Paulo: Prentice Hall, 2003. 272p.

LEITE, P.R.; BRITO, E.Z. **Reverse logistics of returned products: Is Brazil ready for the increasing challenge?** The Business Association of Latin American Studies, 2003. Disponível em: <<http://meusite.mackenzie.com.br/leitepr/Microsoft%20Word%20-%20BALAS%202003%20>>

- %20REVERSE%20LOGISTICS%20OF%20RETURNED%20PRODUCTS. pdf>. Acesso em: 10 abril 2016.
- LIEBERMAN, M. B. Capacity utilization: Theoretical models and empirical tests. **European Journal of Operation Research**, v. 40, n. 2. 1989.
- LOVELOCK, C; WRIGHT, L. **Serviços, marketing e gestão**. São Paulo: Saraiva, 2004. 416p.
- MARATHE, R.R; RYAN, S.M. On the validity of the geometric Brownian Motion assumption. **The Engineering Economist**, 2005. Disponível em: <http://www.public.iastate.edu/~smryan/gbmvalidv2.pdf>. Acesso em: 20 maio 2016.
- MCDONALD, R. SIEGEL, D. The value of waiting to invest. **Journal of Economics** - MIT Press, 1986.
- MDIC. Portaria n.º 23, de 14 de julho de 2011. Dispões sobre operações de Comércio Exterior. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, DF, 15 jul. 2011. Disponível em: [http://mdic.gov.br/arquivos/dwnl\\_1311100642.pdf](http://mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1311100642.pdf). Acesso em: 16 abril 2016.
- MDIC. Apresenta normas sobre comércio exterior. Disponível em: <http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/interna/index.php?area=5>. Acesso em: 16 abril 2016.
- MELO, A. C. S.; FERREIRA FILHO, V.J.M. Sistemas de Roteirização e Programação de Veículos. **Pesquisa Operacional**, v. 21, n.2. 2001.
- MENTZER, J. et al. Defining supply chain management. **Journal of Business Logistics**, v. 22, n. 2. 2001.
- MENTZER, J. ESPER, T. DEFEE, C. A Framework of supply chain orientation. **The International Journal of Logistics Management**, v. 21. 2010.
- MERTON, R.C. The theory of rational option pricing. **Bell Journal of Economics and Management Science**, v. 3. 1973.
- MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. Análise de séries temporais. 2. ed. São Paulo: Egard Blücher, 2006. 538 p.
- NEELY, A; GREGORY, M.; PLATTS, K. Performance measurement system design - a literature review and research agenda. **International Journal of Operations & Production**, v. 15, n. 4. 1995.
- NORDIN, F. Searching for the optimum product service distribution channel: Examining the actions of five industrial firms. **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management**, v. 35. 2005.
- NOVAES, A.G. **Sistemas logísticos: transportes, armazenagem e distribuição física de produtos**. São Paulo: Egard Blücher, 1989. 372p.
- PRADO, D. Usando o arena em simulação. São Paulo: Falconi, 2014. 388p.
- PIZZOLATO, N.; RAUPP, F. M. P.; ALZAMORA, G. S. Revisão de desafios aplicados em localização com base em modelos da p-mediana e suas variantes. **Revista Eletrônica de Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento**, v. 4. 2012.
- PORTAL SISCOMEX. Disponível em: <http://www.portalsiscomex.gov.br/>. Acesso em: 14 abril 2016.
- QUINN, J.B.; HILMER, F.G. Strategic outsourcing. **Sloan Management Review**, 1994.
- RICMS RJ. Disponível em: <http://www.fazenda.rj.gov.br/sefaz/>. Acesso em: 15 Maio 2016.



