



Ibmec São Paulo
Faculdade de Economia e Administração

Leandro da Silva e Souza

Utilizando a Teoria de Opções na Análise de Risco de Crédito

São Paulo
2009

Leandro da Silva e Souza

Utilizando a Teoria de Opções na Análise de Risco de Crédito

Monografia apresentada ao curso de Ciências Econômicas, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel do Ibmec São Paulo.

Orientador:

Prof.^a Dr.^a Andrea Maria Accioly Fonseca Minardi –
Ibmec São Paulo

São Paulo

2009

Souza, Leandro da Silva e
Utilizando a Teoria de Opções na Análise de Risco de
Crédito / Leandro da Silva e Souza. – São Paulo: Ibmecc São Paulo,
2009.

29 p.

Monografia: Faculdade de Economia e Administração. Ibmecc
São Paulo.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Andrea Maria Accioly Fonseca
Minardi – Ibmecc SP

1. Risco de crédito 2. *Rating* de crédito 3. Probabilidade de
default 4. Teoria de opções 5. KMV

Leandro da Silva e Souza

Utilizando a Teoria de Opções na Análise de Risco de Crédito

Monografia apresentada à Faculdade de Economia do Ibmec São Paulo como requisito parcial para a conclusão do curso de graduação em Ciências Econômicas.

EXAMINADORES

Prof.^a Dr.^a Andrea Maria Accioly Fonseca Minardi
Orientadora

Prof. Me. Márcio Poletti Laurini
Examinador

Prof. Dr. Paulo Beltrão Fraletti
Examinador

Agradecimentos

Agradeço aos professores e colegas de faculdade com os quais aprendi muito durante todos estes anos de faculdade, e, sobretudo, aos meus pais, pelo apoio e financiamento dos meus estudos, que foram e têm sido fundamentais para o meu desenvolvimento acadêmico e profissional.

Em especial, à minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Andrea Maria Accioly Fonseca Minardi, pelos conselhos e discussões ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Resumo

SOUZA, Leandro da Silva e. Utilizando a Teoria de Opções na Análise de Risco de Crédito. São Paulo, 2009. 29p. Monografia – Faculdade de Economia e Administração. Ibmec São Paulo.

Este trabalho estima a probabilidade de inadimplência de empresas brasileiras com ações negociadas na Bovespa e que possuam *ratings* de crédito em escala nacional por pelo menos uma das três grandes agências de *ratings*: Moody's, Standard&Poor's e Fitch. Foram utilizados dois modelos para esta estimação, o modelo de Merton (1974), baseado no modelo de Black e Scholes (1973) e, o modelo de primeira passagem no tempo de Leland e Toft (1996). Os resultados foram comparados entre si, com os *ratings* das agências, e com alguns trabalhos realizados anteriormente de estimação de probabilidade de inadimplência com base no mercado acionário para o mercado brasileiro. Na maioria dos casos não houve aderência entre os resultados encontrados com os *ratings* das agências, como também com os trabalhos realizados anteriormente.

Palavras-chave: risco de crédito; *rating* de crédito; probabilidade de *default*; teoria de opções; KMV.

Abstract

SOUZA, Leandro da Silva e. Using the Option Theory on the Credit Risk Analysis. São Paulo, 2004. 29p. Monograph – Faculdade de Economia e Administração. Ibmecc São Paulo.

This paper estimates the default probability of Brazilian firms with stocks negotiated in Bovespa and with credit ratings by at least one of the following credit agencies: Moody's, Standard&Poor's and Fitch. Two different models were used for this estimation, the Merton (1974) model, based on the Black and Scholes (1973) options pricing model, and the first time passage Leland and Toft (1996) model. The results obtained were compared between models, with agencies ratings and with others similar works to the Brazilian market already done. In general the estimated ratings were not coincident with the agencies ratings and with previous works about this theme.

Key words: credit risk; credit rating; default probability; option theory; KMV.

Sumário

1. Introdução	8
2. Revisão da Literatura.....	9
3. O Modelo de Merton (1974).....	11
4. O Modelo de Leland e Toft (1996).....	14
5. O Modelo KMV	16
6. <i>Ratings</i> em Escala Nacional vs. Escala Global	20
7. Resultados dos modelos	20
7.1. Análise dos Resultados	23
7.2. Comparações com Resultados de Trabalhos Anteriores	26
8. Conclusão	27
Referências	28

1. Introdução

Risco de crédito é a possibilidade de que um montante emprestado de dinheiro não seja devolvido dentro de um limite de tempo estipulado (Caouette *et al.* (1998), p. 1). A expansão observada do crédito nos últimos anos, impulsionada, sobretudo, pelo mercado de derivativos e securitização, gerou uma crescente onda de empréstimos de baixa qualidade e alto retorno esperado, o que tornou o gerenciamento eficaz deste tipo de risco essencial para a sobrevivência e crescimento das corporações e instituições financeiras.

Analisar e mensurar corretamente o risco de crédito de uma empresa é o ponto de partida para os modelos de gestão de risco crédito. Permite ao credor decidir se deve ou não emprestar para determinada firma, bem como, caso seja decidido por emprestar, o montante e os juros adequados para aquele tomador de crédito. Pode-se também analisar a verdadeira exposição e concentração de uma determinada carteira, permitindo ao gestor tomar decisões com base em tal análise.

Agências de *ratings* de crédito, como, por exemplo, Standard & Poor's e Moody's, avaliam, com base em critérios qualitativos e quantitativos a capacidade de um emissor em honrar suas dívidas. As agências têm o papel de fornecer para o mercado uma opinião independente acerca da qualidade de crédito de determinado emissor, embora sejam contratadas pelo próprio emissor da dívida.

O objetivo deste trabalho é, com base nas informações do mercado de ações, especificamente em abril/2009, atribuir *ratings* de crédito para as empresas não-financeiras negociadas na Bovespa e compará-los com os *ratings* de algumas das principais agências de *ratings* de crédito. Parte-se do pressuposto que o preço das ações contém informações implícitas relevantes acerca da probabilidade de *default* de uma firma. Utiliza-se para isso um modelo tradicional de precificação de opções de Black e Scholes (1973) e um modelo de primeira passagem no tempo, segundo o qual a empresa pode entrar em default a qualquer momento antes do final do horizonte de análise.

O restante desse trabalho está estruturado como segue. A seção 2 contém uma revisão da bibliografia dos modelos de risco de crédito. As seções 3 e 4 descrevem os modelos utilizados neste trabalho, Merton (1974) e Leland e Toft (1996). Na seção 5, é apresentado o modelo KMV da Moody's; a seção 6 contém uma breve discussão das diferenças de *ratings*

em escala nacional e global; a seção 7 discute e analisa resultados obtidos; e, por fim, na seção 8 conclui-se o trabalho.

