

MENSURAÇÃO DO RISCO FINANCEIRO DA IMPLANTAÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS A UMA INDÚSTRIA

VITOR M. QUINTELLA

Universidade Federal da Bahia, Mestrando – PEI – Programa de Pós Graduação em Engenharia Industrial, Brasil
vitor.quintella@gmail.com

ANTÔNIO FRANCISCO DE A. DA SILVA JR.

Universidade Federal da Bahia, Professor – PEI e EAUFBA – Programa de Pós Graduação em Engenharia Industrial e da Escola de Administração, Brasil
afranc13@hotmail.com

MARCELO EMBIRUÇU

Universidade Federal da Bahia, Professor – PEI – Programa de Pós Graduação em Engenharia Industrial, Brasil
embirucu@ufba.br

JOSE RICARDO UCHOA CAVALCANTI ALMEIDA

Universidade Federal da Bahia, Professor – Escola Politécnica/DETG, Brasil
almeida.jose@ufba.br

RESUMO

Muitas empresas, de pequeno, médio e grande porte, que apresentam intenção de investir na área da inovação têm encontrado dificuldades de atuar com a intensidade inovadora desejada. E, para além disso, a maior parte das empresas, por uma série de questões, entre elas a aversão ao risco, nem ao menos se aventura nessas práticas, com receio da incerteza financeira. O propósito deste trabalho é propor uma avaliação de projetos de inovação na perspectiva da relação entre o resultado financeiro esperado e as incertezas financeiras associadas, visando, assim, identificar as contribuições ótimas desses projetos aos resultados financeiros de uma empresa. É proposto um método de mensuração dos riscos financeiros de um projeto com base em técnicas de *Earnings at Risk* (EaR) e *Cash Flow at Risk* (CFaR). O método possui foco no regime de caixa por um lado (CFaR) e no regime de competência por outro (EaR) e inclui a utilização de *commodities* de referências para precificações de produtos finais e de *delays* entre o regime de competência para apuração do resultado e o regime de caixa. Além disso, considera-se também o efeito da taxa de câmbio. Embora o trabalho se aproxime de um problema real, o método foi aplicado com dados hipotéticos a uma indústria petroquímica nacional que atua com importação e exportação e com alternativas de investimentos em inovação tecnológica.

O método de avaliação se mostrou eficiente para mensurar os impactos no risco financeiro das implantações de novas tecnologias, tanto na administração do fluxo de caixa como na obtenção de resultados financeiros.

ABSTRACT

Many companies, from smaller ones to bigger ones, which intend to invest in the innovation field, have found difficulties on keeping those intentions. In addition, most companies does not even try to take that path for fear of the instability expected in it. The goal of this work is to make possible the evaluation of innovating projects in the perspective of financial expositions, aiming to identify the optimal contributions of those projects to the financial stability of a corporation. This paper proposes a method of measuring the financial risks based on Earnings at Risk (EaR) and Cash Flow at Risk (CFaR) techniques. The method have a cash basis focus (CFaR) by one side, and by the other it have a focus in the accrual basis.(EaR), and includes the use of *commodities* as references for prices, and of *delays* between accrual basis and cash basis. The method was applied to a national industry of Brazil that actuates with exportation and importation, which had technological innovation investments alternatives.

The method was efficient in measuring the impacts of new technology projects in the financial risk profile of a firm, both in managing cash flow as in obtaining financial results. Moreover, that way, allowing the perception of gains in risk control that would not be visualized by ordinary methods.

INTRODUÇÃO

Ao se estudar as possibilidades de implantação de uma nova tecnologia, devem ser avaliados os impactos previstos desta tecnologia no negócio. A prática empresarial mostra que a avaliação do risco dessas novas tecnologias abrange estudos de cenários distintos, análise de sensibilidade, análises simplificadas de variabilidade nos resultados e incorporação dos riscos na escolha da taxa de desconto a ser usada na avaliação da viabilidade do projeto associado à nova tecnologia. Também são aplicadas técnicas mais recentes que visam incorporar flexibilidade gerencial, como a abordagem de Opções Reais. Esse trabalho se desenvolve no campo da quantificação dos riscos financeiros, buscando avaliar os impactos da utilização de novas tecnologias nos resultados da empresa e no fluxo de caixa. O objetivo desse trabalho é apresentar e aplicar um método de quantificação das contribuições financeiras de tecnologias inovadoras levando em conta os riscos financeiros para a gestão do fluxo de caixa, medidos pelo *cash flow at risk* (CFaR), e pelos riscos sob os resultados da companhia, medidos pelo *earnings at risk* (EaR). O CFaR foi medido em regime de caixa e o EaR em regime de competência.

O método é aplicado com dados hipotéticos a uma indústria química para a avaliação da relação entre risco e retorno de diferentes inovações, de pequeno e de grande porte. A contribuição buscada pelo método é avaliar as alternativas de financiamento da inovação tecnológica, o controle do nível de exposição a moeda estrangeira e a variação do preço de insumos e de produtos. Com base nesses resultados, busca-se auxiliar decisões gerenciais quanto às escolhas tecnológicas que alcancem os resultados esperados com uma relação eficaz entre risco e retorno financeiro. O método é apresentado como um estudo complementar a outros estudos de viabilidade econômica e financeira.

Inovação, desafios e riscos financeiros

As inovações podem ser discutidas em três categorias de empresas com características bastante distintas de porte (pequeno; médio; e grande), sendo que todas elas as inovações possuem uma forte relação com a gestão de riscos financeiros.

Dentre as empresas de pequeno porte que atuam na área de inovação, recebem destaque as *startups*. Estas empresas com alto foco inovador apresentam uma estrutura de caixa muito frágil. Segundo Silva (2005), as empresas de base tecnológica, apesar de apresentarem uma baixa mortalidade nos primeiros anos de sua atuação, têm uma significativa taxa de mortalidade. Além disso, Silva (2005) também conclui que a taxa de mortalidade destas empresas é independente de seu crescimento e da sua concorrência. Quanto ao motivo do fechamento ou não de uma empresa de base inovadora, o autor apresenta duas principais teorias. Na primeira é a competência ou não dos gestores, ao planejar a empresa antes de sua entrada no mercado, que implicará no seu sucesso ou não. Na segunda teoria, é durante a sua estadia no mercado que a capacidade do gestor de lidar com as suas oscilações irá determinar os resultados da empresa. Por uma perspectiva ou por outra, a capacidade do gestor de avaliar e reduzir os riscos associados à empresa encontra-se dentro das necessidades prioritárias. As variações do mercado não podem atuar de forma imprevista sobre a empresa, ou ela poderá não sobreviver.

