

JULIO CESAR DE CAMARGO

PRECIFICAÇÃO DO RISCO DE CRÉDITO EM DERIVATIVOS DE  
TAXA DE JUROS VIA CREDIT VALUE ADJUSTMENT

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo para obtenção do título  
de Especialista em Engenharia Financeira.

Área de concentração: Engenharia Financeira

Orientador: Prof. Dr. Alexandre de Oliveira

São Paulo

2014

MBA/EF  
2014  
C141P

Esc Politécnica-Bib Eng Eletr



M2014I

1. Engº financeira
2. Credito (Segurança)

M2014I3

[2478470]

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar gostaria de agradecer aos meus amigos e colegas de turma Rodrigo Batista, Rodrigo Silva, Valdek Junior, Plinio Marcolin e Raphael Calil pela ajuda e companheirismo durante todo o curso.

Essa dissertação não seria possível sem a influência de todos os mestres professores que tive ao longo da vida, especialmente aqueles que cultivaram em mim o interesse pelos estudos como forma de progredir na carreira e na vida como ser humano.

Especial agradecimento ao professor Dr. Alexandre de Oliveira pela dica sobre o tema, discussões e paciência na execução deste trabalho.

Finalmente, gostaria de agradecer a toda minha família pelo apoio incondicional aos estudos.

## **RESUMO**

Desde o colapso do Lehman Brothers em 2008, os bancos, reguladores e especialistas em riscos e finanças têm avaliado métricas para garantir que os riscos de crédito das partes em um contrato estejam devidamente precificados.

Em geral, a razão para introduzir o risco de crédito de contraparte na avaliação de uma transação está associada com o fato de que muitos contratos financeiros são negociados na modalidade balcão.

Este trabalho apresenta o Credit Value Adjustment (CVA) como forma de se calcular o risco de uma operação de derivativo. Resumidamente, o CVA pode ser definido como a expectativa de perda de valor de um ativo decorrente do risco de quebra da contraparte envolvida no contrato (Gregory, 2012). Para fins práticos, o CVA é calculado pela diferença entre o valor livre de risco do ativo e o seu valor na presença do risco de crédito da contraparte.

**Palavras-chave:** risco de crédito, risco de contra parte, derivativos

## **ABSTRACT**

Since the collapse of Lehman Brothers in 2008, banks, regulators and experts have assessed risk and financial metrics to ensure that the credit risks of the parties to a contract are properly priced.

In general, the reason to introduce counterparty credit risk in the evaluation of a transaction is associated with the fact that many financial contracts are traded in the over-the-counter (OTC) market.

This work presents the Credit Value Adjustment (CVA) as a way to calculate the risk of a derivative transaction. Briefly, the CVA can be defined as the expected loss in value of an asset due to the risk of default of the counterparty involved in the contract (Gregory, 2012). For practical purposes, the CVA is calculated by the difference between the value of risk free asset and its value in the presence of credit risk of the counterparty.

**Keywords:** credit risk, counterparty credit risk, derivatives

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ilustração da complexidade em precificar o risco de contra parte. ...	16
Figura 2: Análise gráfica de WWR, Independência e RWW .....	20
Figura 3: Curva DI - 10 cenários .....	22
Figura 4: Curva DI - 100 cenários .....	23
Figura 5: Curva Dolar - 10 cenários .....	24
Figura 6: Curva Dolar - 100 cenários .....	25
Figura 7: Curva probabilidade de default .....	26
Figura 8: Cálculo do CVA - Intervalo de Confiança 95% .....	27
Figura 9: Cálculo do CVA - Intervalo de Confiança 99% .....	28

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	MERCADO DE DERIVATIVOS .....	11
2.1	Risco de Derivativos.....	13
2.2	Risco de contra parte .....	13
2.3	Mitigando risco de contra parte .....	14
3	CREDIT VALUE ADJUSTMENT.....	16
3.1	Calculando o CVA.....	17
3.2	Debt Value Adjustment.....	19
3.3	Wrong Way Risk.....	19
3.4	Usando Simulação de Monte Carlo.....	20
4	RESULTADOS .....	21
5	PROTEÇÃO CONTRA RISCO DE CRÉDITO .....	29
6	CONCLUSÃO .....	30
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	31

## 1 INTRODUÇÃO

Quando o mercado de derivativos foi criado, a ideia principal era utilizar estes instrumentos para se proteger contra variações nos preços dos ativos decorrentes de escassez ou super oferta de um produto. Hoje em dia, estes instrumentos são também utilizados como forma de obter ganho financeiros a fim de compensar uma possível perda em outra operação financeira.

Segundo dados divulgados pelo *Bank of International Settlements*, o volume total do mercado de balcão (OTC) de derivativos totalizou USD 633 trilhões até dezembro de 2012. No Brasil, segundo dados da CETIP, o volume total de contratos de derivativos totalizou R\$ 584 bilhões até o final de 2011.

Como os contratos no mercado OTC são negociados diretamente entre as partes, há sempre o risco de contra parte envolvido na negociação. Este risco envolve a probabilidade de a outra parte não arcar com suas obrigações até o final do contrato. Este é o risco de *default* de uma contra parte. Desta forma, o valor efetivo da exposição das contra partes requer a estimação dos ganhos ou perdas ao longo de determinado período no tempo.

A exposição ao *default* é quantificada através do cálculo do *Credit Value Adjustment (CVA)*, ou seja, é a margem acrescida ao preço livre de risco do instrumento, e surge pela presença de risco de crédito de contra parte. É o custo que uma instituição negociante (*dealer*) de derivativos tem para se proteger deste risco (Gregory 2010).

Embora pareça simples, calcular a exposição ocorre em grandes desafios para as instituições. O valor da exposição é muito sensível as variações do mercado e da qualidade de crédito da contra parte envolvida. Além disso, a contra parte pode entrar em *default* a qualquer momento até o final do contrato. Uma expectativa de deterioração do crédito da contra parte no futuro leva a uma probabilidade maior de *default* ao longo do tempo ou a expectativa de melhora da qualidade de crédito de uma contra parte no futuro, pode diminuir a probabilidade de *default* no futuro.

O objetivo do presente trabalho é introduzir o mercado de derivativos, apresentando os fatores que influenciam o risco de crédito e simular o cálculo do risco de uma contra parte em uma operação de Swap cambial. Por fim, será



discutido como o risco de crédito pode ser protegido através de operações utilizando Credit Default Swaps (CDS).

