



# UFBA

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
ESCOLA POLITÉCNICA  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

MESTRADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

VITOR DA MATA QUINTELLA

DOIS ENSAIOS EM FINANÇAS CORPORATIVAS  
E GESTÃO DE RISCOS DE MERCADO



**SALVADOR**  
**2017**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**  
**ESCOLA POLITÉCNICA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI**

**VITOR DA MATA QUINTELLA**

**DOIS ENSAIOS SOBRE FINANÇAS CORPORATIVAS E GESTÃO DE RISCOS DE MERCADO**  
**TWO ESSAYS IN CORPORATE FINANCE AND MARKET RISK MANAGEMENT**

Salvador

2017

**VITOR DA MATA QUINTELLA**

**DOIS ENSAIOS SOBRE FINANÇAS CORPORATIVAS E GESTÃO DE RISCOS DE MERCADO  
TWO ESSAYS IN CORPORATE FINANCE AND MARKET RISK MANAGEMENT**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Industrial.

Orientadores: Prof. Dr. Marcelo Embiruçu de Souza  
Prof. Dr. Antônio Francisco de Almeida da Silva Jr.

Salvador

2017

Modelo de ficha catalográfica fornecido pelo Sistema Universitário de Bibliotecas da UFBA para ser confeccionada pelo autor

Quintella, Vitor da Mata  
DOIS ENSAIOS SOBRE FINANÇAS CORPORATIVAS E GESTÃO DE RISCOS  
DE MERCADO / Vitor da Mata Quintella. -- Salvador, 2017.  
89 f. : il

Orientador: Marcelo Embiruçu.  
Coorientador: Antônio Francisco de Almeida Silva Junior.  
Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Industrial) -- Universidade Federal da Bahia,  
Escola Politécnica, 2017.

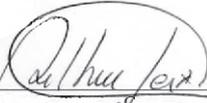
1. Gestão de Risco. 2. Risco Financeiro. 3. Industrias de  
commodities. 4. Inovação. 5. Hedge. I. Embiruçu, Marcelo. II.  
Silva Junior, Antônio Francisco de Almeida. III. Título.

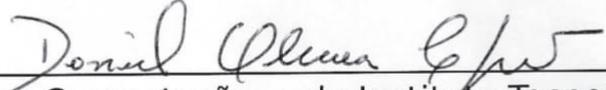
**DOIS ENSAIOS SOBRE FINANÇAS CORPORATIVAS  
E GESTÃO DE RISCOS DE MERCADO**

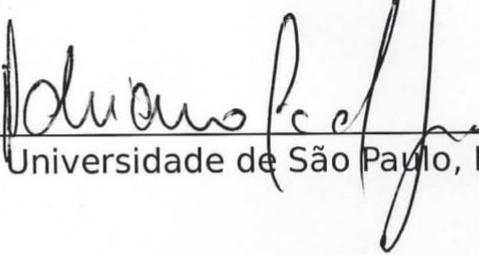
**VITOR DA MATA QUINTELLA**

Dissertação submetida ao corpo docente do programa de pós-graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Industrial.

Aprovada por:

Prof. Dr. Carlos Arthur Mattos Teixeira Cavalcante   
Doutor em Engenharia de Produção, pela Universidade de São Paulo, Brasil,  
1999

Prof. Dr. Daniel Oliveira Cajueiro   
Doutor em Engenharia Eletrônica e Computação, pelo Instituto Tecnológico  
de Aeronáutica, Brasil, 2002

Prof. Dr. Adriano Leal Bruni   
Doutor em Administração, pela Universidade de São Paulo, Brasil, 2002

Salvador, BA - BRASIL  
Setembro de 2017

*Dedico este trabalho à Virgem de Nazaré,  
Estrela da Manhã.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por ser a Verdade perene no belo e turbulento vendaval da vida.

Agradeço à minha família pelo suporte e pelo seu amor, em especial agradeço a Rogério, Cristina, Guilherme e Heitor. Sem eles, onde eu estaria?

Agradeço à minha namorada, Rafaela Versoza, por sorrir junto, sofrer junto, e lutar junto. Ela compartilhou comigo tanto do processo da realização dessa dissertação, quanto do processo da sua própria dissertação. É o compartilhar da vida que dá sentido a ela.

Agradeço ao meu orientador Marcelo Embiruçu por compartilhar sua vasta experiência de pesquisa acadêmica, permitindo não apenas que esse trabalho fosse iniciado e concluído, mas que também viesse a ser difundido internacionalmente.

Agradeço ao meu orientador Antônio Francisco, pela disponibilidade e prontidão em responder as minhas dúvidas e por compartilhar seu sólido conhecimento de finanças, além, é claro, das incontáveis horas gastas enquanto buscávamos os caminhos deste trabalho. Sou grato também pela sua amizade.

Agradeço a Ricardo Uchoa e a toda a sua equipe, não apenas pela disponibilidade e alegria, mas também pelo interesse em aprendermos cada vez mais, juntos.

Agradeço ainda à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo suporte e pelas bolsas e subsídios sem os quais não poderíamos desenvolver nossas pesquisas com a mesma qualidade.

Agradeço, por fim, a todos aqueles – familiares, amigos e conhecidos – que participando da minha vida e compartilhando do dia-a-dia me ajudaram e ajudam a ser sempre melhor e mais feliz. A cada um, minha profunda e impronunciável gratidão.

*“ ‘There's three things ye can do in any situation, girl,’ her father had told her once. ‘Ye can decide to do a thing, ye can decide not to do a thing... or ye can decide not to decide.’ That last, her da had never quite come out and said (he hadn't needed to) was the choice of weaklings and fools.”*

(Stephen King – Wizard and Glass)

## RESUMO

A presente dissertação é uma coleção de dois ensaios sobre finanças corporativas e a gestão de riscos de mercado. Ambos os ensaios utilizam técnicas originárias de mercados financeiros aplicadas a um cenário particular de indústrias de *commodities* petroquímicos brasileiras que atuam com importação e exportação. Assim este trabalho é dotado de contribuições teóricas marginais, aprofundando-se na aplicação empírica de um ferramental adequado para uma situação específica que leva à identificação de resultados e conclusões próprias que poderiam passar despercebidos numa análise generalista. Os modelos são baseados em uma empresa real cujo nome e os dados são omitidos por motivos de sigilo. As métricas *Earnings at Risk* (EaR) e *Cash Flow at Risk* (CFaR) foram aplicadas, assim como uma variação do CFaR – proposta nessa dissertação – denominada *Cash Balance at Risk* (CBaR).

O primeiro ensaio tem como objetivo identificar, mensurar e otimizar o risco financeiro e seus efeitos nos resultados de projetos com inovação tecnológica. Identificou-se que as métricas EaR, CFaR e CBaR auxiliam a avaliação de projetos quando acompanhadas dos procedimentos padrões de avaliação e, que, o uso de novas tecnologias, em certas condições, pode gerar um *hedge* natural para a empresa. Verificou-se que variações temporais entre gastos e recebimentos agravam a exposição financeira a oscilações de câmbio e de preços de *commodities*. Identificou-se, como boa prática, considerar em conjunto com a análise de projetos não apenas o financiamento e o *hedging*, mas também, os efeitos do mesmo sobre a estrutura financeira da empresa como um todo.

O segundo ensaio tem como objetivo desenvolver uma fronteira eficiente risco-retorno para a gestão de riscos através do uso de derivativos. Foi possível fornecer um portfólio de decisões ótimas que superaram a posição de não utilização de derivativos no aumento de resultados e na redução do risco – tanto nas projeções realizadas quanto na aplicação de um *backtesting* com dados históricos. A razão da tomada de decisões que formaram a fronteira foi investigada, identificando – inclusive – a possibilidade de arbitragem quando se está na posição do exportador líquido. A inclusão à Fronteira Eficiente da análise do risco de caixa disponível se mostrou como uma contribuição à gestão de risco financeiro e à questão do conflito de agencia. Os resultados dessa aplicação se mostraram pouco sensíveis às mudanças históricas de tendências do mercado.

**Palavras-chave:** Gestão de Risco; Risco Financeiro; Industrias de *commodities*; Inovação; Hedge.

## ABSTRACT

The present dissertation is a collection in two essays on corporate finance and market risk management. Both essays use techniques originated in financial market applied to a particular scenario of an import export Brazilian industry that uses and products intermediary petrochemicals. So that this work offers marginal theoretical contributions, with a focus of proposing applied empirical a framework for decision making that considers the singularities of this scenario. As benefits of such approach, it is possible to reach findings that wouldn't be archivable by a generalist approach. Both essays use a financial model based on a real company whose name and data are omitted for reasons of secrecy. The metrics Earnings at Risk (EaR) and Cash Flow at Risk (CFaR) were applied, as well as a variation of the CFaR - proposed in this dissertation - called Cash Balance at Risk (CBaR).

The first essay aims to identify, measure and optimize financial risk and its effects on the results of projects with technological innovation. It was found that the EaR, CFaR, and CBaR metrics help to evaluate projects when they are accompanied by standard evaluation procedures and that innovative technologies, in certain conditions, may act as a "natural hedge". The findings also show that the time delay between revenues and expenses leads to financial risk exposure to changes in prices and foreign exchange rates. It was identified, as a good practice, to consider not only the financing and the hedging of a Project, but also, how it affects financial exposition of the company as a unity.

The second essay aims at applying the concept of risk-return Efficient Frontier through the use of derivatives. It was possible to provide a portfolio of optimal decisions that overcome a position averse to derivative use. Better expectations were obtained with increased Expected earnings and with risk-reduction. The superiority was verified by an application of a backtesting with historical data. The reasons that made the optimizer take the decisions that formed the efficient frontier was investigated, and it was identified the possibility of arbitration when a company is in the position of the net exporter. The inclusion of cash balance risk analysis on the Efficient Frontier was shown to be a valuable contribution to financial risk management and to the agency problem. The results had little sensitivity to the historical changes of market trends.

**Keywords:** Risk Management; Financial Risk; Commodity Industry; Innovation; Hedge.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURE 1 – RISK METRICS GENERATION .....	29
FIGURE 2 – MONTHLY EXPECTED VALUES AND RISK METRICS OF ALL PROJECTS .....	35
FIGURE 3 – PROJECT IMPACT ON COMPANY RESULTS AND EXPOSURE (MILLION R\$) .....	37
FIGURA 1 – DADOS HISTÓRICOS DE MERCADO E DA EMPRESA .....	57
FIGURA 2 - ETAPAS DE FORMAÇÃO DA FE .....	65
FIGURA 3 – FRONTEIRA EFICIENTE PARA O ANO 2016 (13 PONTOS) .....	67
FIGURA 4 – FRONTEIRA EFICIENTE PARA O ANO 2000 (13 PONTOS) .....	69
FIGURA 5 – CONJUNTOS DE DECISÕES DA FRONTEIRA EFICIENTE EM 2016.....	71
FIGURA 6 – EFEITOS DO USO FORÇADO DO ACE SOBRE A FRONTEIRA EFICIENTE.....	74
FIGURA 7 – BOXPLOTS DE DECISÕES DA FE DE 2000 A 2015 .....	75
FIGURA 8 – DETALHAMENTO DE BOXPLOT DE DECISÕES DA FE DE 2000 A 2015.....	76
FIGURA 9 – BACKTESTING DO EARNINGS AT RISK COM BASE NO EARNINGS .....	78
FIGURA 10 – BACKTESTING DO CASH BALANCE AT RISK COM BASE NO CASH BALANCE ..	81

## LISTA DE TABELAS

TABLE 1 – CASE STUDY DATA.....	27
TABLE 2 – ANNUAL RESULTS WITH SENSITIVITY ANALYSES AND ZERO DRIFT MONTHLY CBAR MEASUREMENT (MILLION R\$) .....	36
TABELA 1 – DADOS UTILIZADOS PARA O MODELO FINANCEIRO .....	55
TABELA 2 - DEMONSTRAÇÃO DO RESULTADO DO EXERCÍCIO SIMPLIFICADA.....	59

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACC	Adiantamento sobre Contrato de Câmbio
ACE	Adiantamento sobre Cambiais Entregues
ANPEI	Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras
BRL	Taxa de câmbio entre o real e o dólar americano
CBaR	Cash Balance at Risk
CFaR	Cash Flow at Risk
CME group	Chicago Mercantile Exchange & Chicago Board of Trade
CVaR	Conditional-Value-at-Risk
DRE	Demonstração do Resultado do Exercício
EaR	Earnings at Risk
Fdol	Futuros mensais de dólar
FE	Fronteira Eficiente
FMI	Fundo Monetário Internacional
Fwti	Futuros mensais de petróleo
Gas	New York Harbor Conventional Gasoline Regular Spot Price FOB
IPCA	Índice de Preços ao Consumidor Amplo
ipea	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
Ker	U.S. Gulf Coast Kerosene-Type Jet Fuel Spot Price FOB
M2	United States Money Supply type M2
S&P 500	Standard & Poor's index
SME	Small and medium-sized enterprises
VaR	Value at Risk
Wti	Oil Cushing WTI Spot Price FOB

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>FINANCIAL EXPOSURE AND TECHNOLOGY INNOVATION INVESTMENT: MEASURING PROJECT</b>	
	<b>RESULTS IN BRAZILIAN COMMODITY INDUSTRIES .....</b>	<b>18</b>
2.1	INTRODUCTION.....	18
2.2	INNOVATION AND FINANCIAL RISK .....	19
2.3	COMMODITY INDUSTRY CASE STUDY .....	24
2.4	RISK MEASUREMENT AND DECISION-MAKING.....	30
2.5	RESULTS AND DISCUSSIONS .....	34
2.6	CHAPTER CONCLUSIONS .....	39
2.7	CHAPTER REFERENCES.....	40
<b>3</b>	<b>APLICAÇÃO DA FRONTEIRA EFICIENTE DE MARKOVITZ PARA HEDGE CRUZADO DE ANTECIPAÇÃO</b>	
	<b>EM UMA EMPRESA NÃO FINANCEIRA.....</b>	<b>44</b>
3.1	INTRODUÇÃO .....	44
3.2	MODELO FINANCEIRO DE INDÚSTRIA PETROQUÍMICA.....	53
3.3	MÉTRICAS DE RISCO E FRONTEIRA EFICIENTE .....	62
3.4	APLICAÇÃO NUMÉRICA.....	66
3.5	BACKTESTING .....	77
3.6	CONCLUSÕES DO CAPÍTULO.....	82
3.7	REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO.....	83
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>86</b>
4.1	TRABALHOS FUTUROS .....	88

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A presente dissertação é uma coleção de dois ensaios sobre finanças corporativas e a gestão de riscos de mercado. Embora cada ensaio tenha seus próprios objetivos, ambos propõem um ferramental adequado para a gestão de riscos de mercado aplicado a uma situação específica, com suas particularidades: indústrias brasileiras de *commodities* petroquímicos intermediários.

Essa dissertação é orientada a indústrias produtoras de *commodities* que atuem com importação e exportação no Brasil, indústrias essas que possuem uma significativa parcela da volatilidade dos seus resultados associada a fatores de risco de mercado. Embora o gestor não possa eliminar os riscos de mercado, é possível gerir e mitigar as consequências desses sobre o desempenho da empresa. Em 2015, as empresas que comercializam *commodities* representaram 60% das exportações brasileiras, uma parcela importante da indústria nacional, que no mesmo ano exportou produtos que alcançaram valores de 191 bilhões de dólares e importou cerca de 171 bilhões de dólares.

Embora já exista volume de pesquisa com foco nos dois problemas investigados nos ensaios aqui discutidos, quais sejam, o problema da análise de riscos em projetos e o problema do *hedge* da produção e insumos com derivativos, a literatura e a prática atual ainda possuem espaço para contribuições importantes. Avaliações de projeto tradicionais não conseguem prover uma análise completa entre sinergias financeiras do projeto com a estrutura já existente da empresa, deixando de analisar correlações da mesma com dívidas e com os padrões cotidianos de recebimentos e gastos já existentes. A literatura de *hedging* corporativo, tipicamente, considera um *hedge* direto de vendas sem uso de dados reais. Na prática, *hedges* diretos são incomuns já que nem sempre há a possibilidade de contratos futuros dos mesmos, por exemplo, no Brasil apenas dez *commodities* são comercializadas na bolsa de futuros. Ainda, o *hedge* exclusivo de vendas desconsidera a existência de *hedges* naturais gerados por correlações entre preços de matérias primas e produtos – correlação especialmente forte na cadeia do petróleo.

Tais questões são levadas em conta no desenvolvimento deste trabalho, acrescentando-se a elas as particularidades da aplicação dos métodos de análise de risco às indústrias brasileiras de *commodities* petroquímicos intermediários, que as diferenciam de demais abordagens encontradas na literatura: a utilização de contratos de valoração de matérias

primas e produtos com base em referências internacionais; a consequente alta dolarização de suas receitas e despesas; o consequente contraste de um desempenho dolarizado e uma mensuração de resultados em Reais; e a forte correlação entre suas duas maiores exposições, o dólar e o petróleo. O conjunto dessas particularidades propõe um cenário que, se observado pela abordagem generalista – encontrada na literatura –, deixaria passar uma série de resultados e conclusões próprias desta realidade.

O primeiro ensaio trata de um método de mensuração dos riscos financeiros de curto e médio prazo decorrentes de implantações de projetos com inovação tecnológica e possui um foco maior no processo de mensuração e na comparação entre alternativas de investimento. O segundo ensaio trata da criação de um *hedge* indireto para a gestão do risco financeiro por meio do uso de derivativos. Enquanto o primeiro fornece uma estrutura de auxílio à avaliação de projetos e investimento, auxiliando a decisão entre alternativas de investimento, o segundo oferece um método testado de tomada de decisões sobre a gestão de riscos de mercado na produção.

O leitor vai perceber que, embora cada ensaio trabalhe com modelos financeiros e métricas parecidas, existem algumas particularidades encontradas em cada um. As particularidades existem ou para dar foco a questões importantes da discussão, ou para delimitar os problemas. Por exemplo, a métrica *Earnings at Risk* (EaR) – que pode ser definida de várias formas pela literatura – é tratada no primeiro ensaio como o menor valor alcançável do retorno dentro de um grau de confiabilidade, e no segundo ensaio como a maior diferença entre o valor médio esperado e o menor valor alcançado do retorno dentro de um grau de confiabilidade.

Cada ensaio é apresentado como um capítulo autocontido, de modo que, seguido a esta introdução (capítulo 1) se encontra o primeiro ensaio (capítulo 2 – escrito em inglês) e o segundo ensaio (capítulo 3) que podem ser lidos de forma independente, sendo dotados de sua própria introdução, metodologia, resultados, conclusão e referencial bibliográfico. Ao término do trabalho existe ainda (no capítulo 4) as considerações finais acerca da dissertação e a descrição de oportunidades de trabalhos futuros.

Destaca-se que o capítulo 2 deste trabalho serviu como base para um artigo aceito na *Academia Revista Latinoamericana de Administración* (ARLA), revista oficial da *Latin American Council of Schools of Management* (CLADEA). O artigo ainda está em processo de publicação.

## **2 FINANCIAL EXPOSURE AND TECHNOLOGY INNOVATION INVESTMENT: MEASURING PROJECT RESULTS IN BRAZILIAN COMMODITY INDUSTRIES**

### **2.1 INTRODUCTION**

When a company chooses to invest in new technologies, it evaluates the financial risks of the project considering the already existing financial risk structure. Risk is understood as the association between a possible loss of value and the presence of uncertainties (Ilevbare et al., 2014), and there are several ways of managing this financial risk. ISO 31000 (ISO, 2009) defines risk as the consequence of an uncertainty on company objectives. It also recommends the use of the Monte-Carlo simulation technique for risk measurement to handle complex risk situations. Wu and Ong (2008) state that there is a fruitful relationship between large-scale technology projects and risk management techniques, but there is a gap in company risk management practices and many high investment projects fail because of poor risk management. Although most companies are vulnerable to uncertainty and risks, those that operate with new technologies seem to be prone to higher risks because they find themselves in a spot where the unknown is prominent.

According to Miorando et al. (2014), financial exposure is one of the factors that affect decision-making in technological innovation. Financial exposure comes from uncertainties in variables such as foreign exchange rates and commodity prices. Risk management techniques used by financial companies can be adapted for use by non-financial corporations. One way to evaluate financial risk is by using Earnings at Risk (EaR) and Cash Flow at Risk (CFaR) measures, as described by Denton et al. (2003), Anderson and Davison (2009) and Maisano et al. (2016). These measures are similar to the Value at Risk (VaR) measure which is widely used by the financial sector.

Traditional project analysis approaches such as Net Present Value (NPV) and SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats) are unable to provide a complete evaluation of the synergy between proposed projects and the current company structure. Traditional approaches fail to consider the relationship between new investment and company debt, revenues and expense patterns. This relationship is hidden in correlations of financial variables that are not considered in traditional analyses. Often, the financial impact of the new investment is evaluated as an independent business. This is because it is difficult

to calculate correlations between the forecasted performance of new investment and current company results. However, this kind of problem may be solved more easily in commodity industries because the prices of the final products, supplies and energy in the new projects may be correlated to current prices and the other financial risk factors of the business. Here, we suggest some financial strategies to manage risks which are not often considered in the traditional evaluation of NPV: the combination of different financial tools, such as derivatives, during project elaboration to optimize the risk-return relationship to obtain a better mean-variance result for the company after the project is accomplished.

In 2015, Brazilian companies exported up to 191 billion dollars' worth of products (MDIC, 2016a), and imported 171 billion dollars' worth (MDIC, 2016b). Commodities represent around 60% of Brazilian exports (UNCTAD, 2014). Inserted on this perspective, we use a hypothetical company model, inspired by a real case, that imports and processes commodities and produces final products that are also petrochemical commodities. The hypothetical company has to choose a project to invest in, in order to increase revenues: i) a project with a technology already dominated by the company; or ii) a project that invests in a new technology. Each alternative has its own expected cash flow, which has a specific synergy with the cash flow that the company expects with its current products. The aim of this paper is to evaluate the synergies and risk management strategies of two such projects (an innovative project and a non-innovative project) in order to improve decision-making.

The main contribution of this essay is the proposal of a applied empirical framework for innovating project evaluation that considers the singularities of an import export Brazilian industry that uses and products intermediary petrochemicals: the use of contractual price setting formulas for products and raw material based international references; the consequent dollarization of its revenue and expenditures; the consequent contrariness of dollarized results and the realization of disclosure in Brazilian Reais; and the strong correlation between its two major expositions, United State Dollars and petrochemicals.

## 2.2 INNOVATION AND FINANCIAL RISK

### 2.2.1 Innovation, challenges and financial risk in Brazil

According to Silva (2005), Brazilian companies which make intensive use of technology have a particularly high overall mortality rate for two main reasons. The first is the lack of

competence in planning before entering the market. The second reason is managers' lack of skills in dealing with market risks. Hyytinen et al. (2015) using data from Finnish start-ups, claim that innovative start-ups may face great uncertainty with intertemporal cash flows.

According to SEBRAE (2013), small and medium-sized enterprises (SME) have a high survival rate in the first years of their existence. However, after three years the survival rate falls considerably. According to the executive secretary of the Brazilian National Association for Research and Development of Innovative Companies (Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras - ANPEI), small companies that grow to the medium size category in Brazil stop innovating in order to survive because the new tax regime which they have to cope with impels them to worry about payroll and taxes alone (Drska, 2015). ANPEI also reveals that only 3.2% of medium-sized companies consider innovation a priority for the next five years (Drska, 2015).

According to Bittar et al. (2005), large Brazilian companies usually have difficulty investing in technological innovation for the following reasons: the lack of staff qualified in sciences and engineering; the lack of desire to innovate due to risk aversion; and the absence of pro-innovation elements in the business culture of the companies. Insofar as risk aversion, accurate financial risk measurement of technological innovation projects may provide an important contribution to overcoming this barrier that also hinders the development of an innovation culture. This may happen for two main reasons: if it is a rational aversion, it would be shown that innovative projects may achieve market risk reduction which may contrapose the increase of operational risk assumed when innovating; and, if it is an irrational aversion, it would contribute to the process of rationalization of this aversion by measuring the financial risk contributions of different projects.

### **2.2.2 The financialization of commodity Market**

Between 2004 and 2008, institutional investors started investing more in commodity futures (Tang and Xiong, 2012), and since the 2008 crisis, a rise in the equity-commodity correlations has been observed (Buyuksahin and Robe, 2014). This phenomenon was called the "financialization of commodity market". It was empirically investigated by several papers, such as Ederer et al. (2016), Gogolin and Kearney (2016), Pradhananga (2016) and Tzeng and Shieh (2016). A theoretical work that explains the phenomena was developed by Basak and Pavlova (2016) and they report three main findings: the presence of institutional investors

raises commodity future prices; the “financialization” makes the volatility and correlation to equity markets become stronger; and, finally, the commodity spot and inventory prices go up with commodity market financialization. These findings highlight the importance of risk management studies in commodity-intensive companies. Furthermore, Adams and Glück (2015) analysed whether this “financialization of commodity markets” would be temporary, and they predicted that relationships between commodities and the stock market would remain high in the future. This would keep the market speculative and risky. Recent works proposing innovations in commodity market models demonstrate that “financialization” is a trend. These models include “market financialization” and market speculation (Li et al., 2013; Frankel, 2014; Cifarelli and Paladino, 2015; Wang et al., 2015; Drachal, 2016).

### **2.2.3 Foreign exchange rate financial risk exposure**

Dominguez and Tesar (2006) study exposure to foreign exchange rate risk in companies in several emerging markets and industrialized countries around the world. They found a high correlation between the performance of companies in these markets and the foreign exchange rate. The observed effects are greater in small businesses and in export-import companies, which adjust their behaviour dynamically. In the industrial area, a direct correlation between company size and exposure to foreign exchange rate risk was found. Choi and Jiang (2009) show that as companies become more multinational their foreign exchange rate risk exposure reduces.