2. Revisão da Literatura

Os modelos de risco de crédito existentes são classificados como: estruturais ou de forma reduzida. Os modelos estruturais são baseados na teoria de precificação de opções proposta por Black e Scholes (1973) e expandido por Merton (1974). Estes autores observaram que o valor do patrimônio líquido da firma pode ser entendido como uma opção de compra dos ativos da empresa, com o prazo de expiração da opção igual ao horizonte de *default*, e com preço de exercício igual ao valor de face da dívida da empresa. Os acionistas da empresa estarão dispostos a pagar a dívida com os credores da empresa apenas quando a opção estiver dentro do dinheiro, ou seja, apenas quando o valor de mercado dos ativos da firma for maior que o valor da dívida no vencimento. Caso contrário os acionistas não exercerão a opção, deixando-a expirar, ou seja, a empresa não honrará com suas obrigações, não pagando a dívida no vencimento. A probabilidade de que esta opção descrita não seja exercida no vencimento pode ser relacionada com a probabilidade de *default* da firma, sendo esta a base dos modelos estruturais de probabilidade de risco de crédito.

O valor de mercado do patrimônio líquido no modelo estrutural é observado diretamente através dos preços das ações negociadas em bolsa. Isso pode ser vantajoso, dado que os preços das ações contêm expectativas dos investidores acerca do desempenho futuro da empresa, o que não ocorre com dados contábeis. Não obstante, pode ser que os modelos estruturais tenham uma alta sensibilidade em relação às informações de mercado, podendo refletir em excesso mudanças nos fundamentos das empresas. Ou seja, os modelos estruturais podem subestimar a probabilidade de *default* da firma quando o mercado estiver em alta, e, tendem a superestimar essa mesma probabilidade quando o mercado estiver em baixa.

Já os modelos de forma reduzida, de acordo com Carrete e Oliveira (2006), não utilizam teoria econômica para explicar o *default*. O tempo de insolvência nesses modelos é definido exogenamente, não sendo explicitamente relacionado às condições econômicas. Jarrow e Turnbull (1995) e Hull e White (2000), dentre outros, apresentam algumas versões de modelos de risco de crédito de forma reduzida.

Arora *et al.* (2005) comparam a eficácia na mensuração do risco de crédito entre os modelos estruturais e de forma reduzida, concluindo que, em geral, o modelo estrutural Vasicek-Kealhofer (ver descrição em, por exemplo, Crosbie e Bohn (2003)), que é uma extensão do modelo de Merton (1974), supera o modelo de forma reduzida Hull e White (2000) na previsibilidade de *default* das empresas.

Segundo Minardi (2008), em uma situação de equilíbrio, tanto os modelos estruturais como os *ratings* de crédito das agências deveriam convergir, dado que ambas as análises são baseadas nos fundamentos da empresa.

A Moody's, uma agência internacional de *ratings*, comercializa o modelo de risco de crédito KMV, que se utiliza da teoria de opções, baseada mais precisamente no modelo de Merton (1974), para estimar a probabilidade de *default* da firma.

Contudo, o modelo de Merton (1974), base dos modelos estruturais, possui algumas limitações, descritas na seção 3, que podem, muitas vezes, torná-lo pouco aplicável. Sendo assim, diversos autores buscaram expandir os estudos de Merton (1974), trabalhando tanto no aperfeiçoamento do modelo, bem como na criação de novos modelos estruturais na busca de melhor prever o risco de crédito das corporações. Destacam-se, por exemplo, Black e Cox (1976), cujo modelo permite que o *default* possa em qualquer prazo antes da maturidade da dívida, e, Leland e Toft (1996) (descrito na seção 4), ao incorporar, dentre outros fatores, o efeito dividendo/juros.

Minardi (2008) aplica o modelo de Merton (1974) às empresas brasileiras que possuem *ratings* de crédito pela Moody's e Standard&Poor's, e compara os resultados obtidos pelo modelo com os *ratings* das empresas. Devido ao modelo utilizado, não foram considerados o efeito dividendo e o fato de que o *default* pode ocorrer a qualquer instante dentro do prazo de vencimento da dívida, e não somente no instante do vencimento desta.

Outro trabalho aplicado ao mercado brasileiro é o de Carrete e Oliveira (2006), que a partir do modelo de Leland e Toft (1996) estimam a probabilidade de inadimplência das empresas brasileiras pertencentes ao Ibovespa com *ratings* de crédito pela Moody's, e, em seguida, buscam encontrar o ponto de inadimplência de cada firma que faça convergir os *ratings* estimados com os *ratings* de crédito divulgados pela agência. Carrete e Oliveira (2006) não consideram o modelo proposto por Leland e Toft (1996) para o ponto de inadimplência. Destaca-se também, para o mercado brasileiro, o trabalho de Chaia (2003), que além de analisar alguns outros modelos de risco de crédito e discutir a utilização destes

mesmos modelos para o mercado brasileiro, testou se o modelo KMV é compatível com o mercado de debêntures nacional.

O objetivo deste trabalho é comparar os resultados obtidos pelos modelos de Merton (1974) e Leland e Toft (1996) com os *ratings* de crédito das agências Moody's, Standard&Poor's e Fitch, e, compará-los entre si. Ou seja, expandir os estudos realizados para o mercado brasileiro por Minardi (2008), ao considerar o efeito dividendo/juros e que o *default* possa ocorrer a qualquer instante dentro do vencimento da dívida; e, de Carrete e Oliveira (2006), ao comparar os resultados obtidos através pelo modelo de Leland e Toft (1996) com os resultados calculados através do modelo de Merton (1974); e, por fim, comparar os resultados obtidos das duas metodologias utilizadas.

3. O Modelo de Merton (1974)

O modelo de Merton (1974) foi o primeiro a aplicar o modelo de Black e Scholes (1973) na precificação da dívida de uma firma¹. Em Merton (1974), o patrimônio líquido da empresa é entendido como uma opção de compra sobre os ativos da empresa perante o repagamento das dívidas da mesma, e, de maneira análoga, a dívida da empresa pode ser encarada como uma opção de venda.

Merton considera que a empresa incorrerá no não pagamento da dívida caso o valor de mercado dos ativos da firma seja menor que o valor do principal da dívida, sendo esta formada apenas por um título de zero cupom com maturidade T. De acordo com o modelo, o valor dos ativos segue o movimento Browniano Geométrico descrito em (1).

$$dV = \mu V dt + \sigma_v dZ \quad (1)$$

Onde,

μ = taxa de crescimento

¹ Cabe aqui ressaltar dois fatores: i) o modelo de Black e Scholes (1973) foi desenvolvido com o auxílio de Merton, e ii) ambos os trabalhos lidavam com a questão da precificação da dívida, porém, no trabalho de Merton (1974) essa questão está mais elaborada e estendida. Com isso, considera-se que Merton (1974) foi o primeiro a aplicar, de fato, o modelo de Black e Scholes (1973) na precificação da dívida de uma firma.