Segundo SEBRAE (2013), as empresas de pequeno e médio porte apresentam uma alta taxa de sobrevivência nos primeiros anos de sua existência, porém, ultrapassada a marca dos três anos, acontece uma redução considerável da sobrevivência das indústrias deste porte. A partir do terceiro ano, a sobrevivência chega a apenas 75%. Segundo estudo divulgado na Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras (ANPEI), apenas 3,2% das empresas médias chegam a considerar inovação como uma das prioridades para os próximos 5 anos. De acordo com o secretário-executivo da ANPEI, empresas de pequeno porte que crescem até o patamar de médio porte acabam precisando parar de inovar para conseguir sobreviver, dentre outros motivos para poder arcar com sua folha de pagamentos (DRSKA, 2015).

Segundo Bittar et al. (2014), os investimentos em inovação tecnológica também encontram dificuldades na sua materialização em empresas de grande porte. Dentre os motivos para que aconteça essa falta de investimento, a formação dos profissionais das áreas das ciências e engenharias é apresentada como uma das grandes dificuldades. A base para formação desses profissionais é apresentada como insuficiente e, além disso, apresenta um quadro que “nada tem de auspicioso à inovação”, contrariando a modalidade tecnológica dessas carreiras. Porém, a problemática vai além da formação dos funcionários que atuam nas empresas. A autora cita também a própria cultura das empresas: “São elementos construtivos pró-inovação que ou estão ausentes ou são deficientes”. Dentre uma série de motivos elencados, está, em primeiro lugar, a aversão ao risco. Ao discutir aversão ao risco, merece destaque o risco financeiro, de modo que a discussão segue para o campo das ciências financeiras. Esta variável então passa a ser mensurável definindo-se um limite de risco ou uma meta de risco. Nesta perspectiva, é possível, através da mensuração do risco, demonstrar que não necessariamente o sentimento de risco associado a uma nova tecnologia é coerente com a exposição de risco gerado por ela. Assim, a mensuração dos riscos de projetos de inovação tecnológica aparece como uma forma de ultrapassar uma das barreiras que impedem o desenvolvimento de uma cultura inovadora.

Mensuração de riscos financeiros e aplicações

A mensuração do risco financeiro aplicado a empresas não financeiras utiliza adaptações de técnicas do mercado financeiro para empresas não financeiras. Os riscos de taxa de câmbio e de variação de preços de *commodities* são classificados na literatura como riscos de mercado (outros riscos financeiros são os riscos de crédito e de liquidez). O método Corporatemetrics™, do RISKMETRIRCS GROUP (1999), apresenta de forma aberta a metodologia utilizada pelo grupo para a mensuração do risco financeiro em empresas não-financeiras. O cálculo financeiro de Value-at-Risk (VaR) é adaptado para Cash-Flow-at-Risk (CFaR) e Earnings-at-Risk (EaR), sendo o CFaR referente ao fluxo de caixa e o EaR referente aos retornos (resultados financeiros) da companhia. Através de diferentes métodos matemáticos, como simulação de Monte Carlo, simulação histórica e o método paramétrico, as métricas são calculadas dentro de um determinado grau de confiança para um determinado período (horizonte de tempo).

As métricas do CFaR e do EaR são uma referência recomendada para a utilização prática de empresas, como pode ser observado em textos de consultorias de referência internacional como o relatório da McKinsey, escrito por Pergler e Rasmussen (2013). Nessa publicação são destacadas as intensas adaptações que cada empresa aplica ao método para ajustar ele cada vez mais ao seu modelo de negócio. O relatório recomenda a elaboração de uma modelagem financeira da empresa, a identificação e priorização dos riscos, e a modelagem das exposições mais importantes. Para além dessas etapas, é recomendada também a inclusão de discussões quanto às principais premissas, incorporação de respostas e flexibilidade da empresa em função de possíveis cenários, e o desenvolvimento de relatórios para embasamento de decisões estratégicas. Os ganhos destacados nessa abordagem são: permitir à empresa determinar um “apetite a risco” que seja compreensível; permitir uma comparação clara dos riscos de diferentes projetos/atividades da companhia; fomentar o diálogo quanto às incertezas e à relação custo-benefício de geri-las; remover inclinações tendenciosas do processo de planejamento estratégico; e, por fim, gerar valor para a companhia através de uma otimização da relação risco-retorno, combinando decisões que permitam um melhor desempenho financeiro/contábil, para um dado patamar de risco (que pode ser o atualmente assumido pela empresa), de modo que, para um determinado nível de risco, os retornos esperados sejam maximizados.

Dentre os estudos acadêmicos, tem se dado bastante valor ao risco associado à exposição à taxa de câmbio. Dominguez e Tesar (2005) estudam a exposição à taxa de câmbio de empresas de diversos mercados emergentes e industrializados ao redor do mundo. Eles verificam que existe uma alta correlação entre o desempenho de empresas nesses mercados e a taxa de câmbio. Os impactos verificados são maiores em empresas de pequeno porte e em empresas exportadoras ou importadoras destes mercados. Os impactos variam entre proporcionais, inversamente proporcionais e indiferentes à variação da taxa, a depender da empresa e do período avaliado. A partir desses perfis, variantes entre os períodos, os autores deduzem que essas empresas ajustam de forma dinâmica seu comportamento em relação às suas exposições. Na área industrial (área à qual esse trabalho será aplicado) foi verificada uma correlação direta entre o porte da empresa e a exposição ao câmbio. Choi e Jiang (2009) mostram a influência da multinacionalidade de uma empresa em sua exposição à variação cambial, e afirmam que à medida que as empresas se tornam mais multinacionais elas tendem a reduzir sua exposição ao câmbio.

Ye, Hutson e Muckley (2014) fazem uma pesquisa complementar à de Dominguez e Tesar (2005) e avaliam mais companhias em mais países emergentes (incluindo o Brasil), analisando a influência da política do sistema de câmbio do país. Eles verificam que, independentemente do sistema de câmbio utilizado pela nação, há forte exposição à variação do valor de moedas estrangeiras, e que mercados de países de câmbio fixo (como o Brasil até 1999) sofrem maior impacto do que países de câmbio flutuante (como o Brasil desde 1999). Isto demonstra que, mesmo que o governo tente minimizar o impacto das flutuações do câmbio, o papel da própria companhia jamais deixará de ser essencial e, idealmente, deve sempre ser uma atitude ativa, ao invés de uma atitude passiva.

