ANÁLISE COMPARATIVA DE MODELOS DE AJUSTE DA ESTRUTURA TEMPORAL DA PROBABILIDADE DE DEFAULT

Alexandre Aagesen; Lucas Garcia Lauria; Raphael Chacur Netto; Renato Fabbri Eisele; Vlademir Edson Mazutti Filho
Orientador: Herbert Kimura

RESUMO

Este trabalho busca uma maneira de flexibilizar a fórmula de capital requerido, proposta pela Basiléia no que diz respeito à *maturity* da carteira, com o intuito de melhor determinar o capital de segurança necessário para títulos e carteiras de crédito com *Maturities* acima de 1 ano. O novo acordo de Basiléia II propõe um ajuste para a *Maturity* na fórmula, porém, esta não é clara, detalhada e sequer testada empiricamente com dados histórico. O modelo proposto neste artigo exige um maior valor para a segurança da carteira (ou da instituição), porém por abordar o risco mais intimamente, apresenta um nível de segurança maior para o mesmo e para o mercado de crédito como um todo, aumentando assim sua eficácia quando comparado ao modelo proposto pelo comitê da Basiléia II.

Palavras-chave: *default*, *Maturity*, Basiléia II, risco de crédito.

1. INTRODUÇÃO

Com a iminente implementação das regras atualizadas do comitê de Basiléia (Basiléia II), o mercado de crédito brasileiro se prepara e questiona as medidas, buscando as melhores maneiras de aderir a esse novo formato internacional. A flexibilidade natural da nova regulamentação abre espaço para estudos e melhorias em relação aos modelos previamente usados.

Enquanto o modelo da Basiléia sugere uma *maturity* fixa de um ano, a nova fórmula proposta permite ao estudo de probabilidade de *default* em um universo mais abrangente de horizontes de tempo e mais próximo ao que existe no mercado. Em particular, o estudo envolve a implementação do modelo de Petrov e Pomazanov (2009), para ajuste da probabilidade de *default* em função da *maturity* de um título de dívida. A pesquisa contempla a programação do modelo em VBA (Visual Basic for Applications) do Excel e sua aplicação para estimativas de probabilidade de *defaults* de títulos de dívida de diferentes classificações de *rating* para os anos de 2005 a 2009.

Finalmente, serão comparados os dois modelos, usando uma carteira teórica, com dados reais de mercado adquiridos em bases de dados confiáveis (Bloomberg) e grandes empresas classificadoras de crédito (Moody's), para tornar possível uma análise profunda das melhorias alcançadas em se usar um, ou outro modelo. Os resultados sugerem que o modelo exige um maior valor para a segurança da carteira (ou da instituição), porém por abordar o risco mais intimamente, apresenta um nível de segurança maior para o mesmo e para o mercado de crédito como um todo, aumentando assim sua eficácia quando comparado ao modelo proposto pelo comitê da Basiléia II.

O comitê da Basiléia, os agentes de mercado e os principais modelos de portifólios (CreditPortfolioView, CreditRisk+, CreditPortfolioManager, CreditMetrics, entre outros) concordam que, para medir o risco de crédito, é necessário estipular um período base. Assume-se também, com unanimidade, que quanto maior o período de uma aplicação (empréstimo, título, etc.), maior o risco incorrido na operação.

A maioria dos modelos de análise de risco de crédito e gerência de portifólios (inclusive o proposto pelo comitê da Basiléia), consideram uma *Maturity* base de (normalmente) um ano, independente de qual seja a real *Maturity* da carteira (ativo, título, empréstimo), o que pode distorcer a realidade do estudo.

Isto posto, cabe procurar uma alternativa adequada que contemple os diversos vencimentos existentes no mercado. Para tanto, será explorada a fórmula que Vasicek elaborou em 1977, baseado na teoria de Merton (1974) que relaciona as dívidas às opções financeiras. O modelo final deverá ser uma adaptação deste, porém que contemple uma *Maturity* flexível.

Os *ratings* e probabilidades de *Default* (PD) usadas para os cálculos são as divulgadas pela empresa de *Rating* Moody`s.

1.1 Objetivo Geral

Identificar a aplicação do modelo de Petrov e Pomazanov (2009) para ajuste do cálculo de capital necessário em função do risco de crédito que leve em consideração, vencimentos maiores que um ano.

1.2 Objetivos Específicos

O trabalho contempla a implementação computacional do modelo de Petrov e Pomazanov (2009) através da criação de funções e rotinas em VBA do Excel, bem como a comparação de resultados desse modelo com o proposto pelo comitê da Basileia.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Risco de Crédito

Segundo Céspedes et al (2010), Risco de Crédito de Contraparte é o risco de a contraparte entrar em default antes da data fixada para o último fluxo de caixa.

Nesta linha de raciocínio Giesecke (2004) aborda o mesmo tema e vai além. Segundo o autor, o risco de crédito é a distribuição de perdas financeiras, em relação à contraparte em um acordo financeiro. O risco está presente em todas as transições financeiras. Por conseguinte, o *default* é definido pelo fato da contraparte, não honrar o contrato financeiro. Para o cálculo da probabilidade de *default*, é necessário especificar, o modelo de definição do evento "*default*" e um modelo com os dados históricos com sua evolução conforme o tempo. Desta maneira, para o cálculo do custo do crédito, a probabilidade de *default* é de suma importância. Para a precificação deste custo, Giesecke cita o ativo livre de risco, o desenvolvimento de um sistema de recuperação de *default* e um modelo para investidores Premium.

Sobre o assunto Stephanou e Mendoza (2005) utilizam definição semelhante. Segundo os autores, o risco de crédito caracteriza-se pelo risco de *default*, que retrata o risco da contraparte ou credor de não honrar com a dívida com a contraparte no acordo previamente determinado. Uma compreensão mais profunda trataria juntamente o risco do valor, que é o risco do cliente ou contraparte ser rebaixada para um *rating* de crédito menor, sem necessariamente entrar em *default*. Para se protegerem da volatilidade e do risco de crédito, os bancos desenvolveram metodologias para quantificar estes riscos e poderem se manter sem maiores problemas.