σ_v = volatilidade do processo

Z = movimento Browniano Geométrico padrão

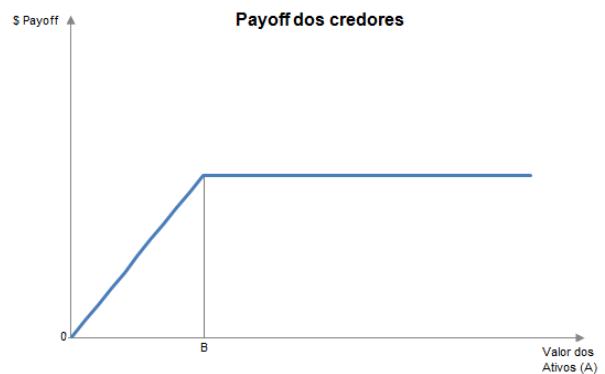
Dado que os credores têm prioridade no recebimento do valor devido em relação aos acionistas, se o valor de mercado dos ativos da firma for menor que o principal da dívida, os acionistas não receberão nada, sendo sua perda igual ao quanto eles têm de ações da empresa. Caso o valor de mercado dos ativos da firma seja maior que o principal da dívida, os acionistas receberão o valor residual entre essas duas variáveis (valor de mercado dos ativos - principal da dívida).

Considerando B o valor do principal da dívida e A o valor de mercado dos ativos da empresa, os acionistas da empresa terão o seguinte *payoff*: $\max(0, A-B)$ (Figura 1.1). E, os credores, de maneira análoga, ou seja, se o valor de mercado dos ativos for maior que o valor do principal da dívida, estes receberão de volta o montante B emprestado, caso seja menor, receberão o valor de mercado dos ativos. Logo, o *payoff* para os credores da empresa: $\min(A, B)$ (Figura 1.2).

Figura 1.1. Payoff dos Acionistas



Figura 1.2. Payoff dos Credores



Dadas as semelhanças entre os *payoffs* acima com opções de compra e venda (acionistas e credores, respectivamente), Merton (1974) aplicou a teoria de precificação de opções de Black e Scholes (1973) para a opção de compra do Patrimônio Líquido da empresa. Aplicando a fórmula de B-S neste caso, tem-se:

$$E = A\phi(d_1) - Be^{-rt}\phi(d_2) \quad (2)$$

$$d_1 = \frac{\left[\log\left(\frac{A}{B}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma_A^2\right)\tau \right]}{\sigma_A\sqrt{\tau}} \quad (3)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma_A\sqrt{\tau} \quad (4)$$

Onde,

$\varphi(\cdot)$ = função distribuição normal acumulada

E = valor de mercado do patrimônio líquido

A = valor de mercado do ativo

B = valor de face da dívida

r = taxa de retorno do ativo livre de risco

σ_A = desvio-padrão das taxas de retorno do ativo

τ = tempo até a maturidade da dívida

A probabilidade de *default* da firma será igual à probabilidade do valor de mercado dos ativos da firma ser menor que o valor contábil de sua dívida. Dado que no modelo de Black e Scholes assume-se que os retornos do ativo da firma seguem uma distribuição normal, tem-se, então, de acordo com Crosbie e Bohn (2003), a seguinte probabilidade de *default*:

$$PD_t = 1 - \varphi\left(\frac{\left[\log\left(\frac{A}{B}\right) + \left(\mu - \frac{1}{2}\sigma_A^2\right)\tau\right]}{\sigma_A\sqrt{\tau}}\right) \quad (5)$$

Onde,

$\varphi(\cdot)$ = função distribuição normal acumulada

A = valor de mercado do ativo

B = valor de face da dívida

μ = taxa esperada de retorno do ativo livre de risco

σ_A = desvio-padrão das taxas de retorno do ativo

τ = tempo até a maturidade da dívida

Não obstante, o modelo de Merton (1974), descrito brevemente acima, recorre a algumas hipóteses fortes para sua validação. De acordo com Servigny e Renault (2004, p. 66-67), têm-se as seguintes hipóteses no modelo:

1. A estrutura de capital da firma é simples, baseada em patrimônio líquido e um título de dívida zero cupom;
2. Assume-se que o valor da firma é perfeitamente observável;
3. O valor da firma segue um processo de difusão lognormal, portanto não capturando qualquer evento inesperado de *default* (“quebra” na série);
4. O *default* pode ocorrer apenas na maturidade da dívida;
5. A taxa de juros livre de risco é constante no tempo e maturidade;
6. O modelo não permite a incorporação de renegociação da dívida entre os acionistas e credores;
7. Não há ajuste de liquidez.

Alguns autores buscaram aperfeiçoar o modelo de Merton (1974) relaxando algumas das hipóteses descritas acima. Black e Cox (1976), por exemplo, não recorrem à hipótese de que o *default* só poderia ocorrer na maturidade da dívida. O modelo de Leland e Toft (1996) descrito na próxima seção, também é uma extensão conceitual do modelo de Merton (1974), trabalhando algumas das hipóteses deste, detalhadas a seguir.

4. O Modelo de Leland e Toft (1996)

O modelo de Leland e Toft (1996) diferencia-se dos modelos existentes de mensuração de risco de crédito a partir de preços de mercado, principalmente em relação ao modelo de Merton (1974), por considerar, basicamente, que: (i) a maturidade da dívida e o nível ótimo de dívida da empresa; (ii) a falência é declarada através de condições endógenas derivadas; e, (iii) a taxa de juros livre de risco, neste modelo, pode seguir um processo estocástico.

Além disso, o modelo de Leland e Toft (1996) considera que o *default* pode ocorrer em qualquer instante do tempo dentro do prazo de vencimento da dívida, além dos custos de falência e benefícios fiscais da dívida que também são considerados. O efeito dividendo/juros,

que pode alterar o valor do ativo ao longo do tempo, também é levado em conta no modelo de Leland e Toft (1996), fatores estes que não são levados em conta no modelo de Merton (1974).

O *default* ocorrerá a partir do momento em que o valor de mercado dos ativos da firma atingir o ponto de inadimplência endógeno derivado do modelo, V_b . Quando $A > V_b$, o patrimônio líquido tem valor positivo e a apreciação esperada do patrimônio líquido num ambiente neutro ao risco excede o fluxo de caixa que deve ser adicionado à empresa se necessário. Ou seja, os acionistas da empresa irão investir mais capital na empresa, ou permitirão que novas ações sejam emitidas, mesmo com a diluição de sua participação, desde que a alternativa seja a falência da firma. A situação em que $A < V_b$ nunca será observada, dado que nesta condição, não valerá a pena para os atuais acionistas aportarem mais capital na empresa, já que a apreciação esperada do patrimônio líquido será menor do que o aporte necessário para manter a firma adimplente, e, portanto não haverá como levantar capital com novas emissões de ações, sendo decretada, portanto, a falência da empresa.