A discussão quanto à mensuração do risco financeiro encontra sua continuidade para além da simples compreensão da situação de exposição da empresa. A mensuração do risco abre espaço para a gestão e a otimização do risco. Ambas encontram seu campo de atuação nas decisões que os gestores podem tomar que influenciem o risco da firma pela qual estão responsáveis. As decisões que cabem aos gestores podem ser divididas em dois conjuntos: os naturais do negócio; e as externas ao negócio. As decisões naturais ao negócio devem ser tomadas independentemente de haver ou não uma prática de gestão de riscos cambiais e incluem, por exemplo: a proporção de vendas para mercado interno e externo; contratos a curto ou longo prazo; volume de estoques; tomada de empréstimos; investimentos a serem realizados; e outras decisões que concernem à operação do negócio. O segundo conjunto, as aqui denominadas externas ao negócio, envolvem, entre outras, a decisão de realização de transações financeiras, tais como a realização de adiantamentos sobre contratos de câmbio, adiantamentos sobre cambiais entregues, swaps cambiais, contratos futuros, e diversos tipos de derivativos, ligados ou não ao negócio em questão. O conjunto de tomadas de decisão pode seguir dois vieses: o especulativo, em que se busca aumentar o retorno, dentro de um risco previsto; e o protecionista, que busca reduzir os riscos financeiros da empresa, tipo de estratégia denominada de cobertura ou *hedge*. Decisões protecionistas naturais do negócio, em união com o próprio modelo de negócio, podem gerar os denominados *hedges* naturais. Allayannis e Ofek (2001) analisam a utilização de derivativos cambiais por empresas não-financeiras que fazem parte do S&P500. Eles verificam que a decisão de realizar um *hedge* está ligada a uma série de variáveis, mas que o montante de derivativos depende exclusivamente do volume de transações internacionais. Nesse estudo os autores também verificam que essas empresas não utilizam derivativos para especulação, o que é um sinal de que as estratégias das supostas melhores lideranças empresariais utilizam derivativos apenas para mitigação de risco.

Dentro do conjunto de decisões a serem tomadas, são encontradas também muitas pesquisas acadêmicas que exploram o tema da administração do risco relativo à taxa de câmbio: Fabling e Grimes (2014) realizam um estudo relativo à maneira com que exportadores praticam *hedge* seletivo; Kouvelis, Li e Ding (2013) propõem um *hedge* baseado no estoque; Palzer, Westner e Madlener (2013) avaliam diferentes estratégias para plantas de cogeração térmica; Zhou e Wang (2013), Hsu et.al. (2013) e Afza e Atia (2011) apresentam avaliações do desempenho de *hedge* de empresas em diversas circunstâncias, Por fim, Disatnik, Duchin e Schmidt (2013), Rampini, Sufi e Viswanathan (2014) e Chen e King (2014) apresentam estudos que trabalham com casos reais e oferecem know-how de detalhes práticos de pesquisas realizadas, eles

abordam, também, o impacto do custo da realização da transação e a relação ônus e bônus da realização de *hedges*.

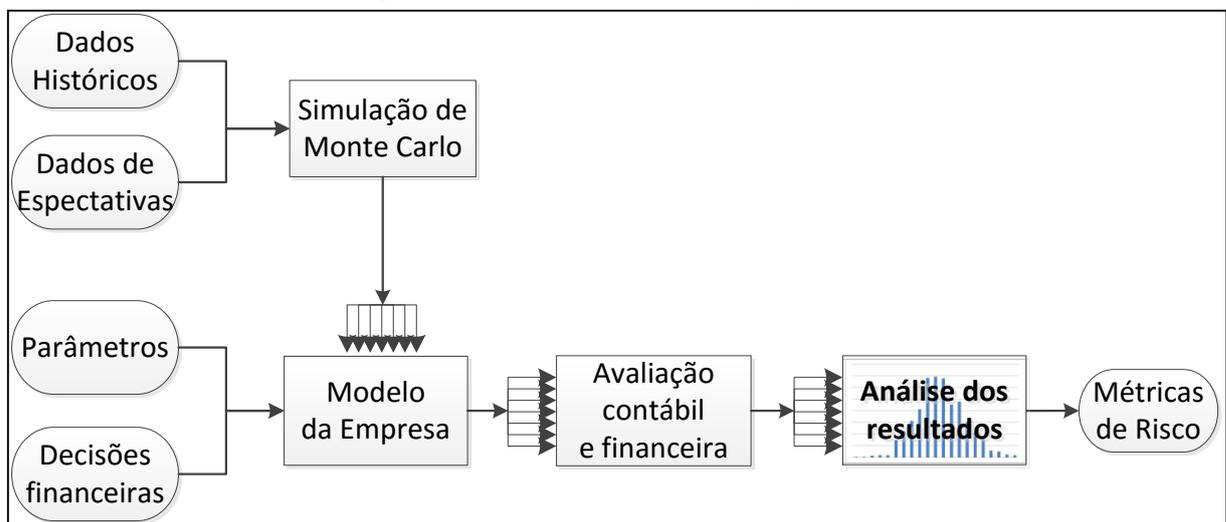
MÉTODO PROPOSTO

O método de avaliação do risco financeiro (risco de mercado) proposto neste trabalho é composto de quatro etapas consecutivas: a) simulação de Monte Carlo de variáveis com impacto no resultado e no fluxo de caixa da empresa; b) aplicação das simulações ao modelo do fluxo de caixa esperado e do resultado esperado da empresa; c) avaliação estatística do retorno contábil (com o resultado esperado da companhia e a métrica de risco do EaR) e de caixa (com o fluxo de caixa esperado e com a métrica de risco do CFaR); e, por fim, d) análise do conjunto de resultados das simulações para um dado caso em estudo. A aplicação desse método apoia a escolha da melhor alternativa de decisão a respeito da condução de um projeto de inovação tecnológica.

Neste trabalho, os termos “simulação(ões)”, “caso(s)” e “cenário(s)” se referem, respectivamente, aos diversos resultados gerados pelo modelo de Monte Carlo, às decisões de inovação a serem tomadas pela empresa (e o caso de nenhuma inovação – Caso Base), e às diferentes situações macroeconômicas que influenciam a taxa de câmbio e preços de *commodities*.

Para a aplicação do método proposto é necessário a indicação de expectativas de variáveis do mercado para o horizonte de avaliação, podendo elas serem complementadas ou orientadas pelos seus históricos. Uma representação esquemática do método é apresentada na Figura 1.

Figura 1 – Resumo do método proposto



Fonte: Produção Própria

As métricas de risco utilizadas neste método são três, todas absolutas e correspondentes a um resultado específico da empresa, para um determinado nível de confiança estatístico, dentro do horizonte de tempo da análise: o EaR (Earnings at Risk), que corresponde ao resultado contábil esperado de lucro (ou prejuízo); o CFaR (Cash Flow at Risk), que corresponde ao resultado da variação do saldo de caixa; e o SCaR (Saldo de Caixa “at Risk”), que corresponde ao próprio

Saldo do Caixa da empresa. Como exemplo, considere um EaR de um ano de 50 milhões de USD, a 95% de confiança, o que significa que: dadas as expectativas, o lucro da empresa em um ano tem 95% de probabilidade de estar acima de 50 milhões de dólares (ou 5% de chance de estar abaixo desse valor).