Segundo Giesecke (2004), existem três maneiras quantitativas para analisar o crédito. A primeira delas é a forma estrutural, onde os seguintes itens são relacionados na precificação: a estrutura de capital, política de dívidas e os acionistas. Já a forma reduzida não explica por que um acordo entra em *default*, deste modo, a dinâmica do *default* é feito através de um *default* rate ou intensidade. Desta maneira, o cálculo do preço de um crédito é feito através do ativo livre de risco ajustando seu spread pela intensidade ou *default* rate. E a forma incompleta utiliza ambas as modelagens citadas acima e utiliza o que de melhor existe nestes modelos, a parte intuitiva e econômica da forma estrutural e a rastreabilidade e a forma empírica do modelo reduzido.

Já Markowitz (1952),define que dado um retorno "E" e uma variância V (usada como medida de risco) a relação de E-V afirma que um investidor vai (ou pelo menos deveria) querer escolher um dos portfólios que renda mais (maior E) para um determinado nível de V, ou um com o menor V para um determinado nível de V.

De acordo com Petrov e Pomazanov (2009), existem 2 tipos de perdas de créditos que um banco pode sofrer: as inesperadas e as esperadas. Se, por um lado, o banco consegue gerenciar uma média de perdas esperadas, existem também perdas inesperadas que o banco não está apto para administrar, e que devem ser cobertos pelo seu capital econômico.

1.2 Comitê Da Basiléia

Um dos temas mais importantes para o controle de risco são os acordos de Basiléia. Herring (2007) cita que em 1987, o acordo de Adequação de Capital (Basiléia I), estabeleceu um padrão para a regulamentação de capital internacional para bancos. Levando em consideração os princípios utilizados no G10, o projeto revelou um foco em:

- Definir o capital regulatório;
- Mensurar os ativos por "tamanho-risco";
- Definir a razão mínima aceitável para capitais regulados por um modelo de "tamanho-risco".

Ainda segundo o autor, Basiléia I se focou em risco de credito porque, além de fraudes, este tema sempre foi a maior causa de falência entre bancos. As idéias centrais do acordo foram em direção de dois objetivos: simplicidade e evitar concessões a micro gestores. Foram estabelecidos quatro cestas baseados amplamente na identificação do financiado e ainda assim, realizar a diversificação no portfólio. Em um extremo, ativos seguros como títulos públicos do governo, entrando na cesta de risco 0%, enquanto o outro extremo, empréstimos tradicionais entrando na cesta com 100% no "tamanho-risco".

Ainda sobre este acordo Stephanou e Mendoza (2005) descrevem que o acordo de Basiléia I, publicado em 1988, representou uma convergência internacional sobre regulamentação e supervisão de capital, o principal foco do acordo era promover estabilidade para o sistema bancário internacional, interferindo na imposição de um capital mínimo para o risco de crédito, este acordo foi adotado por 120 países pelo mundo. Seguindo o conceito da Basiléia, o Comitê de Basiléia, em 2004, revisou o acordo e a adequação de capital, desta maneira, formando diretrizes para a Basiléia II. O principal objetivo deste acordo é fortalecer e estabilizar o sistema internacional bancário através de uma melhoria na administração de risco, realizando a otimização da política de concessão de capital.

Discutindo sobre o assunto Davis(2006), diz que Basiléia I e II são tentativas coletivas e formais de reguladores multinacionais da indústria global de serviços bancários para normatizar definições, regras e procedimentos para administrar o capital e o risco das atividades das instituições que esses regulam. O processo de formulação dos dois acordos, dada as diferenças em padrões regulatórios e práticas de contabilidade de país para país, servem como uma apropriada amostra da dificuldade do processo de fazer as políticas para todo o regime regulatório de serviços financeiros internacional. Davis considera que a chave para o entendimento da regulação dos serviços financeiros internacionais repousa em ser capaz de articular as mudanças em três níveis de análise (ambiental, organizacional e individual) que interagem simultaneamente para formar a política regulatória. A análise ambiental engloba mudanças no ambiente tecnológico, econômico; a análise organizacional trata das relações entre empresas e com a sociedade e por fim a individual aborda aspectos do comportamento e características individuais.

Segundo Stephanou e Mendoza (2005) Basiléia II consiste em praticamente três elementos:

- Pilar 1, requerimentos mínimos para o risco de crédito e operacional.
- Pilar 2, demonstra o direcionamento para o processo de controle e supervisão
- Pilar 3, requer que os bancos publiquem as informações-chave sobre o risco.

Com estes conceitos, Ayari (2006) descreve que o efeito da implementação da Basiléia II nas instituições financeiras iniciou um grande debate sobre as regras propostas para o capital e a adequação das estimativas de perdas por *default* dos bancos. O desafio é saber como o risco e suas consequências mudam com o tempo e como isto está relacionado com a economia. Atualmente, isso representa um problema crítico para os bancos e reguladores para corretamente estabelecer o nível requerido de capital, sendo que isso pode mudar também para os legisladores responsáveis e bancos centrais, dado o potencial impacto na estabilidade financeira. O autor cita que a Basiléia II leva a um interesse renovado nas formas de mensuração e modelagem de parâmetros em modelos de carteiras em crédito de risco, probabilidade de *default*, taxas de recuperação de perdas e correlação, sendo que isso acontece em conjunção com o alto crescimento do mercado de derivativos de crédito para os quais o preço desses diferentes instrumentos é referente aos mesmos insumos.

Segundo Cespedes et al. (2010, p.72), o acordo de Basiléia II certifica aos bancos, o uso de uma base aproximada de *ratings* internos, para convencionar o capital mínimo nas transações. Para esta medida de capital, é utilizada uma fórmula com os pesos dos riscos, onde são utilizados quatro dados quantitativos providenciados pela contraparte, são eles: PD (probabilidade de *default*), EAD (exposição ao *default*), LGD (perda conseqüente ao *default*) e M (*maturity*). Fórmula similarmente citada por Petrov e Pomazanov (2009), que explicam os pesos pelos dados: de probabilidade de *default*, exposição de *default*, perda após o *default* e a *maturity* afetiva.

Segundo Rucker (2006), a equação chave da nova proposta de Basiléia II inclui uma das piores variáveis, que poderia elevar os níveis necessários de capital em muitos dos maiores bancos. A equação diz respeito "a perda esperada por *default*", ou ELGD, um novo termo acrescentado a interação do processo de regulamentação de Basiléia II. Segundo a nova proposta, um banco teria que fatorar condições de "recessão econômica" quando calcular perdas por *default*. Isso se aplicaria se um banco usou a fórmula padrão fornecida pelos reguladores ou se ele conseguiu a aprovação de reguladores para usar uma fórmula que ele criou. Forçar os bancos a considerar condições econômicas ruins quando avaliam a qualidade do empréstimo elevaria as perdas esperadas e, por sua vez os níveis de capital necessário.