Através da função densidade de primeira passagem no tempo, Leland e Toft (1996) encontram a seguinte função acumulada de probabilidade de falência para a firma:

$$P(A \leq V_b) = \varphi\left(\frac{-b-\lambda\tau}{\sigma\sqrt{T}}\right) + e^{-2\lambda b/\sigma^2} \varphi\left(\frac{-b+\lambda\tau}{\sigma\sqrt{T}}\right) \quad (6)$$

Onde,

$$\lambda = \mu - \delta - 0,5\sigma^2$$

$\varphi(\cdot)$ = função distribuição normal acumulada

μ = taxa de retorno do ativo total

δ = dividendos pagos sobre ativo total

σ = desvio-padrão do retorno do ativo total

$$b = \ln\left(\frac{A}{V_b}\right) \quad (7)$$

Por simplificação, este trabalho considerará V_b (ponto de inadimplência) como exógeno (equações (8) e (9), descritas na próxima seção). A taxa de juros livre de risco seguirá um processo não estocástico, assim como o próprio trabalho de Leland e Toft (1996),

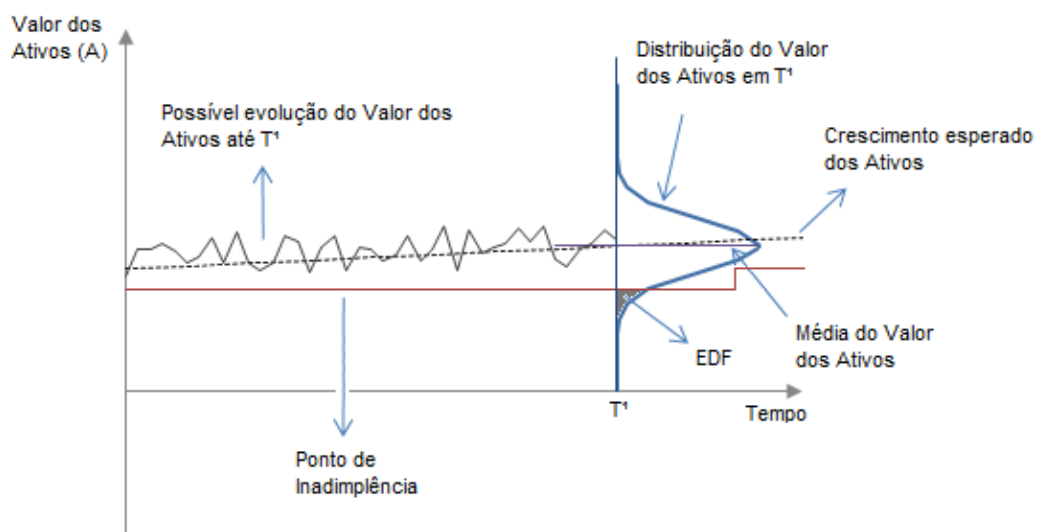
dado que, de acordo com Longstaff e Schwartz (1995), a introdução de um processo estocástico na taxa de juros livre de risco não modifica de forma significativa o *spread* de crédito.

5. O Modelo KMV

O Moody's KMV EDFTM (*Expected Default Frequency*) fornece a probabilidade de *default* de cada firma baseada no modelo de Merton (1974). Sendo esta probabilidade de *default* função da volatilidade dos ativos, do valor dos ativos e do montante de dívida da empresa.

Considera-se que a empresa incorrerá no não pagamento das dívidas quando o valor do ativo for menor do que um determinado ponto de inadimplência exógeno entre o total de dívida de curto prazo e longo prazo (ponto de inadimplência). Na Figura 2, tem-se o esquema do modelo KMV.

Figura 2. KMV



Fonte: Baseado em Servigny e Renault (2004, p. 70)

Será considerado neste trabalho, assim como no modelo KMV, que o ponto de inadimplência se manterá constante até o horizonte de tempo analisado ($T^1 = 1$ ano).

O ponto de inadimplência para o modelo KMV, como sugerido por Crouhy *et al.* (2000), dado que a Moody's informa apenas que este ponto de inadimplência situa-se entre as dívidas de curto prazo e de longo prazo, pode ser o seguinte:

$$PI = DCP + \frac{DLP}{2} \quad (8)$$

Onde,

DCP= dívida de curto prazo

DLP= dívida de longo prazo

Calcula-se então a distância de *default* das firmas, que corresponde a uma padronização do valor esperado de mercado do ativo menos o ponto de inadimplência sobre a volatilidade do ativo. Tem-se, então, a seguinte Distância de *Default* para as firmas:

$$DD = \frac{\left[\log\left(\frac{A}{PI}\right) + \left(\mu - \frac{1}{2}\sigma_A^2\right)\tau \right]}{\sigma_A \sqrt{\tau}} \quad (9)$$

A equação acima corresponde ao argumento da função distribuição normal acumulada ($\Phi(x)$) da equação (5).

Para se calcular o valor de mercado dos ativos da empresa (A), e de sua volatilidade (σ_A), o KMV utiliza-se da teoria de opções (equação (2)), enxergando o patrimônio líquido da empresa como uma opção de compra sobre os ativos da empresa perante o re-pagamento das dívidas da mesma.

Como não se observa a volatilidade dos ativos da firma, Crosbie e Bohn (2003) apresentam a seguinte relação entre a volatilidade do PL (observada) e do ativo:

$$\sigma_E = \eta_{E,A} \sigma_A \quad (10)$$

$$\eta_{E,A} = \frac{\partial E}{\partial A} \cdot \frac{A}{E} \quad (11)$$

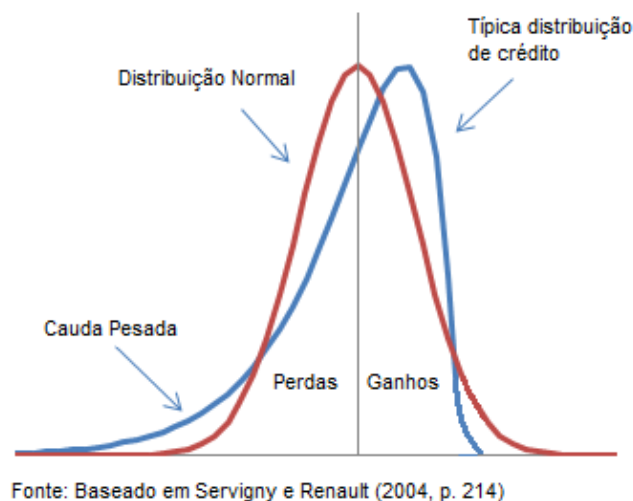
Onde,

$\eta_{E,A}$ = elasticidade instantânea do patrimônio líquido em relação ao ativo da empresa

Dadas as equações (2) e (10), resolve-se, em processo iterativo, as equações para a volatilidade dos retornos do ativo, bem como para o valor de mercado do ativo da empresa.