## 2 MERCADO DE DERIVATIVOS

Contrato de derivativos representa um acordo entre duas partes, seja para efetuar pagamentos, comprar ou vender um ativo em uma certa data ou datas no futuro. O período pode variar entre apenas algumas semanas, meses ou até mesmo anos e o valor desse contrato vai mudando de acordo com a variação do preço do ativo base definido. Inicialmente, o valor inicial desse contrato será zero para ambas as partes e irá sendo atualizado a cada vencimento.

Este tipo de contrato não é uma invenção relativamente nova, sendo reconhecido já no período medieval. Inicialmente ele foi criado como uma forma de proteção contra variações nos preços de alimentos decorrentes de períodos de escassez ou superprodução. Porém, nas últimas décadas, esses tipos de contratos se tornaram cada vez mais complexos e são utilizados também como forma de especulação no mercado financeiro.

Como já mencionado neste trabalho, contrato de derivativo pode ser utilizado como forma de proteção ao risco de variação de um determinado ativo. Por exemplo: suponha que em Dezembro de 2013, a empresa A localizada no Brasil efetua a compra de maquinários para sua linha de produção de uma empresa B localizada nos Estados Unidos que deverá ser pago em Março de 2014. Como o pagamento deverá ser feito em dólar americano (USD), a empresa A deseja se proteger de uma possível flutuação da moeda americana e deseja "travar" o valor do dólar que será pago em Março de 2014. A solução para a empresa A é entrar em um contrato a termo de 3 meses em uma instituição financeira, se protegendo assim contra qualquer variação no preço da moeda americana.

Existem dois tipos de mercado de derivativos:

- Mercado de balcão (também conhecido como *over-the-counter* - OTC). Este é um mercado privado, basicamente realizado entre grandes empresas e instituições financeiras. Os tipos de contratos negociados nesse mercado normalmente são negociados entre as partes. Neste tipo de contrato, cada parte assume o risco de inadimplência da outra.
- Bolsa de Valores. São contratos negociados diretamente na bolsa de valores. Possuem características padronizadas, porém são contratos

mais simples e que podem não satisfazer a necessidade do cliente. Tem a facilidade de liquidação e também mitiga o risco inadimplência, dado que a bolsa absorveria o prejuízo em caso de calote.

O mercado OTC tem crescido exponencialmente nas últimas duas décadas, oferecendo oportunidades de gerenciamento de risco e especulação, principalmente pela facilidade de customização de acordo com as necessidades do cliente.

Os principais contratos de derivativos são:

- **A termo:** comprador e vendedor se comprometem a comprar ou vender, em data futura, certa quantidade de um bem a um preço fixado na própria data da celebração do contrato. Os contratos a termo somente são liquidados integralmente na data de vencimento, podendo ser negociados em bolsa e no mercado de balcão.
- **Futuros:** contratos em que se estabelece a compra e venda de um ativo a um dado preço, em uma data futura. O comprador ou vendedor se compromete a comprar ou vender certa quantidade de um ativo por um preço estipulado, em uma data futura. No mercado futuro, os compromissos são ajustados diariamente às expectativas do mercado referentes ao preço futuro do bem, por meio do ajuste diário (mecanismo que apura perdas e ganhos). Os contratos futuros são negociados somente em bolsas.
- **De opção:** contratos que dão a compradores ou vendedores o direito, mas não a obrigação, de comprar ou vender o ativo relacionado, em uma data futura (data do vencimento da opção), por um preço preestabelecido (o preço de exercício da opção). Tal como em um contrato de seguro, o comprador deve pagar um prêmio ao vendedor. Diferentemente dos futuros, o detentor de uma opção de compra (call option) ou de venda (put option) não é obrigado a exercer o seu direito de compra ou venda. Opções do tipo americano podem ser exercidas a qualquer momento, até a data de vencimento; opções do tipo europeia só podem ser exercidas na data de vencimento do contrato. Caso não exerça seu direito, o comprador perde também o valor do prêmio pago ao vendedor.

- Swaps: contratos que determinam um fluxo de pagamentos entre as partes contratantes, em diversas datas futuras. Negocia-se a troca (em inglês, swap) do índice de rentabilidade entre dois ativos. Por exemplo: a empresa exportadora A tem uma dívida cujo valor é corrigido pela inflação e prevê que terá dólares em caixa. Portanto, ela pode preferir que sua dívida seja atualizada pela cotação do dólar. Já a empresa B, que só vende no mercado interno, tem um contrato reajustado em dólar, e pode preferir usar outro indexador, tal como a taxa de juros. Então, A e B, interessadas em trocar seus respectivos riscos, poderiam firmar um contrato de swap (diretamente ou mediante a intermediação de uma instituição financeira). O swap, no entanto, implica um certo risco. Variações inesperadas nos indexadores das dívidas podem eventualmente prejudicar um dos signatários, prejudicando o outro. Tal como a operação a termo, a operação de swap é liquidada integralmente no vencimento.

## **2.1 Risco de Derivativos**

O uso de derivativos não é particularmente preocupante. O problema está na possibilidade de alavancagem. Derivativos permitem aos investidores ganhar grandes retornos com pequenos movimentos de preço do ativo base ou também perder grandes quantidades, se o preço dos do ativo base oscilar contra sua posição no contrato.

Alguns tipos de contratos de derivativos, principalmente os Swaps, expõe o investidor a um outro tipo de risco, o risco de contra parte. Por ser um contrato feito somente entre as partes interessadas e não tendo nenhum registro ou garantia dada por uma outra instituição, este tipo de contrato expõe o investidor a um risco de crédito da outra contra parte.

## **2.2 Risco de contra parte**

Risco de contra parte representa uma combinação de risco de mercado e risco de crédito, ou seja, o risco dada a sua exposição em relação à contra parte e também a qualidade de crédito da mesma. Aparentemente, uma contra parte com uma grande probabilidade de default e uma pequena exposição pode ser preferível a

uma outra com grande exposição e baixa probabilidade de default, porém isso pode ser confuso e nem sempre claro.

Em operações com derivativos negociados em bolsa de valores, a própria bolsa serve como central financiadora da operação, promovendo eficiência e facilitando a liquidação das operações em um só lugar. Com isso, ela prove uma maneira de mitigar o risco de contra parte, dado que a clearing sempre será responsável por eliminar contra partes inadimplentes e automaticamente assumir ou transferir a responsabilidade sobre o contrato. Derivativos negociados em bolsa de valores são considerados como contratos sem risco de contra parte, uma vez que a única preocupação seria a insolvência da própria bolsa de valores.