Ye et al. (2014) carried out research complementing the work of Dominguez and Tesar (2006), analysing the influence of countries’ foreign exchange rate policies on company results. They found that regardless of the countries’ foreign exchange rate regimes, companies are highly exposed to changes in foreign exchange rates. Notwithstanding, in countries with fixed foreign exchange rate policies, companies suffer a higher financial impact due to changes in the foreign exchange rate, when compared to the financial impact on companies based in countries where the foreign exchange rate regime is floating.

### **2.2.4 Approaches to corporate financial risk measurement**

Project evaluation and project management have developed into project portfolio management. This new concept considers the relationship between new projects and the already existing projects in companies, since “it will be the total risk that will ultimately impact

on the project's operational risk and that of the parent firm's expanded project portfolio" (Paquin et al., 2016). Lin et al. (2008) carried out theoretical mathematical research (verified by empirical tests) on the relationship between decisions relating to investment, financing and hedging, and their results indicate that the overall results should not be evaluated without these three aspects, otherwise it would lead to biased estimates and to potentially spurious relationships. This paper works on both principles, evaluating the joint results of investment, financing and hedging as the impacts to "total risk" in companies.

Insofar as single project risk analysis, several works have been published in the area of combined heat and power generation (Gómez-Villalva and Ramos, 2003; Wickart and Madlener, 2007; Kettunen et al., 2010; Alipour et al., 2014; Cano et al., 2014; Maurovich-Horvat et al., 2016). Although this line of research does not consider the principle of impacts on the "total risk" of a company, they demonstrate the use of multi-stage evaluation in the project management and point to directions for further development of this research. This multi-stage evaluation is used to evaluate the flexibility of choosing which kind of energy source to consume. In contrast, in our problem, it is not possible to make great changes in the production once the project has been implemented. However, our hedging strategy may also be elaborated as a flexible multi-stage strategy that can be periodically (e.g.: yearly) updated, so that it is suitable to use the same mathematical tool in an application, different from those previously discussed.

Another field in project evaluation that considers risks as a key issue is Real Options valuation. The real options approach is used to evaluate projects with sunken costs, uncertainties, and managerial flexibility. In our literature review, the most relevant works and recent research includes that of Benaroch (2002), Bardhan et al. (2004), Wu and Ong (2007), Ghosh and Troutt (2012), Buhl et al. (2013), Ghosh and Li (2013) and Arasteh, A. (2016).

The measurement of corporate financial risk in this paper uses metrics based on financial market techniques. This work focuses on foreign exchange rate risks and commodity price risks. These risks are classified in the literature as market risks (other financial risks are credit risk and liquidity risk). The Corporatometrics™ method from Riskmetrics Group (1999) is an open method used by this group to measure the financial risk in non-financial companies. It calculates the Cash Flow at Risk (CFaR) and the Earnings at Risk (EaR), which are adaptations of the Value at Risk (VaR) measure. These two measures, CFaR and EaR, are complemented here by a new proposed metric: the company's lowest expected Cash Balance in a given

period, referred to here as CBaR (Cash Balance at Risk). The metrics may be calculated using various methods, such as the Monte Carlo simulation, historical simulation and parametric methods, and they represent the worst expected result (or the worst expected loss) over a given period (time horizon) for a specified statistical confidence level.

The calculation of CFaR and EaR metrics for non-financial companies is recommended by international consulting firms such as McKinsey (Pergler and Rasmussen, 2013); however, these metrics should be adjusted to the company business model. One important step in calculating CFaR and EaR is the identification and prioritization of risks and the modelling of exposure. According to Pergler and Rasmussen (2013), the risk measures allow: i) the company to determine a quantitative "risk appetite"; ii) a clear comparison of the risks related to the company's different projects or activities; iii) to foster a dialogue on uncertainties and the trade-offs in managing them; iv) to remove biased slopes of the strategic planning process; and v) ultimately to generate value for the company through optimization of the risk-return relationship, combining decisions to reach better financial/ accounting performance for a given risk level (which may be the current one unknowingly assumed by the company) so that expected returns are maximized.

### **2.2.5 Decision making when there are project options**

The next step is the decision-making process. At this stage, the selection of new projects that a company can invest in is carried out based on the comparison of expected performance and risk. This comparison is carried out here using: the risk-adjusted performance; the interactions of each project with the company's existing business; and the possible financial strategies that the company can use to improve results (with financial derivatives or other financial market tools).

Several decision criteria can be used in this decision-making process. Although many factors influence the decision when a company evaluates a portfolio of projects, in the financial risk approach, the most frequently used are the following two criteria: i) optimize the performance in an adjusted risk approach, which means that, for a specific level of expected risk or risk tolerance, the company chooses the strategy of higher expected returns; ii) minimize the risk level as much as possible. In either criteria a hedge is established whenever a risk exposure is mitigated by a financial decision (e.g.: commodity options trading). The first

criterion would establish only a limited degree of hedging, while the second criterion would try to hedge all possible hedging exposure.

Allayannis and Ofek (2001) analyse the use of foreign currency derivatives by non-financial companies in the S&P 500 (Standard & Poor's index). They found that the decision to carry out a hedge strategy can be explained by a number of variables, but the amount of derivative contracts depends exclusively on the volume of international transactions. They also found that these companies do not use derivatives for speculation. Based on this finding, this paper assumes that derivatives and other financial tools will be used only for risk mitigation purposes, as it seems to be the strategy employed by the biggest US companies. The literature reports and discusses risk management strategies for foreign exchange rates, such as the works of Hsu et al. (2009), Afza and Alam (2011), Disatnik et al. (2013), Kouvelis et al. (2013), Palzer et al. (2013), Zhou and Wang (2013), Chen and King (2014), Fabling and Grimes (2014) and Rampini et al. (2014).

In the next section, an industrial case study is described in which two projects, one of innovation and another of expansion, are evaluated for risk.

### 2.3 COMMODITY INDUSTRY CASE STUDY

The case studies are hypothetical due to confidential and proprietary reasons; however, they are based on a real petrochemical company that buys a specific petroleum fraction and basic petrochemicals as raw material and processes them, producing 270 thousand metrics tons per year of intermediate petrochemicals. The products are sold on both the national and the international markets. Some of the contracts with customers incorporate changes in supply prices in the prices of final products, generating a so-called “natural hedge” for price changes. However, there is often a time delay between when it pays for raw materials and receives revenue from sales which, when combined with changes in prices and foreign exchange rates, may have a strong influence on its cash flow. Due to this time delay, supply price changes may influence the cash flow even with the “natural hedge” of the contracts.

The company wants to invest and there are two possible projects to choose from to increase its revenues. One is the “Expansion” project, an investment with little innovation to expand the plant, creating a new unit with a more efficient process in which less raw material would be required per unit of product. This expansion would involve small technological

changes compared to the current plant technology, which involves little technological risk. The second possibility is the “Innovation” project, consisting of the creation of a new productive unit with completely different technology, in which the company would use a new and cheaper raw material.

The company must also decide how to obtain the loan for project implementation. It has two options, a loan in the national currency (Real) or in a foreign currency (US Dollar). Both projects are the same size, and the loan in Dollars has a lower interest rate than the loan in Reals. Both projects can be implemented within one year and should be evaluated in the first 12 months after implementation, a period for which the company has already forecasted prices and sales quantities.

Special contracts, known as ACC (Adiantamento sobre Contrato de Câmbio - advance against exchange) and ACE (Adiantamento sobre Cambiais Entregues - advance against draft presentation), are used to aid export companies and they are regulated by the Central Bank of Brazil for hedging and financing purposes. Both loan money in a domestic currency backed by exports. However, the bank charges are different for each kind of loan and they change over time. The ACC operation is a loan that can be given even before production using expected sales, whereas ACE, while similar, is settled only after the product is transported to the customer. For our evaluation purposes in this work, the company only has ACC and ACE as financial mechanisms to manage foreign exchange rate risks exposure. In the project evaluation here, ACC is settled in the first month of evaluation as a percentage of the expected export sales for the whole year and ACE is taken monthly as a percentage of each month’s exports. If the two kinds of contract are to be used, then ACE will be a percentage of the exportation percentage not covered by ACC.

The company works with a mix of raw materials that are processed to produce a mix of final products. Each of the chemical supplies and final products contracts has specific clauses for price changes. Generally, for each commodity, there is a fixed dollar value (called premium value) added to a floating dollar value which is calculated based on the international market prices of commodities that are used as references for prices. For domestic sales, the contracts use the average US\$-R\$ exchange rate of the month prior to delivery, while international contracts are priced at the current dollar exchange rate. All purchases are paid for on delivery, revenues from domestic sales take a month to be received, and revenues from international sales take two months to be received. As stated earlier, this time delay between revenues and

expenses, in addition to the seasonal pattern of company sales and the changes in market prices, result in cash flow uncertainties.

The data used in these case studies are shown in Table 1. The company produces three products, P1, P2 and P3, and uses three raw materials, RM1, RM2 and RM3. Each sold final product price is based on fixed costs, on the cost of the raw materials, on transport costs, on taxes and on a fixed value, which will result in the company profit margin. Raw materials are priced by the prices of reference commodities (RC1, RC2 and RC3) plus a premium. Project Innovation will work with a new raw material (RM4) which is priced using a different reference commodity (RC4).

From Table 1, it is possible to verify that all product prices and raw material prices are calculated in dollar and then converted into Brazilian Reais, what would totalize 760 MMUS\$ (1.820 MMR\$ equivalent) and 442 MMUS\$ (1.060 MMR\$ equivalent). Other expenditures valuated directly in Brazilian Reais totalize 120 MMR\$ ( 50 MMUS\$ equivalent), while taxes reach a value around 560 MMR\$ that are mostly affected by the dollarized revenue, reaching approximately 223 MMUS\$ . From this perspective, 100% of revenue is exposed to dollar and roughly 90% of expenditures is dollar exposed. The magnitude of the exposition can be illustrated by an inclusion in the model of a monthly reduction of dollar- real exchange, where a 1% reduction would lead to a 10% (8 MM R\$) reduction of expected earnings, and a 3% reduction would lead to a 28% (23 MM R\$) reduction of expected earnings. Furthermore, the cash balance and cash flow exposition is harder do estimate by a simplistic method, since it would also have to take into account the effects of volatility and the cash basis delay.

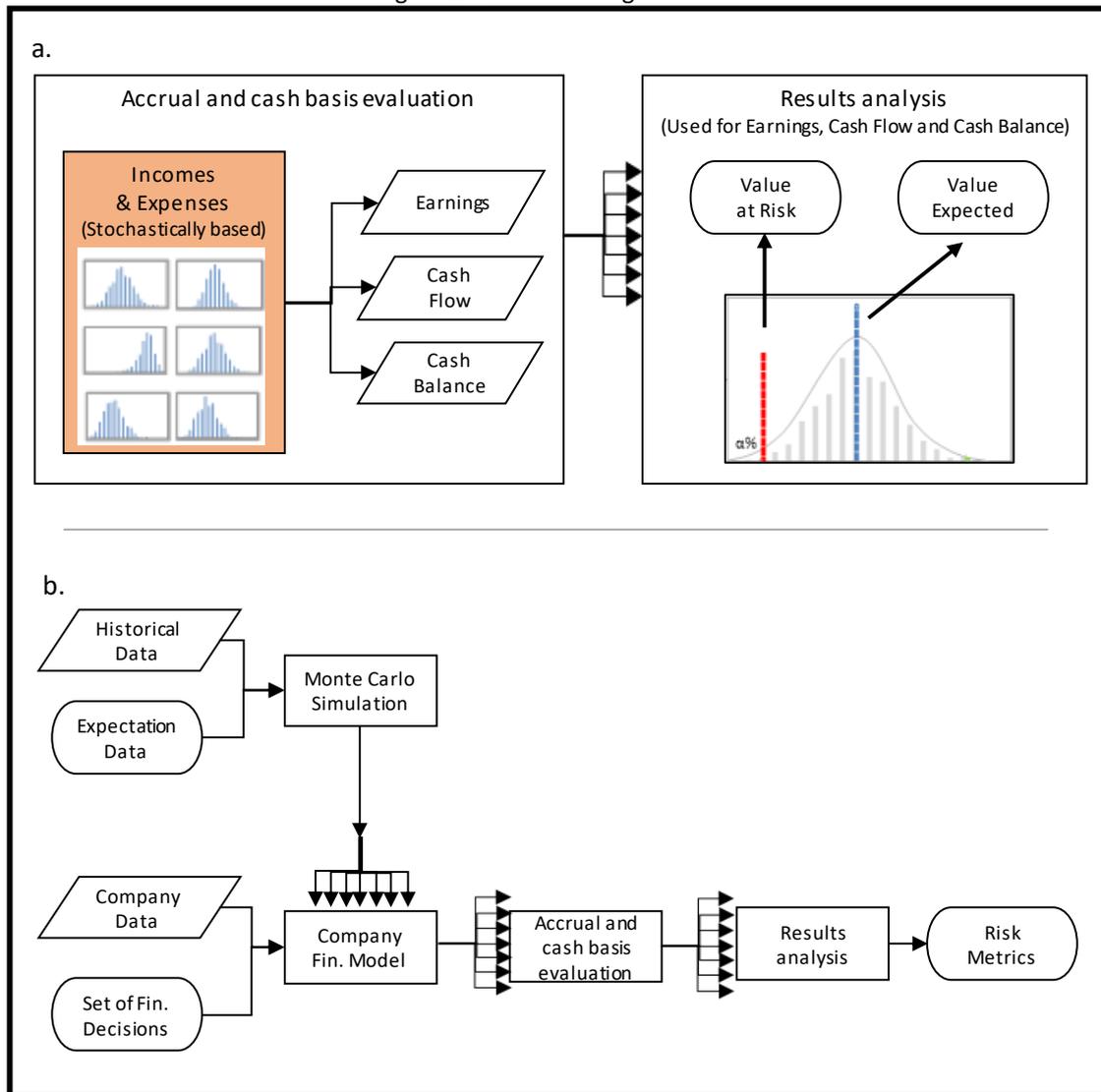
Table 1 – Case study data

Company data before investment in projects				
		RM1	RM2	RM3
Used tons of RM for 1 ton of P produced:	P1	0.85	0.15	0
	P2	0.64	0.11	0.25
	P3	0.85	0.15	0
Expected annual production (tons):		2,7 · 10 <sup>5</sup>		
Expected sells volatility:		11%		
Ratio of output by product:		P1= 65%	P2= 31%	P3= 4%
Exportation ratio:		P1 = 13%	P2 = 7%	P3 = 9%
Importation ratio:		RM1 = 53%	RM2 = 0%	RM3 = 0%
Seasonality. Expected sells variation for each month:				
	Jan +5%	Feb +10%	Mar +15%	Apr +5%
(based on annual sells divided by 12)	May +0%	Jun +0%	Jul +0%	Aug -5%
	Sep -15%	Oct -10%	Nov -5%	Dec +0%
Expected price at start of evaluation (USD/ton):		RC1 = 1000	RC2 = 1300	RC3 = 500
Expected drift of market prices:		RC1 = 0%	RC2 = 0%	RC3 = 0%
Expected volatility of market prices:		RC1 = 10%	RC2 = 12%	RC3 = 11%
Fixed premium for customers (USD/ton):		P1	P2	P3
National:		1300	100	20
Exportation:		400	400	0
Fixed premium of suppliers (USD/ton):		RM1	RM2	RM3
National:		300	400	0
Importation:		400	-----	-----
Expected USD-BRL exchange rate at start of evaluation:		2.5		
Expected drift in USD-BRL exchange rate:		0%		
Expected volatility in USD-BRL exchange rate:		3.80%		
Tax 1 over nationally sold product:		10%		
Tax 2 over nationally sold product (charged after Tax 1):		18.65%		
Tax over profit:		24%		
Tax over net-profit*:		0%		
		<i>*In Brazil there is a tax over net-profit, but Brazilian government usually do not charge this tax for petrochemical companies as an incentive to this market.</i>		
Other variable costs 1 (based on revenue) (BRL):		1%		
Logistics costs (for each ton sold) (BRL):		200		
Monthly fix costs (BRL):		4·10 <sup>6</sup>		
Monthly remuneration of company cash		0.45%		
Emergency loans monthly interest rate (in scenarios of negative cash balance):		1.10%		
ACE and ACC monthly interest rate:		0.70%		
Expected annual dividends (BRL)**:		90·10 <sup>6</sup>		
		<i>**Dividends are paid in February, July and October in equal parts.</i>		
Projects data				
Project Expansion investment costs (BRL)		120·10 <sup>6</sup>		
Project Innovation investment costs (BRL):		120·10 <sup>6</sup>		
USD loans annual interest rate:		4%		
BRL loans annual interest rate:		8%		
USD-BRL exchange rate in the moment of loan:		3.00		
Project increase in production (both projects):		120·10 <sup>3</sup>		
Project Expansion economy in RM1 use:		10%		
Project Expansion economy in RM2 use:		5%		
Project Innovation use of RM4 in substitution of RM1:		100%		
Fixed RM4 premium of suppliers (USD/ton):		470		
Expected RC4 price at start of evaluation (USD/ton):		395		
Expected RC4 drift of market price:		0%		
Expected RC4 volatility of market price:		7%		

### 2.3.1 Measuring EaR, CFaR and CBaR

The evaluations in this paper are measured on an accrual basis for the net Earnings (calculated from the income statement for one year) and on a cash basis for the Cash Flow (and the Cash Balance). The simulations consider projects with different technological innovations and allow the assessment of expected results and risks in the company's net income and cash flow. The average of the different scenarios in a Monte Carlo simulation is used as the expected result and the risk metric is evaluated in a statistical confidence level  $\alpha$ . The following metrics are generated: EaR, corresponding to the  $\alpha$  percentage of net income results accumulated until the last evaluated period; CFaR, corresponding to the  $\alpha$  percentage of the total Cash Flow until the last evaluated period; and CBaR, corresponding to the worst result, among all evaluated periods through the whole evaluation horizon, of the  $\alpha$  percentage of the available Cash Balance. Figure 1a describes this procedure.

Figure 1 – Risk metrics generation



This set of metrics allow the managers to understand the worst scenario case achievable in normal market conditions, and by this way would allow through project implementation to establish the financial comfort line under which the company may operate. A well-established risk metric would allow a more stable management, with better and more efficient risk control. EaR metric would be of the main concern of investor, since its hedging would imply in better stability of the outcome of their investments and the measurement of risk would imply in better knowledge of the investment conditions. CFaR and CBaR metrics would be of main concern of managers since it knowledge would imply in a reduction of future surprises and better solidity and assertiveness in the decision-making processes, also its hedging would offer better stability for its cash balance reducing the need of short-term loans and reducing the use of unneeded working capital (when present). The reduction of unneeded working capital

may also imply in reduced need of investors capital, allowing a growth in the return per capital invested.

#### 2.4 RISK MEASUREMENT AND DECISION-MAKING

In this paper the method proposed to evaluate the expected results and the financial risk follows five steps: i) Monte Carlo simulation of chemical supplies and final product prices and quantities and Monte Carlo simulation of foreign exchange rate and any other uncertainty that may affect the income statement and cash flow of the company; ii) calculation of the expected cash flow and the company's expected profit; iii) calculation of EaR, CFaR, CBaR and any other risk metric; iv) analysis of the set of simulations for a given project study; and finally v) a comparison of the different projects. The steps ii, iii and iv are repeated using computational mathematics in a search for the best financial options decision-set before step v is applied.

The application of this method supports the decision-making process for investing in a technological innovation project. It does not take into account qualitative issues and its quantitative scope is restricted to short and medium range financial risk management, and so it does not replace other evaluation techniques. Here the terms "simulation", "project" (or "reference case") and "scenario" refer, respectively, to: the results generated by the Monte Carlo approach; the innovation or expansion project to be undertaken by the company, including the no-project possibility, i.e., the reference case; and different market expectations for the foreign exchange rate and commodity prices. Market expectations for volatilities were defined using historical data and market price drifts were defined as zero. A schematic representation of the method is shown in Figure 1b, where "Fin." stands for financial.

As stated earlier, three risk metrics were considered: EaR; CFaR; and CBaR. All the three risk metrics are calculated monthly with a 95% statistical confidence interval and on a twelve-month time horizon. The way CBaR is measured allows the manager to avoid a lack of available cash in any period of the evaluated time horizon. That is, using CBaR guarantees that no specific period of time is overlooked when searching for the best final result. Summing up, this paper uses EaR (Earnings at Risk), which is based on the accrual basis results (profit or loss) in the income statement of one year. The second risk metric is the CFaR (Cash Flow at Risk), which is computed based on a monthly cash basis results over a twelve-month period. Finally,

there is the CBaR (Cash Balance at Risk), which is the worst expected Cash Balance from the first until the last evaluated period.

Another common risk measure in the literature is the difference between the expected value and the worst scenario within a statistical confidence interval. It has become a standard in financial companies through the use of Value-at-Risk and Conditional-Value-at-Risk (CVaR). Our metrics did not use this method because a negative result is an uncommon scenario in a non-financial company, and so in most scenarios, it would measure “how much a company may not earn”, an unnatural result when compared to “in the worse scenario, the company will earn”. This metric construction is even more important in cash balance at risk measurement because any non-positive scenario will reflect the unwanted results. This must be taken into account when interpreting numeric results as it leads to different interpretations of the same number (e.g.: positive risk results can be extremely bad).

#### 2.4.1 Stochastic method for the generation of scenarios

To carry out the simulations, the following risk factors were identified: sales quantities, commodity prices, and the foreign exchange rate. The simulations are calculated using the geometric Brownian process, as in Postali and Picchetti (2006) and Lin (2008). In Equation 1  $S_i$  is the price or quantity of the variable  $i$  in a given time  $t$ ,  $\mu$  is the expected growth rate, and  $\sigma$  is the monthly volatility. The variable  $dz$  corresponds to a Wiener process. Such process allow the benefits of considering variations in exposition values as continuous and assuring that no negative result is possible, since negative exchanges and prices wouldn't be realistic.

Equation 1 - Geometric Brownian process

$$dS_{i,t} = \mu_{i,t} \cdot S_{i,t} \cdot dt + S_{i,t} \cdot \sigma_i \cdot dz$$

The Monte Carlo simulation is applied to the international prices of commodities that are used as reference prices for contracts. Based on these reference prices, supply and final product prices are calculated using Equation 2. In Equation 2,  $S$  is the reference price,  $P_j$  is the supply or final product  $j$  price,  $V_f$  is the premium (a fixed value which represents some specific costs and the profit margin),  $\theta$  is the weight of the price of each basic commodity that sums up the composition of the price of each final product, and  $r$  is the number of basic commodities.

Equation 2 – Contracts pricing model based on reference commodities

$$P_{j,n,z} = Vf_j + \sum_{i=1}^r S_{i,n-1,z} \cdot \beta_{i,j}$$

The amount of sales also follows a stochastic process similar to Equation 1; however, the growth rate is set to zero because production is considered to fluctuate around an average level. The Monte Carlo simulation calculates results from the quantities, prices, taxes and other costs. Each of these results is calculated on cash basis and on accrual basis. The cash basis results are computed considering a delay between expenditure on purchases and product revenues.

#### 2.4.2 Decision making of financial choices

Each financial decision taken will modify the results of the metrics described above, and therefore when each project is modelled, different decisions based on a risk management criterion can be compared. The optimization process is established by basically two criteria: “objective”, required in all optimization, since it is the establishment of what result is aimed to be maximized or minimized through the mathematical optimization process; and “restrictions”, that may or may not be implemented and sets a roof or a floor to specific variables in a pre-determinate level, even more, the restriction of a variable usually imply in a consequential indirect restriction of the objective. In risk analyses two major variables are suitable for both criteria, an expected result or a risk metric, any combination of those would deliver the needs of the optimal decision-making process. For example, a minimization of CBaR (or CFaR or EaR) for each project can be carried out. The best strategy for a given level of risk can also be calculated; e.g., it is possible to maximize expected returns for a given level of expected risk. The choice of the decision-making criteria depends on company, which includes the firms’ degree of risk aversion strategies and market conditions.

The optimization process occurs by the search of the best decision set for reaching the objective that doesn’t disrespect the imposed restriction. In this paper, the company aims to minimize cash balance risk and therefore chooses ACC, ACE and long-term loan strategies to achieve the less risky achievable decision-set for each project, without the use of restrictions. The optimization method used is the Generalized Reduced Gradient method which solves non-linear problems and which was also used by Maiti et al. (2009) to solve a stochastic inventory price-dependent problem.

### 2.4.3 Project impact on financial risk structure

The risk management approach applied here to evaluate projects provides additional information and can be used together with other tools of project assessment, such as the traditional NPV and internal rate of return methods. The aim of this is to assist the decision-making process and evaluate not only the risk structure of a particular project but also provide information about the project impact on the financial exposure of the company as a whole.

The use of hedging analysis would require a stronger communication between Project Management team, accounting department and finance department not only for the project conception and evaluation, but also for the project execution and control. This would require also specific formation on how hedge works and how it can be established, evaluated and controlled. This would be required, because some duties of these departments, such as the management of credit risk, liquidity risk, market risk and operational risk, would become entangled with project development and execution.

Although this kind of interaction would require greater endeavor from the accounting department for the project conception, it would also achieve greater stability to the firms hedging policy since it would be pre-established and integrated to the business model.

Even though the integrated analyses could imply in easier control of hedging policy, it could also make changes in this policy more impactful, so that it would have to consider projects consistency. Thus, the financial benefits of this kind of evaluation may only be attainable by an organizational structure that can support this kind of communication and interdepartmental decision making. By being able to operate in such terms, the company could be more efficient at risky investments, as suggested by Lin *et al.* (2008) paper.

Each project is evaluated for its impact on the whole business, and in order to achieve this, the outcomes of each project are evaluated as the difference between each project result and the results of the reference case (the case in which no project would be carried out). For example, if the reference case has an Earnings at Risk of 100 million US\$ and one project has an Earnings at Risk of 130 million US\$, the Earnings at Risk outcome of this project will be presented as a +30 million US\$ result. This result is called an “impact”.

Finally, once the results of each project are computed, a classical sensitivity analysis is applied to each optimized decision and to the reference case. The aim of the sensitivity

analysis is to verify whether the optimized decision retains its characteristics in other market drift scenarios.