A partir daí, o modelo KMV calcula as EDFs de cada firma, transformando a distância de *default* em probabilidade de *default*. Pelo modelo de Merton (1974), podem-se extrair as probabilidades de *default* da firma através da equação (5), assumindo que a distribuição dos ativos segue uma distribuição normal. Contudo, Crosbie e Bohn (2003) argumentam que tal distribuição pode ser inadequada para o cálculo da probabilidade de *default* das firmas, uma vez que, nota-se, empiricamente, que a distribuição dos ativos possui caudas pesadas, sendo assim, a distribuição normal estaria subestimando as verdadeiras probabilidades de *default* (Figura 3). Porém, a Moody's não divulga explicitamente como as distâncias de *default* são convertidas em probabilidades no modelo KMV. Sendo assim, será considerado neste trabalho que a taxa de valorização dos ativos (μ) seja igual a 0%, o que de certa forma reduz o problema decorrente do uso de uma distribuição normal para os retornos de crédito, uma vez que se penalizaria a ausência de caudas pesadas com uma maior probabilidade de *default* em decorrência da hipótese de não valorização do ativo até o horizonte de tempo em análise.

Figura 3. Distribuição dos Retornos de Crédito



Estimadas as probabilidades de *default*, o próximo passo é atribuir *ratings* de acordo com tais probabilidades. Quanto menor a probabilidade de *default*, melhor será o *rating* de crédito da empresa.

Tem-se a seguinte relação, para as agências Moody's e S&P, entre as probabilidades de *default* (EDFs) e os *ratings* de crédito (Tabela 1), tendo estes as seguintes interpretações (Tabela 2):

Moody's	Ano 1
Aaa	0,000%
Aa	0,017%
A	0,025%
Baa	0,164%
Ba	1,113%
B	4,333%
Caa-C	16,015%

Fonte: Moody's Investor Service (2008)

S&P	Moody's	Interpretação
Grau de investimento		
AAA	Aaa	Altíssima qualidade
AA+	Aa1	Alta qualidade
AA	Aa2	
AA-	Aa3	
A+	A1	Capacidade de pagamento forte
A	A2	
A-	A3	
BBB+	Baa1	Capacidade de pagamento adequada
BBB	Baa2	
BBB-	Baa3	
Grau especulativo		
BB+	Ba1	Aparentemente capaz de cumprir com suas obrigações.
BB	Ba2	Entretanto, exposto a incertezas.
BB-	Ba3	
B+	B1	Obrigações de alto risco.
B	B2	
B-	B3	
CCC+	Caa1	Vulnerabilidade corrente de <i>default</i> .
CCC	Caa2	
CCC-	Caa3	
CC		
C	Ca	<i>Default</i> .
D		

Fonte: Caouette *et al.* (1998)

6. *Ratings* em Escala Nacional vs. Escala Global

As agências de *ratings* possuem algumas metodologias básicas para conferir um *rating* de crédito a uma corporação (emissor). Esses *ratings* podem ser conferidos tanto em escala global (moeda local e moeda estrangeira) como em escala nacional. As corporações podem emitir dívidas tanto no mercado global como no mercado doméstico, havendo diferentes *ratings* para cada situação, em escala global, para dívidas emitidas no mercado de capitais global e, em escala nacional, para as dívidas emitidas no mercado doméstico.

Os *ratings* em escala nacional podem ser entendidos como avaliações do risco de crédito de uma corporação excluindo-se os fatores de risco específicos de cada país, uma vez que muitos dos fatores de risco específicos afetam as corporações igualmente, sendo assim, ao compararem-se dois *ratings* de duas corporações do mesmo país em escala nacional isola-se parte dos fatores específicos de cada país.

A utilização de *ratings* em escala nacional, portanto, pode se tornar mais adequada para os investidores domésticos, já que devido às especificidades de um país (regulamentação, jurisdição, entre outros), a comparação de *ratings* em escala global pode ser de pouco uso prático. Sendo assim, para a comparação dos resultados estimados pelos modelos descritos nas seções anteriores, coletaram-se apenas os *ratings* em escala nacional.

7. Resultados dos modelos

Os *ratings* de crédito dos emissores em escala nacional foram coletados através da Bloomberg. Partiu-se de uma amostra contendo todas as empresas não-financeiras com ações negociadas atualmente (28/04/2009) na Bovespa, a partir daí, eliminou-se as empresas que não tivessem *ratings* de crédito em escala nacional por pelo menos uma das três seguintes agências de *ratings*: Moody's, S&P e Fitch. Os dados contábeis foram coletados através do Economática, sendo todos os dados de balanço referentes ao quarto trimestre de 2008, e, os dados de mercado, referentes à 28/04/2009.

Depois de selecionadas as empresas pelos critérios acima, calculou-se os EDFs dessas mesmas empresas pelo modelo de Merton (1974), descrito na seção 3. Feito isso, as conversões dos EDFs em *ratings* de crédito da Moody's foram realizadas com base na tabela 1, sendo que, para a S&P, as conversões foram realizadas com base na tabela 2. A Fitch, de

acordo com Caouette *et al.* (1998, p. 69), utiliza-se das mesmas letras para os *ratings* de crédito que a S&P, portanto, utilizou-se da mesma conversão realizada para a S&P.

Para o cálculo dos EDFs a partir do modelo de Leland e Toft (1996) descrito na seção 4, utilizou-se como taxa de dividendos, a média dos últimos três anos, a partir do quarto trimestre de 2008, da soma dos dados de dividendos pagos sobre ativo total e das despesas financeiras sobre ativo total. Foram realizados três filtros adicionais em relação àqueles realizados nos cálculos dos EDFs com base no modelo de Merton (1974). São eles: (i) exclusão das empresas que não tinham dados disponíveis no Economática de dividendos pagos acumulados 12 meses em algum dos últimos três anos, e, (ii) exclusão das empresas que não tinham dados publicados de despesas financeiras acumulados 12 meses no mesmo período.

Após a filtragem dos dados, calculou-se os EDFs para as empresas remanescentes na amostra, sendo estes convertidos em *ratings* de crédito através dos mesmos critérios descritos na seção anterior. A tabela 3 resume os resultados obtidos através dos modelos de Merton (1974) e Leland e Toft (1996).