As métricas neste modelo são aplicadas para a avaliação de projetos, e visam fornecer informações complementares às demais formas de avaliação, tais como uso de valor presente líquido e taxa interna de retorno. Elas buscam auxiliar o processo de tomada de decisão, visando avaliar não apenas a estrutura de risco de um determinado projeto, mas, para além disso, fornecer informações quantitativas do impacto do projeto na estrutura de riscos financeiros da empresa como um todo.

Na perspectiva de regime de competência o método avalia os possíveis cenários de desvio da expectativa do resultado da empresa. Na perspectiva de regime de caixa o modelo busca ser o mais representativo possível, levando em conta, inclusive, os prazos de pagamentos e recebimentos, visando evidenciar as diferenças entre o fluxo de caixa e o lucro da empresa, evitando assim a aparição de caixas reais excessivamente diferentes dos caixas previstos pelo projeto.

O método inclui ainda, na avaliação, a possibilidade de utilização de diversos recursos financeiros para a redução da exposição financeira (realização de *hedge*). Podem ser considerados ACC (Adiantamento sobre Contrato de Câmbio), ACE (Adiantamento sobre Cambiais Entregues), swaps cambiais, contratos futuros, opções e outros instrumentos financeiros. Quanto à necessidade de investimento para a realização dos projetos, ela também é avaliada como uma forma de *hedging* já que, ao ser realizada em moeda nacional ou estrangeira, ela também irá afetar a estrutura de risco financeiro da empresa.

Apesar de inovações geralmente implicarem em riscos operacionais com a implantação de novas tecnologias sobre as quais não se há vasta experiência, as inovações podem implicar em reduções de riscos financeiros, geralmente desconsiderados, já que essas inovações podem implicar em utilização de novas matérias-primas, produção de novos produtos ou produção de produtos já existentes com uma nova proporção de insumos. Assim, nesse método é incluída a possibilidade dos ganhos de redução de risco por diversificação da carteira de exposições de uma empresa.

Dentre as adaptações realizadas neste artigo, está a de não aplicar a simulação de Monte Carlo diretamente aos preços dos produtos e das matérias primas, mas sim aos valores de *commodities* no mercado internacional a partir dos quais são precificados os produtos e as matérias-primas. Deste modo, o modelo apresenta uma maior fidelidade aos modelos de contratos da indústria petroquímica e possui uma melhor representação das oscilações das relações de preços matéria-prima/produto.

Elaboração do modelo

Para o desenvolvimento das simulações, são utilizados os seguintes fatores de risco, identificados para uma indústria exportadora e importadora com precificação dos seus produtos finais e de suas matérias-primas feita com base no preço de uma commodity mais básica: volumes de vendas; preços de *commodities* básicas; e taxa de câmbio. As simulações dos

valores destas variáveis são calculadas por um processo estocástico com movimento browniano geométrico, segundo a Equação 1, onde S_i corresponde ao preço ou quantidade da variável i , num determinado período n , μ corresponde à sua expectativa de crescimento médio e σ corresponde à sua volatilidade mensal. As expectativas podem corresponder a um histórico de tempo ou a uma projeção específica para o comportamento da variável. A variável dz corresponde a um processo de Wiener, ou seja, é um processo de geração aleatória de números com uma dada distribuição de probabilidades.

$$S_i = S_{i-1} \cdot \exp(\mu_i + \sigma_i \cdot dz)$$

Equação 1

A partir da aplicação dos processos estocásticos das quantidades e dos preços nas simulações de Monte Carlo, foi construído o modelo de fluxo de caixa e de resultado do período para a empresa. Todas as entradas e saídas são contabilizadas, com destaque para a formação dos preços de insumos e produtos finais utilizados, que são calculados, conforme a Equação 2, com base nas *commodities* de referência (petroquímicos básicos) que influenciam preços dos intermediários petroquímicos. Assim, na Equação 2, P é o preço utilizado, j é o produto em análise, V_f é um valor fixo que corresponde aos custos de produção e à margem de lucro e β é o peso do preço de cada commodity básica (total de r) aplicado na formação do preço de cada produto intermediário e final.

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

Equação 2

A variável d (atraso), na Equação 3, equivale ao tempo que o preço de uma variável básica leva para afetar o preço de uma outra variável intermediária ou final. As variáveis em regime de competência e regime de caixa são todas influenciadas por um fator de atraso específico. Por exemplo, na Equação 3 tem-se a relação entre o valor faturado V_{ct} (regime de competência) de uma venda e o valor recebido V_{cx} (regime de caixa) por ela.