## 2.5 RESULTS AND DISCUSSIONS

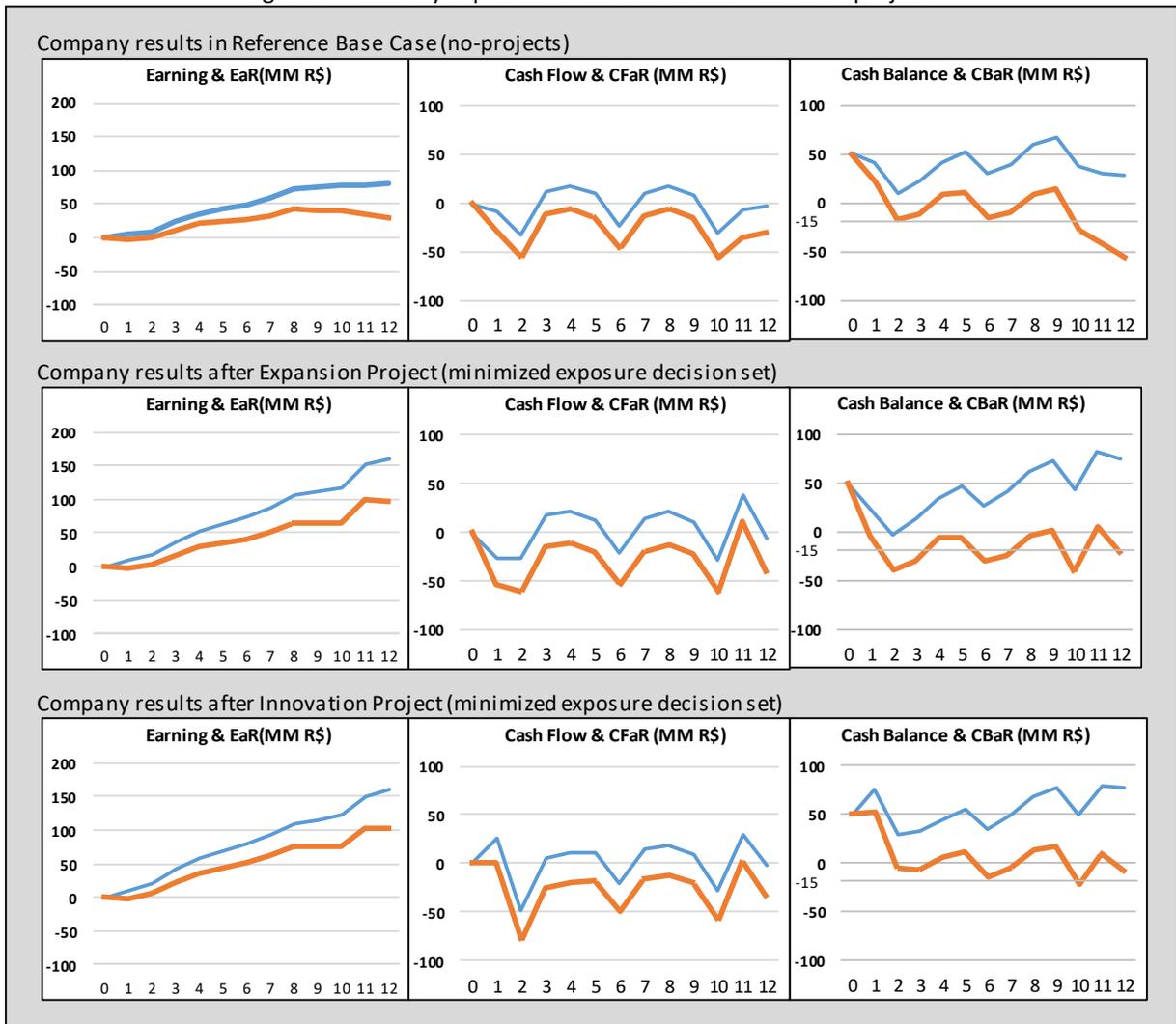
All results presented here are in millions of Brazilian Reais unless otherwise stated. Where results are presented in American dollars, the equivalence was calculated with an exchange rate of 2.5 US\$/R\$, the same rate at the start of the evaluation. The method focus is on financial risk management, and therefore other aspects are not discussed in this hypothetical study case.

### 2.5.1 Reference case (no project) analysis

For the reference case, positive expected earnings were found in the region of 80 MM R\$ (32 MM US\$) with an EaR of almost 30 MM R\$ (12 MM US\$), an expected negative cash flow, an expected low positive cash balance and a highly risky cash balance, which could reach negative values in several (seven) months. Figure 2 represents the monthly expected values graphically (continuous lines) obtained for all projects, along with their risk measurements (dotted lines), i.e., the worst expected scenarios. The same figure contain projects results as discussed ahead in this paper.

In Figure 2 it is possible to find the effects of risk and of time delay between accrual and cash basis. Even with constant expected earnings, there is the risk of earning reduction from the ninth period until the end of projections, because of market volatility. Even though earnings at risk would be positive in the end of analyses, a negative cash balance at risk can be found in all periods after the ninth, and even before. The firsts negative CBaR are results of simple market risk and time delay, and the last ones are results of this exposure associated with the possibility of negative earnings. Cash flow analyses reveal an unstable cashflow, greatly affected by dividends and by the merging of seasonality and cash basis delay.

Figure 2 – Monthly expected values and risk metrics of all projects



Despite the fact that the EaR is positive for the reference case, the CBaR is negative, which means that there is a high probability that the company will present a negative cash balance in cumulative months. This negative CBaR may become a liquidity problem for the company. The reference case was also analyzed for two different US\$-R\$ exchange rate scenarios, a monthly increase of 1.5% (R\$ depreciation scenario) and a monthly decrease of 1.5% (R\$ appreciation scenario). All three scenarios were used to compare the innovation investments and the annual results for these simulations and all other sensitivity tests are shown in Table 2, where “Min.” indicates the case where the minimized risk decision-set is applied. The same table contain projects results discussed ahead in this paper.

Table 2 – Annual results with sensitivity analyses and zero drift monthly CBar measurement (Million R\$)

	Reference			Min. Expansion			Min. Innovation		
	-1.5%	<b>0.0%</b>	1.5%	<b>-1.5%</b>	<b>0.0%</b>	<b>+1.5%</b>	<b>-1.5%</b>	<b>0.0%</b>	<b>+1.5%</b>
<b>Δ USD-BRL Rate</b>									
<b>Expected Earnings</b>	68	<b>81</b>	94	152	<b>161</b>	169	151	<b>160</b>	168
<b>EaR</b>	23	<b>29</b>	37	96	<b>97</b>	99	101	<b>104</b>	105
<b>Expected Cash Flow</b>	-16	<b>-22</b>	-31	24	<b>25</b>	24	25	<b>27</b>	28
<b>CFaR</b>	-88	<b>-106</b>	-128	-60	<b>-71</b>	-90	-51	<b>-60</b>	-73
<b>Expected Cash Balance.</b>	34	<b>28</b>	19	74	<b>75</b>	74	75	<b>77</b>	78
<b>CBar</b>	-38	<b>-56</b>	-78	-36	<b>-41</b>	-59	-11	<b>-22</b>	-35

	Non-Min. Expansion	Non-Min. Innovation	Min Expansion Contribution			Min Innovation contribution		
	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>-1.5%</b>	<b>0.0%</b>	<b>1.5%</b>	<b>-1.5%</b>	<b>0.0%</b>	<b>1.5%</b>
<b>Δ USD-BRL Rate</b>								
<b>Expected Earnings</b>	158	157	+84	<b>+80</b>	+75	+82	<b>+79</b>	+75
<b>EaR</b>	91	96	+73	<b>+68</b>	+62	+78	<b>+74</b>	+68
<b>Expected Cash Flow</b>	5	8	+40	<b>+47</b>	+55	+40	<b>+49</b>	+58
<b>CFaR</b>	-101	-85	+28	<b>+35</b>	+37	+38	<b>+47</b>	+55
<b>Expected Cash Balance</b>	55	58	+40	<b>+47</b>	+55	+40	<b>+49</b>	+58
<b>CBar</b>	-63	-45	+2	<b>+15</b>	+19	+27	<b>+34</b>	+43

Monthly CBar	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yearly CBar
<b>Reference</b>	50	22	-17	-11	10	10	-16	-10	10	14	-28	-41	<b>-56</b>	<b>-56</b>
<b>Min. Expansion</b>	50	-4	-39	-29	-6	-5	-30	-25	-4	2	<b>-41</b>	5	-21	<b>-41</b>
<b>Min. Innovation</b>	50	51	-5	-8	6	11	-14	-6	13	16	<b>-22</b>	10	-10	<b>-22</b>

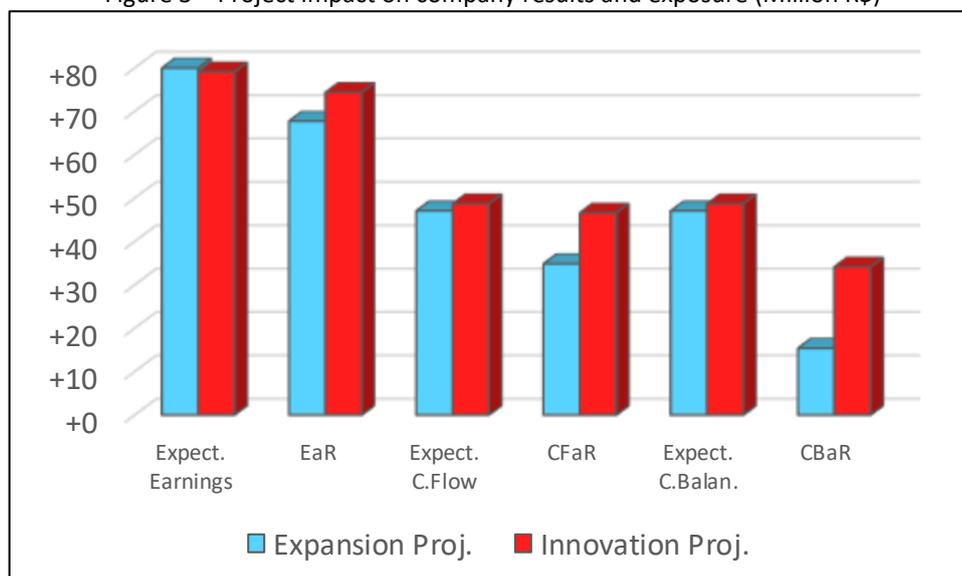
The analysis of the effects of the US\$-R\$ exchange rate on the reference case shows the impact of foreign exchange rate fluctuations on the company business. US\$ appreciation leads to an increase in the net income of the company, but successive dollar appreciation also leads to a reduction of available cash. It was found that this happens because of the time delay in the impact of the foreign exchange rate in outflows and inflows as discussed previously. In order to confirm this, an additional analysis was made where a foreign exchange rate trend is simulated from the beginning of the evaluation and zeroed after the eighth period. It was found that although the expected net income increased, the final results of the cash balance analysis became equivalent to the net income results, confirming the interpretation of the previous results. In other words, even good scenarios may lead to greater risk, and to choose one over the another may lead to unexpected results. These results demonstrated that any project to be implemented should be evaluated taking into account both criteria as demonstrated below.

## 2.5.2 Projects analysis

For each project, three risk management decisions were evaluated: i) the percentages of loans taken out in US\$ and in R\$; ii) the number of ACC contracts in the first month; and iii) the number of ACE contracts after the ACC debt is paid. These decisions were evaluated minimizing the annual value of CBaR. As a result, the minimal foreign exchange rate risk for the Innovation project was reached with an ACC of 45% of the value of annual expected exports, with a 100% ACE for all the remaining exports, and with 100% of the loan taken out in dollars. In the Expansion project, however, the minimal risk was reached with no ACC contract, a 100% ACE for all the remaining exports, and 100% of the loan taken in dollars. The results are shown in Table 2, “Min. Expansion” and “Min. Innovation”, where “Min.” stands for minimized risk.

The results in Table 2 show a comparison between non-minimized risk decision-set and minimized risk decision-set evaluation for each project and the reference case. The results obtained with the non-minimized decision-set show distinctly worse results than the risk minimized decision-set results. These results show the importance of financial exposure optimization for the project evaluation process. Because ACC and ACE can be understood in their dynamics as short-term loans, this finding seems to corroborate the results of Bartram et al. (2015) who demonstrated the importance of risk optimization for company results when they take out loans. Table 2 shows the potential effects on performance of the two investment projects. In Figure 3, these effects are shown for the zero drift foreign exchange rates.

Figure 3 – Project impact on company results and exposure (Million R\$)



If the projects were compared under expected results as they would be in classical project evaluation methods, the results would be similar with a slight advantage for the expansion project. Under this scenario the decision may fall into the criterion of all the well-known operational risks of using a new technology. The decision may fall into not innovating since innovating would not imply in better results that could justify the project operational risks.

The risk metrics show distinctly better results for the Innovation project. The risk results demonstrate that both projects offer an increase in EaR because of the expected earnings result, but innovation project reveals a lower impact of deviation over the EaR. The EaR results generates similar outcomes in the cash basis analyses in a way that both CFaR and CBaR suffer increases (risk reduction). The main effect of the technological innovation project over the company risk is a distinctly better diversification of risks and therefore a greater stability for the company's cash balance. The cash balance net risk reduction is 122% higher for the Innovation project than for the Expansion one. There are various reasons for this: firstly, while the Expansion project retains the same pattern of exposure and risk factors as the current company business, the Innovation project has more diversified exposure due to the new supplies; secondly, the lower cost of the new raw material does not increase profit, because of the final product price policies, however, it reduces the effect of the time delay between inflows and outflows; thirdly, the lower volatility of the new reference price also helps to reduce risk.

CFaR metric presents greater differences between both projects than EaR, mainly because of the second reason presented above, the reduction of time delay impacts is added to the reduction of earnings risk reduction. CBaR reduction presents a smaller contribution when compared to CFaR, this happens since they are calculated in different moments. CFaR is always calculated in the last month of evaluation, and CBaR is calculated on the worst result of all the evaluation (10<sup>th</sup> period in this case), this is generated by the operational changes in supply and production, and demonstrates the importance of a metric like CBaR.

The results found in this work may seem as a contradiction to Paquin et al. (2016) statement that "no risk reduction can ever be expected" from adding a new project to a already existing company, since this will normally imply in more capital invested and this capital risks will pose it's own risks to the company. However, those authors work with absolute deviation risk measured from the expected result. Our results reached risk reduction

because it was built under a relative risk perspective, EaR. If measured under Paquin et al. perspective, an increase in absolute deviation risk measured from the expected result (standard deviation) would be found, with a growth from 30 to 36 (million Reais) in Expansion project and 32 in Innovation project. In this project results, the growth in the expected value surpasses the growth in standard deviation in a rate that allows the growth of the expected worst risk scenario.

## 2.6 CHAPTER CONCLUSIONS

This article presents a method that allows the evaluation of the financial risk associated to the impacts of new projects in a petrochemical commodity industry. This method highlights the gains of innovative projects which, through the implementation of new technologies, can change the financial risk exposure of a commodity-intensive company (e.g., by allowing the use of new resources or by generating new products). The method was applied to a hypothetical case study based on a real situation, which demonstrated the benefits of using the method as a complement to usual analysis methods.

The use of the stochastic method from two perspectives, the accrual basis and the cash basis, enabled the identification and mitigation of risks that would not have been identified by other traditional methods. In the case study, although the hedged Innovative project presented only 7% more over the hedged Expansion project in the resulting company's earnings risk, it was possible to measure a substantive difference of 46% in the cash balance risk. This financial risk reduction difference was obtained by the diversification of risk and by using inputs with a softer price oscillation (a cheaper and less volatile price).

Another contribution of this paper is that it includes financing and hedging strategies in project evaluation, including a model for commodity pricing. With the use of these combined factors it was demonstrated in this case study that it was possible to achieve a 24% improvement in earnings risk reduction, 26% in cash flow risk reduction, and 40% in cash balance risk reduction when compared to plain project evaluation. These results can be achieved by the use of the Generalized Reduced Gradient method for optimizing relationships between the following variables: the volatility and correlations of commodity prices and foreign exchange rate; loan interest rates; production and inventory forecasts; and the delays between accrual basis results and cash basis results.

Both contributions enable a better evaluation of project impacts and of innovation benefits on companies' financial risk, providing a framework for smoothing expected cash flow and earnings. Measuring financial risk contributes to a rationale for the risk aversion commonly found in managers and companies in Brazil and Latin America. This, besides the actual risk reduction provided by this method, is an additional step in the process of overcoming barriers to the innovation process.

The main contribution of this essay was the proposal of an applied empirical framework for project evaluation that considers the singularities of an import export Brazilian industry that uses and products intermediary petrochemicals. Such framework allowed to evaluate the effects of technological diversification that may work as an opposition to innovation aversion in Brazilian companies. Such empirical framework applied to the singularities of this reality, such as the use of contractual price models wasn't found in literature and resulted in an analysis framework that can be applied to real companies. The results are robust although there are opportunities for improvement, such as the use of econometric studies and price forecasting.

## 2.7 CHAPTER REFERENCES

- Adams, Z., Glück, T. (2015) "Financialization in commodity markets: A passing trend or the new normal?", *Journal of Banking and Finance*, Vol.60, pp. 93-111.
- Afza, T. and Alam, A. (2011), "Determinants of extent of financial derivative usage", *African Journal of Business Management*, Vol.5, No.20, pp.8331-8336.
- Allayannis, G. and Ofek, E. (2001), "Exchange rate exposure, hedging, and the use of foreign currency derivatives", *Journal of International Money and Finance*, Vol.20, No.2, pp.273-296.
- Anderson, C.L. and Davison, M. (2009) "The application of cash-flow-at-risk to risk management in a deregulated electricity market", *Human and Ecological Risk Assessment*, Vol.15, No.2, pp.253-269.
- Arasteh, A. (2016) "Combination of real options and game-theoretic approach in investment analysis", *Journal of Industrial Engineering International*, Vol.12, No.3, pp.361-375.
- Bardhan, I.R., Bagchi, S. and Sougstad, R. (2004), "Prioritizing a portfolio of information technology investment projects", *Journal of Management Information Systems*, Vol.21, No.2, pp. 33-60.
- Bartram, S.M., Brown, G.W. and Waller, W. (2015), "How Important Is Financial Risk?", *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol.50, No.4, pp.801-824.
- Basak, S., Pavlova, A. (2016) "A Model of Financialization of Commodities", *Journal of Finance*, Vol.71, No.4, pp. 1511-1556.
- Benaroch, M. (2002), "Managing information technology investment risk: A real options perspective", *Journal of Management Information Systems*, Vol.19, No.2, pp. 43-84.

- Bittar, A.A.M., Siqueira, D.P., Luz, L.C. and Chacon, P.A.S., (2013), "A dificuldade de pavimentar o caminho para a inovação tecnológica no Brasil: O retrato dos rankings, alguns indicadores e obstáculos à sua sustentabilidade", *Cadernos de Prospecção*, Vol.7, No.4, pp.472-482.
- Buhl, H.U., Fridgen and G., König, C. (2013) "Using financial derivatives to hedge against market risks in IT outsourcing projects - a quantitative decision model", *Journal of Decision Systems*, Vol.22, No.4, pp. 249-264.
- Büyükkahin, B., Robe, M.A. (2014) "Speculators, commodities and cross-market linkages", *Journal of International Money and Finance*, Vol.42, pp. 38-70.
- Cano, E.L., Groissböck, M., Moguerza, J.M., Stadler, M. (2014) "A strategic optimization model for energy systems planning" *Energy and Buildings*, Vol.81, pp. 416-423.
- Chen, J., and King, T.H.D. (2014), "Corporate hedging and the cost of debt", *Journal of Corporate Finance*, Vol.29, pp.221–245.
- Choi, J.J. and Jiang, C. (2009), "Does multinationality matter? Implications of operational hedging for the exchange risk exposure", *Journal of Banking & Finance*, Vol.33, No.11, pp.1973-1982.
- Cifarelli, G. and Paladino, G. (2015) "A dynamic model of hedging and speculation in the commodity futures markets", *Journal of Financial Markets*, Vol.25, pp.1-15.
- Denton, M., Palmer, A., Masiello, R. and Skantze, P. (2003), "Managing market risk in energy", *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol.18, No.2, pp.494-502.
- Disatnik, D., Duchin, R. and Schmidt, B. (2014), "Cash Flow Hedging and Liquidity Choices," *Review of Finance*, Vol.18, No.2, pp.715-748.
- Dominguez, K.M.E., and Tesar, L.L. (2006), "Exchange rate exposure", *Journal of International Economics*, Vol.68, No.1, pp.188–218.
- Drachal, K. (2016) "Forecasting spot oil price in a dynamic model averaging framework — Have the determinants changed over time?" *Energy Economics*, Vol.60, pp. 35-46.
- Drska, M. (2014), "Empresas de médio porte têm restrições para inovar por falta de financiamento" , available at: <http://brasileconomico.ig.com.br/negocios/pme/20140429/empresasdemedioportetemrestricoesparainovarporfaltadefinanciamento.html> (accessed on June 4th, 2015).
- Ederer, S., Heumesser, C., Staritz, C. (2016) "Financialization and commodity prices – an empirical analysis for coffee, cotton, wheat and oil", *International Review of Applied Economics*, Vol.30, No.4, pp. 462-487.
- Fabling, R. and Grimes, A. (2015), "Over the Hedge: Do Exporters Practice Selective Hedging?", *Journal of Futures Markets*, Vol.35, No.4, pp.321-338.
- Frankel, J.A. (2014) "Effects of speculation and interest rates in a "carry trade" model of commodity prices", *Journal of International Money and Finance*, Vol.42pp. 88-112.
- Ghosh, S. and Li, X.,A (2013) "A real options model for generalized meta-staged projects-valuing the migration to SOA", *Information Systems Research*, Vol.24, No.4, pp. 1011-1027.
- Ghosh, W and Troutt, M.D. (2012), "Complex compound option models – Can practitioners truly operationalize them?", *European Journal of Operational Research*, Vol.222, No.3, pp.542-552.
- Gogolin, F., Kearney, F. (2016) "Does speculation impact what factors determine oil futures prices?", *Economics Letters*, Vol.144, pp. 119-122.
- Gómez-Villalva, E., Ramos, A. (2003) "Optimal energy management of an industrial consumer in liberalized markets, *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol.18 No.2, pp. 716-723.

- Hsu, S., Ko, P., Wu, C., Cheng, M.J. and Shih, Y.L. (2009), "Hedging of Derivative Financial Products: Non-Finance Taiwanese Industry", in IACSIT-SC '09 Proceedings of the 2009 International Association of Computer Science and Information Technology - Spring Conference, pp.383-387.
- Hyytinen, A., Pajarinen, M. and Rouvinen, P. (2015), "Does innovativeness reduce startup survival rates?" *Journal of Business Venturing*, Vol.30, No.4, pp.564-581.
- Ilevbare, I.M., Probert, D. and Phaal, R. (2014), "Towards risk-aware roadmapping: influencing factors and practical measures", *Technovation*, Vol.34, No.8, pp.399-409.
- ISO (2009), "ISO 31000: Risk management – Principles and guidelines", International Organization for Standardization.
- Kettunen, J., Salo, A., Bunn, D.W., (2010) "Optimization of electricity retailer's contract portfolio subject to risk preferences", *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol.25, No.1, pp. 117-128.
- Kouvelis, P., Li, R. and Ding, Q. (2013), "Managing Storable Commodity Risks: The Role of Inventory and Financial Hedge", *M&Som-Manufacturing & Service Operations Management*, Vol.15, No.3, pp.507-521.
- Li, Z., Sun, J. and Wang, S. (2013) "An information diffusion-based model of oil futures price" *Energy Economics*, Vol.36, pp.518-525.
- Lin, C.-M., Phillips, R.D., Smith, S.D. (2008) "Hedging, financing, and investment decisions: Theory and empirical tests", *Journal of Banking & Finance*, Vol.32, No.8, pp.1566-1582.
- Lin, H.C. (2008), "Forward-rate target zones and exchange rate dynamics", *Journal of International Money and Finance*, Vol.27, No.5, pp.831-846.
- Maisano, J., Radchick, A. and Ling, T. (2016), "A lognormal model for demand forecasting in the national electricity market", *Anziam Journal*, Vol.57, No.3, pp.369-383.
- Maiti, A.K., Maiti, M.K. and Maiti, M. (2009), "Inventory model with stochastic lead-time and price dependent demand incorporating advance payment", *Applied Mathematical Modelling*, Vol.33, No.5, pp.2433-2443.
- Maurovich-Horvat, L; De Reyck, B; Rocha, P; Siddiqui, AS; (2016\*) "Optimal Selection of Distributed Energy Resources under Uncertainty and Risk Aversion", *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. (In press), No.99, pp. (In press).
- MDIC (2016a), "Empresas exportadoras 2001 a 2015" , Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, [online], available: [http://www.mdic.gov.br/images/balanca\\_comercial/OUTRAS\\_ESTADISTICAS/EMP\\_EXP.zip](http://www.mdic.gov.br/images/balanca_comercial/OUTRAS_ESTADISTICAS/EMP_EXP.zip) (accessed on May 2nd, 2015).
- MDIC (2016b), "Empresas importadoras 2001 a 2015" , Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, [online], available: [http://www.mdic.gov.br/images/balanca\\_comercial/OUTRAS\\_ESTADISTICAS/EMP\\_IMP.zip](http://www.mdic.gov.br/images/balanca_comercial/OUTRAS_ESTADISTICAS/EMP_IMP.zip) (accessed on May 2nd, 2015).
- Miorando, R.F., Ribeiro, J.L.D. and Cortimiglia, M.N. (2014), "An economic-probabilistic model of risk analysis for technological innovation projects", *Technovation*, Vol.34, No.8, pp.485-498.
- Palzer, A., Westner, G. and Madlener, R. (2013), "Evaluation of different hedging strategies for commodity price risks of industrial cogeneration plants", *Energy Policy*, Vol.59, pp.143-160.
- Paquin, J.-P., Gauthier, C. Morin, P.-P. (2016) "The downside risk of project portfolios: The impact of capital investment projects and the value of project efficiency and project risk

- management programmes”, *International Journal of Project Management*, Vol.34, No.8, pp.1460-1470.
- Pergler, M. and Rasmussen, A. (2013), “Strategic commodity and cash-flow-at-risk modeling for corporates: McKinsey”, *Working Papers on Risk* Vol.51, McKinsey, available at: [http://www.mckinsey.com/client\\_service/risk/latest\\_thinking/working\\_papers\\_on\\_risk](http://www.mckinsey.com/client_service/risk/latest_thinking/working_papers_on_risk) (accessed on May 2nd, 2015).
- Postali, F.A.S and Picchetti, P. (2006) “Geometric Brownian Motion And Structural Breaks In Oil Prices: A Quantitative Analysis”, *Energy Economics*, Vol.28, No.4, pp.506-522.
- Pradhananga, M. (2016) “Financialization and the rise in co-movement of commodity prices”, *International Review of Applied Economics*, Vol.30, No.5, pp. 547-566.
- Rampini, A., Sufi, A. and Viswanathan, S. (2014), “Dynamic risk management”, *Journal of Financial Economics*, Vol.111, No.2, pp.271-296.
- Riskmetrics Group (1999), “CorporateMetrics™ technical document”.
- SEBRAE (2013), “Sobrevivência das empresas no Brasil”, *COLEÇÃO Estudos e Pesquisas*, Brasília.
- Silva, A.M. (2005), “Empresas de base tecnológica: Identificação, Sobrevivência e Morte”, *Working Paper*, Instituto de pesquisa econômica aplicada.
- Tang, K., Xiong, W. (2012) “Index investment and the financialization of commodities”, *Financial Analysts Journal*, Vol.68, No.6, pp. 54-74.
- Tzeng, K.-Y. and Shieh, J.C.P. (2016) “The transmission from equity markets to commodity markets in crises periods”, *Applied Economics*, Vol.48, No.48, pp. 4666-4689.
- UNCTAD (2015), “The state of commodity dependence 2014”, *United Nations Conference on Trade and Development*, [online], available at: [http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/suc2014d7\\_en.pdf](http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/suc2014d7_en.pdf), (accessed on May 5th, 2015).
- Wang, Y., Liu, L., Diao, X. and Wu, C. (2015) “Forecasting the real prices of crude oil under economic and statistical constraints”, *Energy Economics*, Vol.51, pp.599-608.
- Wickart, M., Madlener, R. (2007) “Optimal technology choice and investment timing: A stochastic model of industrial cogeneration vs. heat-only production”, *Energy Economics*, Vol.29, No.4, pp. 934-952.
- Wu, L.-C. and Ong, C.-S. (2008), “Management of information technology investment: A framework based on a Real Options and Mean–Variance theory perspective”, *Technovation*, Vol.28, No.3, pp.122-134.
- Ye, M., Hutson, E. and Muckley, C. (2014) “Exchange rate regimes and foreign exchange exposure: the case of emerging market firms”, *Emerging Markets Review*, Vol.21, pp.156-182.
- Zhou, V.Y. and Wang, P. (2013), “Managing foreign exchange risk with derivatives in UK non-financial firms”, *International Review of Financial Analysis*, Vol.29, pp.294-302.