Como no mercado OTC os contratos não são padronizados e registrados em órgãos institucionais fiscalizados, isso faz com que tais negócios se tornem menos transparentes, gerando maiores riscos. Além disso, como não há uma clearing onde os contratos possam ser liquidados, o risco de contra parte é alto. Se uma das partes não honrar suas obrigações, a outra incorrerá em prejuízo.

### **2.3 Mitigando risco de contra parte**

O risco de contra parte pode ser mitigado de várias maneiras, entretanto *Netting* (ou compensação) e colateral são os mais utilizados em operações com derivativos. Estes acordos são fechados bilateralmente entre as partes e tem o intuito de reduzir o risco para ambas as partes envolvidas no negócio.

Em caso de default, *Netting*, permite que todas as operações existentes com a contra parte sejam liquidadas de forma com que a exposição total seja diminuída. Assim, derivativos com valores positivos são compensados com aqueles cujos valores são negativos e dessa forma a exposição para uma determinada contra parte é dada pelo máximo entre o valor do portfólio (compensado) e zero. A principal função dos acordos de compensação é reduzir o risco de crédito com uma contra parte (Pykhtin, 2009). Por exemplo: Se uma instituição possui uma operação de swap, onde uma instituição paga R\$ 105 milhões e a outra recebe R\$ 100 milhões, a diferença líquida entre as operações seria apenas R\$ 5 milhões.

Na utilização de colateral, quando a exposição atinge um valor pré-determinado, a contra parte é obrigada a depositar mais garantia como forma de

reduzir a exposição em caso de default. Um tipo comum de garantia é a chamada de margem para produtos derivativos. A margem ou garantia é requerida toda vez que a exposição da contra parte excede determinado limite. O acordo de chamada de margem pode ser unilateral ou bilateral (Pykhtin, 2009).

Um outra maneira de se mitigar o risco de contra parte é através de centrais de contra partes. A crise financeira global de 2007/2008 gerou graves preocupações relacionadas ao risco de contra parte, em grande parte geradas pela quebra do Lehman Brothers e os três principais bancos da Islândia. O risco de contra parte no mercado OTC foi identificado como um dos principais fatores que levaram esses bancos à bancarrota. A partir daí, a ideia de centrais de contra parte ganhou força, pois assim uma instituição teria como contra parte não apenas uma outra instituição e sim uma central constituída por várias outras instituições. Em caso de default de uma contra parte, a central garante as obrigações de todos os contratos em aberto. Isso mitigaria o risco sistêmico no mercado, risco este que poderia fazer com que outras instituições entrassem em falência, como foi o caso na crise 2008.



### 3 CREDIT VALUE ADJUSTMENT

Precificar o risco de crédito em um derivativo com apenas um fluxo de caixa, como um título, é relativamente simples. Entretanto muitos derivativos possuem estruturas mais complexas, com fluxos de caixa e pagamentos sendo feitos em ambas as direções. Essa natureza caracteriza um aumento da exposição e faz com que a precificação do risco de contra parte se torne muito mais difícil.

A figura 1, ilustra a complexidade em precificar risco de contra parte em um derivativo de Swap comparado a um Bond, por exemplo. Em um Bond, o fluxo de caixa circulado está integralmente em risco em caso de default do emissor. No caso do Swap, o fluxo de caixa não está integralmente em risco, pois há a possibilidade de compensar com os fluxos de caixas futuros que estão na direção oposta.

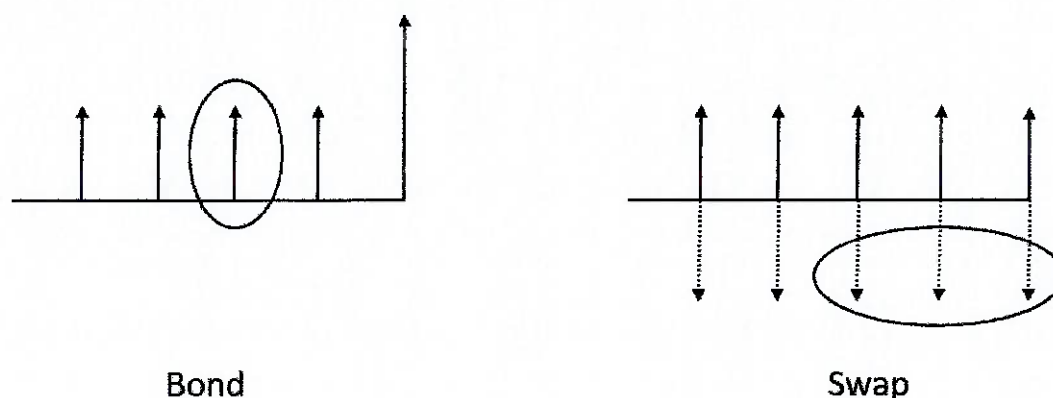


Figura 1: Ilustração da complexidade em precificar o risco de contra parte.

De acordo com Gregory (2012), há três níveis de risco de contra parte em uma transação:

- **Nível de Transação:** leva em conta todas as características da transação e os fatores de risco associados. Para este nível, o risco de contra parte é apenas o risco da transação específica e não leva em conta outras transações da contra parte.
- **Nível de Contra parte:** considera o efeito de netting (exposições líquidas) e colateral (garantias) para cada contra parte. Para este nível,

o risco de contra parte leva em conta as outras transações pré existentes.

- **Nível de Portfólio:** considera o risco de todas as contra partes sabendo que apenas uma pequena porção entrará em default em um determinado momento. Define o impacto que a transação tem no risco de contra parte total da instituição.

De maneira simples, poderíamos considerar risco de uma transação como sendo:

$$\text{risk value} = \text{risk free value} - CV$$

O problema com a equação acima está no fato de que ela não é linear. Além disso, não leva em consideração se há redução de risco usando colateral ou netting.

### 3.1 Calculando o CVA

Para o cálculo do CVA, inicialmente serão assumidas três hipóteses:

1. A instituição, ela própria, não incorrerá em default, conseqüentemente ausência de DVA.
2. O apreçamento neutro ao risco é direto. A taxa de desconto será assumida como a taxa livre de risco, correspondendo a ignorar o FVA.
3. A exposição de crédito e a probabilidade de default serão independentes.