$$V_{ctn} = V_{cxn+d}$$

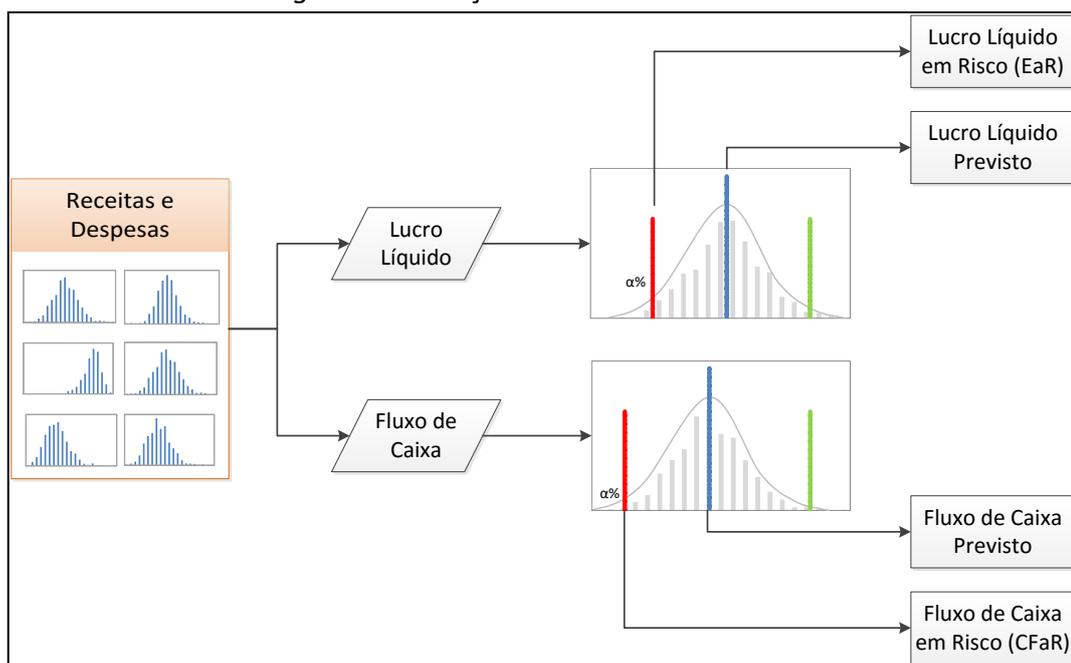
Equação 3

As avaliações financeiras realizadas, para um dado horizonte de tempo, são as de Lucro Líquido (obtido da projeção da demonstração de resultado do exercício, no regime de competência) e de Fluxo de Caixa (que implica em Saldo de Caixa, definido a partir de um Saldo Original). As avaliações de lucro devem levar em conta todas as variáveis contábeis necessárias para a realização de uma demonstração financeira completa, e o Fluxo de Caixa deve levar em conta as diversas variáveis que afetam o caixa da companhia, no regime de caixa. Assim, são consideradas variáveis tais como receitas operacionais, impostos sobre receitas, custos variáveis de produção, despesas operacionais, despesas e receitas financeiras, variação cambial dos valores em moeda estrangeira, imposto de renda, dividendos,

investimentos, bonificações, descontos e despesas e receitas financeiras oriundas da utilização de ferramentas de *hedge*, com suas respectivas taxações. Para cada um desses itens também é levado em conta o padrão de recebimentos e desembolsos, com os seus atrasos (d).

Uma vez construído o modelo, com suas variáveis estocásticas e respectivos impactos nas contas de resultado da companhia e no fluxo de caixa, as simulações podem então serem feitas. Essas simulações vão considerar casos com diferentes inovações tecnológicas e permitem a avaliação do impacto financeiro dessas inovações em termos de resultados esperados e de riscos, tanto no fluxo de caixa como no lucro líquido da empresa. Na etapa que se segue, os resultados obtidos das diversas simulações realizadas são analisados. Espera-se que os resultados tenham uma distribuição próxima à distribuição utilizada na geração dos processos estocásticos, já que as relações são lineares. A partir dos resultados são extraídos a média, que será o valor esperado, e o percentil que corresponde a α , onde $(1-\alpha)$ é o nível de confiança adotado, que é associado ao valor da métrica de risco. Assim, são geradas as seguintes métricas: EaR, valor correspondente ao percentil α do Lucro Líquido; CFaR, valor correspondente ao percentil α do Fluxo de Caixa; e SCaR, valor correspondente ao percentil α do Saldo de Caixa. A geração das métricas se encontra representada na Figura 2¹.

Figura 2 – Geração das métricas de risco.



Fonte: Produção Própria

Tendo mensurado os valores em risco para cada cenário é possível, enfim, fazer uma otimização da carteira de ferramentas disponíveis para hedging de modo a alcançar as opções ótimas de gestão de exposições para cada caso de inovação tecnológica, em cada cenário avaliado.

¹ Observe-se que a confiabilidade utilizada para o cálculo da métrica de risco é monocaudal, em vermelho à esquerda. Uma segunda métrica monocaudal é representada em verde à direita, para ilustrar o possível resultado acima do esperado que possui a mesma probabilidade que o cenário em risco tem de ocorrer.

A análise das contribuições de cada característica dos projetos pode ser mensurada, através de comparações entre os resultados das métricas tendo alternado as variáveis de projeto pelas variáveis de referência. A diferença entre os resultados da métrica de risco para cada variável indicam a contribuição específica de cada característica.

APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO

O método foi aplicado aos projetos de inovação de uma indústria, para a verificação das contribuições fornecidas ao gestor. Esta seção, que trata dessa aplicação, está dividida em duas etapas, a apresentação do problema proposto e a aplicação do método à situação proposta.

O problema proposto

A indústria em questão atua com derivados do petróleo, e por isso sofre grande impacto das oscilações dos preços de *commodities* da área. Os contratos de venda dos produtos têm por base os gastos realizados pela empresa, incluindo os gastos em matéria-prima. Uma queda nos preços do petróleo pode, por exemplo, levar a indústria a atuar com valor em caixa reduzido. Considere que a empresa acredita que o caixa ficou com seu valor absoluto muito susceptível às oscilações de mercado. Dentre as principais preocupações da indústria se encontra a da oscilação da taxa de câmbio, que tem alto impacto sobre o fluxo de caixa. Considere ainda que a indústria em questão considera que o valor das *commodities* teriam se estabilizado, de modo que a análise terá foco na exposição cambial. A experiência da empresa também indica que o atraso temporal que ela sofre entre o faturamento da venda e a realização das vendas, quando associado a uma variação contínua nos cenários, acaba por afetar de forma significativa o caixa de um determinado ano. O caixa projetado da empresa para dois anos à frente apresenta um valor preocupantemente próximo a zero, e a empresa tem dois projetos de inovação que podem aumentar a sua receita: um de pequena inovação, que representa basicamente uma ampliação da produção; e outro de inovações significativas.

O primeiro caso (caso Ampliação) seria um investimento com menor inovação, buscando a ampliação da planta. Essa ampliação contaria com pequenas mudanças tecnológicas quando comparada à atual defasada tecnologia da planta. Essas pequenas mudanças trazem pequeno risco tecnológico, já que, embora a tecnologia seja nova para a empresa, e nova para o país, ela já é dominada no mercado externo. Essa ampliação implicaria em um processo mais eficiente, no qual menos matéria-prima seria necessária.

Em um segundo caso (caso Inovação), um investimento de alta inovação tecnológica seria implantado, e a empresa passaria a operar com base em outra matéria-prima. Nesse caso, a indústria utilizaria uma matéria-prima precificada com base em uma outra *commodity* mais barata. A preocupação geral da empresa é quanto aos produtos gerados, que também serão produzidos em uma proporção de menor valor agregado. Devido às diferenças no processo, será gerada, em comparação à tecnologia dominada, uma proporção maior do produto secundário da empresa, o que em outros estudos resultou em um VPL menor do que o do caso Ampliação.

Dentre as diferentes opções para a realização de um *hedge* a empresa possui apenas duas com as quais já opera, o ACE e o ACC, de modo que somente estas serão levadas em conta na

aplicação do método. Outras formas de se realizar o *hedge* poderiam ser utilizadas, mas, para manter a aderência à prática da empresa, apenas essas duas são consideradas neste trabalho.

A empresa deve ainda decidir como o empréstimo para a implantação do projeto será feito. Ela dispõe de duas opções, tomar o empréstimo em moeda nacional (real) ou em moeda estrangeira (dólar). Ambos os possíveis investimentos são do mesmo porte, sendo que o empréstimo em dólar possui condições melhores (menor taxa de juros) do que o empréstimo em real. Ambos os projetos são implantados no período de um ano, e serão avaliados durante o período de 12 meses posteriores à implantação do projeto, período para o qual a empresa já possui previsões de preços e de quantidades estabelecidas.