### **3 APLICAÇÃO DA FRONTEIRA EFICIENTE DE MARKOVITZ PARA HEDGE CRUZADO DE ANTECIPAÇÃO EM UMA EMPRESA NÃO FINANCEIRA**

#### **3.1 INTRODUÇÃO**

A gestão de riscos financeiros, embora de grande importância para diversas organizações, recebe maior destaque em empresas do setor financeiro, pois trata da atividade fim dessas empresas. Este campo de pesquisa é tão importante que dá origem a uma série de trabalhos e artigos que continuamente aprimoram esta área do conhecimento. Do outro lado, surgem as empresas não-financeiras que não possuem a gestão dos riscos financeiros como parte da atividade fim. Essas empresas, embora não gozem da mesma atenção acadêmica, no que diz respeito à identificação, mensuração e avaliação de riscos financeiros, sofrem fortes influências destes riscos sobre os seus resultados, de formas diretas e indiretas.

A principal contribuição deste ensaio consiste na proposta de um ferramental empiricamente adequado para a formação de uma fronteira eficiente através do uso de derivativos a ser aplicada a indústrias brasileiras de *commodities* petroquímicos intermediários, acrescentando-se a elas as particularidades da aplicação dos métodos de análise de risco a este cenário, que o diferenciam das demais abordagens na literatura. Tais particularidades incluem: a utilização de contratos de valoração de matérias primas e produtos com base em referências internacionais; a consequente alta dolarização de suas receitas e despesas; o consequente contraste de um desempenho dolarizado e uma mensuração de resultados em Reais; e a forte correlação entre suas duas maiores exposições, o dólar e o petróleo.

Bartram *et al.* (2015) fazem um estudo aprofundado dos motivos da variação do valor das ações de empresas não-financeiras e verificam que o risco financeiro representa cerca de 15% da volatilidade mensurável do valor das empresas. Na sua conclusão destacam que, embora este valor pareça baixo, ele representa apenas a parcela da exposição que as empresas ainda não conseguem proteger efetivamente. Ou seja, a exposição natural de corporações não-financeiras a riscos financeiros é tipicamente maior do que 15%.

Dentre os diversos tipos de empresas, existem algumas que sofrem impactos dos riscos de mercado maiores do que a média, devido à natureza do seu negócio. Neste trabalho é dado destaque às indústrias produtoras de *commodities*, mais especificamente às da área da petroquímica. Estas indústrias possuem a particularidade de terem como possíveis

concorrentes todas as demais indústrias no globo que produzam a mesma *commodity*. A concorrência a nível global permite um equilíbrio de preços, de modo que surgiram referências de precificação internacionais, que acabam sendo utilizadas por diversas empresas em diversas localizações. Essas referências normalmente são produtos bastante negociados no mercado internacional, que servem como indicadores para os preços de diversos outros produtos. Essas particularidades incrementam a exposição do lucro das indústrias à variação dos valores de câmbio e aos preços das referências internacionais de *commodities*, sugerindo que elas participem da parcela superior de empresas cuja exposição colabore para alcançar os 15% identificados por Bartram *et al.* (2015). Dessa forma, os riscos dessas indústrias são projetados para valores significativos, que não devem ser desprezados.

O processo de proteção aos riscos financeiros é denominado *hedge*. Esse processo pode ser realizado por intermédio de uma série de decisões que influenciam nas exposições como por exemplo: gestão de estoques, planejamento da produção, definição de contratos de preços, tomada de empréstimos ou ainda, conforme utilizado neste trabalho, por meio de contratos de adiantamento cambial e da atuação no mercado de derivativos (e.g. BENNINGA *et al.* 1985; ARGENTON *et al.* 2015; e WONG, 2012, 2013, 2014). O uso dessas decisões influencia a estabilidade do resultado da empresa e o seu valor esperado. Além disso, cada uma influencia mutuamente no efeito das demais, de modo que todos devem ser avaliados conjuntamente, na busca de uma decisão ótima para alcançar os objetivos específicos de cada corporação em cada momento. Este trabalho foi desenvolvido tendo como variáveis de entrada (variáveis exógenas) as decisões operacionais da empresa, de modo que foram utilizados exclusivamente instrumentos financeiros para desenho da estratégia de *hedge* apropriada, isto é, as decisões a serem tomadas não englobam o operacional da empresa.

Uma das principais estratégias de gestão de risco financeiro é a busca do *full-hedge* que objetiva a redução máxima do risco da empresa, embora, na prática, seja difícil para empresas não-financeiras anular completamente seu risco de mercado através de uma estratégia de *hedge* já que o mesmo carrega consigo um “risco de base”. Sendo que “Base” é definida como a diferença entre o valor negociado do produto físico do *hedger* e o valor do produto negociado no contrato do derivativo. O risco de base é gerado devido às oscilações do valor da base ao longo do tempo e, para a análise desse risco – conforme explicado por Williams (1986) – deve-se separar da base a parcela da mesma que é gerada por questões previsíveis (como financiamento e armazenagem). As três questões centrais da literatura para avaliar as

diferenças que formam a base são: a localização de entrega, especificações do produto e diferenças em relação ao calendário. Outras questões, periféricas na literatura, poderiam ser agregadas à discussão do risco de base, como: os efeitos de sazonalidade, as diferenças dos efeitos choques no mercado, o desenho específico do contrato de derivativo, o processo de maturidade *etc.*

Benninga *et al.* (1985) apresentam uma das primeiras abordagens de *hedging* conjunto de preço de *commodities* e de câmbio. Os autores demonstram que a exposição simultânea possui propriedades que a diferenciam do *hedging* de exposições individuais, de modo que não apenas um *hedge* irá influenciar no outro, mas também as propriedades dos mercados de derivativos passam a exercer uma forte influência. Wong apresenta uma abordagem matemática de exposição conjunta e expande-a para incluir a utilização de riscos sistemáticos (*background risk, e.g. clima*) (WONG, 2012), a aplicação em mercados incompletos (WONG, 2013) e a influência da variação no volume de vendas e da sua correlação com o câmbio (WONG, 2015).

Porém, enquanto essas pesquisas consideram a receita como uma função direta da própria *commodity* comercializada no mercado de futuros, o presente trabalho utiliza uma exposição a um conjunto de *commodities* que não se encontram disponíveis no mercado de futuros, requisitando uma mitigação indireta dos riscos por meio de derivativos. Esta mudança na abordagem permite uma expansão do uso do *hedge* para a maior parte dessas empresas de mercados derivados das principais *commodities* (e.g. petroquímicas). Além disso, o presente trabalho inclui a influência dos riscos de mercados sobre os custos de produção, diferenciando-se dos citados que apenas o consideram sobre a receita. As pesquisas citadas utilizam ainda uma função utilidade, que deixa pré-determinada a perspectiva do gestor ou da empresa quanto à relação risco-retorno. O presente trabalho evita o uso de tais funções, permitindo a criação um portfólio de decisões ótimas, que podem ser tomadas ou modificadas a depender da especificidade de cada momento e situação.

Cornaggia (2013) apresenta uma extensa avaliação do uso de *hedge* por empresas produtoras de *commodities* agrícolas e conclui que existe um aumento significativo da produtividade quando o *hedge* é utilizado, e como consequência um crescimento no valor das empresas. Além disso, o autor verificou que o surgimento de contratos específicos de uma dada *commodity* demonstrou alta correlação com o aumento da produtividade das suas indústrias. No Brasil, porém, apenas dez tipos de *commodities* possuem futuros disponíveis

na bolsa de futuros do Brasil, sendo necessário, para a maior parte das indústrias, realizar um *hedge* cruzado, dando destaque para o uso de derivativos altamente correlacionados com as exposições. O *hedge* cruzado (*cross hedge*) é um *hedge* realizado através do uso de derivativos altamente correlacionados com a exposição a ser mitigada (LEUTHOLD *et al.*, 1989)

Ainda no campo das indústrias de *commodities*, Brown *et al.* (2006) demonstram como extratores de ouro conseguem praticar *hedge* seletivo para conseguir melhorias no seu desempenho. Embora o autor destaque que as empresas da amostra provavelmente possuíam informação privilegiada – situação que não pode ser considerada como representativa das empresas em geral – sua pesquisa indica que a relação risco-retorno, quando aplicada a empresas reais, não precisa necessariamente ser considerada sob a perspectiva dicotômica proteção-especulação. O *hedge* seletivo (*selective hedging*) pode ser definido como a realização do mesmo apenas quando existe uma expectativa de perdas gerada pelas variáveis de mercado (WORKING, 1962).

O uso de derivativos por empresas tem encontrado, ainda, outras aplicações que extrapolam a simples dicotomia proteção-especulação. Adam *et al.* (2006) demonstram que mineradoras de ouro conseguem ter ganhos em fluxo de caixa sem agregar risco ao valor das empresas. Lin *et al.* (2008) propõem um modelo que sugere uma relação entre eficiência em investimentos de alto risco, financiamento e *hedging*. Disatnik *et al.* (2014) propõem um modelo que identifica relações significativas entre *hedging* específico para fluxo de caixa e redução de custos com crédito, recomendando o uso de *hedging* específicos para fluxo de caixa associados a uma política de liquidez e, por fim, Argenton *et al.* (2015) propõem para *market-makers* uma estratégia de exclusão de concorrentes via uso de derivativos.

É na perspectiva que a escolha da empresa não se limita apenas a proteger ou especular, que se destaca o papel das exposições naturais do negócio de uma corporação. Não raramente indústrias evitam a atuação no mercado de derivativos devido a uma impressão de que estes aumentariam os riscos assumidos. Tal perspectiva desconsidera que os riscos financeiros do modelo do negócio, ou seja, a posição sem *hedge*, podem funcionar como uma posição de especulação passiva. Por exemplo, uma empresa produtora de uma determinada *commodity*, possui uma exposição natural semelhante à posição especulativa de compra em futuros da mesma *commodity*, onde o aumento (queda) do valor destes produtos no futuro aumenta (reduz) o seu resultado. Esta exposição natural é equivalente a uma especulação que tem a expectativa da realização do cenário de aumento do valor dessa *commodity*.

Uma vez reconhecido que o risco de negócio puro (sem *hedge*) é semelhante a uma especulação passiva, surge então a proposta de se trocar essa especulação passiva (com uma relação risco-resultado possivelmente não ótima) por um *hedge* de antecipação ótimo (com uma relação risco-resultado ótima). O conceito de ótimo nesse caso está condicionado à escolha do nível de risco e aos instrumentos financeiros disponíveis. Um *hedge* de antecipação (*anticipatory hedge*) é a realização de um *hedge* sobre uma mercadoria que, embora possua expectativas de ser vendida ou comprada, ainda não está no estoque e nem possui um volume de venda ou compra contratado (WORKING, 1962). A nova situação poderia, ainda, ser classificada como um *hedge* parcial, já que o mesmo não seria realizado necessariamente sobre toda a exposição.

A teoria da Fronteira Eficiente (FE) desenvolvida por Markowitz (1952) - pioneiro da teoria moderna do portfólio - traz duas propriedades interessantes para este trabalho, a primeira, é que existe uma correlação entre as variações dos fatores de risco e que, à medida em que esta correlação se afasta de 1, o risco da combinação desses fatores pode ser reduzido. A segunda propriedade é de que é possível determinar uma fronteira retorno x risco (ou média-variância) de pontos ótimos. A primeira propriedade permite a busca de uma relação ótima das correlações de derivativos com a exposição de negócio única de cada empresa. A segunda propriedade permite apontar diferentes soluções ótimas para diferentes perfis de aversão ou indiferença ao risco, ou seja, uma adaptação do método de Markowitz não precisa se comprometer com uma estratégia específica ou com uma função utilidade associada a um grau de aversão a risco. Este trabalho propõe a aplicação da Fronteira Eficiente de Markowitz para a gestão de riscos corporativa.

Dentre as críticas à FE de Markowitz, a principal é de que ela considera que haverá uma continuidade do padrão histórico de retorno e de covariação. Para resolver essa questão, uma série de técnicas de otimização sob risco e incerteza foram criadas ou adaptadas para a fronteira eficiente, de modo que a incerteza quanto à continuidade do perfil histórico passou a ser parte essencial dessas avaliações. Kolm *et al.* (2013) apresentam uma revisão das principais soluções existentes. Quanto a esta problemática, o presente texto se limita a verificar a importância e o peso da questão da descontinuidade histórica das variáveis de risco no cenário corporativo da indústria petroquímica.

Abordagens recentes da FE incluem algoritmos evolutivos de aprendizagem guiada (LWIN *et al.*, 2014 e MISHRA *et al.* 2016), modelos avançados de distribuição (ADCOCK, 2014),

abordagens de otimização robusta (FLIEGE *et al.*, 2014), projeções de retornos associadas às projeções de lucros (BEHESHTI, 2015), dentre outros. Estas técnicas, não apenas alcançam retornos melhores e riscos menores que a FE de Markowitz como ainda incluem uma série de possíveis interesses do investidor, como diversificação mínima, redução do tamanho do portfólio, inclusão de preferências e adequação ao tamanho mínimo de contratos. Embora a possibilidade de adaptação da FE para o cenário corporativo indique que seria possível também uma adaptação dessas técnicas para a mesma aplicação, a adaptação de cada técnica precisaria ser realizada como uma pesquisa própria. Assim esses métodos não são desenvolvidos neste trabalho, mas permanecem como horizontes possíveis de desenvolvimento da gestão de risco corporativa.

Questões importantes de conflito de agência, referentes à relação entre gestores e acionistas na gestão de riscos corporativos são parte importante das pesquisas atuais, sendo abordados em uma série de trabalhos recentes. Bonaimé *et al.* (2013) identificam a existência de uma relação inversa entre a flexibilidade de pagamento dos acionistas e a gestão de riscos, demonstrando que esta flexibilidade no pagamento dos acionistas pode agir como substituto (ao menos em parte) de estratégias de *hedging* de caixa pela gestão da empresa e, ainda mais, que a política de pagamento aos acionistas deve ser entendida em conjunto com a política de *hedge*. Adam *et al.* (2015) verificam a existência de reações assimétricas dos gestores em relação aos resultados do uso de derivativos. Estatisticamente, quando os derivativos apresentam ganhos em fluxo de caixa a posição de derivativos é reforçada, enquanto a inversa não é verdadeira, de modo que o excesso de confiança dos gestores parece influenciar na gestão de risco, cooperando para o distanciamento entre teoria e prática da gestão de riscos corporativa. Koonce *et al.* (2015) demonstram que acionistas julgam o uso de derivativos pelos gestores de acordo com o comportamento padrão de outras empresas do ramo, de modo que, se os resultados dos derivativos forem negativos esta decisão só é considerada como uma forma de cuidar da empresa se as demais empresas do mesmo ramo tomaram o mesmo tipo de decisão. A pesquisa ainda demonstra que a influência do comportamento empresarial padrão sobre a perspectiva do acionista é ainda mais forte ao se tratar de indústrias. De um modo geral, todas essas pesquisas de conflito de agência indicam que ainda há um processo de desenvolvimento e conscientização da cultura de gestores e acionistas referente à governança corporativa orientada à gestão dos riscos financeiros através do uso de derivativos. A metodologia deste trabalho, quando aplicada, se apresenta como um passo na

contribuição para este processo, especialmente pelo uso do CBar no que tange à gestão do caixa.

À questão da governança corporativa, acrescenta-se a importância de uma gestão de risco sob a perspectiva do regime de competência que seja sempre complementada por uma gestão de risco sob a perspectiva do regime de caixa. A diferença entre os dois regimes se encerra na diferença entre o contábil e o financeiro. O regime de competência trata cada evento no dia do “fato gerador”, enquanto o regime de caixa trata cada evento na data em que ocorre o desembolso ou o recebimento. Diferenças entre datas de vendas e recebimentos, compras e pagamentos (dentre outros) podem vir a gerar um descasamento significativo entre os dois regimes. Embora o foco de uma gestão de riscos seja tipicamente orientado ao lucro da empresa (um resultado contábil) é o fluxo de caixa da mesma que permite sua perpetuidade. Destaca-se, por exemplo, que a falência de uma empresa é sentenciada por um magistrado, quando a empresa falha em cumprir obrigações financeiras, cenário esse que pode ocorrer junto a um lucro contábil, desde que ocorra um descasamento de ambos. Destaca-se, ainda, que a variação cambial pode potencializar os descasamentos competência-caixa, uma vez que valores em moeda estrangeira podem variar entre o evento contábil e o evento financeiro. É, neste cenário, que este trabalho propõe uma análise conjunta da fronteira eficiente e do risco de caixa, na qual o processo de otimização é realizado sob a perspectiva do regime de competência e é complementado pela análise dos riscos de caixa.

No Brasil, a crise e a desvalorização do dólar no ano de 2008 levaram empresas brasileiras a terem perdas, conseqüentes do uso de derivativos, em valores estimados de US\$ 10 bilhões a US\$ 25 bilhões (LOPES *et al.*, 2013), de modo que surgiram exemplos de má gestão através do uso de derivativos, dentre os quais, ganharam notoriedade os casos da Sadia e da Aracruz. O uso de operações com derivativos levou a Sadia a um prejuízo de R\$ 2,5 bilhões e a Aracruz a ter um prejuízo de R\$ 4,6 bilhões (MURCIA *et al.*, 2009). O uso de derivativos pode afetar significativamente o caixa durante o período do contrato, mesmo que no momento término do contrato as variações do valor do derivativo compensem a variação do valor da venda a ser realizada. O primeiro efeito sobre o caixa se dá no momento da contratação de um derivativo com o depósito de um valor de garantia, que não implica em alteração do valor contábil. Um segundo efeito ocorre sobre o caixa ocorre com a volatilidade do mercado, que pode implicar na complementação dessa margem.

Mesmo que o *hedge* seja um *hedge* perfeito, até o momento da concretização da venda, existe apenas a variação real dos resultados do derivativo, implicando em variações temporárias de competência e caixa. Os resultados intermediários, porém, são mais significativos para o caixa, já que um lucro mensal negativo que seja compensado dentro do mesmo ano contábil não prejudica a empresa, enquanto um caixa negativo pode levar a empresa ao não cumprimento de suas obrigações e à falência, mesmo que exista a expectativa dele ser compensado no futuro. Demonstrando a importância real de impactos no caixa por derivativos, pode-se verificar que em resposta à crise de 2008 o BNDES, em conjunto com outros bancos, criou linhas empréstimos especiais para resolver problemas de liquidez e estabilizar os caixas dos prejudicados, tendo em vista a qualidade dessas empresas e a expectativa de suas recuperações após os efeitos imediatos dos derivativos (FARIH *et al.*, 2009)

As experiências de má gestão do risco com derivativos manifestadas na crise de 2008, não se limitaram ao Brasil, alcançando ao redor do globo – segundo pesquisa do Fundo Monetário Internacional (FMI) – um valor estimado de 500 bilhões de dólares (DODD, 2009). Tamanho impacto levou a reações extremas de administradores e corporações, cujo exemplo pode ser encontrado em Jorion (2010), que descreve que firmas norte-americanas chegaram a excluir todos seus derivativos após a crise, ou que ainda, proibiram o uso dos mesmos contribuindo – na prática – para um aumento do próprio risco (*apud* MACHADO, 2014). O mesmo *paper* do FMI (DODD, 2009) destaca que, embora os derivativos que agravaram a crise de 2008 tenham variado em cada país e empresa, existe uma estrutura básica comum nos principais derivativos afetados pela crise: foram contratados derivativos de balcão com acertos constantes, com limites superiores para o ganho da empresa e com um *target* inferior a partir do qual a perda da empresa era potencializada. O uso inadequado de derivativos que permitiram alavancagem e de derivativos não-lineares se mostrou como parte central do processo de má gestão. Uma das principais consequências positivas destes impactos, foi o surgimento de uma série de normas e instruções – em escala global – visando regular a gestão dos riscos financeiros, a realização de *hedge* e a declaração dos mesmos por empresas não-financeiras. No Brasil, ainda em 2008, entraram em vigor a Deliberação CVM nº. 566/08 e a Instrução CVM nº. 475/08, implicando em uma melhora no *disclosure* das empresas, fazendo-as evidenciar de forma mais clara suas operações com instrumentos financeiros derivativos (MURCIA *et al.*, 2009). Estas normas contribuíram para a retomada da confiança no uso de

derivativos em empresas não financeiras, mas, devido ao peso da crise de 2008 ainda é possível encontrar em algumas indústrias uma aversão ao uso de derivativos que inadequadamente é justificada como uma aversão a risco.

Quanto aos casos Aracruz e Sadia, destaca-se o rápido impacto dos derivativos contratados. Conforme Bacic *et al.* (2010) esses rápidos impactos afetaram o caixa em curto espaço de tempo, conduzindo as empresas a dificuldades em manter sua operação e suas obrigações, levando-as a passarem por processos de fusões e aquisições para evitar a falência. A Perdigão se uniu à Sadia criando a BRF e mantendo o controle majoritário da mesma, e a Votorantim Celulose e Papel adquiriu o controle acionário da Aracruz, dando origem à Fibria. Da experiência dessas empresas destacam-se algumas características: o objetivo da contratação das operações financeiras parece ter sido especulativo (ZAIDAN *et al.*, 2013 e BACIC *et al.*, 2010) acompanhando uma tendência nacional da época (LOPES *et al.*, 2013); o tamanho das supostas exposições foi significativamente maior do que a exposição de negócio de empresa (SILVA JUNIOR *et al.*, 2013 e BACIC *et al.*, 2010) e; por fim, suas concorrentes – também dotadas de políticas de *hedge* – sofreram impactos menores que não afetaram suas obrigações (SILVA JUNIOR *et al.*, 2013 e ZAIDAN *et al.*, 2013). Essas características convergem para a afirmativa de que, embora políticas de gestão de riscos sejam uma boa prática, elas devem tratadas como um campo de continua melhoria, devendo impor restrições racionais à contratação dos derivativos e mantendo em vista possíveis impactos no caixa gerados por oscilações momentâneas do mercado.

Uma particularidade da realidade corporativa é que, em situações especiais, os contratos na bolsa de futuros permitem que resultados funcionem como uma dedução de tarifas, tanto do valor pago ao imposto de renda, como da contribuição social. Esta dedutibilidade, porém, está limitada a comprovação da cobertura de risco, que está necessariamente vinculada à identificação de uma exposição específica. Por isso, muitos portfólios que seriam adequados para uma empresa financeira são inadequados para a aplicação corporativa, pois resultariam na perda de descontos da contabilidade de *hedge*. Ainda mais, o capital disponível de corporações para investimento em derivativos é limitado à disponibilidade do caixa da empresa, bem como às oscilações do mesmo, que devem ser consideradas como parte inalienável da análise da FE.