De acordo com Li et al. (2009) as principais instituições financeiras com diferentes carteiras de crédito e estrutura de transações díspares enfrentam uma crescente necessidade de medir o desempenho de múltiplos modelos de perda por *default* (LGD) de uma maneira simples, eficaz e coerente. Quando o *default* sistemático e o processo de coleta de dados recuperados tornam-se comum e por toda empresa dados empíricos são acessíveis, a capacidade de mensurar coerentemente e gerenciar modelos de LGD se torna parte integrante de qualquer estrutura de gestão de risco de crédito das instituições. O artigo cita ainda que na prática um modelo de LGD deve ser revisto periodicamente como parte do seu ciclo de vida, pois isso é fundamental para se avaliar o atual desempenho do modelo e comparar com sua performance histórica, para assim determinar a próxima fase de avaliação do modelo. Sobre o assunto, Gibilaro e Mattarocci, (2007) descrevem que o LGD (perda por *default*) é a proporção de perdas devido à exposição ao *default*. Ela inclui perdas do principal, custos advindos de empréstimos sem desempenho e despesas do exercício. Análises na literatura sobre risco de recuperação (*recovery risk*) tem sido de grande interesse dos acadêmicos, especialmente nos últimos anos. De particular interesse são os fatores que influenciam o LGD e os métodos mais corretos para medi-lo, porém, as contribuições propostas até o momento não identificaram uma solução ideal para a sua análise. Segundo (Grunert e Weber, 2005), os fatores que influenciam o LGD podem ser classificados em quatro macro categorias: características do devedor, aspectos relativos ao relacionamento, elementos distintivos do contrato e fatores macroeconômicos.

1.3 Modelos Quantitativos

Segundo Merton (1974), o valor específico de uma dívida corporativa depende essencialmente de três itens:

- A taxa exigida de retorno em títulos livres de risco.
- As diversas provisões e restrições contidas no contrato
- A probabilidade da empresa não estar apta para cumprir com as exigências do contrato.

Enquanto diversas teorias e estudos empíricos eram publicados sobre o termo de estrutura das taxas de juros, não houve nenhum desenvolvimento sistemático sobre a teoria de precificação de obrigações quando existe uma significante probabilidade de *default*. O uso do termo “risco” é restrito a possibilidade (imprevista) de ganho ou perda dos credores como resultado de mudanças na probabilidade de *default* e não inclui os ganhos e perdas inerentes a todas as obrigações causadas por alterações (imprevistas) nas taxas de juros em geral. Durante a maior parte da análise, assumiu-se uma estrutura de prazo determinado e, portanto as diferenças entre as obrigações irão ser exclusivamente causadas por diferenças na probabilidade de *default*.

Para Black e Scholes apud Merton (1974) a teoria geral e completa de precificação de opções que é particularmente atrativa porque a fórmula final é uma função de variáveis “observáveis”. Entretanto, o modelo foi submetido a testes empíricos que eles realizaram com algum sucesso. Merton explicou e estendeu o modelo de Black-Scholes. Enquanto opções são instrumentos financeiros altamente especializados e relativamente sem importância, tanto o trabalho de Black e Scholes quanto o de Merton reconhecem que a mesma abordagem básica pode ser aplicada no desenvolvimento de uma teoria de precificação de passivos corporativos em geral.

A partir disso foi possível encontrar a fórmula (1), em que:

$$\frac{1}{2}\sigma^2 V^2 F_{vv} + rVF_v - rF - F_r = 0 \quad (1)$$

F= Valor da divida emitida

V= F(V,τ) + f(V, τ) em que f é o valor do patrimônio.

T= T i t que é o tempo do contrato

Como uma aplicação específica da fórmula apresentada anteriormente, examinaremos um simples caso de precificação de dívida de uma empresa. Supondo que a empresa tenha duas classes de obrigações:

1. Uma dívida homogênea
2. Uma parte de capital próprio.

Supondo que exista um acordo de emissão de debênture que contenha as seguintes provisões e restrições:

A empresa se compromete a pagar o valor total de X dólares para os credores em uma determinada data T.

Na data prevista o pagamento não é realizado e os credores imediatamente assumem o controle da companhia (assim os acionistas não recebem nada).

A empresa não pode emitir novas dívidas e nem distribuir dividendos ou recomprar na *maturity* da obrigação.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Foi realizada uma pesquisa quantitativa descritiva, com o intuito de melhor determinar o capital de segurança necessário para títulos e carteiras de crédito com *Maturities* acima de 1 ano.

Para essa pesquisa foram utilizados dados secundários do mercado. Esses dados (*ratings* e probabilidades de *default*) serão suficientes para o estudo e utilizados de base de dados, entre elas a Moody´s.

A amostra foi formada por dados secundários, com informações de 2005 a 2009. Esse intervalo de 5 anos terá importância ponderada quanto à proximidade da data final (sendo mais importante na relação as data mais atuais). Foi escolhido esse período porque foi o período em que o novo acordo da Basiléia II foi implementado mundialmente, apesar de ainda não ter sido implementado no Brasil.

A partir da utilização de uma estimativa de tempo (M*aturity*) mais adequada do que uma simples suposição base, é possível fazer uma análise do risco incorrido mais próxima da realidade. Além disso, uma medida mais precisa de risco indica exatamente o capital necessário para cobrir eventuais perdas inesperadas.

O novo acordo de Basiléia II propõe um ajuste para a *Maturity* na fórmula. Porém, esta não é clara, detalhada e sequer testada empiricamente com dados históricos.

Com isso foi considerado o modelo de Vasicek de fator único (baseado em Merton), em que a fórmula de capital requerido é ajustada para acomodar *Maturities* maiores que um ano.

Para isso serão considerados os seguintes dados e processos:

- *Ratings* divulgados por empresas especializadas em *Rating* que serão analisados de acordo com a probabilidade de *default* (PD) acumulada;
- Funções especiais são propostas para aproximar probabilidades acumuladas continuas de *default* por *Rating*;
- Um ajuste para a *Maturity* apropriado é calculado;
- O ajuste encontrado é comparado com o sugerido pelo Basiléia II.