De acordo com Gregory (2012), para derivar a fórmula do CVA, escreve-se:

$$CVA(t, T) = (1 - R)E^Q[I(\tau \leq T)V^*(\tau, T)^+]$$

Onde,  $R$  é o valor de recuperação esperado,  $E^Q$  é o valor esperado calculado sob a medida neutra a risco,  $\tau$  é o instante do default,  $I(\tau \leq T)$  é a função indicadora, assumindo o valor de 1, se o default não tiver ocorrido antes ou em  $T$ , e zero, caso contrário;  $V(\tau, T)$  a exposição líquida de um portfólio de derivativos no instante  $t$ . Utiliza-se  $V^*(u, T)$  para denotar:

$$V^*(u, T) = V(u, T)|_{\tau = u}$$



Este é um ponto crítico na análise, pois a expressão acima requer a exposição em uma data futura,  $V(u, T)$ , sabendo que o default da contra parte ocorreu na data ( $\tau = u$ ). Ao ignorar o WWR, estabelece-se simplesmente:

$$V^*(u, T) = V(u, T)$$

Dado que a esperança da equação acima é calculada para todos os instantes até o vencimento, pode-se integrar sobre todos os possíveis instantes de default. Obtém-se:

$$CVA(t, T) = (1 - R)E^Q \int_t^T B(t, u) V(u, T)^+ dF(t, u)$$

Onde  $B(t, u)$  é o fator de desconto livre de risco e  $F(t, u)$  é a probabilidade de default acumulada para a contra parte, como descrita acima. Considera-se a EPE descontada, calculada sob a medida neutra a risco como:

$$EPE_d(u, T) = E^Q[F(t, u)V(u, T)^+]$$

Assumindo que as PD são determinísticas, tem-se:

$$CVA(t, T) = (1 - R) \left[ \int_t^T EPE_d(u, T) dF(t, u) \right]$$

Finalmente, pode-se computar a equação acima através de integração, como:

$$CVA(t, T) \approx (1 - R) \sum_{i=1}^m EPE_d(t, t_i) [F(t, t_i) - F(t, t_{i-1})]$$

Onde  $m$  são períodos dados por  $[t_0(=t), t_1, \dots, t_m(=T)]$ . Será uma boa aproximação para um  $m$  razoavelmente grande.

Com algumas hipóteses de simplificação, pode-se obter uma expressão para o CVA relacionado aos preços de instrumentos de crédito da contra parte. Para tanto, é necessário trabalhar com a fórmula não descontada para a EPE:

$$CVA(t, T) \approx (1 - R)E^Q \left[ \int_t^T B(t, u) dF(t, u) \right] EPE$$

Pode-se ver a expressão acima como simplesmente o valor de proteção de um CDS sobre um montante igual à EPE. Portanto, tem-se a seguinte aproximação, onde o CVA é expresso como uma taxa (spread) sobre o montante:

$$CVA \approx spread * EPE$$

Vale notar que no cálculo do CVA, conforme apresentado acima, o default entra na expressão através somente da PD. Isto significa que, enquanto é necessário utilizar uma série de simulações para calcular o CVA, não é necessário simular eventos de default, somente a EPE.

### 3.2 Debt Value Adjustment

O CVA pode ser definido como a expectativa de perda de valor de um ativo decorrente do risco de quebra da contra parte envolvida no contrato (Gregory, 2012). Para fins práticos, o CVA é calculado pela diferença entre o valor livre de risco do ativo e o seu valor na presença do risco de crédito da contra parte. Já o DVA é o análogo oposto do CVA, visto sob a perspectiva da contra parte, ou seja, a expectativa de perda no valor do passivo decorrente da deterioração do próprio risco de crédito da instituição (Hull e White, 2012).

O DVA reflete o custo para a contra parte que resulta da possibilidade de que o emissor possa vir a falir. Essa possibilidade é, em teoria, um benefício existente para o emissor decorrente de sua própria capacidade de inadimplir em um contrato (Gregory, 2012). Por exemplo, um cliente fecha um contrato de derivativo com uma instituição financeira que irá cobrar o CVA do cliente. Com o resultado do DVA, a instituição financeira também pode ocorrer em risco de default, fazendo com que o valor cobrado do CVA possa ser reduzido, ocasionando em um CVA bilateral entre o cliente e a instituição financeira.

### 3.3 Wrong Way Risk

É possível que a qualidade de crédito da contra parte seja dependente com o nível de exposição. Este efeito é chamado de Wrong-Way-Risk (ou risco desfavorável, em tradução livre) se a exposição tende a aumentar quando a qualidade de crédito da contraparte fica pior. ISDA (International Swaps and Derivatives Association), define o WWR como o risco que ocorre quando a exposição a uma contra parte é negativamente correlacionada com a qualidade de crédito da contra parte.

Um exemplo disso seria um contrato a termo com um produtor de ouro em que o banco paga o preço à vista do ouro e recebe um preço fixo. Suponha que o preço do ouro estava para diminuir. Isso iria piorar a qualidade de crédito do produtor de ouro, uma vez que suas receitas diminuiria e tornaria seu negócio menos rentável e viável. Além disso, aumentaria o valor do contrato a prazo para o banco, uma vez que o banco paga o preço à vista e, portanto, a exposição do banco aumentaria.

Se estes dois efeitos tendem a ocorrer em paralelo, a co-dependência aumentará a CVA em um contrato futuro. Os dados para quantificar essas dependências são difíceis de obter, porém, é importante que a estrutura de CVA seja capaz de lidar com este efeito.



Figura 2: Análise gráfica de WWR, Independência e RVW

### 3.4 Usando Simulação de Monte Carlo

Na simulação de Monte Carlo os fatores de riscos futuros são obtidos a partir de processo estocástico, por exemplo movimento browniano, em que os resultados são gerados em distribuições dos fatores de risco em um horizonte específico de tempo (Gruber e Parchert, 2010).

## 4 RESULTADOS

Canabarro (2009) faz uma avaliação da precificação e do hedging associados ao risco de contra parte sob o ponto de vista da crise financeira de 2007/08. A simulação de Monte Carlo é apresentada como ferramenta para mensurar o CVA. Para as contra partes cujo risco é negociado através de credit default swap (CDS) os spreads destas operações são utilizados no cálculo do CVA. No caso de contra partes sem CDS negociado no mercado, a perda pode ser derivada de uma curva de spread baseada na classificação de crédito (rating) da contra parte.

De acordo com o estudo, a recente crise financeira mostrou claramente que os bancos que utilizavam ativamente hedge para CVA tiveram perdas substancialmente menores do que as instituições que não utilizavam este mecanismo de proteção (Canabarro, 2009).

A proposta para o presente trabalho é apresentar o cálculo do CVA para um Swap USD v.s. DI com prazo de 100 dias corridos, onde ponta ativa paga taxa pré e ponta passiva paga variação cambial + 6% a.a.