Para permitir a utilização de todos os detalhes próprios de um modelo financeiro que considera diversos aspectos de transações reais, o método estocástico de Simulação de Monte

Carlo foi utilizado, ao invés do uso de abordagens paramétricas que são usados em alguns dos trabalhos teóricos citados. O uso do método estocástico permite a utilização de um alto detalhamento do modelo sem a necessidade de recorrer a equações paramétricas que se complicariam numa razão exponencial. Apesar de tal uso permitir a realização de simulações mais próximas das realidades, o método também gera a necessidade de um alto poder de processamento e dificulta uma clara definição de quais são as contribuições específicas de cada decisão individual, à medida em que tornam o domínio não suave, pois, o uso do mesmo torna necessário uma otimização por meio de cálculos numéricos. Destaca-se que a qualidade da simulação de um domínio suave se dá proporcionalmente à quantidade de cenários utilizados e por consequência ao grau de computação necessário para a resolução do problema. Tal combinação implica numa maior dificuldade, também, para análise dos efeitos conjuntos de cada decisão e do porquê de se alcançar um determinado máximo ou um mínimo.

Em suma, este trabalho propõe a criação de uma fronteira eficiente corporativa, que através de um *hedge* cruzado de antecipação oferte um conjunto de decisões ótimas que possam se adequar ao grau de aversão ao risco dos acionistas e gestores de uma empresa em um dado momento do tempo. A FE será aplicada a uma empresa petroquímica nacional. Para validar a fronteira, foi realizado um *backtesting* anual com base em todo o histórico da moeda brasileira “Real” realizado até o momento da coleta dos dados. O histórico totaliza 21 anos, contados do início de janeiro de 1995 ao término de dezembro de 2015. Como o método utilizado supõe 60 meses completos antes de sua aplicação para cálculo de retornos esperados e correlações, apenas são aproveitáveis para esta análise os anos posteriores a 1999, ou seja, 16 períodos contados a partir do ano 2000. O modelo financeiro utilizado foi um modelo baseado em uma indústria petroquímica brasileira real, com dados próximos à realidade da petroquímica.

### 3.2 MODELO FINANCEIRO DE INDÚSTRIA PETROQUÍMICA

A aplicação numérica da FE foi realizada a partir de um modelo financeiro desenvolvido para uma indústria petroquímica nacional brasileira que, além de atuar no mercado nacional, atua com exportações e importações, possuindo alta exposição à variação do câmbio e - indiretamente - à variação do preço do barril de petróleo. Este estudo é baseado em uma

empresa real, porém, o nome da empresa é omitido e o modelo financeiro utilizado neste trabalho é hipotético (embora baseado em aspectos de transações reais), devido a motivos de confidencialidade.

A empresa produz três produtos, P1, P2 e P3, e usa duas matérias primas, uma comprada tanto no mercado nacional (MP1) quanto no mercado internacional (MP2) e, uma segunda matéria prima comprada exclusivamente no mercado nacional (MP3). MP1 e MP2 são negociadas ao preço do Querosene (Ker) tipo aviação (*U.S. Gulf Coast Kerosene-Type Jet Fuel Spot Price FOB*), enquanto MP3 é negociado com o preço baseado na Gasolina (Gas) tipo convencional (*New York Harbor Conventional Gasoline Regular Spot Price FOB*) acrescido de um “prêmio” em dólares. Ambas as referências utilizadas apresentam uma alta correlação com o petróleo (Wti) tipo leve “doce” (*Cushing WTI Spot Price FOB*)<sup>1</sup>. A empresa não possui dívidas. Os dados utilizados estão disponíveis na Tabela 1, discutida a seguir.

---

<sup>1</sup> As *commodities* do modelo hipotético foram escolhidas com base na disponibilidade de dados públicos detalhados e não com base em algum processo industrial específico.

Tabela 1 – Dados utilizados para o modelo financeiro

Vendas anuais esperadas (tons):					$3 \cdot 10^5$
Composição do <i>mix</i> de produtos:		P1=50%	P2=40%	P3=10%	
Parcela exportada:		P1 = 20%	P2 = 25%	P3 = 50%	
Sazonalidade: <i>baseado em vendas anuais dividido por 12</i>	Jan	0%	Feb +5%	Mar +10%	Apr +15%
	May	+5%	Jun +0%	Jul +0%	Aug 0%
	Sep	-5%	Oct -15%	Nov -10%	Dec -5%
Consumo de toneladas de MP para produção de 1ton de P:			MP1	MP2	MP3
	P1	0.85	0.4	0.85	0.6
	P2	0.65	0.4	0.65	0.6
	P3	0.85	0.4	0.85	0.6
Impacto de variações de preço de referencias sobre valores de produtos		MI		ME	
		REF1	REF2	REF1	REF2
	P1	0.85	0.15	0.85	0.15
	P2	0.50	0.00	0.65	0.35
	P3	0.85	0.15	0.85	0.15
Prêmio fixo dos fornecedores (US\$/ton):		MP1 = 0	MP2 = 0	MP3 = 1350	
Prêmio fixo para clientes (US\$/ton)		P1	P2	P3	
Mercado Interno:		900	1300	150	
Mercado Externo:		800	700	130	
Tarifas por produto		P1	P2	P3	
ICMS, apenas MI		15%	15%	15%	
Pis, apenas MI		0,65%	0,65%	0,65%	
Cofins, apenas MI		03%	03%	03%	
IPI, apenas MI		10%	05%	10%	
Imposto de Renda				25%	
CSLL				00%	
Custos logísticos (em relação ao valor de venda)				05%	
Relação matéria prima proveniente no mês/utilizada no mês				50%	
Remuneração mensal do caixa disponível.				CDI · 80%	
Custo de capital de giro emergencial (cenários de caixa negativo):				CDI · 200%	
Taxa única de ACE				1,10%	
Despesas fixas anuais (R\$)				$2 \cdot 10^7$	
Depreciação mensal (R\$)				$7 \cdot 10^4$	
Folha não operacional mensal (R\$)				$9 \cdot 10^5$	
Custo Operacional mensal (R\$)				$1 \cdot 10^7$	
Dividendos a serem pagos (R\$)				$2,9 \cdot 10^8$	

Conforme apresentado na tabela acima, a indústria do modelo utiliza petroquímicos básicos como matéria-prima e produz 300 kilotoneladas ano de petroquímicos intermediários as quais vende integralmente, baseado em uma demanda sazonal do mercado que varia constantemente de janeiro a dezembro ao longo dos anos, feito a particularidades da aplicação do produto no mercado final.

Cada um dos contratos de insumos e produtos possui cláusulas específicas de variações de preço. Para cada *commodity* comprada ou vendida, existe um valor variável em dólar calculado com base em preços de *commodities* de referência de mercados internacionais do mês anterior à transação e, existe também, um valor fixo em dólar denominado “prêmio” renegociado anualmente.

Contratos com clientes incluem, em parte, a transferência das variações dos preços de seus insumos, gerando um *hedge* natural parcial. A transferência se dá de forma parcial para o custo em *commodities* apenas para P2, conforme verificável na Tabela 1 em “impacto de variações de preço de referências sobre valores de produtos”, na qual apenas 50% da variação de REF1 e 0% da variação de REF2 é repassado, enquanto o consumo (por meio de MP1, MP2 e MP3) é de 65% e de 35% respectivamente. Além disso o prêmio fixo é variável a depender do mercado em que se faz a venda, sendo visível que o P3 é um produto de menor valor agregado e o que mercado interno possui um maior valor agregado que o mercado externo, já que uma aquisição do mercado externo por parte dos clientes implicaria em custos adicionais para os mesmos.

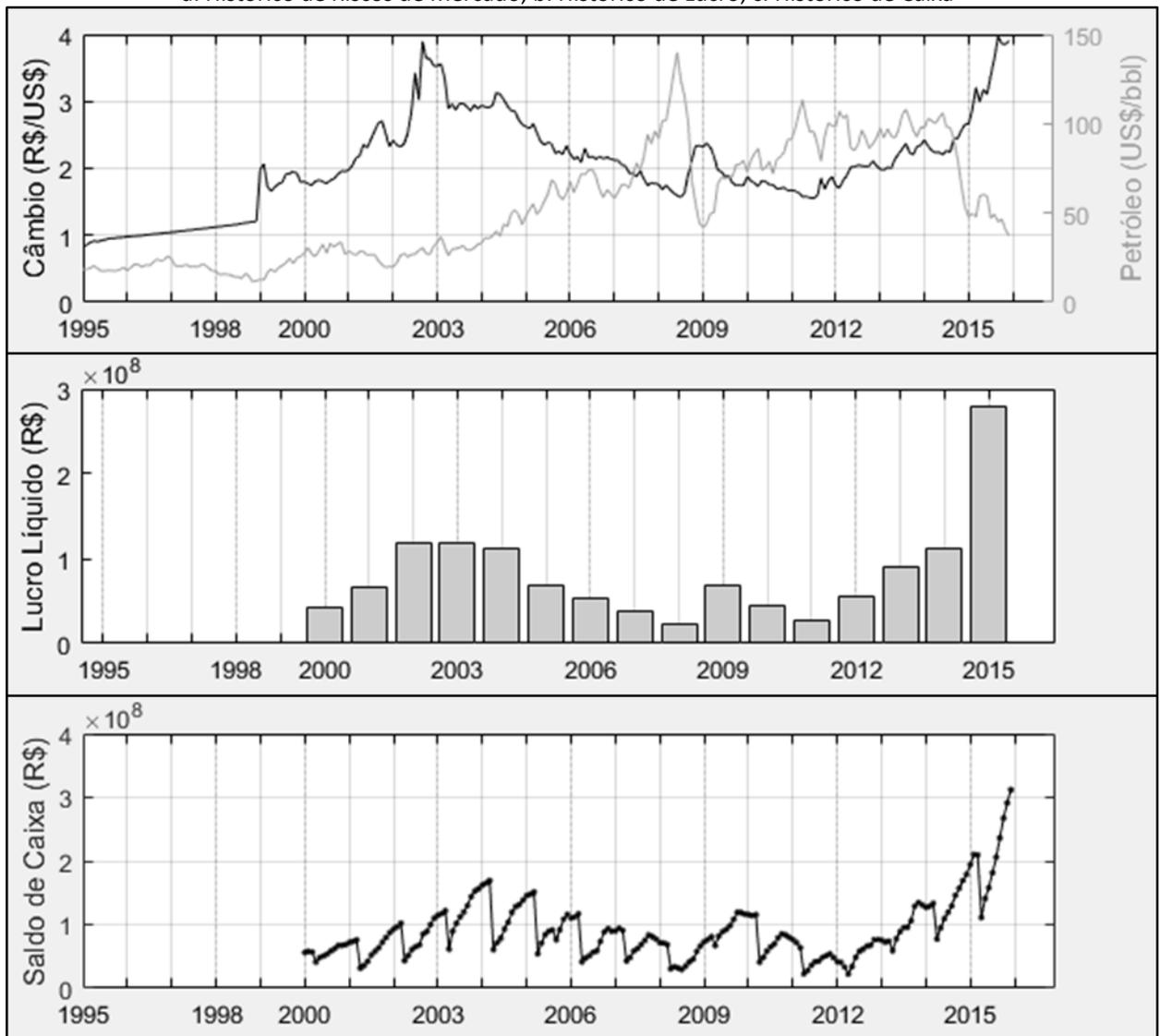
Diversos impostos são aplicados à empresa, conforme legislação vigente (incluindo um abatimento do CSLL). Ainda são considerados custos variáveis de logística, o processo de estocagem e valoração do estoque (que implicará em divergências sobre regimes de caixa e competência). A remuneração do caixa e o custo de capital de emergência é calculado com base no CDI, sendo que a remuneração é inferior ao CDI, implicando em uma menor remuneração de capital excedente em caixa. A taxa de tomada de Adiantamento sobre Cambiais Entregues (ACE – detalhado abaixo) é apresentada. A estes dados são adicionadas diversas despesas mensais em reais, que totalizam a parcela dos custos que não são afetados pelo valor de câmbio, além dos dividendos a serem pagos para o ano de 2016.

Contratos domésticos usam a média da taxa de câmbio entre o real e o dólar americano (BRL) do mês anterior para converter o valor de dólares para reais. Contratos internacionais são executados ao valor do dólar no momento da transação – aqui simplificados como a média do mês em que são realizados. Quanto ao efeito sobre o caixa, todas as compras têm efeito imediato, enquanto as vendas em mercado doméstico e internacional levam, respectivamente, um e dois meses para ocorrer. O pagamento de dividendos do modelo hipotético é realizado em abril, obedecendo à estratégia de desembolso de manter em caixa um mínimo de 5% dos recebimentos do ano, sendo que o valor a ser distribuindo é entre o

mínimo e o caixa existente no fim do ano. Quando necessário, é desembolsado o mínimo previsto por lei para empresas de capital aberto (25% do lucro).

Como a maior parte dos recebimentos e dos gastos são em dólares, a empresa apresenta um lucro altamente dolarizado, possuindo uma exposição natural semelhante à posição de comprado em dólar futuro. Quanto à exposição a petróleo e seus derivados, a empresa possui um consumo maior do que o repasse do preço negociado em contrato, criando uma exposição natural semelhante à posição de vendido em futuro de petróleo. A Figura 1 demonstra os históricos das duas principais variáveis de mercado analisadas neste trabalho (petróleo e dólar) e os resultados de lucro e de disponibilidade caixa utilizados para a análise.

Figura 1 – Dados históricos de mercado e da empresa  
a. Histórico de Riscos de Mercado; b. Histórico de Lucro; c. Histórico de Caixa



Da figura, é possível perceber que um maior (menor) lucro ocorre nos momentos de alta (baixa) no valor do dólar e de baixa (alta) no valor do petróleo. Além disso a exposição ao dólar demonstra ser preponderante sobre a exposição ao petróleo (vide-se os anos de 2013, 2014 e 2015). Enquanto o padrão do dólar possui forte impacto sobre o lucro, apresentando padrões de variações bastante semelhantes, o petróleo não possui um padrão nítido relacionado com um lucro, tendo visível relação apenas com os pontos de mais significativas baixas e aumentos. Assim ocorre, pois não apenas existe uma pequena discrepância entre o gasto em *commodities* e o valor repassado, mas também devido a uma alta correlação negativa entre o dólar e o petróleo. De modo que os picos e os vales de dólar (e seus impacto sobre o lucro) são reforçados pela correlação negativa com o petróleo e com o a exposição (equivalente a vendido – por possuir maior consumo que repasse) com o mesmo.

O caixa sofre um processo semelhante ao do lucro, embora afetados por um *delay*. Os meses de caixa mais baixo tendem a ser os meses de desembolso dos dividendos, embora, por exemplo, o ano de 2008 tenha demonstrado um caixa reduzido ao longo de todo ano. Ainda podemos perceber que ano de 2015 foi um ano bastante favorável para a empresa, devido ao cenário particular de alta do câmbio e de baixa do petróleo.

Embora não tenham sido apresentadas graficamente as demais variáveis de exposição (Ker e Gas), as mesmas possuem alta correção com o petróleo apresentado movimentos semelhantes. Destaca-se que o lucro e o caixa do modelo foram calculados utilizando os mesmos critérios de correção de parâmetros apresentados na seção 3.5 *Backtesting*.

Para aprimorar a compreensão dos efeitos do modelo (detalhado na Tabela 1) e dos efeitos das variáveis de risco sobre o lucro da empresa (apresentados na Figura 1), é apresentada na Tabela 2 apresenta uma Demonstração do Resultado do Exercício (DRE) simplificada para o ano de 2015 e o previsto para 2016, dada a tendência histórica dos 60 meses anteriores (a tendência ao término de 2015 se mostrava extraordinariamente favorável ao negócio, alcançando uma expectativa de aumento do lucro em quase 60%). Este demonstrativo é baseado na exposição natural do negócio, não havendo o uso de derivativos.

Tabela 2 - Demonstração do Resultado do Exercício simplificada

(valores em Milhões de Reais)

	2015	2016
	<i>Histórico</i>	<i>Projetado</i>
Receita do Mercado Externo (exportação)	310	327
Receita do Mercado Interno	1.458	1.692
<b>Faturamento Total</b>	<b>1.768</b>	<b>2.019</b>
Impostos sobre Vendas	(362)	(418)
Custo do Produto Vendido	(970)	(944)
<b>Lucro Bruto</b>	<b>436</b>	<b>657</b>
Despesas variáveis	(70)	(80)
Despesas Fixas	(29)	(32)
<b>LAJIR</b>	<b>337</b>	<b>545</b>
Rendimento de Caixa	15	34
Variação cambial Total	20	10
Resultado de Derivativos	0	0
<b>LAIR</b>	<b>372</b>	<b>588</b>
Imposto de Renda	(93)	(147)
<b>Lucro Líquido</b>	<b>279</b>	<b>440</b>

A apresentação desta tabela serve para embasar os resultados discutidos adiante. A tabela visa demonstrar a grandeza de cada resultado obtido, bem como a importância de cada um. O mercado externo (em dólar) representa uma parcela pequena das receitas (18%), enquanto o mercado interno (dolarizada) representa a parcela majoritária das receitas (82%), ambas – por serem calculadas com base no dólar – totalizam uma posição semelhante à de comprado em futuros de dólar de 453 MMUS\$. Os impostos sobre vendas, o custo de produto vendido (essencialmente gasto em matéria prima), e as despesas variáveis são gastos influenciados majoritariamente pelo dólar, e totalizam aproximadamente uma exposição de 360 MMUS\$ equivalentes à uma posição de vendido em dólar. A esta exposição é acrescida o imposto de renda que será majoritariamente influenciado pela diferença de dólar das receitas e das despesas, equivalendo a um valor de 24 MMUS\$, de modo que teríamos num cálculo simplista, uma exposição comprada em dólar no valor aproxima de 69 MMUS\$ contra uma despesa em reais de aproximadamente 29 MMR\$ (equiparável a 7 MMUS\$) – uma vez dispensados rendimentos de caixa e variações cambiais. Tais valores (que afetam também o caixa) não são utilizados no método deste ensaio, sendo meramente demonstrativos da

magnitude da exposição ao dólar característica do modelo de indústrias produtoras de *commodities* petroquímicos intermediários.

Três tipos de contratos foram utilizados para formar a fronteira eficiente. Foram considerados contratos de ACE que funcionam como uma antecipação em moeda corrente dos valores a serem recebidos em moeda estrangeira, sendo realizado no momento do embarque da mercadoria. Devido ao ACE ser coberto pela mercadoria e ser isento de algumas taxas, ele acaba por funcionar como um empréstimo de curto-médio prazo com baixos juros que são pagos no recebimento da receita da exportação coberta pela mesma. O valor contratado de ACE é aqui representado como um percentual da exportação realizada em cada mês. Foram considerados também contratos de futuros mensais (de um mês a doze meses) de petróleo (Fwti) e dólar (Fdol)<sup>2</sup>. Os riscos de mercado considerados foram os valores de Ker, Gas, Wti e BRL<sup>3</sup>.

As contratações de Fdol e Fwti foram respectivamente restringidas ao faturamento anual dolarizado (estimado como o faturamento do ano anterior dividido pelo último valor de BRL) e ao faturamento anual em barris de petróleo (estimado como o faturamento do ano anterior dividido pelo último valor de BRL dividido pelo último valor de Wti).

Algumas simplificações e considerações foram utilizadas para a realização deste trabalho<sup>4</sup>. Os custos de realização das transações de derivativos foram desconsiderados<sup>5</sup>. Impostos sobre rendimentos financeiros de futuros foram desconsiderados<sup>6</sup>. Dados de contrato futuros de petróleo tipo *West Texas Intermediate* do CME group (*Chicago Mercantile Exchange & Chicago Board of Trade*) foram utilizados, no lugar de futuros “WTI” da

---

<sup>2</sup> Dados extraídos de Quandl (2016) e BM&FBovespa (2016). Como o mercado de futuros se mostrou incompleto até 2006, interpolações e extrapolações foram realizados via regressão linear para este período.

<sup>3</sup> Dados extraídos de eia (2016) e BCB (2016).

<sup>4</sup> Semelhantes simplificações são encontradas, por exemplo, em Markowitz (1952), Benninga *et al.* (1985), Chowdhry (1995), Wong (2012, 2013 e 2015), Fliege *et al.* (2014) e Argenton *et al.* (2015)

<sup>5</sup> Esses custos são cobrados por instituições financeiras por transação realizada, mas, como trabalhamos com um *hedge* estático anual seus efeitos tendem a ser mínimos.

<sup>6</sup> Como o valor utilizado de futuros foi limitado à previsão de recebimentos, essa consideração é razoável, já que os futuros poderiam ser classificados como *hedge accounting*.

BM&FBovespa<sup>7</sup> – os custos inerentes à realização dessas transações fora do território nacional foram desconsiderados. As unidades contratadas (barril de petróleo e dólares) por contratos futuros foram consideradas infinitamente divisíveis, quando na prática os contratos ocorrem em centenas de unidades para Fwti e milhares de unidades para Fdol<sup>8</sup>. A data de liquidação considerado para Fwti foi o término do mês, enquanto ele liquidaria no 4º dia útil anterior ao 25º dia do mês<sup>9</sup>. Por fim, a liquidação de Fdol foi realizada com o valor médio mensal do câmbio, mesmo valor utilizado dentro dos contratos realizados, enquanto ele liquidaria no dia posterior ao término do mês<sup>10</sup>.

Possíveis consequências da utilização dessas simplificações são a criação de uma fronteira com um retorno maior e um risco menor. Para suprir os efeitos dessas diferenças, contratos de balcão poderiam ser realizados com alguma empresa financeira que inclua o custo dessas diferenças sobre as taxas de futuros a serem utilizadas, ou, o modelo utilizado poderia ser parcialmente detalhado em períodos diários.

O processo de depósito e retirada de capital na conta de margem no operador financeiro responsável pela compra e venda de futuros foi simplificado como um depósito inicial num valor de 10% da posição total tomada, do qual ocorrem chamadas de margem sempre que o valor na conta cai abaixo de 5% da posição atualizada, enquanto retiradas são feitas sempre que a margem alcança 20% da posição atualizada. Os valores de depósito e retirada são os

---

<sup>7</sup> A BM&FBovespa utiliza a mesma referência (CME group) para atualização de valor dos seus futuros. Porém, como o mercado de futuros de petróleo no Brasil é muito recente (2013) e ainda incompleta, a base original CME foi utilizada.

<sup>8</sup> Essa consideração não terá impacto significativo sobre os futuros de dólar, uma vez que as unidades contratadas foram na ordem de milhões a centenas de milhões. A consideração pode ter algum efeito sobre as menores contratações de Fwti, já que as unidades contratadas do mesmo foram da ordem de centenas à ordem de centenas de milhares. Como a simplificação só teria efeito sobre as menores contratações, pouco efeito seria sentido pela FE.

<sup>9</sup> A mudança na data de Fwti pode resultar em diferenças nos valores dos primeiros meses, mas à medida em que se trabalha com um maior horizonte de tempo, a influência tende a se reduzir (e.g. para o 12º mês o vencimento real se dá em 96% do horizonte utilizado).

<sup>10</sup> A mudança na liquidação de Fdol implica em uma possível redução da volatilidade considerada, uma vez que não são consideradas variações diárias dentro de um mesmo mês. À medida em que se utiliza contratos para períodos mais distantes da origem o efeito da volatilidade diária tende a ser minimizado, quando comparado à volatilidade mensal acumulada.

necessários para retomar o valor de 10% da posição atualizada. Essa simplificação tem pouco efeito sobre o lucro, influenciando principalmente nos resultados de saldo de caixa<sup>11</sup>.

### 3.3 MÉTRICAS DE RISCO E FRONTEIRA EFICIENTE

O método da FE e suas variantes pressupõem uma projeção de retornos e riscos futuros de ativos. Neste trabalho essa projeção é gerada através da associação do modelo financeiro ao método de Monte Carlo. Este modelo financeiro busca detalhar as receitas e gastos da empresa até um grau que permita a separação entre a perspectiva do regime de competência e a perspectiva do regime de caixa.

Quanto às métricas de risco utilizadas na literatura, duas se destacam para este trabalho, o *Earnings-at-Risk* (EaR) e o *Cash-Flow-at-Risk* (CFaR). O EaR mede o risco dos resultados da empresa pelo critério do regime de competência, enquanto o CFaR mede o risco de caixa. Eles podem ser definidos como:

Earnings-at-Risk (EaR). The maximum shortfall of earnings, relative to a specified target, that could be experienced due to the impact of market risk on a specified set of exposures, for a specified reporting period and confidence level. (RISKMETRICS GROUP, 1999)

Cash-Flow-at-Risk (CFaR). The maximum shortfall of net cash generated, relative to a specified target, that could be experienced due to the impact of market risk on a specified set of exposures, for a specified reporting period and confidence level. (RISKMETRICS GROUP, 1999)

Duas métricas de risco são utilizadas nesse trabalho, a primeira é o EaR, e a segunda é uma variação do CFaR que ao invés de possuir o foco no fluxo de caixa, possui o foco no valor disponível de caixa. A métrica utilizada para o risco de caixa foi o *Cash-Balance-at-Risk* (CBaR), definido como a menor disponibilidade de caixa, que pode ser experimentado devido a impactos dos riscos de mercado sobre o conjunto especificado de exposições, em qualquer período dentro de um determinado horizonte de tempo e um determinado nível de confiabilidade. Observe-se que além da métrica depender do valor disponível no caixa no

---

<sup>11</sup> O processo prático de chamada de margem ocorre de forma muito mais complexa, através do resultado de contas particulares de cada contrato.

início da avaliação, ela não é calculada com base no último período do horizonte de tempo estabelecido, mas sim com base no pior período (seja ele qual for) da análise do caixa.

Esse conjunto de métricas permite ao gestor uma compreensão do pior cenário alcançável em condições normais de mercado, permitindo o processo de tomada de decisões levando em conta oscilações naturais do mercado. Uma métrica de risco bem estabelecida permitirá uma gestão mais estável, com melhor e mais eficiente gestão do risco. A métrica EaR seria de maior significância para o investidor, já que o seu *hedging* implicaria numa maior estabilidade dos resultados dos investimentos, bem como uma boa realização de sua medida implicaria em um maior conhecimento do investidor sobre o investimento – critério importante para o mesmo. O CBaR por sua vez é de alto interesse para o gestor já que o seu conhecimento implica na redução de cenários imprevistos e numa maior solidez e assertividade do processo de tomada de decisões, além disso o seu *hedging* implicaria numa maior estabilidade do caixa e na redução da necessidade de empréstimos emergências de curto prazo e reduziria o montante necessário de capital de giro. Este último, por sua vez, pode implicar ainda num retorno para o investidor, já que a redução da necessidade de capital de giro implicaria na redução do volume de capital do investidor aplicado, possibilitando ao mesmo um aumento no retorno por capital investido. Destaca-se, ainda, que essa métrica, possibilita uma melhor análise dos riscos de não cumprimento de obrigações gerados por derivativos antes do término do contrato quando associados às oscilações próprias do caixa do negócio.