Tabela 3. EDFs e Ratings Estimados

Painel A

Empresa	Modelo		Modelo			
	Merton EDFs	Leland e Toft EDFs	Merton		Leland e Toft	
			Moody's	S&P e Fitch	Moody's	S&P e Fitch
Acos Vill	0,008%	0,039%	Aa	AA	A	A
AES Tiete	0,000%	#N/D	Aaa	AAA		
ALL Amer Lat	0,000%	0,000%	Aaa	AAA	Aaa	AAA
Ambev	0,000%	0,000%	Aaa	AAA	Aaa	AAA
Ampla Energ	0,000%	#N/D	Aaa	AAA		
Aracruz	9,696%	29,638%	B	B	Caa	CCC
B2W Varejo	0,828%	#N/D	Ba	BB		
BR Malls Par	0,286%	#N/D	Baa	BBB		
Brascan Res	2,651%	#N/D	Ba	BB		
Brasil T Par	0,000%	0,000%	Aaa	AAA	Aaa	AAA
Brasil Telec	0,000%	0,000%	Aaa	AAA	Aaa	AAA
Braskem	4,552%	22,991%	B	B	Caa	CCC
CCR Rodovias	0,000%	0,000%	Aaa	AAA	Aaa	AAA
Celpa	1,220%	5,030%	Ba	BB	B	B
Cemat	10,626%	#N/D	Caa	CCC		
Cemig	0,000%	0,000%	Aaa	AAA	Aaa	AAA
Cesp	1,214%	#N/D	Ba	BB		
Coelba	0,000%	0,000%	Aaa	AAA	Aaa	AAA

Fonte: Bloomberg e cálculos elaborados pelo autor.

Tabela 3. EDFs e Ratings Estimados

Painel B

Empresa	Modelo		Modelo			
	Merton EDFs	Leland e Toft EDFs	Merton Moody's S&P e Fitch		Leland e Toft Moody's S&P e Fitch	
Copel	0,000%	0,000%	Aaa	AAA	Aaa	AAA
Cosern	0,000%	0,000%	Aaa	AAA	Aaa	AAA
CPFL Energia	0,000%	0,000%	Aaa	AAA	Aaa	AAA
Cyrela Realty	0,551%	1,195%	Baa	BBB	Ba	BB
Dasa	0,000%	0,002%	Aaa	AAA	Aa	AA
Duratex	0,002%	0,013%	Aa	AA	Aa	AA
Elektro	0,000%	#N/D	Aaa	AAA		
Eletropaulo	0,000%	0,000%	Aaa	AAA	Aaa	AAA
Energisa	0,000%	#N/D	Aaa	AAA		
Even	3,184%	#N/D	B	B		
Gafisa	1,283%	2,656%	Ba	BB	Ba	BB
Ger Paranap	0,000%	0,001%	Aaa	AAA	Aa	AA
Gerdau	0,120%	0,458%	Baa	BBB	Baa	BBB
Gol	0,562%	4,034%	Baa	BBB	B	B
Iguatemi	0,000%	0,001%	Aaa	AAA	Aa	AA
JBS	0,469%	2,151%	Baa	BBB	Ba	BB
Klabin S/A	0,003%	0,056%	Aa	AA	A	A
Localiza	0,132%	0,614%	Ba	BB	Baa	BBB
Lojas Americ	0,034%	#N/D	A	A		
Lupatech	1,580%	4,817%	Ba	BB	B	B
Magnesita SA	18,280%	#N/D	Caa	CCC		
Minerva	38,203%	#N/D	Caa	CCC		
MRV	0,131%	#N/D	Baa	BBB		
Multiplan	0,000%	#N/D	Aaa	AAA		
Net	0,000%	0,000%	Aaa	AAA	Aaa	AAA
P.Acucar-CBD	0,000%	0,000%	Aaa	AAA	Aaa	AAA
PDG Realt	0,156%	#N/D	Baa	BBB		
Petrobras	0,000%	0,000%	Aaa	AAA	Aaa	AAA
Rede Energia	17,758%	#N/D	Caa	CCC		
Redecard	0,000%	#N/D	Aaa	AAA		
Sabesp	0,004%	0,025%	Aa	AA	A	A
Sid Nacional	0,003%	#N/D	Aa	AA		
Souza Cruz	0,000%	#N/D	Aaa	AAA		
Suzano Papel	0,066%	0,410%	A	A	Baa	BBB
TAM S/A	1,261%	4,136%	Ba	BB	B	B
Telemar	0,012%	0,163%	Aa	AA	Baa	BBB
Telemar N L	0,013%	0,255%	Aa	AA	Baa	BBB
Tractebel	0,000%	0,000%	Aaa	AAA	Aaa	AAA
Trisul	6,298%	#N/D	B	B		
Ultrapar	0,000%	0,000%	Aaa	AAA	Aaa	AAA
Unipar	60,109%	100,801%	Caa	CCC	Caa	CCC
Usiminas	0,008%	0,034%	Aa	AA	A	A
V C P	0,181%	1,356%	Baa	BBB	Ba	BB
Vale R Doce	0,000%	0,000%	Aaa	AAA	Aaa	AAA
Vicunha Text	31,348%	#N/D	Caa	CCC		
Vivo	0,038%	#N/D	A	A		

Fonte: Bloomberg e cálculos elaborados pelo autor.

7.1. Análise dos Resultados

A Tabela 4 contém os *ratings* nacionais divulgados por Moody's e S&P, e os resultados estimados por ambos os modelos, Merton (1974) e Leland e Toft (1996). Notam-se os seguintes resultados (Tabela 4):

1. Os modelos propostos chegaram ao mesmo resultado (*rating*) em 51% dos casos, sendo que em 46% dos casos os *ratings* estimados pelo modelo de Leland e Toft foram inferiores em relação aos estimados pelo modelo de Merton;
2. Em 22% dos casos, os *ratings* estimados pelo modelo de Merton foram iguais aos *ratings* das agências (considerando, em caso de divergência, a fim de comparação, que o *rating* de tal empresa fosse o menor entre as agências), em 39% os *ratings* pelo modelo de Merton foram inferiores, e, conseqüentemente, nos demais 39% dos casos, os resultados obtidos foram superiores aos das agências;
3. E, por fim, em 17% dos casos os *ratings* obtidos pelo modelo de Leland e Toft foram iguais aos das agências, sendo que em 44% das vezes esses resultados foram inferiores e, em 39%, superiores aos *ratings* dados pelas agências.