- ROTH, A. & MENOR, L. Insights into service operations management: a research agenda. **Production and Operation Management**, v. 12. 2003.
- SACCANI, N.; JOHANSSON, P.; PERONA, M. Configuring the after-sales service supply chain: a multiple case study. **International Journal of Production Economics**, 2007.
- SAMANEZ, C. P. **Gestão de Investimentos e Geração de Valor**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2ª reimpressão, 2012. 380p.
- SELITTO, M.; BORCHARDT, M.; PEREIRA, G.M.; SILVA, M. **Prioridades estratégicas em serviços de pós-venda de uma empresa de manufatura de base tecnológica**. Gestão e Produção, São Carlos, v. 18. 2011.
- SILVA JUNIOR, O. S. **Roteirização de veículos de carga com múltiplos depósitos em sistema de informação geográfica livre**. Rio de Janeiro, 2008. 134p. Dissertação (Mestrado) – Instituto Militar de Engenharia.
- STOCK, J. R. **Reverse logistics programs**. Council of logistics management. Illinois, 1998.
- SUPPLY-CHAIN COUNCIL. SCOR: supply chain operations reference model – overview, version 9.0. Disponível em: <[www.supply-chain.org](http://www.supply-chain.org)>. Acesso em: 26 junho de 2016.
- TANG, Q. **Time dependent after sales field service system planning**. Lehigh University, 2005. Tese (Doutorado). Disponível em: <<http://search.proquest.com/docview/304990851?pq-origsite=summon>>. Acesso em: 28 maio 2016.
- TRIGEORGIS, L. Real Options – Managerial flexibility and strategy in resource allocation. **The MIT Press**, 1996. 406p.
- UPS. Disponível em: <[https://www.ups.com/content/br/pt/resources/ship/packaging/dim\\_weight.html](https://www.ups.com/content/br/pt/resources/ship/packaging/dim_weight.html)>. Acesso em: 13 setembro 2016.
- WHITT, W. The stationary distribution of a stochastic clearing process. **Operations Research**, v. 29, n. 2. 1981.
- WISE, R., BAUMGARTNER, P. Go downstream: The new imperative in manufacturing. **Harvard Business Review**, v. 77, n. 5. 1999.
- WIKNER, J.; RUDBERG, M. Introducing a customer order decoupling zone in logistics decision-making. **International Journal of Logistics - Research and Applications**, v. 8. 2005.

## Apêndice A

Estimativa de cálculo de importação/nacionalização do sistema de calibração							
Produto e frete:		US\$		R\$		R\$/US\$	R\$ 3.40 (22/06/2016)
Total EXW NCM 9031.10.00		\$40.650,00		R\$ 138.210,00			
Frete internacional - 526Kg/320kg cubado		\$1.207,20		R\$ 4.104,48	* na DI		
Seguro internacional		\$304,88		R\$ 1.036,59			
<b>Total CIF:</b>		<b>\$42.162,08</b>		<b>R\$ 143.351,07</b>			
						R\$/US\$	R\$ 3.65 (22/06/2016)
Frete e seguro internacional		\$1.512,08		R\$ 5.519,09			
Despesas de destino (agente de carga)		\$275,60		R\$ -	R\$ 1.035,94		
<b>Desembaraço aduaneiro:</b>							
Desembaraço/SD A		BC			R\$ 666,95		
II		R\$ 143.351,07	14%	R\$ 20.069,15			
IPI		R\$ 163.420,22	0%	R\$ -			
PIS		R\$ 143.351,07	2.10%	R\$ 3.010,37			
COFINS		R\$ 143.351,07	10.65%	R\$ 15.266,89			
Taxa do Siscomex				R\$ 214,50	ICMS	FECF	
ICMS & FECF		R\$ 222.540,55	18%	R\$ 40.057,30	R\$ 35.606,49	R\$ 4.450,81	
Armazenagem (2o período)	Adicional:	R\$ 571,27		R\$ 1.591,28			
Transporte nacional (TECA/destino)					R\$ 1.000,00		
<b>Custo desembaraço:</b>				<b>R\$ 80.209,49</b>			
<b>Subtotal (nacionalização):</b>				<b>R\$ 88.431,48</b>			
Registro Sicoserv				R\$ 280,00			
<b>Total (nacionalizado):</b>				<b>R\$ 226.921,48</b>			

Figura 14. Estimativa de despesas de importação/nacionalização – calibrador – modal aéreo

Fonte: Elaboração própria

Estimativa de cálculo de importação/nacionalização do sistema de calibração							
Produto e frete:		US\$		R\$		R\$/US\$	R\$ 3.40 (22/06/2016)
Total EXW NCM 9031.10.00		\$40.650,00		R\$ 138.210,00			
Frete internacional - 526Kg - 1,92m³		\$512,80		R\$ 1.743,52	* na DI		
Seguro internacional		\$325,00		R\$ 1.105,00			
<b>Total CIF:</b>		<b>\$41.487,80</b>		<b>R\$ 141.058,52</b>			
						R\$/US\$	R\$ 3.65 (22/06/2016)
Frete e seguro internacional		\$837,80		R\$ 3.057,97			
Despesas de destino (agente de carga)		\$456,89		R\$ -	R\$ 1.725,25		
<b>Desembaraço aduaneiro:</b>							
Desembaraço/SD A		BC			R\$ 666,95		
II		R\$ 141.058,52	14%	R\$ 19.748,19			
IPI		R\$ 160.806,71	0%	R\$ -			
PIS		R\$ 141.058,52	2.10%	R\$ 2.962,23			
COFINS		R\$ 141.058,52	10.65%	R\$ 15.022,73			
Taxa do Siscomex				R\$ 214,50	ICMS	FECF	
ICMS & FECF		R\$ 218.857,63	18%	R\$ 39.394,37	R\$ 35.017,22	R\$ 4.377,15	
Armazenagem (2o período)				R\$ 1.410,59			
Transporte nacional (Porto/Niterói)					R\$ 1.000,00		
AFFRIM				R\$ 457,08			
<b>Custo desembaraço:</b>				<b>R\$ 79.209,69</b>			
<b>Subtotal (nacionalização):</b>				<b>R\$ 85.659,86</b>			
Registro Sicoserv				R\$ 280,00			
<b>Total (nacionalizado):</b>				<b>R\$ 224.149,86</b>			