As métricas de risco foram calculadas com uma confiabilidade 95% para o horizonte de um ano (12 períodos de um mês). O processo de geração das métricas de risco é realizado a partir do método de Monte Carlo, mais especificamente através de um movimento geométrico browniano no qual as variáveis aleatórias são os preços de mercado das *commodities* de referência e a taxa de câmbio. O uso destas variáveis no modelo financeiro, gera uma distribuição de possíveis resultados para cada período, sobre os quais são calculadas as métricas de risco. Às duas métricas de risco foi adicionada uma métrica de expectativa de resultado apurado pelo regime de competência ("*Earnings*"), calculado como a média dos cenários de resultados anuais gerados.

Para o desenvolvimento da Fronteira Eficiente os resultados calculados pelo regime de competência foram representados como variações sobre a expectativa de retorno e risco do negócio sem o uso de derivativos: " $\Delta$ Earnings" e " $\Delta$ Earnings at Risk". A Equação 1 e a Equação

2 representam o cálculo realizado, onde: o sobrescrito “decisão” faz menção a um conjunto de decisões tomadas quanto à contratação de derivativos para formar um ponto da FE e “referência” faz menção às exposições naturais do negócio, o cenário de referência no qual nenhum derivativo é contratado. O risco de caixa representado na FE é o CBaR e será representado no eixo vertical secundário para cada ponto da FE.

Equação 1 – Retorno da Fronteira Eficiente:

$$\Delta \text{Earnings} = \frac{\text{Earnings}^{\text{decisão}} - \text{Earnings}^{\text{referência}}}{\text{Earnings}^{\text{referência}}}$$

Equação 2 – Risco da Fronteira Eficiente avaliado pelo regime de competência:

$$\Delta \text{Earnings at Risk} = \frac{\text{EaR}^{\text{decisão}} - \text{EaR}^{\text{referência}}}{\text{EaR}^{\text{referência}}}$$

A fronteira eficiente foi calculada do ponto de risco mínimo (equivalente ao ponto de mínima variância, pois, é alcançado quando o EaR da decisão é mínimo – vide Equação 2) até ponto de retorno máximo alcançável respeitando as restrições utilizadas.

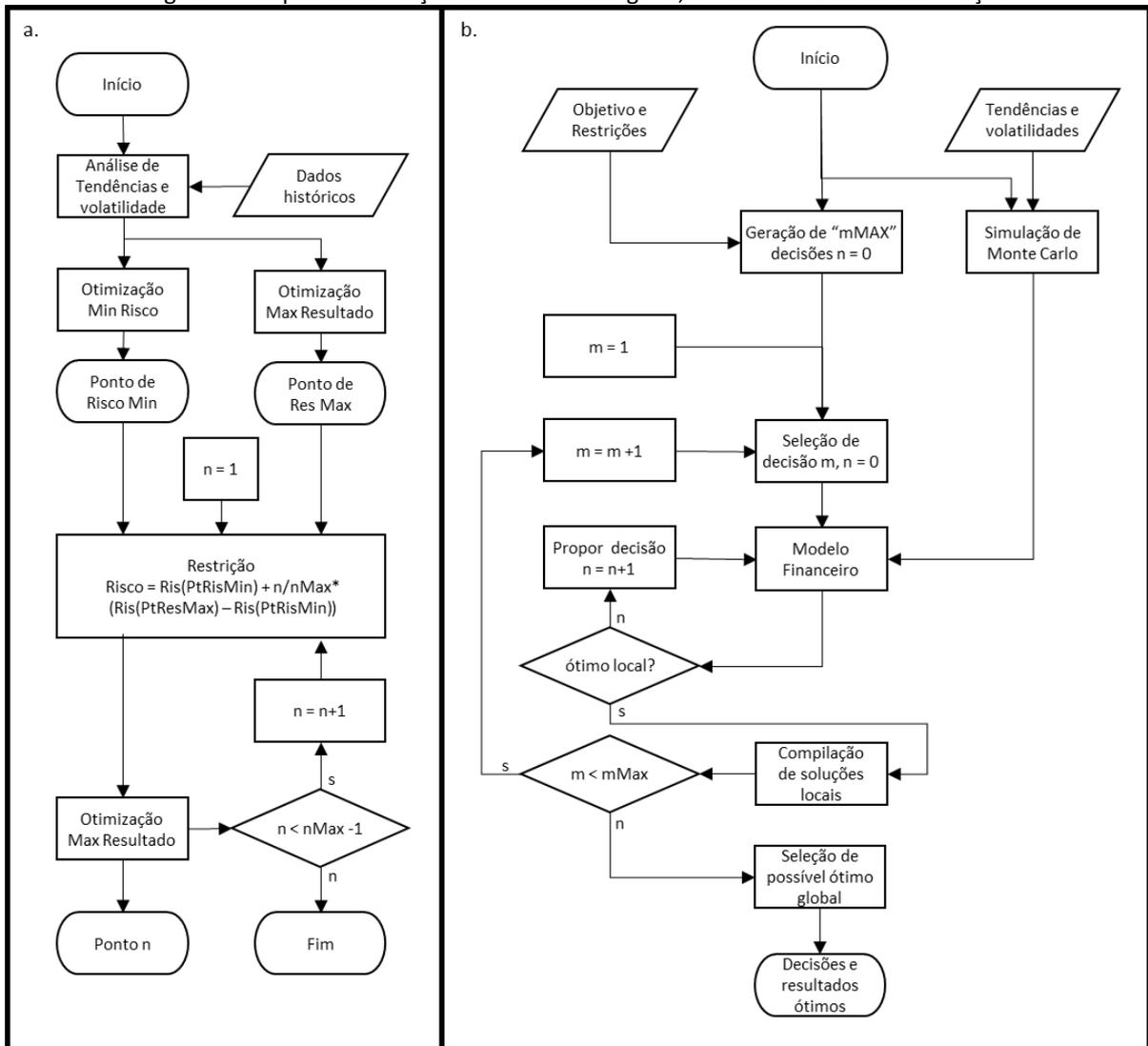
### 3.3.1 Quanto às etapas de geração da Fronteira Eficiente

O processo de geração da fronteira está descrito na Figura 2a e é realizado, em suma, por um algoritmo que envolve as etapas: análise de tendências e volatilidades dos dados históricos; a busca do ponto de risco mínimo (PtRisMin), através de uma otimização com o objetivo de minimizar o risco; a busca do ponto de retorno máximo (PtResMax), através de uma otimização com o objetivo de maximizar os retornos; e o cálculo de “nMax” pontos “n” de riscos intermediários entre o risco do ponto de risco mínimo e o risco do ponto de retorno máximo, por um loop de maximizações do retorno esperado utilizando a restrição de risco assumida.

O processo de otimização de cada ponto da FE está descrito na Figura 2b e é realizado por uma simulação de Monte Carlo das variáveis de mercado aos quais a empresa está exposta, acompanhado de um processo de otimização global baseado numa série de “mMax” otimizações locais realizadas a partir de um vetor “m” de estimativas iniciais “n = 0”. Tal processo utiliza além das restrições do problema, os objetivos e restrições próprias de cada

ponto da FE conforme Figura 2a e segue as etapas de: geração do conjunto de estimativas iniciais; a seleção de cada vetor de estimativa inicial; o uso do modelo financeiro para calcular os resultados previstos; a realização de um loop de otimização dos resultados encontrados; a compilação dos resultados obtidos até então; a repetição deste processo para cada vetor “m” de decisões “n = 0”; e por fim, a seleção do possível ótimo global com base nos ótimos locais. O uso de múltiplos vetores “n = 0” é necessário devido à descontinuidade e à não-suavidade das funções utilizadas.

Figura 2 - Etapas de formação da FE: a.Visão geral, b.Detalhamento da otimização



Destaca-se que cada ponto da FE poderia ser individualmente obtido por uma função utilidade própria. De tal forma que cada ponto  $x$  poderia ser associado, por exemplo, conforme a Equação 3 à esperança  $E$  de uma função utilidade  $U$  que represente uma relação entre a esperança de uma função utilidade qualquer da aversão ao risco  $u_{Ris}$  e a esperança

de uma função utilidade qualquer do resultado  $u_{Res}$ , desde que balanceados por um  $\alpha$  entre 0 e 1. A variação desse  $\alpha$ , implicaria em de diferentes pontos da FE, sendo  $\alpha = 1$  o ponto de risco mínimo, indiferente ao resultado esperado, e à medida em que  $\alpha$  se reduz, se caminharia pela curva aumentando-se o risco esperado até o ponto  $\alpha = 0$ , o ponto de resultado máximo, indiferente ao risco esperado.

Equação 3 – Exemplo de possível função utilidade associada à FE

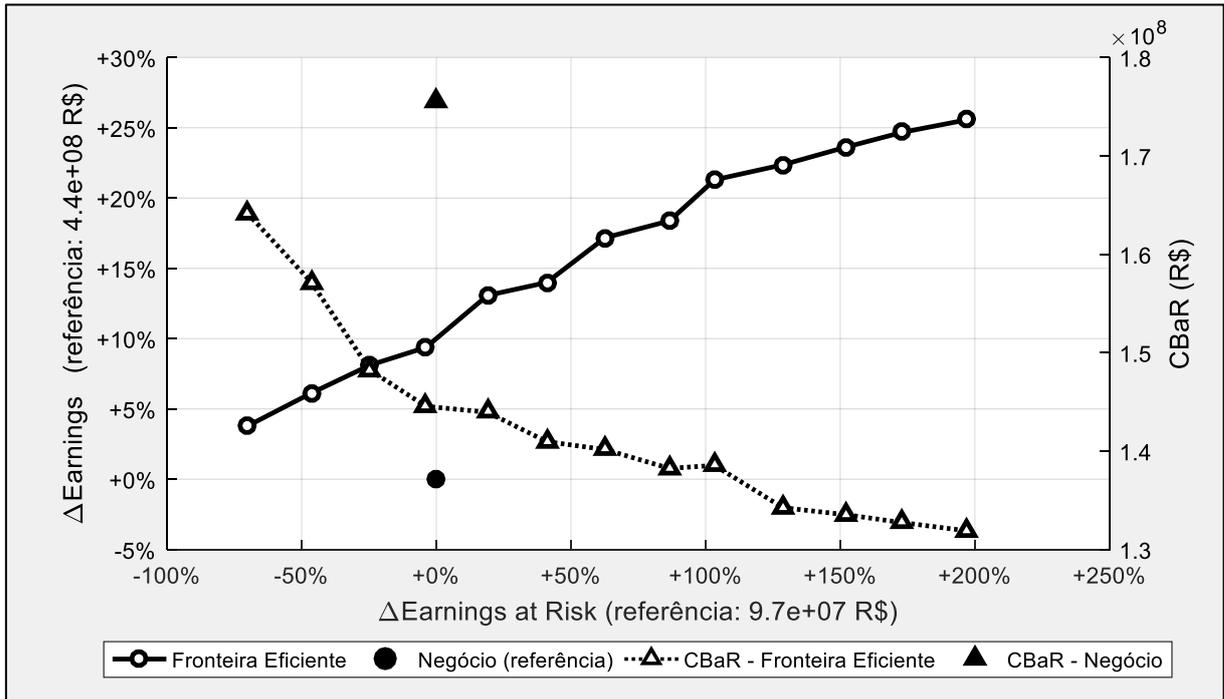
$$E[U(x)] = \alpha \cdot E[u_{Ris}(x)] + (1 - \alpha) \cdot E[u_{Res}(x)]$$

### 3.4 APLICAÇÃO NUMÉRICA

Para a geração da fronteira pelo método de Monte Carlo, foram utilizados 1500 cenários estocásticos. O cálculo da tendência, volatilidade e correlação se deu num horizonte histórico de 60 períodos passados, e para cada fator de risco de mercado foi realizada uma decomposição de Cholesky com relação à *commodity Wti*. A otimização foi feita por um algoritmo de *Interior-Point Optimization*, através de uso de múltiplos pontos iniciais gerados aleatoriamente.

A Figura 3 apresenta a Fronteira Eficiente gerada para o ano de 2016. Nesta figura, a FE se encontra nos eixos principais sendo apresentado por marcadores de círculo vazados e interconectados por uma linha contínua. A FE possui no eixo das abscissas a variação do risco obtida em cada ponto quando comparado ao negócio sem o uso de derivativos, e no eixo das ordenadas, possui a variação do Expected Earnings em função do mesmo negócio sem o uso de derivativos. Tal ponto (negócio – ou a referência) é retratado na origem dos eixos (pois não há variação em relação a ele mesmo) como um círculo preenchido. Um eixo das ordenadas secundário (à direita) é utilizado para demonstrar os resultados de cada ponto da FE sob o a perspectiva do risco de disponibilidade de caixa, de modo que o CBaR de cada ponto da FE é representado na mesma posição quanto ao eixo das abscissas, como um triangulo vazado ligado por uma linha tracejada. O CBaR do negócio (referencia) é apresentado como um triangulo preenchido. Assim, cada ponto da FE no regime de competência possui um equivalente vertical no regime de caixa.

Figura 3 – Fronteira Eficiente para o ano 2016 (13 pontos)



Quanto aos resultados pelo regime de competência, a FE obtida possui características clássicas das FE encontradas na literatura, por exemplo, a aceitação de um maior grau de risco implica em um aumento do retorno máximo alcançável e a fronteira possui um aspecto abaulado, consequente das correlações não nulas entre os fatores de risco. Os resultados obtidos demonstram uma FE superior ao ponto de resultado de negócio, ponto este, não otimizado para o risco assumido. O ponto da FE de risco equivalente ao risco do negócio tem expectativa de *Earnings* 10% superior à referência, demonstrando que é possível aprimorar a relação risco-retorno sem o aumento do risco. O ponto de risco mínimo da FE além de permitir uma redução significativa de 70% do EaR permite ainda um retorno esperado 3,8% maior que o do próprio negócio sem uso de instrumentos financeiros. Estes resultados reforçam a perspectiva apresentada na introdução, de que uma indústria de *commodities* com uma posição neutra em derivativos possui uma posição de especulação passiva, podendo migrar para uma estratégia de atuar com ao menos um *hedge* parcial, associado a um par risco-retorno ótimo.

O retorno máximo alcançado na FE para 2016 é superior à referência em 25%. Este aumento, embora significativo, só é possível através de um aumento de quase 200% no risco do negócio. Embora este ponto tenha o melhor retorno alcançável para este o risco assumido, é possível perceber que o incremento ao risco supera em 8 vezes o incremento do retorno.

Esse baixo incremento do retorno é consequência das restrições impostas ao problema que evitam que certos conjuntos de decisões – puramente especulativos – sejam tomados, demonstrando que uso de restrições é eficiente para evitar uma simples e pura especulação dentro do meio corporativo.

O ponto de risco mínimo não leva a empresa a um risco nulo devido ao risco de base. Quanto às questões do risco de base referentes à localidade e às especificações do produto, a opção de realizar um *hedge* cruzado gera um risco de base inevitável (GALITZ, 2013), já que embora as *commodities* de exposição possuam alta correlação com o WTI e seu futuro, não possuem uma correspondência perfeita entre seus movimentos, nem são negociadas com as mesmas condições de entrega física. Quanto à questão do calendário, contribuem para o aumento do risco de base os diferentes valores de dólar utilizados para transações no mesmo período associados ao processo de compra, estocagem, produção e venda – que ocorrem em momentos diferentes.

Dos vários pontos da FE que poderiam ser trabalhados, duas estratégias foram escolhidas como referência para nortear o estudo da gestão de risco desta indústria neste trabalho: o ponto de risco equivalente às exposições naturais do negócio e o ponto de risco mínimo. O risco equivalente seria utilizado quando a empresa almejasse a melhor decisão financeira que não altere o seu grau de exposição natural, e o risco mínimo quando a empresa almejasse reduzir ao máximo a sua exposição aos riscos de mercado. Tendo em vista as expectativas de 2016, descritos na Tabela 2, com um resultado de negócio esperado de 439 milhões de reais associado a um EaR de 97 milhões, a estratégia de risco equivalente manteria o mesmo risco e aumentaria o resultado esperado para 483 milhões, enquanto o uso da estratégia de risco mínimo permitiria uma redução do EaR a um valor de 29 milhões associado ao aumento do resultado a um valor de 457 milhões. Porém, é necessário perceber que os resultados da FE na perspectiva do regime de competência não ocorrem sem a existência de uma contraparte na perspectiva do regime de caixa.

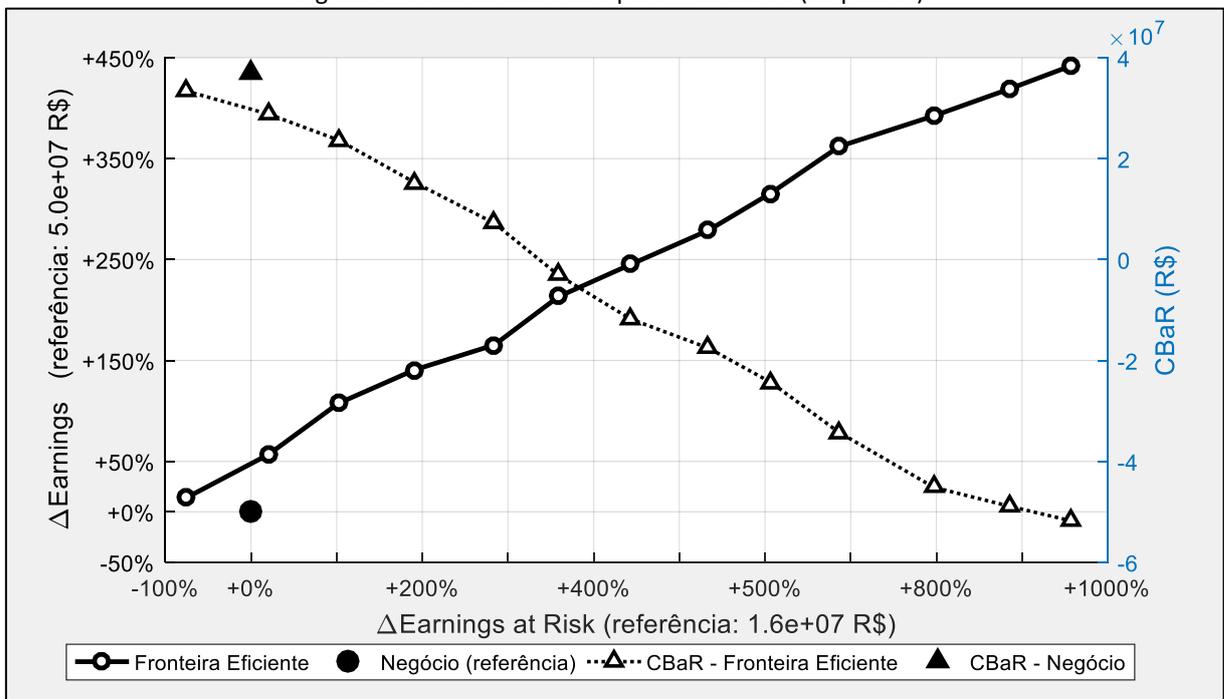
#### **3.4.1 Fronteira Eficiente gerada e risco de caixa**

Quanto à perspectiva de caixa, o CBaR da mesma FE discutida acima (Figura 3 – FE de 2016) demonstra que qualquer decisão de uso ótimo de derivativos, inclusive a decisão de risco mínimo, implica em um risco de caixa superior ao risco do negócio (um valor de CBaR menor é equivalente a um maior risco de caixa). A curva demonstra também, que o risco de

caixa aumenta à medida em que se progride pela curva FE na direção de aumento do EaR. Isto ocorre, pois, a FE alcança um aumento do retorno esperado à medida em que um maior investimento em futuros é realizado, de modo que a intensificação da posição adotada implica em maior aplicação do caixa em contas marginais junto às corretoras (ou equivalentes), bem como na intensificação da susceptibilidade às chamadas de margem das mesmas. Assim, mesmo que a FE possa apresentar uma redução de risco no regime de competência (EaR) ela gera em paralelo um aumento do risco do saldo de caixa disponível.

O discreto aumento de risco de caixa no ano de 2016 atesta a liberdade de ação do gestor no campo dos derivativos neste ano específico, que, atentando à política de risco da empresa, poderia decidir sem risco de comprometimento do caixa. Isso ocorre devido às características favoráveis neste momento específico – mesmo momento da renegociação anual dos contratos com fornecedores e clientes: no mercado existe a alta do câmbio e baixa do petróleo (Figura 1b), e no caixa, a reserva de 300 milhões criada em 2015 (Figura 1c). Para contrastar estes resultados, a FE foi calculada para o ano 2000 – primeiro ano com dados completos para a análise – cujos resultados estão na Figura 4.

Figura 4 – Fronteira Eficiente para o ano 2000 (13 pontos)



No ano 2000 a FE alcança, no regime de competência, valores maiores de risco e retorno do que no ano de 2016. O risco de caixa, por sua vez, acompanha esse aumento, alcançando valores negativos que tornam os pontos distantes da referência inviáveis devido à

possibilidade de um caixa notoriamente negativo, inferior a R\$ 50 milhões. Se compararmos o ponto de risco máximo em 2016 (+200% EaR), com o ponto da FE em 2000 de mesma variação de risco (+200% EaR), podemos perceber significativa diferença no risco de caixa. Enquanto em 2016, o CBaR era reduzido para R\$ 145 milhões positivos, em 2000 ele alcança R\$ 20 milhões negativos. Demonstrando, assim, que decisões em derivativos referentes ao ano de 2000 haveriam de requerer uma análise com uma maior atenção ao risco de caixa do que as decisões de 2016.

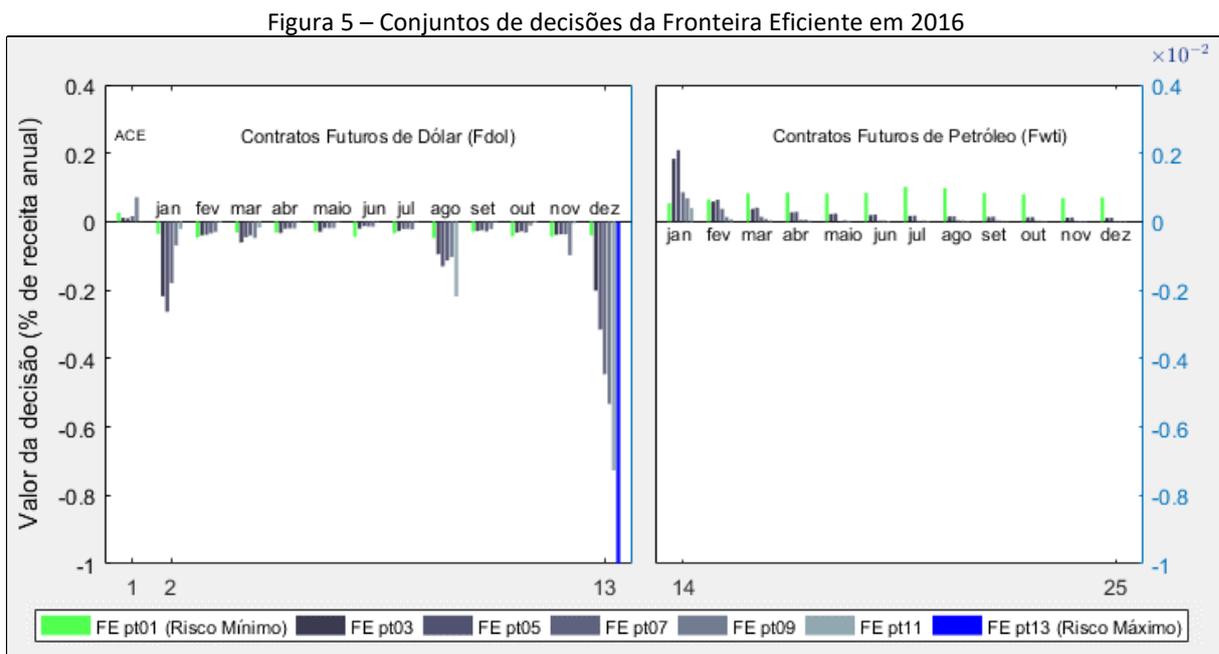
Esses resultados, tanto a pouca influência de derivativos sobre o risco de caixa em 2016 quanto o da alta influência em 2000, atestam a importância da utilização da medida de risco de caixa para o aprimoramento da gestão de risco empresarial como parte indispensável da gestão de risco através de uma FE. O uso de tal medida poderia reduzir efeitos de crises semelhantes à de 2008, descritos na introdução.

A utilização da métrica CBaR no ano de 2016 indica ainda, um excedente em caixa. Excedente este, desnecessário para a operação do caixa mesmo em cenários extremos, sugerindo que mais dividendos poderiam ser distribuídos pela empresa para seus acionistas, sem risco de afetar o funcionamento do caixa. Assim, a estratégia – utilizada no modelo hipotético – de manter 5% dos recebimentos anuais em caixa, embora tenha evitado um caixa negativo ao longo dos anos (Figura 1c) se mostra ingênua quando avaliada pela medida de risco de caixa CBaR. Embora a estratégia distribuição de dividendos de uma empresa real seja muito mais complexa que a estratégia deste modelo, o uso da métrica CBaR pode ser visto também como uma contribuição para o processo decisório de desembolso de dividendos, pois pode medir o risco de caixa associado a esta decisão.