Tabela 4. Comparação dos Ratings Estimados

Painel A

Empresa	Ratings			Modelo			
	S&P	Moody's	Fitch	Merton		Leland e Toft	
				Moody's	S&P e Fitch	Moody's	S&P e Fitch
Acos Vill	A+			Aa	AA	A	A
AES Tiete			A	Aaa	AAA		
ALL Amer Lat	A-		BBB+	Aaa	AAA	Aaa	AAA
Ambev	AAA		AAA	Aaa	AAA	Aaa	AAA
Ampla Energ	A+			Aaa	AAA		
Aracruz	AA	WR	A	B	B	Caa	CCC
B2W Varejo			A	Ba	BB		
BR Malls Par	A			Baa	BBB		
Brascan Res			A+	Ba	BB		
Brasil T Par	AA+		AA+	Aaa	AAA	Aaa	AAA
Brasil Telec	AA+	Aa1	AA+	Aaa	AAA	Aaa	AAA
Braskem	AA		AA	B	B	Caa	CCC
CCR Rodovias	A+		A	Aaa	AAA	Aaa	AAA
Celpa		Ba1		Ba	BB	B	B
Cemat			BBB	Caa	CCC		
Cemig			A+	Aaa	AAA	Aaa	AAA
Cesp	BBB-			Ba	BB		
Coelba	AA+			Aaa	AAA	Aaa	AAA

Fonte: Bloomberg e cálculos elaborados pelo autor.

Tabela 4. Comparação dos *Ratings* Estimados

Painel B

Empresa	Ratings			Modelo			
	S&P	Moody's	Fitch	Merton		Leland e Toft	
				Moody's	S&P e Fitch	Moody's	S&P e Fitch
Copel		Aa1	AA	Aaa	AAA	Aaa	AAA
Cosern	AA+			Aaa	AAA	Aaa	AAA
CPFL Energia	AA+		AA	Aaa	AAA	Aaa	AAA
Cyrela Realty	A+		A+	Baa	BBB	Ba	BB
Dasa	A		A+	Aaa	AAA	Aa	AA
Duratex			AA-	Aa	AA	Aa	AA
Elektro	AA-			Aaa	AAA		
Eletropaulo	A+		A	Aaa	AAA	Aaa	AAA
Energisa	A		A	Aaa	AAA		
Even			BBB+	B	B		
Gafisa	A-		A-	Ba	BB	Ba	BB
Ger Paranap	AA-			Aaa	AAA	Aa	AA
Gerdau	AAA		AA+	Baa	BBB	Baa	BBB
Gol			A+	Baa	BBB	B	B
Iguatemi	AA-			Aaa	AAA	Aa	AA
JBS			BBB+	Baa	BBB	Ba	BB
Klabin S/A	AA			Aa	AA	A	A
Localiza	AA-			Ba	BB	Baa	BBB
Lojas Americ			A	A	A		
Lupatech	A-			Ba	BB	B	B
Magnesita SA	A-			Caa	CCC		
Minerva			BBB	Caa	CCC		
MRV			A+	Baa	BBB		
Multiplan	AA-			Aaa	AAA		
Net	AA-			Aaa	AAA	Aaa	AAA
P.Acucar-CBD			A	Aaa	AAA	Aaa	AAA
PDG Realt	BBB+			Baa	BBB		
Petrobras			AAA	Aaa	AAA	Aaa	AAA
Rede Energia			BBB	Caa	CCC		
Redecard			AAA	Aaa	AAA		
Sabesp	A+		A+	Aa	AA	A	A
Sid Nacional	AA+		AA	Aa	AA		
Souza Cruz	AAA			Aaa	AAA		
Suzano Papel			AA-	A	A	Baa	BBB
TAM S/A	A+		A+	Ba	BB	B	B
Telemar	AA+		AA+	Aa	AA	Baa	BBB
Telemar N L			AA+	Aa	AA	Baa	BBB
Tractebel	AA		AA	Aaa	AAA	Aaa	AAA
Trisul			A-	B	B		
Ultrapar	AA+			Aaa	AAA	Aaa	AAA
Unipar			A	Caa	CCC	Caa	CCC
Usiminas	AAA	Aaa	AA+	Aa	AA	A	A
V C P		Aa2	AA-	Baa	BBB	Ba	BB
Vale R Doce	AAA	Aaa	AA+	Aaa	AAA	Aaa	AAA
Vicunha Text	BB			Caa	CCC		
Vivo	AA-			A	A		

Fonte: Bloomberg e cálculos elaborados pelo autor.

Esperava-se, devido à crise econômica mundial vivenciada desde meados de agosto/setembro de 2008, que os *ratings* estimados pelos modelos de risco de crédito baseado nos preços de ações subestimasse os *ratings* das agências. Tal expectativa se deve ao fato da maior sensibilidade que tais modelos têm a mudanças nos preços das ações. Ou seja, quando o mercado estiver em alta, espera-se que os *ratings* obtidos superestimem a verdadeira capacidade do emissor honrar seus pagamentos, e, em mercados de baixa, que essas estimativas subestimem a capacidade do mesmo de honrar seus compromissos. Já as agências de *ratings* possuem um processo mais lento para alterar sua opinião acerca da capacidade de um emissor honrar seus pagamentos. Portanto, os modelos de risco de crédito baseado em preços de ações podem ser indicadores dos *ratings* das agências, por alterar mais rapidamente suas estimativas, como também, podem refletir de forma exagerada mudanças nos preços das ações, não necessariamente indicando que houve uma deterioração na capacidade da firma de honrar seus compromissos, e, de fato, não havendo necessidade de alterações nos *ratings*.

Apesar de se esperar que os *ratings* estimados em geral subestimasse os *ratings* das agências, notou-se um equilíbrio entre os *ratings* superestimados (39% em ambos os modelos) e subestimados (39% no modelo de Merton e, 44% pelo modelo de Leland e Toft) pelos modelos. Ou seja, mesmo estando em um mercado de baixa, apesar da recuperação ao longo do ano de 2009, os preços ainda estão aquém daqueles pré-crise, os modelos não viesaram para baixo os resultados obtidos.

Quando se compara os resultados estimados pelos dois modelos, nota-se que em 51% dos casos eles chegaram ao mesmo resultado e, em 46% das vezes, o modelo de Leland e Toft obteve *ratings* inferiores ao modelo de Merton. Basicamente dois possíveis fatores podem explicar esses resultados: (i) é o efeito dividendo/juro, que não é levado em conta no modelo de Merton, representando saídas de caixa ao longo da maturidade da dívida, o que pode explicar o aumento da probabilidade de *default* das empresas, e, (ii) o fato de que o *default*, no modelo de Leland e Toft, pode ocorrer a qualquer momento ao longo da maturidade da dívida, aparentemente, elevou o risco de crédito das empresas, contribuindo também para explicar o fato de que aproximadamente na metade das observações o modelo de Leland e Toft obteve *ratings* inferiores aos do modelo de Merton.

7.2. Comparações com Resultados de Trabalhos Anteriores

Ao comparar os resultados deste trabalho com os trabalhos de Minardi (2008) e Carrete e Oliveira (2006) nota-se o seguinte:

1. Em Minardi (2008), 60% dos *ratings* estimados foram coincidentes com os *ratings* das agências, e, em 26,67% das vezes, os *ratings* foram superestimados;
2. Em Carrete e Oliveira (2006), encontrou-se que em 50% das vezes, considerando o mesmo ponto de inadimplência exógeno deste trabalho, houve aderência dos *ratings* estimados com os das agências.