3.1 O Cálculo do Capital Necessário

A discussão a seguir, voltada à descrição do modelo de ajuste de requisito de capital em função do horizonte de tempo de uma posição em crédito, baseia-se em Petrov e Pomazanov (2009). Para tal processo deve ser considerado a derivação da fórmula do capital necessário. Vale lembrar que, diferentemente da Basiléia II, o limite de tempo (1 ano) não é fixo, admitindo-se uma *Maturity* flexível.

Assim, é assumido como *default* se o valor do ativo na *maturity* T ficar abaixo do valor contratual B da obrigação e considera-se A como o valor do ativo. O valor de T é representado pela equação abaixo, na qual X é uma variável padrão:

$$\log \mathrm{A(T)} = \log(\mathrm{A}) + \mu\mathrm{T} - \frac{1}{2}\sigma^2\mathrm{T} + \sigma\sqrt{\mathrm{T}}\mathrm{X} \qquad (2)$$

A probabilidade de *default* em um horizonte T de risco (PD_T) é igual à probabilidade dos ativos caírem abaixo do nível das obrigações do devedor:

$$\mathrm{PD_T} = \left[\frac{PDn}{100} \times \left(\frac{1-\exp(-T \times a)}{1-\exp(-a)}\right) + \left\{\left(\frac{1-\exp(-T\ x\ a)}{1-\exp(-a)}\right) - \left(\frac{1-\exp(-T\ x\ b)}{1-\exp(-b)}\right)\right\} \times \frac{1-\exp(-b)}{100 \times b}\right] \qquad (3)$$

Onde “a” e “b” são variáveis em função da probabilidade de *default* da seguinte maneira:

$$\mathrm{a(PD)} = alpha \times \exp(beta \times \ln(100 \times PD)) \qquad (4)$$

$$b(PD) = alpha \times \exp(-(beta \times \ln(100 \times PD) - gama)^2 \qquad (5)$$

Ambas as fórmulas resultando nos fatores da tabela 1:

Tabela 1 – Fatores de Correção

	2005		2006		2007		2008		2009	
	a(PD)	b(PD)	a(PD)	b(PD)	a(PD)	b(PD)	a(PD)	b(PD)	a(PD)	b(PD)
alpha	0,097059	1,07753	0,150082	1,077529	0,162615	1,077529	0,140482	1,07753	0,111111	1,077529
beta	0,643356	0,381241	0,59803	0,354387	0,597482	0,354061	0,669986	0,39703	0,725912	0,430171
gama		0,538818		0,28054		0,233012		0,319718		0,458711

Fonte: autores

Já N (x) é a distribuição cumulativa normal em função de x.

A variável X é o padrão normal e pode ser representado como:

$$\mathrm{X} = \mathrm{Y}\sqrt{\rho} + \mathrm{Z}\sqrt{1-\rho} \qquad (6)$$

Nesta fórmula, X e Y são ambas variáveis independentes e normais. A variável Y pode ser interpretada como um fator comum, podendo ser um índice econômico, no intervalo entre (0, T). A variável ρ representa a correlação entre o tomador com o estado da economia. Ainda nesta fórmula, o termo $Y\sqrt{\rho}$ é a exposição da organização com o fator comum, e o fator $Z_i\sqrt{1-\rho}$ representa o risco específico da companhia.

Assim sendo, a probabilidade de *default* é avaliada como a expectativa do fator comum Y. Quando ela é fixada, a probabilidade de *default* condicional é:

$$\mathrm{pd}(Y) = N\left(\frac{N^{-1}(PD_t) - Y\sqrt{\rho}}{\sqrt{1-\rho}}\right) \qquad (7)$$

Para o pior cenário econômico o fator comum recebe magnitude dada por N^{-1} (α) com alguns níveis de confiança α (α = 0,999 no quadro de Basiléia II). Então, a pior probabilidade condicional de *default* é:

$$\mathrm{pd}(\alpha) = N\left(\frac{N^{-1}(PD_t) + N^{-1}(\alpha)\sqrt{\rho}}{\sqrt{1-\rho}}\right) \qquad (8)$$

Sob este caso de pior cenário, as perdas serão também as mais graves. A exigência de capital para um empréstimo é então dada por:

$$\text{Capital requerido}\ (PD_t, \alpha, \rho, EAD, LGD) = EAD \cdot LGD \cdot \frac{(\mathrm{pd}(T,\alpha,\rho) - PD_t)}{(\mathrm{pd}(1,\alpha,\rho) - PD)} \qquad (9)$$

Portanto, dada a probabilidade de *default* no horizonte de tempo T, o capital requerido pode ser calculado pelo mesmo horizonte de tempo.

3.2 Ajuste da *maturity* segundo a Basiléia

A fórmula de Basiléia II de capital requerido inclui componentes responsáveis pela *maturity* (ajuste de *maturity* Basiléia). Este ajuste segue a regressão da Gestão de portfólio KMV.

O ajuste segue como uma penalidade para as *maturities* acima de um ano. A dependência da *maturity* é linear para as mudanças do horizonte de risco de um para cinco anos, transformado no seguinte:

$$\text{Ajuste de } maturity \text{ Basiléia} = \frac{1 + (T - 2.5)\cdot b(PD)}{1 - 1.5\cdot b(PD)} \qquad (10)$$

Onde PD é o risco de *default* de um ano.

$$b(PD) = (0.11852 - 0.05478\log(PD))^2 \qquad (11)$$

Os *ratings* de *default* são publicados pelas maiores agências de risco, como a Fitch *Ratings*, Moody’s e Standard and Poor’s e mostram que a probabilidade de *default* cresce de acordo com o horizonte de risco.

Então existe a necessidade da realização de um ajuste de probabilidades de *default* de um ano, para que seja possível considerar as *maturities* que excederem mais de um ano. Conseqüentemente, o ajuste de capital requerido é necessário quando o horizonte de mais de um ano for excedido.

Pode ser notado que resultados similares são achados em bancos de dados destas diversas agências de risco citadas anteriormente. Porém, os dados estatísticos da Moodys serão o foco principal deste estudo.