Figura 15. Estimativa de despesas de importação/nacionalização – calibrador – modal marítimo

Fonte: Elaboração própria

Estimativa de cálculo de importação/nacionalização do outfit kit									
Produto e frete:		U\$		R\$		R\$/U\$	R\$ 3.40	(22/09/2016)	
Total EXW NCM 8708.99.90		\$24,571.50		R\$ 83,543.10					
Frete internacional - 696kg/cubado 1112 kg		\$2,496.40		R\$ 8,487.76	* na DI				
Seguro internacional		\$184.29		R\$ 626.59					
<b>Total CIF:</b>		<b>\$27,252.19</b>		<b>R\$ 92,657.45</b>					
						<b>R\$/U\$</b>	<b>R\$ 3.65</b>	<b>(22/09/2016)</b>	
Frete e seguro internacional		\$2,680.69		R\$ 9,784.52					
Despesas de destino/frete		\$334.03		R\$ -	R\$ 1,249.21				
<b>Desembaraço aduaneiro:</b>									
Desembaraço/SD A		BC			R\$ 666.95				
II		R\$ 92,657.45	18%	R\$ 16,678.34					
IPI		R\$ 109,335.79	5%	R\$ 5,466.79					
PIS		R\$ 92,657.45	2.10%	R\$ 1,945.81					
COFINS		R\$ 92,657.45	15.37%	R\$ 14,241.45					
Taxa do Siscomex				R\$ 214.50	ICMS	FECP			
ICMS & FECP		R\$ 160,457.82	18%	R\$ 28,882.41	R\$ 25,673.25	R\$ 3,209.16			
Armazenagem (2o período)	Adicional:	R\$ 371.08		R\$ 1,033.65					
Transporte nacional (TECA/Niterói)					R\$ 1,000.00				
<b>Custo desembaraço:</b>				<b>R\$ 68,462.94</b>					
<b>Subtotal (nacionalização):</b>				<b>R\$ 81,163.62</b>					
Registro Sicoserv				R\$ 280.00					
<b>Total (nacionalizado):</b>				<b>R\$ 164,986.72</b>					

Figura 16. Estimativa de despesas de importação/nacionalização – kit de montagem – modal aéreo

Fonte: Elaboração própria

Estimativa de cálculo de importação/nacionalização do outfit kit									
Produto e frete:		U\$		R\$		R\$/U\$	R\$ 3.40	(22/09/2016)	
Total EXW NCM 8708.99.90		\$24,571.50		R\$ 83,543.10					
Frete internacional - 696Kg - 6.78m²		\$970.20		R\$ 3,298.68	* na DI				
Seguro internacional		\$200.00		R\$ 680.00					
<b>Total CIF:</b>		<b>\$25,741.70</b>		<b>R\$ 87,521.78</b>					
						<b>R\$/U\$</b>	<b>R\$ 3.65</b>	<b>(22/09/2016)</b>	
Frete e seguro internacional		\$1,170.20		R\$ 4,271.23					
Despesas de destino/frete		\$473.51		R\$ -	R\$ 1,931.71				
<b>Desembaraço aduaneiro:</b>									
Desembaraço/SD A		BC			R\$ 666.95				
II		R\$ 87,521.78	18%	R\$ 15,753.92					
IPI		R\$ 103,275.70	5%	R\$ 5,163.79					
PIS		R\$ 87,521.78	2.10%	R\$ 1,837.96					
COFINS		R\$ 87,521.78	15.37%	R\$ 13,452.10					
Taxa do Siscomex				R\$ 214.50	ICMS	FECP			
ICMS & FECP		R\$ 152,182.82	18%	R\$ 27,392.91	R\$ 24,349.25	R\$ 3,043.66			
Armazenagem (2o período)				R\$ 875.22					
Transporte nacional (Porto/Niterói)					R\$ 1,000.00				
AFFRIM				R\$ 845.87					
<b>Custo desembaraço:</b>				<b>R\$ 65,536.26</b>					
<b>Subtotal (nacionalização):</b>				<b>R\$ 73,406.15</b>					
Registro Sicoserv				R\$ 280.00					
<b>Total (nacionalizado):</b>				<b>R\$ 157,229.25</b>					

Figura 17. Estimativa de despesas de importação/nacionalização – kit de montagem – modal marítimo

Fonte: Elaboração própria