Em relação ao trabalho de Minardi (2008), que se utilizou do modelo de Merton (1974), a diferença de aderência dos *ratings* pode estar relacionada ao universo de empresas utilizadas. Minardi utilizou-se de dados de fechamento de 2004, totalizando um universo de 15 empresas com *ratings* pelas agências Moody's e Standard&Poor's, sendo que, no atual trabalho, este universo saltou para 64 empresas. Contudo, mesmo assim, a diferença de aderência foi considerável, dado que, como já dito anteriormente, em apenas 22%, pelo modelo de Merton (1974) e, 17%, pelo modelo de Leland e Toft (1996), houve aderência entre as estimativas e os *ratings* das agências.

Já ao compararem-se os resultados do modelo de Carrete e Oliveira (2006), que se utilizam do modelo de Leland e Toft (1996), nota-se também uma diferença considerável de aderência dos resultados estimados com os das agências. Há também, neste caso, uma diferença de tamanho entre as bases de dados. Neste trabalho, pôde-se estimar os *ratings* de crédito pelo modelo de Leland e Toft (1996) de 41 empresas, sendo que Carrete e Oliveira (2006), ao utilizar dados de fechamento de 2005 e apenas de empresas pertencentes ao índice Ibovespa, puderam estimar *ratings* de crédito de apenas 15 empresas.

8. Conclusão

Os resultados estimados, em geral, não foram convergentes com os *ratings* das maiores agências de *ratings*, Standard&Poor's, Moody's e Fitch. Tal resultado de certa forma confronta os resultados obtidos de alguns autores para o mercado brasileiro.

O presente trabalho pôde realizar a comparação dos resultados obtidos com os *ratings* das agências de um número consideravelmente maior de empresas do que os trabalhos realizados anteriormente para o mercado brasileiro, pois, desde então, o número de empresas brasileiras com *ratings* emitidos cresceu substancialmente. Contudo, analisar a maior robustez dos resultados deste somente pelo maior número de observações pode ser equivocado, uma vez que os modelos de risco de crédito baseado em preços de ações partem do pressuposto básico de que os preços das ações refletem de fato as expectativas do mercado acerca de determinada empresa. Como neste trabalho algumas empresas da amostra não possuem alta liquidez, o que não é o caso tanto no trabalho de Minardi (2008) e Carrete e Oliveira (2006), pode ser que os preços das ações não reflitam tais expectativas, rompendo com um dos pressupostos para o bom funcionamento do modelo.

Sendo assim, pode-se concluir do presente trabalho o seguinte: (i) de acordo com os resultados obtidos neste trabalho, os modelos de risco de crédito baseado em preços de ações não possuem um alto grau de aderência, ao considerar ações líquidas e ilíquidas, em relação aos *ratings* das agências internacionais de *ratings*, e, (ii) quando se incorpora o efeito dividendo/juro e a possibilidade de que o *default* possa ocorrer a qualquer instante do tempo ao longo da maturidade da dívida, nota-se uma piora dos *ratings* estimados.

Como extensão a este trabalho, sugere-se a utilização do ponto de inadimplência endógeno proposto pelo modelo de Leland e Toft (1996), uma vez que a utilização de um ponto de inadimplência exógeno e derivado empiricamente do mercado de ações americano parece não ser adequado, e, a separação da amostra por algum critério de liquidez, para que se possa testar de fato se há alguma diferença de aderência do modelo aos *ratings* das agências entre esses dois grupos.

Referências

ARORA, N., J. R. BOHN e F. ZHU. **Reduced form vs. structural models of credit risk: a cases study of three models.** White Paper, Moody's KMV, 2005.

BLACK, F. e COX, J.. Valuing corporate securities: some effects of bond indenture provisions. **The Journal of Finance**, v. 31, n. 2, p. 351 – 367, 1976.

BLACK, F. e M. SCHOLES. The pricing of options and corporate liabilities. **The Journal of Political Economy**, v. 81, n. 3, p. 637-654, 1973.

CAOQUETTE, J., ALTMAN, E., e NARAYANAN, P. **Managing credit risk: the next great financial challenge.** 1.ed. John Wiley & Sons, Inc., 452p., 1998.

CARRETE, L. S. e R. d. F. OLIVEIRA. Estimativa do risco de inadimplência e ponto de inadimplência utilizando informações de mercado. In: Encontro Brasileiro de Finanças, 6, 2006, Vitória. **Anais...** Vitória, ES, Brasil, 2006.

CHAIA, A. J. **Modelos de gestão de risco de crédito e sua aplicabilidade ao mercado brasileiro.** São Paulo, 1996. 90 f. Dissertação de Mestrado, FEA/USP. São Paulo, 2003.

CROSBIE, P. e J. BOHN. **Modeling default risk.** White Paper, Moody's KMV, 2003.

CROUHY, M., GALAI, D., e MARK, R.. **Risk management.** 1.ed. Nova York, NJ: McGraw-Hill, 718 p., 2000.

HULL, J. e A. WHITE. **Valuing credit default swaps: no counterparty default risk.** Working Paper- University of Toronto, 2000.

JARROW, R. A. e S. M. TURNBULL. Pricing derivatives on financial securities subject to credit risk. **The Journal of Finance**, v. 50, n. 1, p. 53-85, 1995.

LELAND, H. E. e K. B. TOFT. Optimal capital structure, endogenous bankruptcy, and the term structure of credit spreads. **The Journal of Finance**, v. 51, n. 3, p. 987-1019, 1996.

LONGSTAFF, F. A. e E. S. SCHWARTZ. A simple approach to valuing risky fixed and floating rate debt. **The Journal of Finance**, v. 50, n. 3, p. 789-818, 1995.

MERTON, R. C.. On the pricing of corporate debt the risk structure of interest rates. **The Journal of Finance**, v. 24, n. 4, p. 449-470, 1974.

MINARDI, A. M. A. F.. Probabilidade de inadimplência de empresas brasileiras refletida nas informações do mercado acionário. **RAC-Eletrônica, ANPAD**. v. 2, n. 2, p. 311-329, 2008.

MOODY'S INVESTOR SERVICE. Special **Comment: Corporate Default and Recovery Rates, 1920-2008**. 2008. Disponível em http://www.moodys.com/moodys/cust/research/MDCdocs/25/2007400000578875.pdf?doc_id=2007400000578875&frameOfRef=corporate. Acesso em 15 de março de 2009.

SERVIGNY, A. e RENAULT, O. **Measuring and Managing credit risk**. Nova York, NJ: McGraw-Hill, 466p., 2004.