A parte final da pesquisa será testar ambos os modelos (modelo proposto pela Basiléia e o proposto pelo estudo) a fim de se descobrir quais as vantagens de se usar um ou outro modelo (maior segurança, menor custo de capital requerido, um estudo mais acurado, etc.) e verificar a sensibilidade dos modelos.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Pelas publicações feitas através das maiores empresas de *Rating* do mundo, notamos claramente um crescimento do risco de *default* esperado em uma carteira de crédito, conforme se aumenta a *maturity* média da mesma. Portanto, calculamos um ajuste sobre a probabilidade de *default* de um ano de uma carteira que, em função do período real desta, resultaria na nova probabilidade de *default* ajustada. Esse ajuste impactaria diretamente no capital requerido (de acordo com as regras do acordo Basiléia II). Importante ressaltar que os resultados podem ser alcançados através de qualquer tabela de risco dentre as maiores empresas especializadas, porém os estudos foram realizados com base nos dados da Moody's.

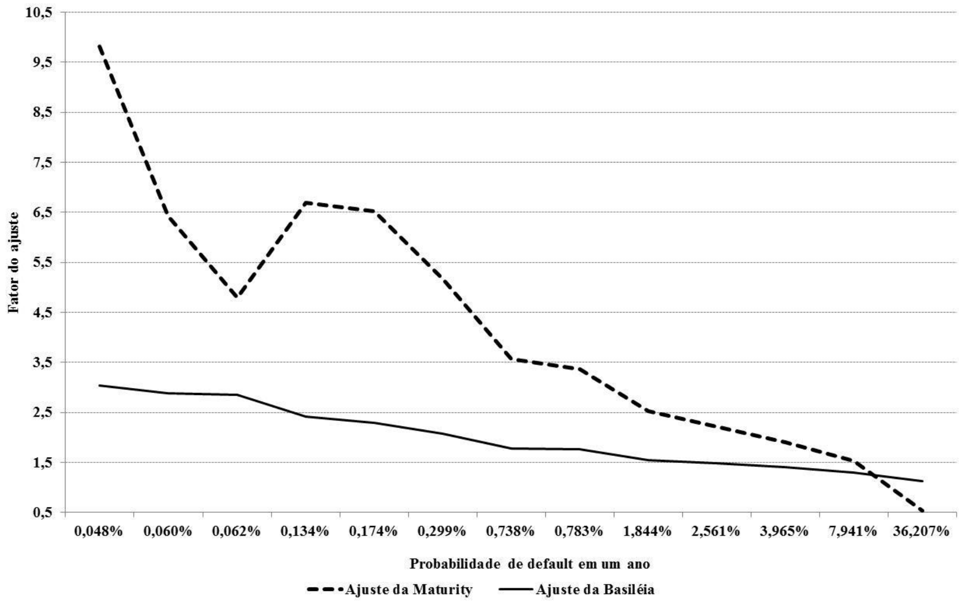
Tabela 2 – Equivalência dos Ratings

Moodys 2009			
Rating	*PD (1 Year)*	*Rating*	*PD (1 Year)*
Aaa	0,00000%	Baa3	0,29900%
Aa1	0,00000%	Ba1	0,73800%
Aa2	0,00000%	Ba2	0,78300%
Aa3	0,05000%	Ba3	1,84400%
A1	0,06200%	B1	2,56100%
A2	0,06000%	B2	3,96500%
A3	0,04800%	B3	7,94100%
Baa1	0,13400%	Ca-C	36,20700%
Baa2	0,17400%		

Fonte: Moody´s 2009

Uma vez que o estudo é incitado pelas falhas encontradas na fórmula proposta pela Basiléia e sua subestimação do risco de *default* em função do tempo de maturação da carteira, vale a comparação dos nossos resultados com os valores de ajustes alcançados pela fórmula proposta pelo comitê da Basiléia II.

Figura 1: Ajuste para 5 anos

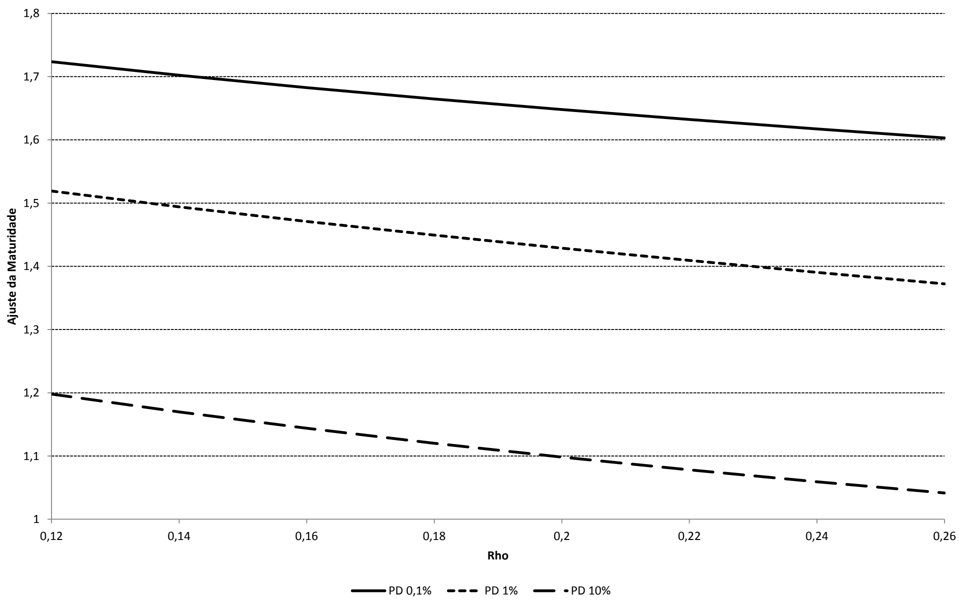


Fonte: autores

A fórmula proposta pelo comitê da Basiléia é constante através dos anos, o que torna a fórmula útil, de maneira que não se torne irrelevante com o passar do tempo. Porém, acreditamos que o ajuste em função da *maturity*, deve também enquadrar aspectos macroeconômicos, de forma a ser sensível a grandes mudanças nos cenários locais e mundial.

A função de ajustes de *maturity* comporta-se, como podemos ver na figura 2, independente de qualquer acontecimento (como a crise de 2008). Já a função encontrada, tem como argumento um fator rho (ρ), que representa a correlação da probabilidade de *default* com algum acontecimento macroeconômico observado. O ajuste não mostra uma grande dependência dessa variável rho (como pode ser visto na figura 2), mas esta imbui a fórmula com uma resposta às realidades econômicas.