### **3.4.2 Decisões ótimas para formação da Fronteira Eficiente**

As decisões para os anos de 2016 que geraram as curvas anteriores estão representadas na Figura 5. São apresentadas 25 decisões ao longo do eixo das abscissas: O percentual de ACE realizado é apresentado pelo nº1 e a contratação de futuros é apresentada para dólares (Fdol - nº2 a 13) e petróleo (Fwti - nº14 a 25) onde valores positivos representam a posição comprada e negativos a posição vendida. Os futuros são apresentados como um percentual das restrições utilizadas (resumidamente: o faturamento anual em dólares e em barris de petróleo). Cada decisão é apresentada com um conjunto de barras que representam os valores desta decisão utilizados para a formação de cada ponto da FE em ordem crescente de

risco. Por exemplo, as decisões que levam ao ponto de menor risco da FE são representadas pelas barras da esquerda de cada umas das 25 decisões, e as decisões de que levam ao ponto de maior risco da FE são representas pelas barras da direita de cada uma das 25 decisões (sendo zero em algumas). Embora a FE tenha sido formada com 13 pontos, apenas as decisões de 7 pontos igualmente intervalados são apresentadas, para facilitar a visualização. Os pontos omitidos não alteram a discussão.



O método de Monte Carlo cria as descontinuidades nas decisões, essas descontinuidades ocorrem devido à associação da base estocástica à otimização de uma função não contínua e não suave. O aumento dos cenários estocásticos utilizados reduz essas descontinuidades, implicando num aumento de custo computacional.

Cada decisão possui uma influência específica sobre o resultado da curva, porém, seus efeitos conjuntos são difíceis de serem abordados analiticamente, uma vez que, estão associados à correlação dos fatores de risco, à relação com as exposições naturais e aos seus próprios efeitos cumulativos através de múltiplos períodos. O método de Monte Carlo permite a análise conjunta de todos os fatores, porém, dificulta a interpretação da influência global de cada decisão. Visando enriquecer a interpretação dos resultados, sem pretensão de os exaurir, as decisões serão abordadas sob a perspectiva de cada tipo de contrato: Fdol, Fwti e ACE.

Quanto à contratação de futuros de dólares, algumas características se destacam. A alta distribuição dos contratos na posição vendido, para a formação do ponto de risco mínimo da

FE, expressa uma aproximação inversa das exposições naturais do exportador líquido, posição semelhante à de comprado. Assim, aproximando essas exposições inversas é possível alcançar a redução máxima do risco.

É observável também, que os pontos de maior risco são alcançados pela concentração dos contratos no final do ano. Isso se deve devido à possibilidade de arbitragem do exportador, que pode transformar suas expectativas de recebimentos – sem rendimento, em futuros que rendem à diferença dos rendimentos de taxa de juros associadas às moedas (já que a taxa de juros em real é maior que a taxa de juros em dólar). A postergação dos contratos de futuros para longe das exposições implica no aumento do risco, devido ao descasamento gradativo das exposições do negócio, mas permite um maior aproveitamento da diferença de rendimento contida no derivativo.

Destaca-se que a tomada de decisão em relação ao futuro depende também da tendência histórica do dólar utilizada no modelo, acrescida da influência de oscilações momentâneas do valor do câmbio. Por exemplo, uma insegurança momentânea gerada por algum evento de alcance macroeconômico pode afetar o valor dos futuros de curto e médio prazo sem afetar os de longo prazo.

A mesma arbitragem permite, em relação à exposição natural, o aumento do retorno sem o aumento do risco. Semelhante possibilidade de arbitragem foi identificada e quantificada num *working paper* do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (ipea) de Pereira *et al.* (2000), com o foco no ACE e no ACC, supondo uma aplicação do valor adiantado à taxa Selic. A arbitragem no nosso cenário, de tomada de futuros, ocorre sem a necessidade de uma aplicação e, ainda mais, não precisa ser aplicada exclusivamente a exportações reais, podendo ser realizada sobre uma exposição de exportação líquida como – no caso deste trabalho –, vendas dolarizadas.

Embora esse tipo de movimentação financeira seja tido como uma arbitragem, é preciso destacar que ela aumenta as consequências do risco operacional (não-financeiro): Caso não ocorra a realização da previsão de vendas, por exemplo, devido a uma longa parada da produção, será agregado ao problema das vendas perdidas, um problema de descasamento entre o negócio (cuja a exposição seria modificada) e o *hedge*.

Quanto à contratação de futuros de petróleo, um autor clássico da literatura, John Hull (1994), estabelece o cálculo do valor justo do futuro de uma mercadoria conforme a Equação 4, na qual: **F** é o valor presente do contrato futuro, **S** é o valor presente do produto, **r** é o

rendimento livre de risco por período,  $u$  é custo de armazenagem por período (simplificados como proporcionais ao valor do produto) e  $T$  é o número de períodos para o encerramento do futuro.

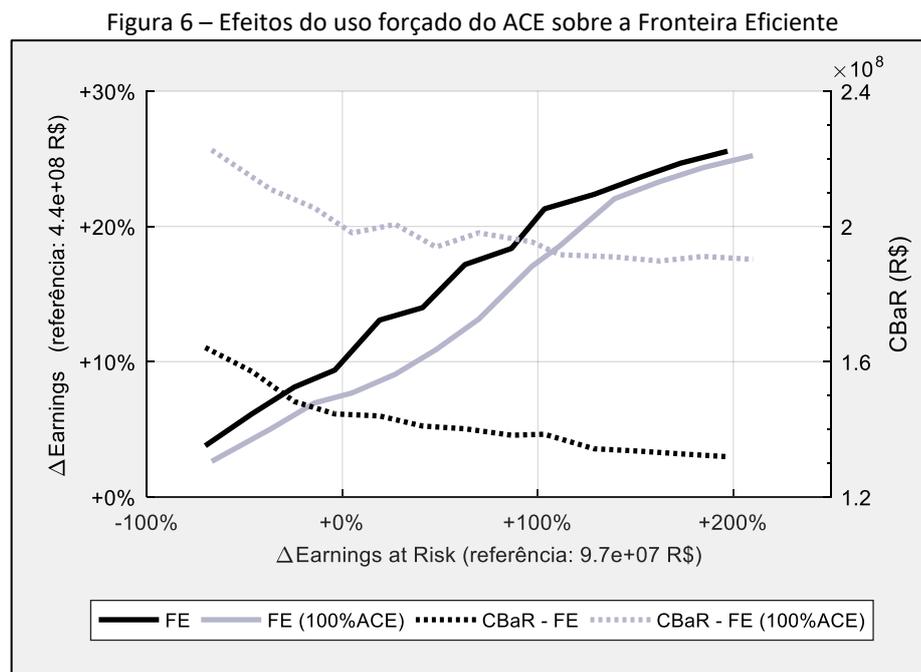
Equação 4 – Precificação de um Futuro de mercadoria

$$F = Se^{(r+u)T}$$

Esse é o cálculo básico do valor justo pois é o que equivaleria à parte vendida, tomar capital emprestado a juros de risco zero, comprar a mercadoria em valor presente, pagar sua armazenagem e depois vendê-la a um tempo  $T$ . A posição comprada, da indústria no nosso caso, teria que pagar essa diferença de valor para contratar os futuros e reduzir seus riscos. Assim de modo inverso aos futuros de dólar, à medida em que se afasta do ponto de risco mínimo e do momento da tomada da decisão a utilização do futuro se torna menos interessante. A mesma obra de John Hull observa que, no caso de *commodities* de consumo (como o petróleo), a equação pode ser complementada pelo custo de oportunidade, que pode reduzir o valor do contrato no mercado. O custo variável de oportunidade, associado às tendências de mercado, pode fazer as decisões de Fwti mudarem de perfil de acordo com o momento de mercado.

Quanto à contratação de ACE, embora possa ser estudada pela mesma ótica de arbitragem discutida na questão dos futuros de dólares, é preciso ter em conta fatores que o diferenciam o ACE modelado aqui, do ACE abordado genericamente por Pereira *et al.* (2000). Primeiro, uma taxa de lucro da contraparte do contrato é acrescida à taxa de ACE do modelo. Segundo, os contratos são tomados a cada venda realizado e não sobre as receitas de uma forma geral, de modo que o pequeno montante utilizado dá acesso a apenas uma parcela reduzida dos retornos do CDI e não a 100% da Selic (como em Pereira *et al.* – 2000), sendo que a CDI é sempre inferior à Selic. Terceiro, o modelo utilizado lida com uma tendência do câmbio não nula que para 2016 possui uma alta tendência de depreciação mensal do real (1,5%). Todos esses fatores vão de encontro a uma simples remuneração de diferença de juros para a contratação do ACE, que, quando complementados pelo fato do ACE ser avaliado pela sua realização repetida ao longo dos períodos fazem que seus impactos oscilem de forma não linear e variando bastante a depender da situação do mercado.

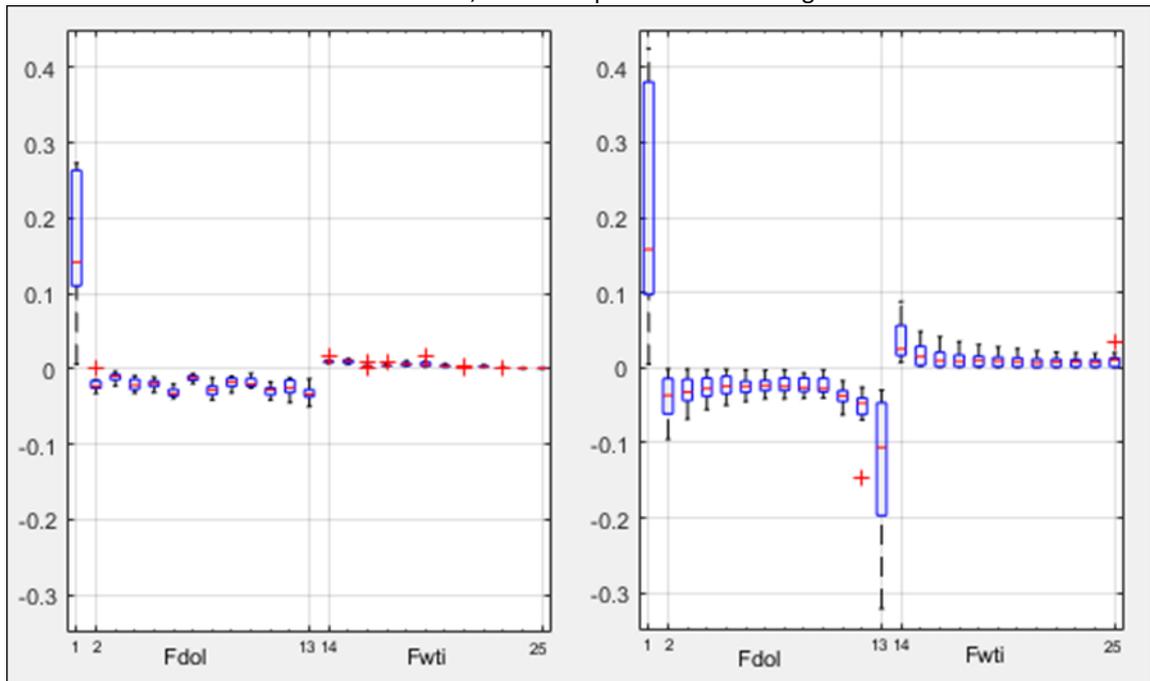
Destaca-se, porém, que o uso de ACE implica em uma significativa redução do risco de caixa e por isso não deve ser excluído de uma análise da FE que seja orientada ao caixa. Se necessário esta decisão poderia ser forçada à FE para assegurar um maior CBaR. O forçamento do uso de ACE em 2016 implicaria na redução da relação retorno-risco, mas aumentaria (melhoraria) o CBaR em torno de 60 milhões de reais para todos os pontos da curva, conforme demonstrado na Figura 6.



O impacto positivo da contratação periódica do ACE, sobre o risco de caixa, sinaliza que existe um ganho de estratégias de curto prazo para gestão de risco de caixa, sugerindo a possibilidade de formação de um *hedge* simultâneo do caixa e do resultado apurado pelo regime de competência através do uso dinâmico de derivativos.

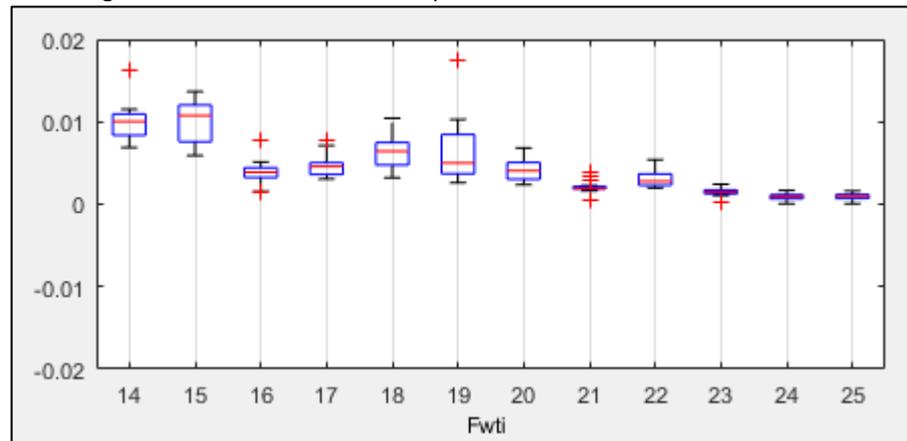
Visando investigar os padrões dos conjuntos de decisões ótimas, as decisões formadoras dos pontos da FE de risco mínimo e risco equivalente ao do negócio foram avaliadas para os anos de 2000 a 2015. Diversos padrões de decisões foram encontrados, variando de acordo com as expectativas do mercado e as tendências em cada momento. A Figura 7 apresenta *boxplots* demonstrando a variabilidade das decisões para ambas as estratégias.

Figura 7 – Boxplots de decisões da FE de 2000 a 2015  
a. Risco mínimo, b. Risco equivalente ao do negócio



Embora as decisões variem de ano para ano à medida em que as situações de mercado mudam, é possível perceber a existência de alguns padrões. No ponto de risco mínimo a contratação de Fdol e Fwti é distribuída ao longo dos meses com uma discreta variabilidade anual, representando que a decisão ótima sofre maior influência de parâmetros do negócio (variáveis ao longo dos meses e constante ao longo dos anos) do que influência do momento específico de mercado (variável ao longo dos anos). O boxplot de Fwti para o risco mínimo, detalhada na Figura 8, demonstra que embora haja uma pequena variabilidade na contratação dos primeiros meses, ela tende a ser sempre reduzida nos últimos meses. Este padrão decrescente pode ser consequência do custo de armazenagem e de rendimento agregado ao valor dos futuros ou da simplificação utilizada para as datas de vencimento de Fwti (conforme descrito em “Modelo financeiro de indústria petroquímica”).

Figura 8 – Detalhamento de Boxplot de decisões da FE de 2000 a 2015



Quanto às decisões que geram o ponto de risco equivalente ao negócio, é possível perceber – na Figura 7 – uma maior variabilidade das tomadas de decisões, mesmo efeito encontrado nas decisões da FE de 2016 nos pontos de maior risco. Tal efeito demonstra que para pontos de maior risco há uma maior influência das particularidades, tendências e correlações do momento histórico de mercado, que permitem alcançar uma melhoria da relação risco-retorno pelo uso de derivativos em meses específicos. Este resultado reforça a percepção de que as decisões que geram o risco mínimo recebem menor influência do mercado e maior influência dos parâmetros do negócio. Verifica-se ainda, uma tendência de um maior investimento no 12º mês de Fdol, reforçando a questão da arbitragem.

Destaca-se que a FE apresentou uma baixa variabilidade das decisões de contratação de futuros ao longo dos anos em função das variações nas situações de mercado. A fronteira eficiente de Markowitz tem como principal crítica, o fato de que suaves mudanças nas tendências históricas resultam em conjuntos de decisões e fronteiras muito distintas. O baixo variação sofrida nos conjuntos de decisões desta aplicação corporativa, constitui uma significativa contribuição para a estabilidade das decisões ótimas e da FE ao se deparar com mudanças de tendência do mercado. Esta estabilidade pode ser causada tanto pelo uso de restrições que evitam uma posição meramente especulativa, quanto pela possibilidade de arbitragem ou pela alta influência da estrutura de risco natural do negócio. A alta variação do uso de ACE confirma que o mesmo sofre alta influência da situação do mercado, de modo que seus resultados apurados pelo regime de competência não gozam da mesma estabilidade dos demais contratos, devendo ser usado, sobretudo, quando se tem necessidade de uma maior estabilidade do caixa.

A análise das decisões ainda deixa margem para futuras discussões, especialmente na questão de estabilidade da curva e dos efeitos de decisões multi-períodos.

### 3.5 BACKTESTING

Para verificar a aplicabilidade real da FE a uma indústria a petroquímica a curva foi montada para os anos de 2000 a 2015 e as projeções de risco dos resultados foram comparadas com os resultados dos dados históricos reais. Os parâmetros de entrada foram regredidos utilizando IPCA (IBGE, 2016) para despesas fixas, custos operacionais fixos, depreciação e folha; e a variação do M2 (Federal Reserve, 2016) para prêmios fixos anuais<sup>12</sup> de produtos e matérias primas. A partir do primeiro ano o teste é contínuo, de modo que o resultado de uma determinada estratégia para um ano influencia a mesma estratégia no próximo (e.g. capital disponível em caixa). Os testes foram realizados para os pontos risco mínimo e de risco equivalente ao risco de negócio da FE. As métricas de risco, que definem o patamar inferior do desvio projetado foram complementadas pelas suas inversas – os melhores cenários esperados dada a mesma confiabilidade – que definem o patamar superior do desvio projetado. Os resultados obtidos se encontram na Figura 9, onde cada *backtesting* de um ponto da FE é apresentado com sua expectativa de desvios *ex ante* (em tracejado preto) e com o seu resultado real *ex post* (em barras pretas). Junto ao *backtesting* de cada ponto da FE é apresentado o *backtesting* das expectativas de desvio do negócio – sem uso de derivativos – *ex ante* com base no modelo (em cinza) e seus resultados reais *ex post* (em barras cinzas contornadas em preto). O *backtesting* também é utilizado para verificar se a suposição *ex ante* de log-normalidade das variáveis de mercado afetaria fortemente os resultados *ex*

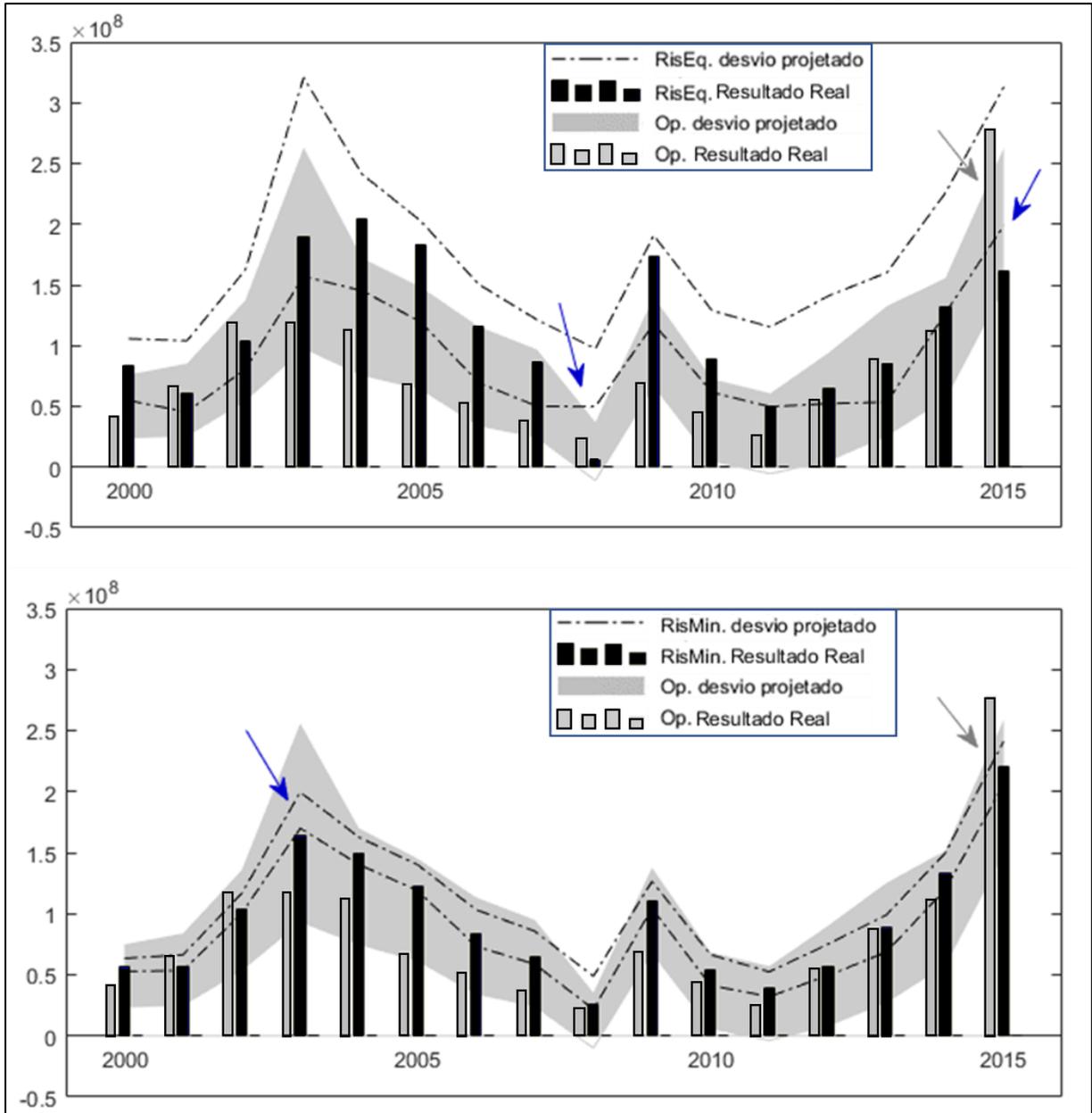
---

<sup>12</sup> O uso de M2 como medida de inflação pode ser considerada como uma alternativa ao CPI (*Consumer Price Index*) já que este pode ter valores muito abaixo de algumas realidades (BORING, 2014). Uma série de pesquisas, como Chambers e Just (1982), Frankel (1986), Orden e Fackler (1989), Dorfman e Lastrapes (1996), e Saghaian, Reed e Marchant (2002), demonstram que o aumento do agregado monetário implica no aumento dos preços de *commodities* (apud AMATOV *et al.*, 2017). A utilização desse índice neste trabalho é uma simplificação para levar ao passado os *spreads* (prêmios) entre *commodities* e seus derivados.

O uso do M2 ao invés do CPI foi realizado já que a típica inflação do dólar americano iria provocar neste caso uma variação do prêmio significativamente reduzida quando comparada a dados reais. Com dados públicos, isso pode ser exemplificado pela análise dos últimos 20 anos do *crack spread WTI 3:2:1*, medida simplificada de prêmio pelo craqueamento do petróleo (calculado com base nos dados de eia – 2016), que alcançou um aumento de 430% nos últimos 20 anos, enquanto o CPI alcançou 160% e o M2 340%. O uso dessa simplificação é dispensado quando o método é aplicado a dados históricos reais de *commodities* intermediárias.

post, impossibilitando a utilização da projeção utilizada – requerendo necessariamente uma análise econométrico do mercado e das suas expectativas.

Figura 9 – Backtesting do *Earnings at Risk* com base no *Earnings*, para dois pontos da FE  
a. Ponto de risco mínimo, b. ponto de risco equivalente ao do negócio



Quanto à aderência das curvas projetadas, verifica-se que os resultados ultrapassaram os limites inferiores ou superiores para o negócio, o risco mínimo e o risco equivalente ao risco do negócio em respectivamente 1, 1 e 2 anos (destacados pelas setas). Esses resultados alcançaram, respectivamente, 97%, 97% e 94% de confiabilidade – totalizando uma confiabilidade de 96% – contra um valor esperado de 95,0%. A aderência dos resultados confirma a aplicabilidade da FE.

Verifica-se, também, diferenças significativas no impacto dos períodos em que o resultado de cada estratégia ultrapassou os limites de risco. Enquanto a exposição natural do negócio ultrapassou o risco previsto em um valor médio de 8% deste risco, o ponto de risco mínimo ultrapassou o risco em apenas 3% do valor previsto e o ponto de risco equivalente ao risco do negócio ultrapassou o risco em um valor médio de significativos 39% do valor previsto. Essa diferença sugere que o ponto de risco mínimo colabora para um maior controle do risco, não apenas para os cenários previstos dentro dos 95% da confiabilidade, como também para os cenários que ultrapassam essa margem. O resultado de risco equivalente ao risco do negócio sugere que o seu conjunto de decisões, embora não aumente o risco em cenários dentro dos 95% de confiabilidade, possa contribuir para um aumento do risco em cenários que ultrapassam essa margem. Resultados semelhantes são encontrados na aplicação típica da FE de Markowitz o que levou a literatura a desenvolver medidas de risco de valores extremos (*conditional extreme value theory* ou *tail behavior*) como o CVaR - *Conditional Value at Risk* (cf. ABAD *et al.*, 2013), que poderiam complementar a aplicação da FE para firmas industriais.