A proposta aqui é aplicar o método proposto para avaliação dos impactos dos dois casos no fluxo de caixa e nos resultados da empresa. Assim, a partir da simulação de Monte Carlo, são construídas as distribuições de probabilidades e é realizada a avaliação das duas alternativas de projetos.

Aplicação ao problema proposto

A empresa usa os preços de três *commodities* (REF1, REF2, REF3) para definir os preços de matérias-primas e produtos, doravante denominadas referências. Esses preços são utilizados para referenciar os contratos de compra de três matérias-primas (MP1, MP2, MP3) e para a venda de três produtos (P1, P2, P3). Considera-se aqui que o dólar tem uma influência sobre todos os produtos vendidos e sobre todas as matérias-primas compradas, seja no Mercado Interno (MI) ou no Mercado Externo (ME).

O vetor ([MP1 MP2 MP3]) de frações (em massa) de matérias-primas necessárias para a produção de P1 e P3 é [0,85 0,15 0] e para P2 é [0,64 0,11 0,25]. O volume total de vendas é de 270 kta. A proporção de produção [P1 P2 P3] é [65% 31% 4%], e os respectivos percentuais de vendas para o ME são [13% 7% 9%].

Foi adotado um perfil de sazonalidade das vendas (percentual acrescido a cada mês ao volume de vendas anual dividido por 12: 5, 10, 15, 5, 0, 0, 0, -5, -15, -10, -5, 0), e a volatilidade de volumes previstos é de 11%. O volume de compra de MP, volume necessário para a produção das vendas do mês posterior, em % de compra de MP1 do ME é 53%. Os valores das *commodities* [REF1 REF2 REF3] anteriormente ao início da avaliação, em USD/ton, são [1000 1300 500], e o crescimento mensal previsto é [0% 0% 0%], com uma volatilidade mensal de [10% 12% 11%].

Os valores fixos (USD/ton) inclusos nos contratos [P1MI P1ME P2MI P2ME P3MI P3ME MP1MI MP1ME MP2 MP3] são [1300 400 100 400 20 0 300 400 400 0].

A taxa de câmbio (BRL/USD) prevista é de 2,50, cenário padrão de crescimento de 0% e volatilidade do câmbio de 3,8%. As taxas [IPI ICMS PIS COFINS] são de [10% 15% 0,65% 3%]. Os custos variáveis são 1% das receitas + 200 R\$/MT, as despesas fixas são de 4 MMBRL a.m., a remuneração de caixa é de 0,45% e o custo de caixa é de 1,1%.

A taxa (ACC, ACE) é de 0,7% a.m., sendo o ACC tomado no primeiro período, para o ano todo, e o ACE são contratos mensais do excedente do ACC. O IR considerado é de 24% e os dividendos: considerados são 90 MMBRL, em três parcelas iguais nos períodos 2, 6 e 10.

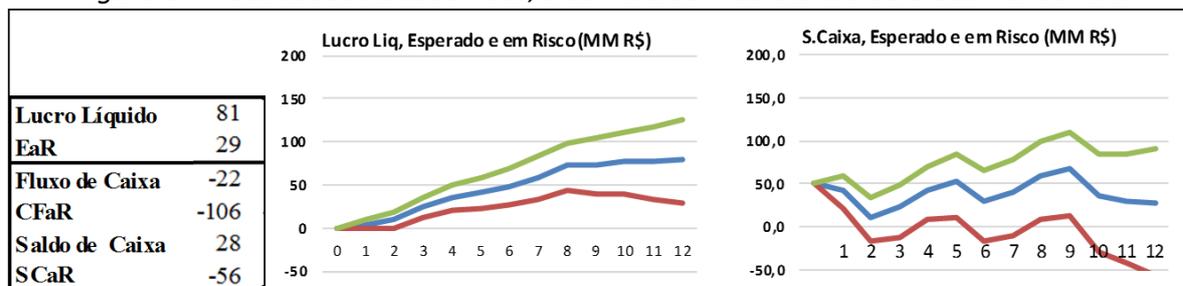
O empréstimo para investimento possui valor de 120 MMBRL, podendo ser tomado em reais a uma taxa anual de 8% e em dólar a uma taxa de 4% e câmbio atual de 3,00. Ambos os projetos geram um acréscimo de produção de 120 kta, mantendo o mesmo padrão de custos operacionais da atual planta. O caso Ampliação conta com 10% de economia de MP1 e 5% de economia de MP2, enquanto o caso Inovação troca a MP1 pela nova matéria prima MP4 e mantém o mesmo padrão de gastos de matéria-prima. A matéria-prima MP4 possui valor REF4 de 470 USD/ton, e valor previsto de 395 USD/ton, a um crescimento e volatilidade mensal de -5% e 7%., respectivamente

Os produtos comprados têm impacto no caixa com atraso zero $d_v=0$, o que significa que o valor da compra é desembolsado no mesmo período em que afeta o regime de competência. Todos os produtos vendidos para o ME têm $d_v=2$ e todos os demais resultados possuem $d_v=1$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo sido aplicado o método proposto à análise dos resultados e do caixa da empresa, foram obtidos os resultados no caso Base para o período avaliado. Foi verificada uma expectativa de um fluxo de caixa negativo, um saldo de caixa positivo, porém baixo, e um alto saldo de caixa em risco. Todas as análises foram feitas a um nível de confiança de 95%. A Figura 3 representa os resultados anuais e para cada período.

Figura 3 – Resultados do caso Base, a câmbio com tendência de crescimento nula.



Fonte: Produção Própria

A partir desses resultados é possível confirmar a expectativa da empresa de um saldo de caixa baixo, e, além disso, é agregada a informação de que, apesar do lucro líquido em risco (EaR) estar acima de zero, o caixa em risco está bastante negativo, indicando que a empresa possui uma grande possibilidade de ter um caixa negativo. O caso base foi analisado também para dois distintos cenários de taxa de câmbio, um de crescimento mensal a 1,5% (cenário de depreciação do real), e outro de queda a 1,5% (cenário de apreciação do real). Todos os três cenários foram utilizados para comparação com os Casos de inovação propostos, e se encontram na Tabela 1.