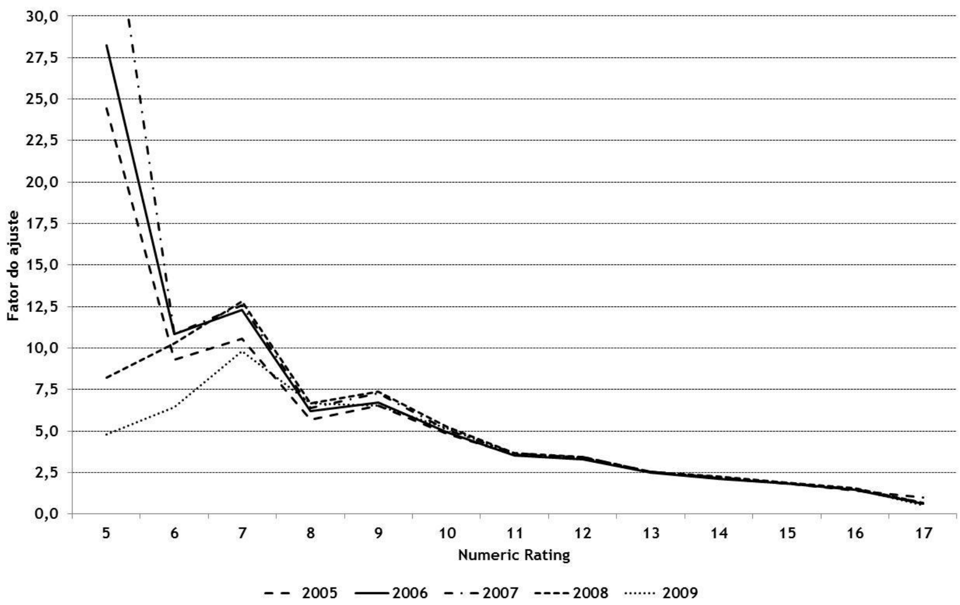
Figura 2: Sensibilidade ao Rho



Fonte: autores

Essa característica macroeconômica não torna o modelo proposto muito variável de ano para ano, mas podem-se observar pequenas diferenças em cada ano (veja a figura 3), que podem ocorrer em função desses acontecimentos (como a recuperação econômica mundial de 2009).

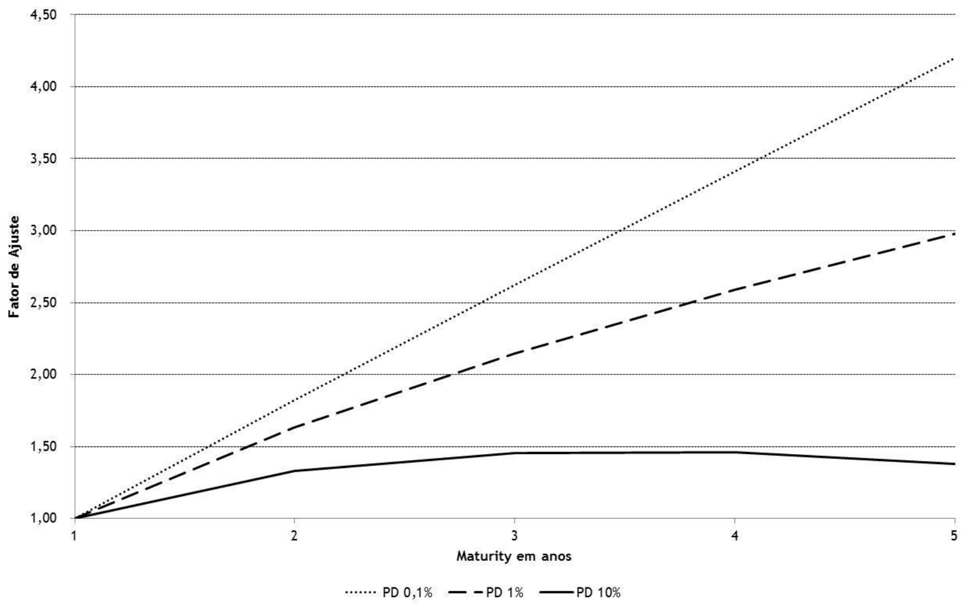
Figura 3: Evolução do ajuste



Fonte: autores

Observou-se que maiores ajustes da *maturity* são necessários para menores probabilidades de *default* (títulos com *ratings* melhores e mais seguros). Isso ocorre devido ao alto nível de subestimação do crescimento do risco em função do tempo para altos níveis de segurança de crédito. É possível verificar essa razão na figura 4.

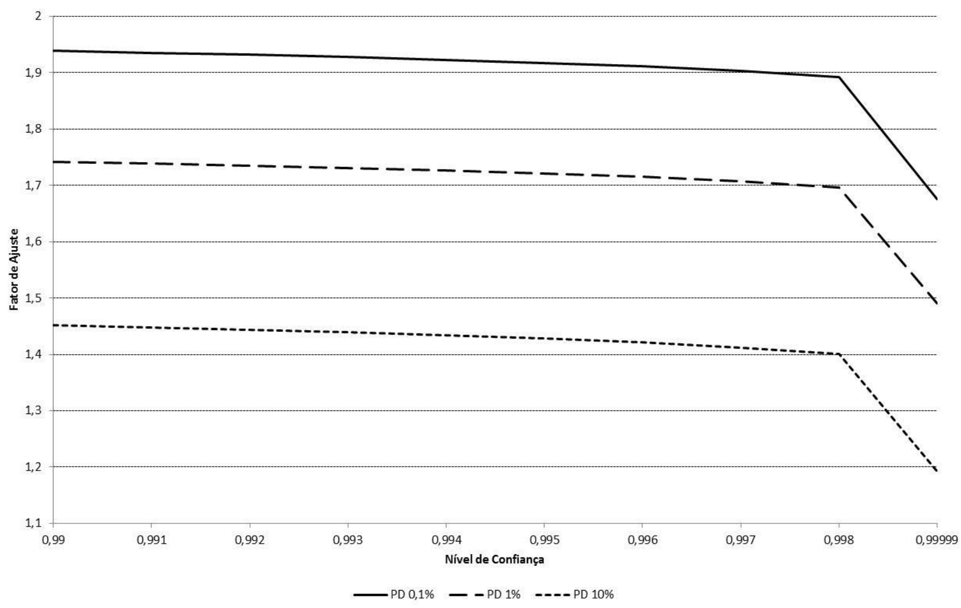
Figura 4: Dependência da *Maturity*



Fonte: autores

Por último, usamos um sistema de verificação do risco envolvido, baseado em nível de confiança de que a perda se limite ao tal valor previsto. Durante o estudo foi usado um nível de confiança (α) de 99.99%, o que pode gerar um valor relativamente mais alto de ajuste necessário, mas também da uma maior certeza à robustez e honestidade do modelo (nível conservador indicado pelo comitê da Basiléia). A relação do ajuste em função do nível de confiança pode ser observada na figura 5. Observa-se uma queda no ajuste conforme o nível de confiança se aproxima de 1. Isso deve ocorrer devido ao alto grau de certeza envolvido no cálculo (para tal α), o que diminuiria a necessidade de outros ajustes no valor, mesmo com *maturities* maiores que um ano.