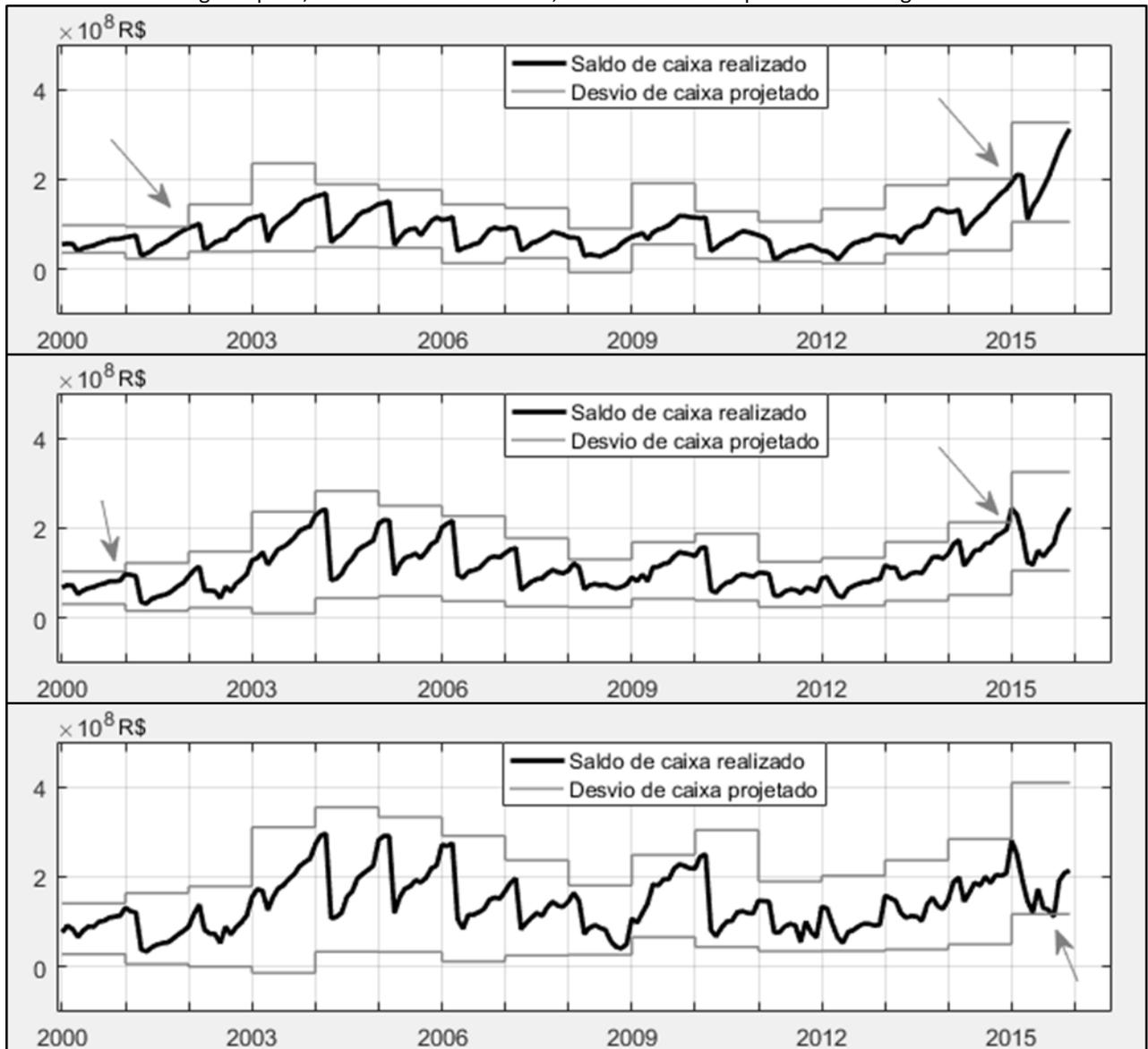
Quanto à exposição natural do negócio, verifica-se que seus resultados do *backtesting* se encontram tipicamente abaixo dos resultados da fronteira. A exposição natural superou significativamente as decisões da FE em apenas um cenário específico – alcançado em 2015 com significativa alta do dólar e queda do valor do petróleo. Assim, é possível verificar em resultados históricos, que a não utilização de derivativos de fato implica em uma especulação passiva cujo bom desempenho depende exclusivamente da realização de um cenário específico esperado. Quando a estratégia de não utilização de *hedge* foi substituída por um *hedge* de antecipação ótimo, houve uma superação dos resultados da mesma. Para os pontos de risco mínimo e risco equivalente da FE a superação ocorreu em ao menos 11 períodos, dos 16 avaliados, alcançando um aumento do resultado médio em 16% e 32%. O ponto de risco mínimo conseguiu reduzir o desvio entre *Earnings* esperado e *Earnings* realizado de 28% (negócio) para 15%.

Quanto à suposição *ex ante* de log-normalidade das variáveis de mercado é possível verificar que a mesma não impossibilita a utilização da projeção do modelo, pois os resultados foram adequados. De modo que a realização de uma análise econométrica do mercado e das suas expectativas permanece como forma de melhoria dos resultados. Assim, a utilização deste *backtesting* demonstra que é possível a utilização da FE pelo gestor financeiro para

obter resultados adequados aos objetivos próprios de cada momento do mercado. Não só o *backtesting* demonstra que é possível projetar adequadamente a consequências de decisões a serem tomadas como o mesmo também demonstra que possível superar estatisticamente outras estratégias. O uso do *backtesting* por parte do gestor deve ser repetida ao avançar dos anos, para verificar se a métrica utilizada ainda possui a aderência necessária para sua utilização. Para além disso, utilização do *backtesting* pode ser utilizada quando se julgar necessário avaliar uma estratégia em particular escolhidas a partir da FE. Embora tal utilização não seja necessária, uma vez que o *backtesting* valide a FE, a mesma pode ser útil para justificar tomadas de decisões diante do corpo de acionistas. Destaca-se, ainda, que a aplicação não acadêmica do *backtesting* deve incluir – além dos resultados reais do modelo – os resultados reais da empresa nos períodos avaliados. Somente a aderência dos resultados reais às projeções de risco geradas pelo modelo pode validar empiricamente uma aplicação não acadêmica.

Quanto à aderência do risco de caixa durante o *backtesting*, o caixa realizado pelo modelo aplicado ao histórico real e os desvios anuais máximos esperados pela métrica CBaR (e sua inversa) se encontram na Figura 10. Nesta figura, os da métricas de risco (inferior) e da sua inversa (superior) demonstram os limites esperados dadas as condições normais de mercado (em cinza), as quais são comparadas ao caixa realizado pelo modelo (em preto), para verificar empiricamente se a utilização *ex ante* das métricas de risco de caixa anual possui uma correspondência com os resultados de disponibilidade de caixa mensal *ex post* da decisão tomada.

Figura 10 – Backtesting do *Cash Balance at Risk* com base no *Cash Balance*, para o negócio e dois pontos da FE: a.Negócio puro, b.Ponto de risco mínimo, c.Ponto de risco equivalente ao negócio



A métrica de risco, alcançou uma confiabilidade de 94,7% (contra um valor esperado de 95,0%), ultrapassando os limites de cada estratégia em 2, 2 e 1 anos (destacados pelas setas). Esse desempenho em dados históricos comprova a utilização prática da métrica CBar. A principal aplicação gerencial deste teste para o processo de gestão de risco implica na validação do método utilizado, sendo que, de forma semelhante ao do regime de competência, é necessária sua reutilização ao longo dos anos para verificar a continuidade da aderência das métricas utilizadas. Sua utilização para diferentes estratégias, embora não seja estritamente necessária uma vez que tenha sido validada o risco de caixa da FE, também pode servir como justificativa frente ao corpo de acionistas para a implantação de novas estratégias. Igualmente ao backtesting de competência, destaca-se que, a aplicação não acadêmica do

*backtesting* deve incluir – além dos resultados reais do modelo – os resultados reais da empresa nos períodos avaliados.

### 3.6 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

Neste trabalho, uma fronteira eficiente corporativa foi proposta e avaliada para uma indústria petroquímica exportadora e importadora que busca utilizar derivativos para gerir o risco financeiro das exposições líquidas.

A principal contribuição deste ensaio foi a proposição de um ferramental empiricamente adequado para a formação de uma fronteira eficiente através do uso de derivativos a ser aplicada a indústrias brasileiras de *commodities* petroquímicos intermediários que atua com importação e exportação. O uso de tal ferramental permitiu o aproveitamento das particularidades da aplicação dos métodos de análise e gestão de risco a este cenário de modo que, para o ano de 2016 foi possível alcançar um aumento do retorno esperado em 10% sem modificação do risco assumido, ou ainda, foi possível alcançar uma redução de 70% do risco associado a um aumento de 3,8% dos retornos esperados. Resultados esses que foram alcançados considerando uma contratação de futuros foi restringida tanto pelo valor contratado quanto pelo grau de risco financeiro assumido.

O uso de tal ferramental empírico aplicado às particularidades dessa realidade que permitiram, por exemplo, a identificação da possibilidade de arbitragem, não foram encontrados na literatura e resultaram em um ferramental aplicável a companhias reais deste meio. Assim, o uso da fronteira evidenciou que uma política com aversão ao uso de derivativos funciona como uma especulação passiva, sendo superada pela estratégia de *hedge* cruzado de antecipação ótimo, não apenas nas expectativas, mas na aplicação em dados reais de câmbio e *commodities* (petróleo e derivados). O *backtesting* do *hedging* alcançou melhorias significativas quando comparado ao negócio sem o uso de derivativos. Foi possível reduzir os desvios entre as expectativas e a realidade de lucro líquido em até 46%, o que sugere uma redução efetiva do risco sob a perspectiva contábil. Foi possível arbitrar e realizar o melhor aproveitamento da posição natural do exportador líquido (subaproveitada quando não há uso de derivativos) e alcançar resultados em média 32% maiores que os naturais, sem o aumento do risco.

A inclusão da análise do risco de caixa à análise da fronteira eficiente corporativa através do uso do *Cash-Balance-at-Risk* se mostrou como uma contribuição importante da gestão dos riscos financeiros. O uso de tal medida, associada às restrições impostas, evidencia os impactos do uso de derivativos sobre as exposições de negócio da empresa, limitando uma possível atuação irresponsável neste mercado, além de conferir liberdade ao gestor, uma vez que demonstra quais conjuntos de decisões em derivativos que não impactam o caixa de forma significativa. O uso responsável de tais medidas poderia evitar os agravantes da crise de 2008 sofridos pelo uso inadequado de derivativos por uma série de empresas, das quais – no Brasil – se destacaram a Sadia e a Aracruz. Assim, este trabalho colabora para o aprimoramento da gestão de risco e para a melhoria do conflito de agência, especialmente, na questão do uso de derivativos em indústrias de *commodities*. A não utilização de uma função utilidade neste método permite à gestão corporativa uma maior liberdade de se adequar às situações específicas de cada momento, tendo sempre em mãos um portfólio de diferentes decisões ótimas.

A aplicação do método destacou-se, por fim, por não sofrer forte influência de mudanças nas tendências dos valores de mercado quando aplicada à riscos financeiros não maiores do que o natural do negócio, evitando assim a principal crítica à FE de Markowitz.

### 3.7 REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO

- Adam, T.R., Fernando, C.S. (2006), “Hedging, speculation, and shareholder value”, *Journal of Financial Economics*, Vol.81, No.2, pp.283-309.
- Adam, T.R., Fernando, C.S., Golubeva, E. (2015), “Managerial overconfidence and corporate risk management”, *Journal of Banking & Finance*, Vol.60, pp.195-208.
- Adcock, C.J. (2014), “Mean–variance–skewness efficient surfaces, Stein’s lemma and the multivariate extended skew-Student distribution”, *European Journal of Operational Research*, Vol.234, No.2, pp.392-401.
- Amatov, A., Dorfman, J. (2017). “The effects on commodity prices of extraordinary monetary policy”, *Journal of Agricultural and Applied Economics*, Vol.49, No.1, pp.83-96
- Argenton, C., Willems, B. (2015), “Exclusion through speculation, *International Journal of Industrial Organization*”, Vol.39, pp.1-9.
- Bacic, M.J.; SILVEIRA, R.L.F.; SOUZA, M.C.A.F.(2010), “Gestão imprudente do risco financeiro como elemento de destruição de valor: uma reflexão a partir do uso de derivativos por empresas líderes brasileiras”. *Revista del Instituto Internacional de Costos*, Vol.6
- Bartram, S.M., Brown, G.W. and Waller, W. (2015), “How Important Is Financial Risk?”, *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol.50, No.4, pp.801–824.
- BCB - Banco Central do Brasil (2016), “SGS - Sistema Gerenciador de Séries Temporais”, Disponível em: <<https://www3.bcb.gov.br/sgspub/>>. Acesso em: 10 de out. 2016

- Beheshti, B. (2015), "A note on the integration of the alpha alignment factor and earnings forecasting models in producing more efficient Markowitz Frontiers", *International Journal of Forecasting*, Vol.31, No.2, pp.582-584
- Benninga, S., Eldor, R., e Zilcha, I. (1985), "Optimal international hedging in commodity and currency forward markets", *Journal of International Money and Finance*, Vol.4, No.4, pp.537-552.
- BM&FBovespa (2016), "Resumo estatístico", Disponível em: <[http://www.bmfbovespa.com.br/pt\\_br/servicos/market-data/historico/mercado-de-derivativos/resumo-estatistico/sistema-pregao/](http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/servicos/market-data/historico/mercado-de-derivativos/resumo-estatistico/sistema-pregao/)>. Acesso em: 16 de out. 2016
- Bonaimé, A.A., Hankins, K.W. e Harford, J. (2014), "Financial Flexibility, Risk Management, and Payout Choice", *Review of Financial Studies*, Vol.27, No.4, pp.1074-1101.
- Boring, P. (2014), "If you want to know the real rate of inflation, don't bother with the CPI", disponível em: <[www.forbes.com/sites/perianneboring/](http://www.forbes.com/sites/perianneboring/)>. Acesso em: 25 de abr. 2017
- Disatnik, D., Duchin, R. e Schmidt, B. (2014), "Cash Flow Hedging and Liquidity Choices", *Review of Finance*, Vol.18, No.2, pp.715-748.
- Dodd, R. (2009), "Exotic derivatives losses in emerging markets: Questions of suitability, concerns for stability", *IMF Working Paper*, WP/09/. Disponível em: <[www.financialpolicy.org/](http://www.financialpolicy.org/)>. Acesso em: 02/04/2017.
- EIA - U.S. Energy Information Administration (2016), "Spot Prices for Crude Oil and Petroleum Products", Disponível em: <[http://www.eia.gov/dnav/pet/pet\\_pri\\_spt\\_s1\\_d.htm](http://www.eia.gov/dnav/pet/pet_pri_spt_s1_d.htm)>. Acesso em: 16 de out. 2016
- Farhi, M.; Borghi, R.A.Z. (2009), "Operações com derivativos financeiros das corporações de economias emergentes". *Estudos Avançados*, Vol.23, No.66, pp.169-188.
- Federal Reserve (2016), "Money Stock Measures - H.6", Disponível em: <<https://www.federalreserve.gov/releases/h6/default.htm>>. Acesso em: 10 de nov. 2016.
- Fliege, J., Werner, R. (2014), "Robust multiobjective optimization & applications in portfolio optimization", *European Journal of Operational Research*, Vol.234, No.2, pp.22-433.
- Galitz, L. (2013), "The financial times handbook of financial engineering: using derivatives to manage risk", Pitman Publishing, 3ed, Massachusetts.
- Hull, J.C. (1994), "Introdução aos mercados futuros e de opções", São Paulo, SP: Bolsa de Mercadorias & Futuros.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016), "Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo - IPCA e Índice Nacional de Preços ao Consumidor - INPC", Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/inpc\\_ipca/defaultinpc.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/inpc_ipca/defaultinpc.shtm)>. Acesso em: 10 de nov. 2016.
- Koonce, L.; Miller, J.; Winchel, J. (2015), "The effect of norms on investor reactions to derivative use", *Contemporary Accounting Research*, Vol.32, pp.1529-1554.
- Leuthold, R.M.; Junkus, J.C.; Cordier, J.E. (1989), "The Theory and Practice of Futures Markets", Lexington Books. Idaho Falls.
- Lin, C.M., Phillips, R.D., Smith, S.D. (2008), "Hedging, financing, and investment decisions: Theory and empirical tests", *Journal of Banking & Finance*, Vol.32, No.8, pp.1566-1582.

- Lopes, J.L.G.; Schiozer, R.F.; Sheng, H.H. (2013). “*Hedge and Speculation with Currency Derivatives: Evidence of Everyday Operations*”. RAC – Revista de Administração Contemporânea, Vol.17, No.4, pp.438-458.
- Lwin, K., R.Q., Kendall, G. (2014), “A learning-guided multi-objective evolutionary algorithm for constrained portfolio optimization”, Applied Soft Computing, Vol.24, pp.757-772.
- Machado, A.O.; Garcia, F.G.(2014), “The foreign exchange corporate risk management through derivatives in brazilian academic articles: bibliometric study between 1999 and 2013”. RACE - Revista de Administração, Contabilidade e Economia, Vol.13, No.3, pp.1001-1030.
- Markowitz, H. (1952), “Portfolio selection”, The Journal of Finance, Vol.7, No.1, pp.77-91.
- Mishra, S.K., Panda, G., Majhi, B. (2016), “Prediction based mean-variance model for constrained portfolio assets selection using multiobjective evolutionary algorithms”, Swarm and Evolutionary Computation, Vol.28, pp.117-130.
- Murcia, F.D.R.; Santos, A. (2009), “Accounting regulation and disclosure of operational information using derivative financial instruments: an analysis of CVM n. 566/08 and CVM n. 475/08 impact on Brazilian open companies disclosure”, Revista de Contabilidade e Organizações, Vol. 3, no.6, pp. 03-21.
- Pereira, T. R.; Maciente, A. N. (2000), “Impactos dos Mecanismos de Financiamento (ACC e ACE) Sobre a Rentabilidade das Exportações Brasileiras”, IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Texto para discussão, No.722. Brasília.
- Quandl (2016), “CME NYMEX WTI Crude Oil Futures”, Disponível em: <<https://www.quandl.com/collections/futures/cme-wti-crude-oil-futures>>. Acesso em: 10 de nov. 2016
- Riskmetrics Group (1999), “CorporateMetrics™ technical document”.
- Silva Junior, A.F.A., ARAÚJO, R.A., CABRAL, S. (2013), “Integration of Strategic Management, Governance and Risk Management: Impact of the Crisis of 2008 in Two Companies of Food”, Iberoamerican Journal of Strategic Management, North America, Vol.12.
- Williams, J.C. (1986), “The Economic Function of Futures Markets”, Cambridge University Press, Cambridge.
- Wong, K. P. (2012), “Production and futures hedging with state-dependent background risk”, International Review of Economics & Finance, Vol.24, pp.177-184.
- Wong, K. P. (2013), “International trade and hedging under joint price and exchange rate uncertainty”, International Review of Economics & Finance, Vol.27, pp.160-170.
- Wong, K. P. (2015), “Export and hedging decisions under correlated revenue and exchange rate risk”, Bulletin of Economic Research, Vol.67, pp.371–381.
- Working, H. (1962), “New Concepts Concerning Futures Markets and Prices”, The American Economic Review, Vol.52, No.3, pp.431-459.
- Zeidan., R.; Rodrigues, B. (2013), “The failure of risk management for nonfinancial companies in the context of the financial crisis: lessons from Aracruz Celulose and hedging with derivatives”, Applied Financial Economics, Vol.23, n.3, pp.241-250

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação é uma coleção de dois ensaios sobre finanças corporativas e a gestão de riscos de mercado. Embora cada ensaio tenha alcançado suas próprias conclusões, e estas são mais adequadamente compreendidas no contexto de cada capítulo, a obra da dissertação como um todo levou a conclusões gerais uníssonas aqui descritas. Além disso, algumas conclusões individuais de cada ensaio merecem destaque nesta parte final do trabalho.

Das conclusões em comum, essencialmente, foi possível propor um ferramental empírico adequado a uma realidade específica de indústrias petroquímicas brasileiras, de modo a envolver as particularidades que diferenciam estes cenários daqueles genericamente abordados na literatura acadêmica, alcançando, dessa forma, resultados próprios. As seguintes particularidades abordadas foram: a utilização de contratos de valoração de matérias primas e produtos com base em referências internacionais; a consequente alta dolarização de suas receitas e despesas; o consequente contraste de um desempenho dolarizado e uma mensuração de resultados em Reais; e a forte correlação entre suas duas maiores exposições, o dólar e o petróleo.

Através dessa abordagem, o papel de uma gestão de risco conjunta e detalhadamente separada entre regime de competência e regime de caixa se mostrou deveras adequada, permitindo a identificação de características que não seriam identificadas através de uma análise individual ou ainda, através de uma análise conjunta simplificada. Como esperado, existem decisões ótimas de uma perspectiva que podem prejudicar a outra, mas, para além disso, existe a possibilidade de decisões que são quase-equivalentes em uma perspectiva, se diferenciarem devido aos seus efeitos sobre a outra. Assim, para o meio corporativo simplificar as duas análises em uma só seria uma abordagem ingênua. A gestão do risco de disponibilidade caixa pode levar a um melhor conjunto de decisões no que se refere à decisão de investimentos, à tomada de empréstimos, à manutenção do capital necessário para a operação, ao desembolso de dividendos e à contratação de derivativos, dentre outras contribuições. Essa abordagem, além de poder identificar a existência de riscos intermediários (no horizonte de tempo) consequentes da contratação de derivativos, ainda permite avanços na perspectiva dos conflitos de agência, aprimorando a comunicação entre as partes. O uso de tais medidas poderia ter reduzido os agravantes da crise de 2008 encontrados na má gestão

de riscos financeira ao redor do globo, que no Brasil teve destaque com as empresas Sadia e Aracruz.

Embora o uso de uma função utilidade para definir as prioridades de uma empresa na relação risco-retorno seja muito útil para simplificar a abordagem matemática e acadêmica, pode-se verificar que tal função não é necessária para realização da gestão de riscos. A não utilização dessa simplificação permite a criação de portfólios de decisões que se adequam a cada momento e estratégia de uma empresa. O uso do método de Monte Carlo associado a um modelo financeiro detalhado que considera os regimes de competência e de caixa se mostrou como uma abordagem rica em possibilidades e versatilidade.

Embora cada capítulo tenha trabalhado com características próprias, a associação das diferentes abordagens é possível. O aumento da complexidade do problema de otimização estocástica aumentaria a dificuldade da interpretação dos resultados e aumentaria o custo computacional, mas ainda assim, permitiria encontrar respostas ótimas que auxiliem o processo decisório através da inclusão de cada vez mais detalhes e regras. Cada regra pode incluir, ainda, suas próprias incertezas, colaborando para uma análise cada vez mais rica e elaborada.

Do primeiro ensaio, temos que é possível mensurar as contribuições da implantação de um projeto de inovação tecnológica para a estrutura geral de risco de uma empresa, que podem modificar positivamente a estrutura da exposição financeira de caixa de uma indústria intensiva em *commodities*. Tais contribuições podem ser obtidas pela diversificação do portfólio de matérias primas e produtos, e da inclusão de matérias primas de menor valor ou de menor volatilidade. Ainda foi significativa a utilização associada de um modelo de precificação de *commodities* intermediários com a avaliação de financiamentos de projetos e utilização de *hedges*. A utilização dessa abordagem, quando comparada a abordagens clássicas, permitiu a identificação e mensuração de resultados que passariam despercebidos. Resultados estes que representaram melhorias da ordem de: 20% para o risco medido no regime de competência, 20% para risco de fluxo de caixa e 40% para o risco de disponibilidade de caixa. Apesar de haver oportunidades de melhorias no método, o mesmo se mostrou robusto quando avaliado sob variações nos fatores de risco de mercado.

Do segundo ensaio temos que o uso de derivativos para a gestão dos riscos e exposições financeiras de uma indústria permite a redução do risco existente e, para além disto, permite a otimização da relação risco-retorno. O uso de uma fronteira eficiente de *hedge* de

antecipação ótimo superou o negócio puro em toda as estratégias testadas, não apenas nas projeções e expectativas, como também na aplicação a dados reais através de um *backtesting* que usou os últimos 20 anos de mercados de câmbio, petróleo e seus derivados. A posição de exportador líquido, reforçada pelo uso de transações em reais cujo valor está atrelado ao dólar (venda de produtos dolarizados), se mostrou como uma posição que permite arbitragem pelo uso de derivativos, semelhante à arbitragem descrita pela literatura de uso de contratos de ACC e ACE. O uso de métricas de risco de disponibilidade de caixa, como o *Cash Balance at Risk* evidenciou os impactos do uso de derivativos sobre as exposições de negócio de indústrias de *commodities*, contribuindo para atuação mais responsável neste mercado. A métrica ainda confere maior liberdade ao gestor, que atue dentro de uma política de gestão de riscos, uma vez que demonstra quais os conjuntos de decisões em derivativos que não impactam o caixa de forma significativa desde de sua contratação até sua realização.

#### 4.1 TRABALHOS FUTUROS

Ambos os ensaios deixam margens para melhorias e discussões focadas em algumas considerações e resultados específicos, além disso, foi identificada a oportunidade do uso de métodos de otimização multi-estágio e uso de hedge dinâmicos, que incluiriam a possibilidade de mudança das decisões à medida em que novas informações aparecem para o gestor devido ao passar do tempo. Trabalhos futuros podem incluir ainda o uso de métricas de risco de valores extremos como o *Conditional Value at Risk*.

Quanto ao modelo utilizado, sua melhoria é possível sob alguns aspectos importantes, como a verificação de sua aderência a diferentes empresas (dotadas de um bom registro histórico), o uso de carteiras de clientes e, ainda, o uso de conjuntos de produtos semelhantes cujo preço e volume podem estar associados não apenas a valores de *commodities* de referência, mas também a fatores estocásticos próprios.

A melhoria do método pode ser obtida ainda através da troca de simplificações feitas por considerações ainda mais realistas no que tange a detalhes da prática no mercado. Tais análises poderiam incluir o efeito de valores de câmbio, *commodities* e futuros negociados em dias ou horas específicas, incluir custos desprezados, incluir a análise de outros tipos de derivativos ou, ainda, tratar de problemas de descontinuidade em tendências históricas aplicando outras técnicas do mercado financeiro à gestão de riscos corporativa. Tais

abordagens precisariam do acesso a bases de dados históricos detalhados e pagos, do contato com empresas financeiras ou, ainda, do acesso a um maior poder computacional – hoje facilmente acessível através do aluguel de supercomputadores virtuais.

**UFBA**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**  
**ESCOLA POLITÉCNICA**

**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI**

Rua Aristides Novis, 02, 6º andar, Federação, Salvador BA  
CEP: 40.210-630  
Telefone: (71) 3283-9800  
E-mail: [pei@ufba.br](mailto:pei@ufba.br)  
Home page: <http://www.pei.ufba.br>