Var. Câmbio	-1,5%	0,0%	1,5%
Luc.Liq.	68	81	94
EaR	23	29	37
Flux.Caixa	-16	-22	-31
CFaR	-88	-106	-128
Sald. Caixa	34	28	19
SCaR	-38	-56	-78

*Tabela 1 - Caso Base,
Variação no Câmbio*

A análise destes primeiros resultados permite perceber o impacto da oscilação do câmbio no negócio em questão. O crescimento do câmbio implica no aumento do Lucro Líquido da empresa, porém o aumento sucessivo do câmbio implica em uma redução do valor em caixa, já que existe uma diferença de tempo (do impacto dessa variação) entre os desembolsos e os recebimentos. Se não houvesse descasamento no repasse de preços não haveria esse efeito inverso da variação contínua da taxa de câmbio no fluxo de caixa, em relação ao que ocorre no lucro líquido. Ou seja, mesmo em um cenário favorável aos resultados da empresa, ela pode estar exposta a um cenário de fluxo de caixa desfavorável.

Vale ressaltar que esse atraso considerado entre o repasse de preços e a avaliação em regime de competência e o regime de caixa é aderente à realidade experimentada pelas empresas. O fluxo de caixa, apesar de apresentar vários meses de crescimento, apresenta também meses de baixa, nos quais o caixa beira o zero, como o período dois, visível na Figura 3. Assim, a modelagem também com o foco no caixa é útil para o controle da exposição do saldo de caixa, sendo necessário considerar a dinâmica do descasamento entre pagamentos e recebimentos.

Um total de seis opções ótimas (uma maximização do Lucro Líquido e uma do SCaR, para cada um dos cenários de câmbio) de cada caso foram geradas através de combinações de endividamento em dólar, de endividamento em real, de realização de ACC e de ACE. Evidentemente, essas simulações servem apenas para analisar a sensibilidade dos resultados e apresentar as possibilidades de utilização das métricas de riscos de EaR e de CFaR aplicadas na avaliação de projetos de inovação.

O melhor resultado de lucro líquido foi o da Ampliação, sem ACE, sem ACC, com crescimento do câmbio e com o endividamento em reais, que resultou num Lucro Líquido de 182 milhões de reais. O melhor resultado de SCaR foi o da Inovação, com 100% de ACE, 100% de ACC, com queda no câmbio, e endividamento em dólares que resultou em um SCaR de 7 milhões de reais. A diferença nos dois resultados para o lucro líquido esperado e o risco no saldo de caixa já foi discutida acima.

As doze opções ótimas para os diferentes casos tiveram seus resultados analisados nos demais cenários de taxa de câmbio. Os resultados da Inovação obtiveram, em comparação aos da Ampliação, um menor Lucro, e um menor risco associado. O resultado que obteve 182 milhões de lucro apresentou uma queda significativa (R\$ 157,134 milhões) no mesmo critério para os demais cenários, e apresentou respostas de SCaR (-35, -51 e -71) baixas e semelhantes ao Caso Base. Esse cenário evidencia a importância da avaliação do risco financeiro associado ao

projeto, demonstrando que a melhor opção de Lucro esperado pode apresentar um alto cenário de risco associado.

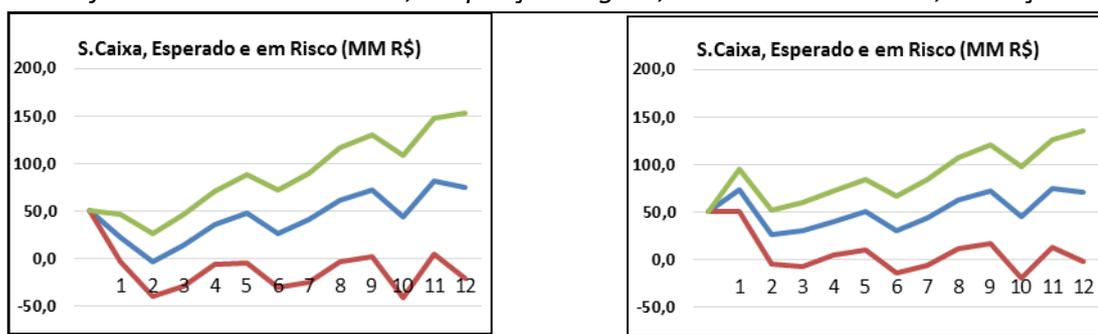
A média dos resultados de Lucro Líquido para cada opção em cada cenário não apresentou muita mudança, variando de 150 a 160 para o Caso Ampliação e de 145 a 156 para o Caso Inovação (em milhões de reais), enquanto o SCaR variou de -52 a -15 e de -35 a -6, respectivamente. Assim, das doze opções, foi selecionada aquela que apresentou a maior média (entre cenários) e o menor desvio dos resultados de SCaR. O critério de maior média e menor desvio de Lucro Líquido foi utilizado como desempate para opções com resultados próximos. Por fim, as seguintes opções foram encontradas como as melhores soluções para cada caso: para a Ampliação, 100% de ACE, 0% de ACC e 100% do endividamento em dólar; para a Inovação, 100% de ACE, 45% de ACC e 100% do endividamento em dólar. Os resultados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados ótimos de cada Caso.

Var.Camb.	Ampliação			Inovação		
	-1,5%	0,0%	1,5%	-1,5%	0,0%	1,5%
Luc.Liq.	152	159	169	141	149	156
EaR	96	96	99	95	97	98
Flux.Caixa	24	24	24	18	20	22
CFaR	-60	-72	-90	-47	-54	-66
Sald. Caixa	74	74	74	68	70	72
SCaR	-10	-22	-40	3	-4	-16

Esses dados corroboram com as informações fornecidas de que os resultados esperados da Ampliação seriam maiores que os da Inovação. Também fica visível a contribuição da mensuração dos riscos financeiros, que implica em um CFaR e um SCaR até 24 milhões maior. Além dos resultados anuais, o método permitiu a verificação das diferenças mensais entre o projeto Ampliação e o projeto Inovação. Comparando o Gráfico 1.a e o Gráfico 1.b é possível verificar que o caixa do projeto inovador traz uma menor oscilação entre os diferentes meses. O impacto no segundo período deixa visível essa mudança. O menor custo da matéria-prima, embora não aumente o lucro, reduz o efeito, no caixa, da diferença de tempo entre o desembolso para a compra da matéria-prima e o recebimento das vendas geradas por elas.

Gráfico 1.a – S.Caixa e SCaR, Ampliação. Figura; 1.b - S.Caixa e SCaR, Inovação.



Uma comparação entre o caixa em risco da Figura 4 e da Figura 5 revela ainda que, embora ambos os resultados possuam um perfil oscilatório, o cenário de inovação possui um risco oscilatório em torno do zero, enquanto o caixa em risco da ampliação oscila em torno de -15 milhões de reais.

Os resultados finais, que permitem distinguir as contribuições dos projetos para a empresa, foram obtidos através do cálculo da diferença entre os resultados dos possíveis investimentos e os resultados do Caso Base. Os impactos de cada um dos possíveis investimentos na indústria em questão estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3 – Impactos dos projetos nos resultados.