Figura 5: Sensibilidade ao Nível de Confiança



Fonte: autores

5. COMENTÁRIOS FINAIS

No artigo, a dependência do ajuste em função da *maturity* de uma carteira ou título foi constantemente parametrizada usando dados da Moody's. Esse estudo permite que estudemos de forma analítica a estrutura de tempo para probabilidades de *default* e o conseqüente cálculo do ajuste (ou a penalidade por exceder a *maturity* de um ano) para o capital requerido.

Porém, os dados da Moody's apresentam algumas questões interessantes para a análise. As probabilidades de *default* são, na verdade, observações passadas das contrapartes que entraram em *default* e não necessariamente representam o que irá acontecer no futuro. Outra questão importante é um caso que ocorre nos *ratings* 4º e 5º. Nos anos 2005 a 2008, o *rating* com pior classificação de risco (o 5º *rating*) apresenta probabilidade de *default* menor que o a do *rating* com melhor qualidade de crédito (4º *rating*), distorcendo essa parte do estudo. Além disso, observa-se, em níveis de menor qualidade de crédito, saltos de probabilidades de *default* entre um *rating* e o próximo, por exemplo, o 16º *rating* apresenta cerca de 8% de probabilidade de *default*, enquanto o próximo (17º *rating*) apresenta quase 36% de probabilidade de *default* em um ano.

Uma observação válida ao modelo é a sua distorção em baixas probabilidades de *default* (alta qualidade de crédito) e também em probabilidades de *default* muito altas (baixíssimas qualidades de crédito). Porém aplica-se muito bem nos níveis intermediários, levando honestamente em consideração o aumento do risco de *default* em função do tempo, aumentando assim, a segurança da carteira.

Essas distorções devem ocorrer principalmente devido a superestimações por parte da Moody's nos extremos da curva, seja uma segurança superestimada ou a falta dela.

O modelo acaba exigindo um maior valor para a segurança da carteira (ou da instituição), porém por abordar o risco mais intimamente, apresenta um nível de segurança maior para o mesmo e para o mercado de crédito como um todo, aumentando assim sua eficácia quando comparado ao modelo proposto pelo comitê da Basiléia II.

REFERÊNCIAS

AYARI, Fouad, Credit Risk Modeling: An empirical analysis on pricing, procyclicality and dependence. New York: City University of New York. 2006.

LUCENA, Pierre. **Finanças Corporativas e Mercados**. São Paulo: Atlas, 2009.

CESPEDES, J., HERRERO, J., ROSEN, D., & SAUNDERS, D., Effective modeling of wrong way risk, counterparty credit risk capital, and alpha in Basel II. **The Journal of Risk Model Validation** v. 4, n. 1, p. 71–98. Spring 2010.

DAVIS S., Brian, **An Interpretation of Basel I and Basel II Regulatory Policy Using Three Levels of Analysis**. Albany: State University of New York at Albany2006.

GIESECKE, Kay, Credit Risk Modeling and Valuation: An Introduction. Ithaca: **Cornell University**, 2004.

GIBLIARO, Lucia and MATTAROCCI, Gianluca, The Selection of the Discount Rate in Estimating Loss Given *Default* (2007). **Global Journal of Business Research**, v. 1, n.. 1, p. 15-33, 2007.

HERRING, R., The Rocky Road to Implementation of Basel II in the United States. **Atlantic Economic Journal**. v. 35, n. 4, p. 411-429. December, 2007.

LI, David, BHARIOK, Ruchi, KEENAN, Sean, SANTILLI, Stefano , Validation techniques and performance metrics for loss given *default* models. **The Journal of Risk Model Validation** (2009).

MARKOWITZ, Harry, Portfolio Selection, **The journal of finance**, v. 7, n.1, p. 82, 1952

MERTON C., Robert, On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates, The Journal of Finance, v. 29, n. 2, **Anais…** Papers and Proceedings of the Thirty-Second Annual Meeting of the American Finance Association, New York, New York, 1974, p. 449-470.

PETROV, D., & POMAZANOV, M.. (2009). Validation method of maturity adjustment formula for Basel II capital requirement. **The Journal of Risk Model Validation**, v. 3, n. 3, p. 81-97. Retrieved May 16, 2010, from ABI/INFORM Global. (Document ID: 1887140561).

RUCKER, Patrick, New Basel I Term Could Raise Bank Capital Levels. **American Banker**. v 171, n.74; p.4, 2006

STEPHANOU, Constantinos and MENDOZA, Juan Carlos, Credit Risk Measurement Under Basel II: An Overview and Implementation Issues for Developing Countries, **World Bank**. World Bank Policy Research Working Paper No. 3556, April 2005.