Os fatores de risco de mercado que podem influenciar a exposição futura para os instrumentos derivativos estudados neste trabalho são a taxa de juros, variação cambial e a probabilidade de default da contra parte. Para este trabalho, utilizamos a probabilidade de default da contra parte como sendo o valor do CDS desta instituição.

Cada cenário envolve considerar as variáveis aleatórias associadas aos fatores de risco em diferentes momentos até o vencimento da transação. Gregory (2010) salienta que o número de simulações precisa ser razoavelmente grande para capturar os principais detalhes da exposição, mas não tão grande para inviabilizar o processamento computacional.

Após a geração conjunta de um número suficientemente grande de caminhos aleatórios para os fatores de mercado através da simulação de Monte Carlo, os valores da taxa de juros e variação do dólar foram utilizados para o marcação do Swap. Desta maneira, calcula-se um valor a ser cobrado pelo risco de crédito sobre cada exposição positiva gerada. A média destes valores será então o CVA a ser cobrado para a determinada transação. Definimos também um intervalo de confiança de 95% para cálculo do CVA.

O número de cálculos do valor marcado a mercado realizado seguiu a quantidade de cenários e pontos no tempo descritos anteriormente. Inicialmente esta etapa do processo tem como objetivo trazer toda a exposição da contra parte para uma data comum, sendo que a partir daí pode-se considerar a data efetiva do default da contra parte. Neste estudo o valor marcado a mercado foi trazido para o momento  $t_0$ .

O gráfico mostra exemplo de difusão da taxa de juros para 10 cenários e 100 cenários, respectivamente.