Δ	Ampliação	Inovação
Luc.Liq.	+79	+68
EaR	+67	+67
Flux.Caixa	+46	+42
CFaR	+34	+52
Sald. Caixa	+46	+42
SCaR	+34	+52

As avaliações dos impactos finais de cada projeto demonstram a principal contribuição financeira da Inovação tecnológica, que apresenta uma contribuição distintamente maior para a estabilidade do caixa da empresa, pois a redução de risco líquida da Inovação é 53% maior do que a da Ampliação. Enquanto a Ampliação mantém um mesmo padrão de exposições e fatores de risco que o modelo atual da empresa possui, a Inovação, por possuir um diferente perfil de risco, contribui para uma redução significativa do risco total do caixa da empresa, devido ao efeito da diversificação do risco.

A análise da contribuição de cada característica para a métrica de risco foi medida para exemplificação para o projeto de alta inovação utilizando como referência o caso base. As contribuições verificadas da volatilidade e da baixa correlação para o CFAR foram respectivamente de 1,1 e 3,5 milhões de reais. A contribuição da redução do preço da matéria prima foi de 7 milhões.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do método discutido neste trabalho permite avaliar diferentes estratégias de *hedging* e de endividamento para cada proposta em análise. A quantificação dos impactos e riscos nos resultados e no fluxo de caixa da companhia se mostrou essencial na avaliação das possíveis estratégias.

Quanto às métricas de risco, como visto no caso ilustrado, os projetos podem apresentar resultados semelhantes de contribuição para o EaR da empresa. Porém, quanto aos resultados de CFaR, a contribuição de um projeto pode ter impacto expressivamente significativo.

A defasagem temporal entre o regime de competência e o regime de caixa, associada à precificação com base em *commodities* básicos, pode ter impacto significativo para o controle do caixa. O caixa pode apresentar um perfil bastante diferenciado, com pontos específicos de baixa, que não poderiam ser verificados em projeções que não considerem a dinâmica de repasse dos preços e da taxa de câmbio.

Foi possível mensurar, para além das métricas de risco, as contribuições de cada característica de um projeto a ser implantado, de modo comparativo. Foi possível identificar os fatores de riscos, as volatilidades e covariâncias e os níveis de exposição a esses fatores. A mensuração dessas particularidades serve para a maior compreensão do gestor das propostas de inovação apresentadas.

Dentre as limitações do método proposto é necessário destacar que este se utiliza de tendências de variáveis de mercado sobre as quais o gestor não possui domínio. E embora considere possíveis desvios da tendência no cálculo das métricas de risco, os cenários em que a tendência se desvia da proposta não são considerados. Embora uma análise de sensibilidade tenha sido realizada, esta não deve ser considerada como completa, ou suficiente para aplicações reais. Em suma, o método não visa uma solução robusta para variáveis que, não poucas vezes, se desviam do previsto.

Mantendo o modelo proposto, o trabalho poderia ser aprimorado através da verificação da validade das decisões apresentadas quando aplicados a outras tendências. A análise destes resultados poderia ser feita na intenção de identificar a validade da análise feita quanto aos ganhos de uma tecnologia específica. Seria necessário que as interpretações de resultados realizadas no cenário hipotético se mantivessem válidas para distintos cenários.

É também, dentro das limitações, que surgem as oportunidades a serem exploradas, o aprofundamento deste trabalho e de outros futuros trabalhos podem se basear na análise das métricas de exposição em uma perspectiva robusta. Diversas técnicas como Otimização Robusta, Otimização Estocástica, Otimização Multiestágio e *Resampling* podem ser consideradas como possíveis abordagens para a otimização.

O método proposto fornece contribuições significativas para avaliar possibilidades de mudanças de estratégias na gestão de risco financeiro, próprias de momentos em que inovações

tecnológicas provocam alterações no perfil de portfólio de produtos e de matérias-primas da empresa.

REFERÊNCIAS

- Afza, Talat; Alam, Atia.(2011) Determinants of extent of financial derivative usage. *African Journal of Business Management*. 5(20). 8331-8336.
- Arêdes, Alan Figueiredo. (2013) Gerenciamento de risco na comercialização do arroz. *Perspectivas online: humana & sociais aplicadas*. 3(6). 56-67. <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-41612012000300005&lng=en&nrm=iso>. [20 11 2014]
- Bittar, Angelo Antonio Mesquita; Siqueira, Diego Pereira; Luz, Lucas Carneiro; Chacon, Paulo Antonio de Souza.(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*. 7(4). 472-482.
- Choi, J.J.; Jiang, C. (2009) Does multinationality matter? Implications of operational hedging for the exchange risk exposure. *journal of banking & finance*. 33(11). 1973-1982
- Drska, Moacir. Empresas de médio porte têm restrições para inovar por falta de financiamento. <<http://brasileconomico.ig.com.br/negocios/pme/20140429/empresasdemedioportetemrestricoesparainovarporfaltadefinanciamento.html>>. [4 06. 2015]
- Hsu, Shuo-Fen; Ko, Po-Sheng; Wu, Cheng-Chung; et al. (2009) Hedging of Derivative Financial Products: Non-Finance Taiwanese Industry. *IEEE*.
- Kouvelis, Panos; Li, Rong; Ding, Qing.(2013) Managing Storable Commodity Risks: The Role of Inventory and Financial Hedge. *M&Som-Manufacturing & Service Operations Management*. 15(3) .507-521
- Palzer, Andreas; Westner, Guenther; Madlener, Reinhard.(2013) Evaluation of different hedging strategies for commodity price risks of industrial cogeneration plants. *Energy Policy*. 59.143-160.
- Pergler, Martin; Rasmussen, Anders. (2013) Strategic commodity and cash-flow-at-risk modeling for corporates:McKinsey Working Papers on Risk. 51. http://www.mckinsey.com/client_service/risk/latest_thinking/working_papers_on_risk. [02 05 2015]
- Riskmetrircs Group. (1999) *CorporateMetrics™* technical document.
- SEBRAE.(2013). *Sobrevivência das empresas no Brasil*. Coleção Estudos E Pesquisas. Brasillia.
- Silva, Alexandre Messa. (2005) *Empresas de base tecnológica: Identificação, Sobrevivência e Morte*. Instituto de pesquisa econômica aplicada.
- Wilson, W.W.; Nganje, W.E.; Wagner, R. (2006) Hedging strategies for grain processors *Canadian Journal Of Agricultural Economics-Revue Canadienne D Agroeconomie*. 54 (2). 311-326.
- Zhou, Victoria Yun; Wang, Peijie. (2013) Managing foreign exchange risk with derivatives in UK non-financial firms *International Review Of Financial Analysis*. 29. 294-302