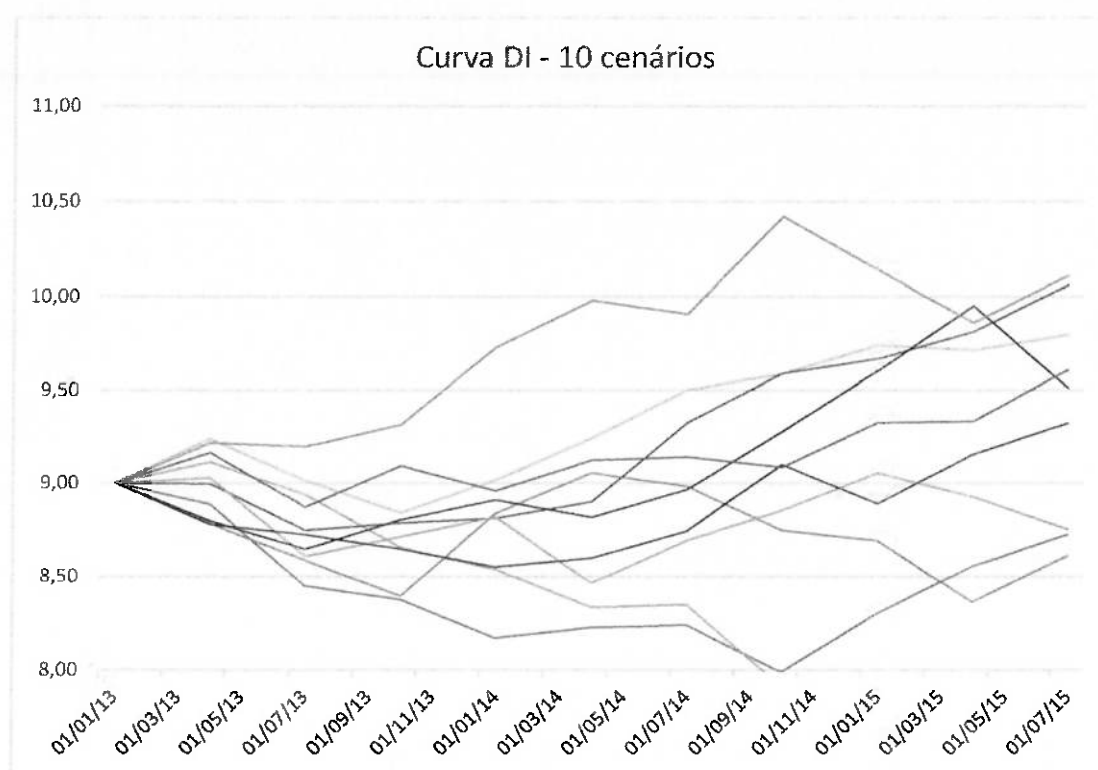


Figura 3: Curva DI - 10 cenários

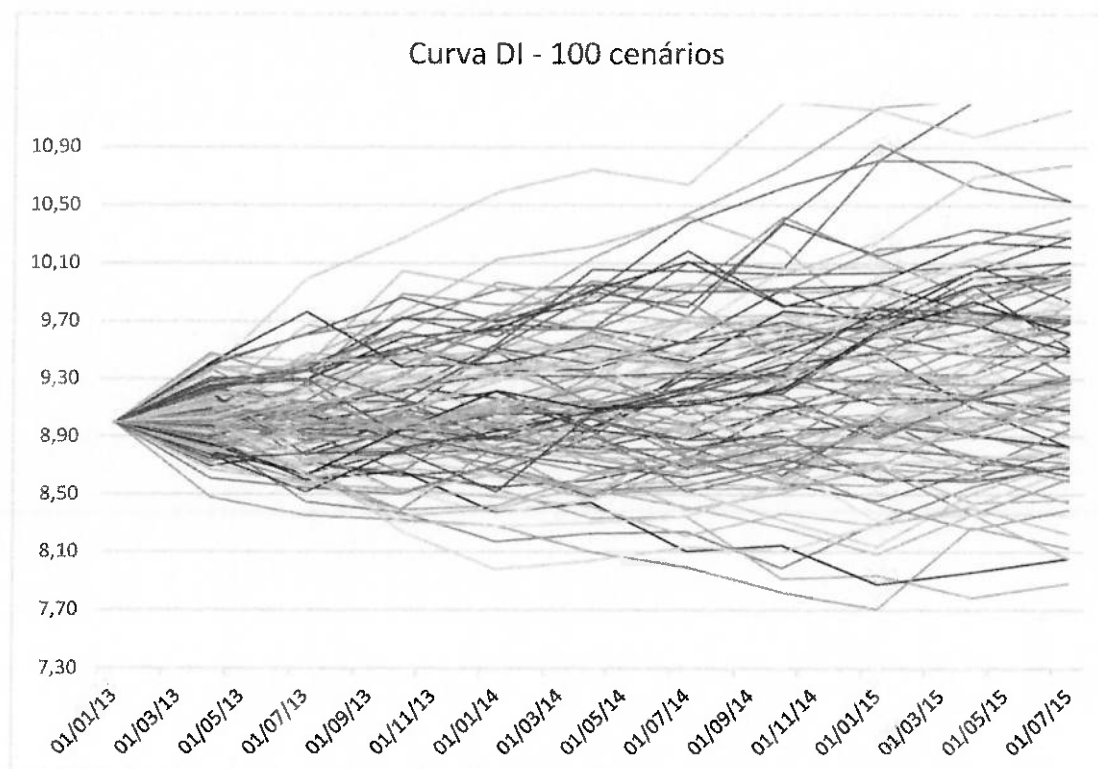


Figura 4: Curva DI - 100 cenários

O mesmo modelo utilizado na geração dos cenários para as curvas de taxas de juros também foi empregado para a geração das curvas do dólar. Segue abaixo os gráficos gerados para 10 cenários e 100 cenários, respectivamente.

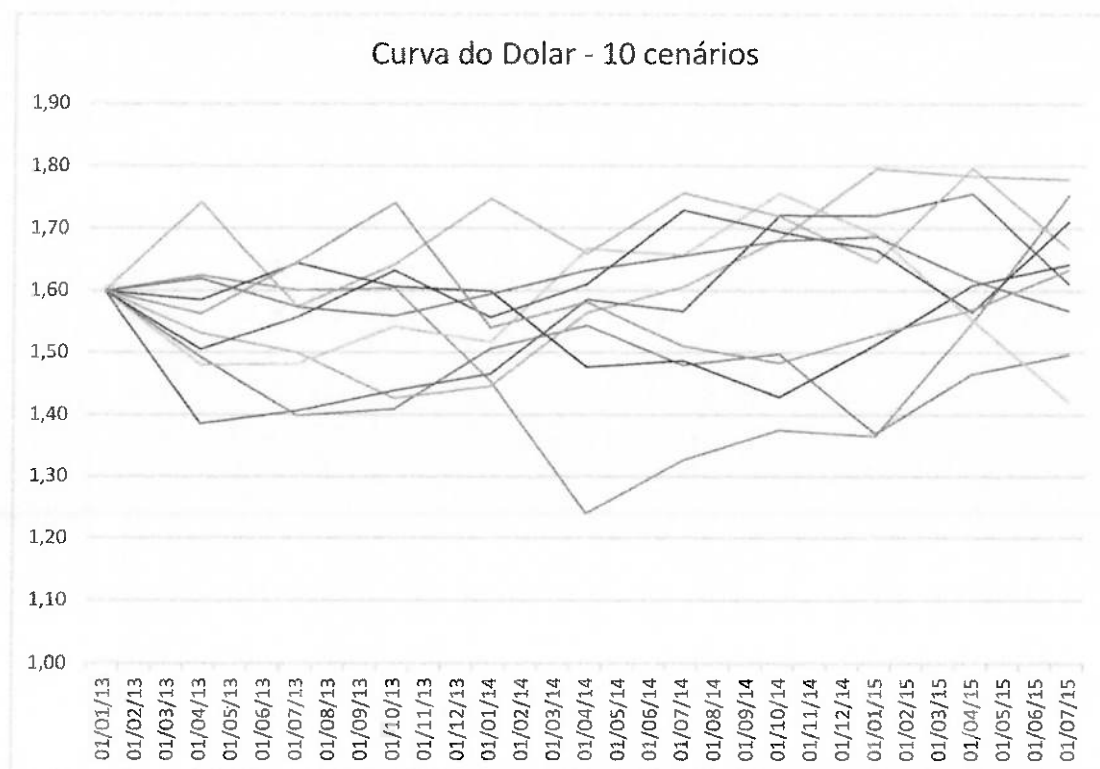


Figura 5: Curva Dólar - 10 cenários

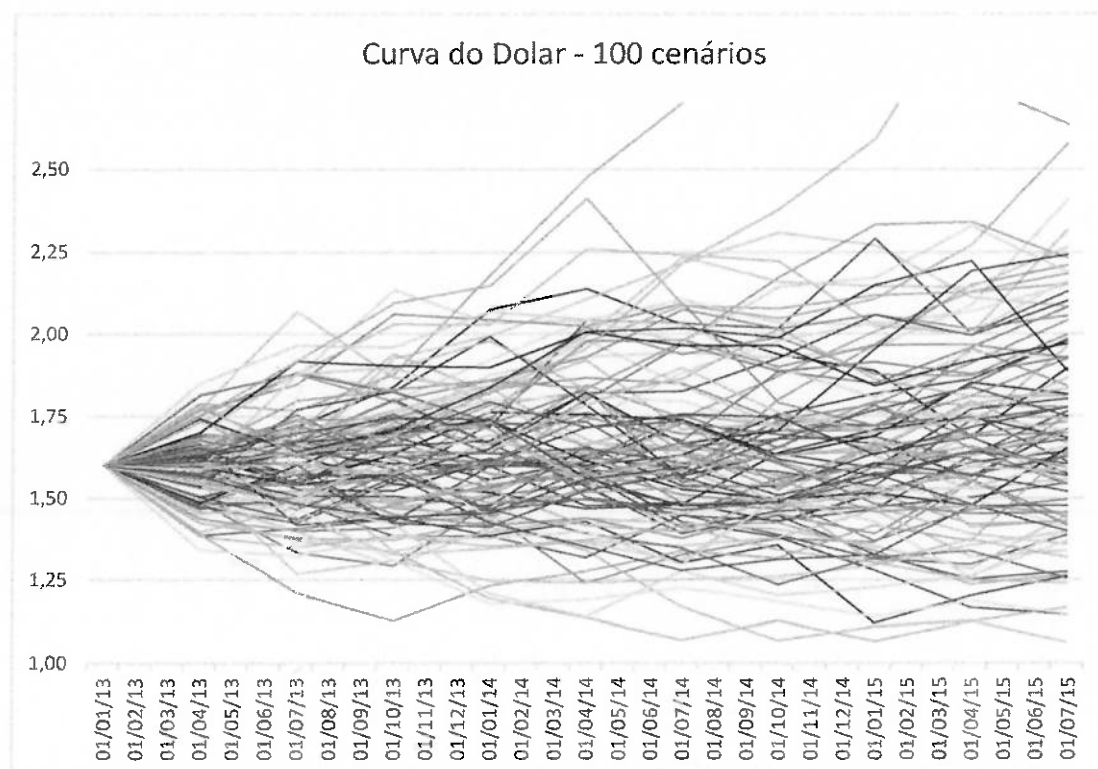


Figura 6: Curva Dólar - 100 cenários

Como já mencionado anteriormente, utilizamos o valor do CDS da empresa como forma de mensurar a probabilidade de default. O gráfico abaixo mostra o valor do CDS para o período da operação.



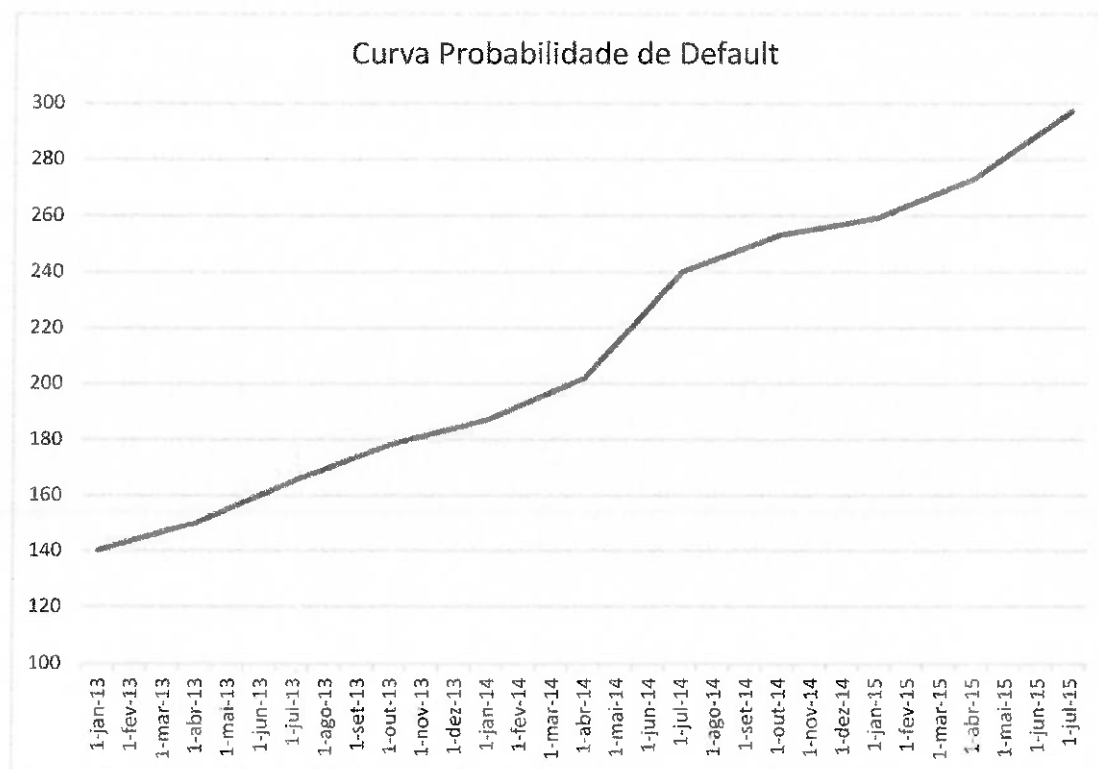
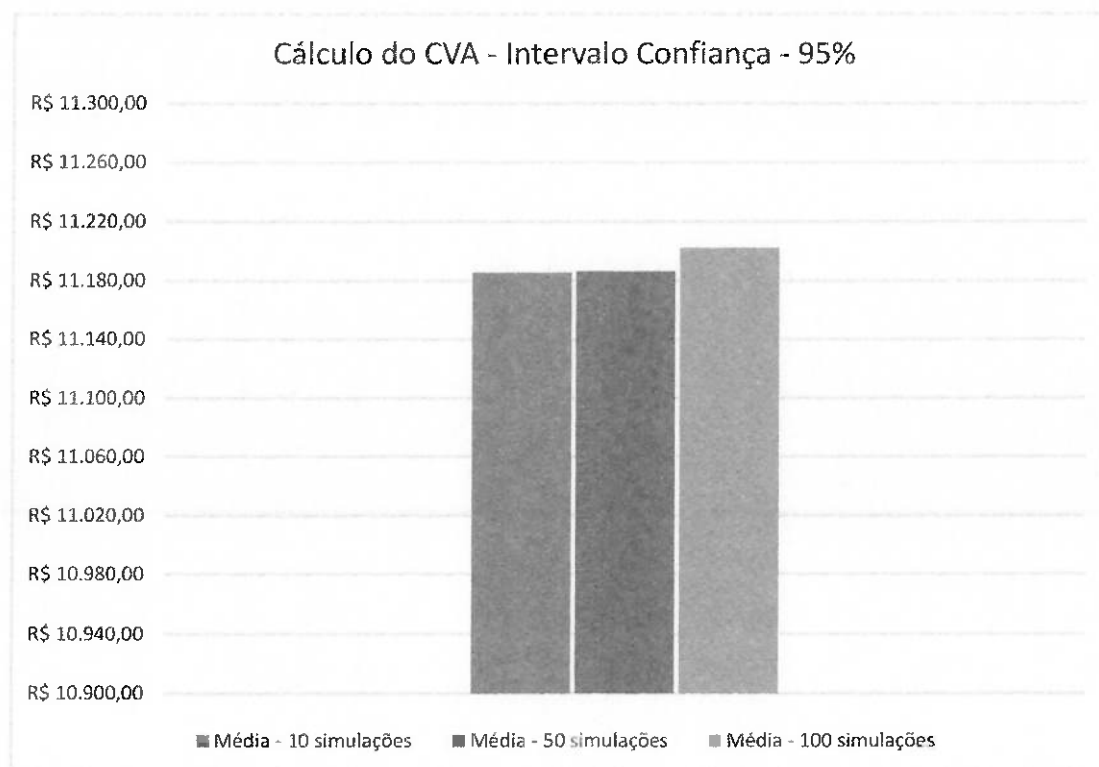


Figura 7: Curva probabilidade de default

A partir dos cálculos mostrados acima, efetuamos uma simulação para 10, 50 e 100 cenários diferentes para finalmente termos o valor do CVA a ser cobrado na operação.

Os gráficos abaixo mostram os resultados dessas simulações com intervalos de confiança de 95% e 99%, respectivamente.



**Figura 8: Cálculo do CVA - Intervalo de Confiança 95%**

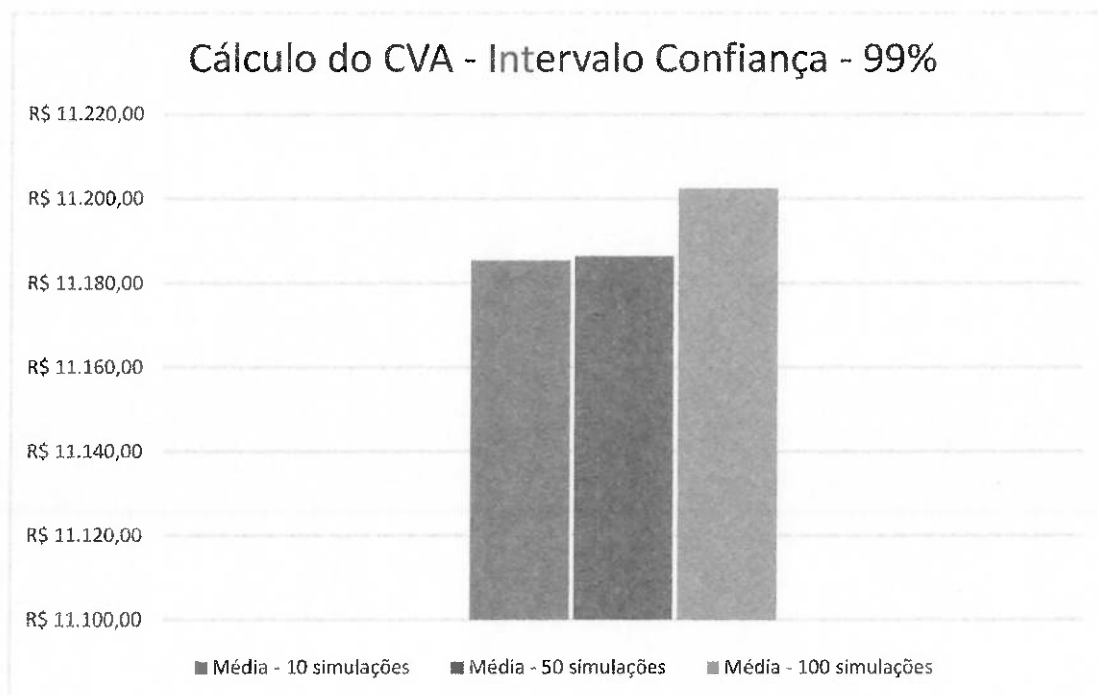


Figura 9: Cálculo do CVA - Intervalo de Confiança 99%

## 5 PROTEÇÃO CONTRA RISCO DE CRÉDITO

O risco de contraparte representado pelo CVA necessita de um constante ajuste devido à variabilidade de sua exposição, conforme seu valor de mercado. A proteção mais direta a ser feita é através de CDS (Credit Default Swap). O CDS é um derivativo que dá ao seu detentor proteção contra o default da entidade referenciada, em troca do pagamento de uma taxa (prêmio) para o vendedor. Caso a entidade referenciada incorra em algum evento de crédito, o vendedor deverá compensar o comprador pelas perdas associadas.

Entretanto, a mitigação do risco através de CDS não é sempre direta e clara. Algumas limitações são:

- O mercado de CDS para a contra parte pode não ser líquido e o mercado pode não oferecer os instrumentos para o vencimento desejado. Na falta de liquidez, torna-se necessário comprar proteção não sobre a contra parte, mas através de instrumentos mais líquidos como índices de crédito.
- O valor de recuperação de um título em default entregue sob um contrato de CDS tem pouco a ver com a fração que pode ser recuperada do contrato protegido.
- Variar dinamicamente o montante e perfil de vencimentos da proteção após o início do contrato pode ser caro.

De todo modo, o objetivo final deve ser proteger a exposição à crédito dinamicamente, re-balanceando o portfólio de instrumentos para assegurar que seu valor em qualquer instante iguale o valor do contrato protegido.

## 6 CONCLUSÃO

Os resultados gerados mostram que o modelo desenvolvido possibilita a instituição financeira calcular a exposição no momento do default através dos fatores de risco (taxa de juro e preço da ação) para o derivativo estudado e assim, precificar o valor do risco associado ao derivativo em questão. Analisando os dados apresentados, os valores calculados foram satisfatórios.

Apesar de simples, pode-se perceber a complexidade computacional em efetuar todas as simulações dos diferentes cenários das curvas de dólar e de juros. Além disso, executar muitas simulações para diferentes clientes e carteiras pode deixar esta tarefa lenta e complexa.

Em muitas instituições financeiras, o gasto computacional em calcular o risco de crédito é tão alto que, muitas delas executam estes cálculos apenas uma vez ao dia, outras semanalmente.

Desde a crise iniciada em 2007/2008, a regulamentação e a inclusão do risco de contra parte no Acordo de Basiléia tem sido amplamente discutido, afim de evitar o grave cenário no qual grandes instituições financeiras entraram em colapso. Em resposta à isso, diversas mudanças foram propostas, muitas delas com relação a risco de contraparte, CVA e WWR. Entre elas, uma cobrança de capital foi introduzida para a volatilidade do CVA, e CVA VaR, em adição às cobranças correntes para o risco de contraparte.

Outros estudos poderão focar no desenvolvimento de modelos para outros tipos de derivativos ou mesmo incorporar no modelo descrito neste trabalho, a influência de garantias, cujo efeito é a mitigação (redução) da exposição da contra parte.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Gregory, Jon. Counterparty credit risk and credit value adjustment: a continuing challenge for global financial markets, 2012.

Hull, John. Options, futures and other derivatives, 7<sup>th</sup> edition, 2008.

Hull, John e Alan White. (2012). CVA and Wrong Way Risk. Default Risk

Pykhtin, M. Counterparty credit risk modelling. London, Risk Books, 2005.

Wikipedia: Interest Rate Swap, Wikipedia Swap, Forward Rate Contracts

Canabarro, E.; Duffie, D. Measuring and marking counterparty risk. In: Tilman, L. Asset/liability management of financial institutions. London: Institutional Investor Books, 2003.

Fabozzy, Frank. The Handbook of Fixed Income Securities, 7<sup>th</sup> edition McGraw-Hill, 2005

Chernizon, E. Modelagem da dependência dos fatores de crédito e mercado para apreçamento e gerenciamento de risco em exposições de derivativos. Tese de mestrado. Fundação Getúlio Vargas/EESP, 2012.

<http://www.economist.com/node/21552217>

<http://www.bis.org/statistics/derstats.htm>