APÊNDICE

		Ajuste da Maturity pela Basiléia								
		Tempo em anos								
PD em um ano	**b(PD)**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1%	0.14	1.1732	1.3464	1.5196	1.6928	1.8660	2.0392	2.2124	2.3857	2.5589
2%	0.11	1.1328	1.2657	1.3985	1.5314	1.6642	1.7971	1.9299	2.0627	2.1956
3%	0.10	1.1128	1.2256	1.3384	1.4512	1.5640	1.6768	1.7896	1.9024	2.0152
4%	0.09	1.1000	1.1999	1.2999	1.3999	1.4999	1.5998	1.6998	1.7998	1.8998
5%	0.08	1.0908	1.1815	1.2723	1.3630	1.4538	1.5445	1.6353	1.7260	1.8168
6%	0.07	1.0837	1.1673	1.2510	1.3346	1.4183	1.5020	1.5856	1.6693	1.7529
7%	0.07	1.0780	1.1559	1.2339	1.3118	1.3898	1.4678	1.5457	1.6237	1.7016
8%	0.07	1.0732	1.1465	1.2197	1.2929	1.3662	1.4394	1.5127	1.5859	1.6591
9%	0.06	1.0692	1.1385	1.2077	1.2769	1.3461	1.4154	1.4846	1.5538	1.6230
10%	0.06	1.0658	1.1315	1.1973	1.2630	1.3288	1.3946	1.4603	1.5261	1.5918
11%	0.06	1.0627	1.1254	1.1882	1.2509	1.3136	1.3763	1.4391	1.5018	1.5645
12%	0.06	1.0600	1.1201	1.1801	1.2401	1.3001	1.3602	1.4202	1.4802	1.5402
13%	0.05	1.0576	1.1152	1.1728	1.2305	1.2881	1.3457	1.4033	1.4609	1.5185
14%	0.05	1.0554	1.1109	1.1663	1.2217	1.2772	1.3326	1.3880	1.4435	1.4989
15%	0.05	1.0534	1.1069	1.1603	1.2138	1.2672	1.3207	1.3741	1.4276	1.4810
16%	0.05	1.0516	1.1033	1.1549	1.2065	1.2582	1.3098	1.3614	1.4131	1.4647
17%	0.05	1.0500	1.0999	1.1499	1.1998	1.2498	1.2998	1.3497	1.3997	1.4497
18%	0.05	1.0484	1.0968	1.1452	1.1937	1.2421	1.2905	1.3389	1.3873	1.4357
19%	0.04	1.0470	1.0940	1.1409	1.1879	1.2349	1.2819	1.3289	1.3758	1.4228
20%	0.04	1.0456	1.0913	1.1369	1.1826	1.2282	1.2739	1.3195	1.3651	1.4108
21%	0.04	1.0444	1.0888	1.1332	1.1776	1.2220	1.2664	1.3107	1.3551	1.3995
22%	0.04	1.0432	1.0864	1.1297	1.1729	1.2161	1.2593	1.3025	1.3458	1.3890
23%	0.04	1.0421	1.0842	1.1263	1.1685	1.2106	1.2527	1.2948	1.3369	1.3790
24%	0.04	1.0411	1.0821	1.1232	1.1643	1.2054	1.2464	1.2875	1.3286	1.3697
25%	0.04	1.0401	1.0802	1.1203	1.1604	1.2004	1.2405	1.2806	1.3207	1.3608
26%	0.04	1.0392	1.0783	1.1175	1.1566	1.1958	1.2349	1.2741	1.3133	1.3524
27%	0.04	1.0383	1.0765	1.1148	1.1531	1.1914	1.2296	1.2679	1.3062	1.3444
28%	0.04	1.0374	1.0749	1.1123	1.1497	1.1871	1.2246	1.2620	1.2994	1.3369
29%	0.03	1.0366	1.0733	1.1099	1.1465	1.1831	1.2198	1.2564	1.2930	1.3296
30%	0.03	1.0359	1.0717	1.1076	1.1434	1.1793	1.2152	1.2510	1.2869	1.3227
31%	0.03	1.0351	1.0703	1.1054	1.1405	1.1756	1.2108	1.2459	1.2810	1.3162
32%	0.03	1.0344	1.0689	1.1033	1.1377	1.1721	1.2066	1.2410	1.2754	1.3099
33%	0.03	1.0338	1.0675	1.1013	1.1350	1.1688	1.2026	1.2363	1.2701	1.3038
34%	0.03	1.0331	1.0662	1.0993	1.1325	1.1656	1.1987	1.2318	1.2649	1.2980
35%	0.03	1.0325	1.0650	1.0975	1.1300	1.1625	1.1950	1.2275	1.2600	1.2925
36%	0.03	1.0319	1.0638	1.0957	1.1276	1.1595	1.1914	1.2233	1.2552	1.2871
37%	0.03	1.0313	1.0627	1.0940	1.1253	1.1567	1.1880	1.2193	1.2506	1.2820
38%	0.03	1.0308	1.0616	1.0923	1.1231	1.1539	1.1847	1.2155	1.2462	1.2770
39%	0.03	1.0302	1.0605	1.0907	1.1210	1.1512	1.1815	1.2117	1.2420	1.2722
40%	0.03	1.0297	1.0595	1.0892	1.1189	1.1487	1.1784	1.2081	1.2379	1.2676

Na tabela têm-se os dados encontrados pelo ajuste proposto pelo comitê da Basiléia II em função de *maturities* maiores do que um ano. Na tabela abaixo vemos comparativamente os valores alcançados com o uso da fórmula proposta no artigo.

	Ajuste para Maturity								
Numeric Rating	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
5	5,49	11,85	19,54	28,26	37,77	47,90	58,54	69,56	80,88
6	2,78	5,01	7,55	10,28	13,15	16,10	19,09	22,10	25,11
7	3,11	5,73	8,61	11,63	14,69	17,74	20,74	23,67	26,51
8	2,19	3,46	4,74	5,98	7,18	8,30	9,36	10,36	11,28
9	2,43	3,94	5,42	6,80	8,08	9,24	10,31	11,27	12,15
10	2,10	3,14	4,08	4,91	5,64	6,28	6,85	7,35	7,79
11	1,81	2,50	3,06	3,54	3,93	4,27	4,55	4,80	5,01
12	1,80	2,44	2,96	3,37	3,71	3,99	4,23	4,43	4,59
13	1,57	1,96	2,25	2,46	2,63	2,75	2,85	2,93	3,00
14	1,47	1,77	1,97	2,11	2,21	2,28	2,33	2,38	2,41
15	1,37	1,57	1,69	1,76	1,81	1,84	1,87	1,88	1,89
16	1,25	1,34	1,39	1,41	1,42	1,42	1,43	1,43	1,43
17	1,09	1,08	1,06	1,05	1,04	1,04	1,03	1,03	1,03

Os dados aapresentados foram encontrados pelos seguintes passos:

	Ajuste da Maturity			
Numeric Rating	**PDA**	**One-year PD**	**a(PD)**	**b(PD)**
5	0,00	0,00	0,01	0,03
6	0,00	0,03	0,01	0,06
7	0,00	0,04	0,02	0,11
8	0,00	0,17	0,03	0,20
9	0,00	0,16	0,04	0,32
10	0,00	0,34	0,05	0,48
11	0,01	0,75	0,07	0,66
12	0,01	0,78	0,10	0,85
13	0,01	2,07	0,15	0,99
14	0,02	3,22	0,21	1,07
15	0,04	5,46	0,29	1,06
16	0,06	10,46	0,42	0,97
17	0,10	20,98	0,59	0,82

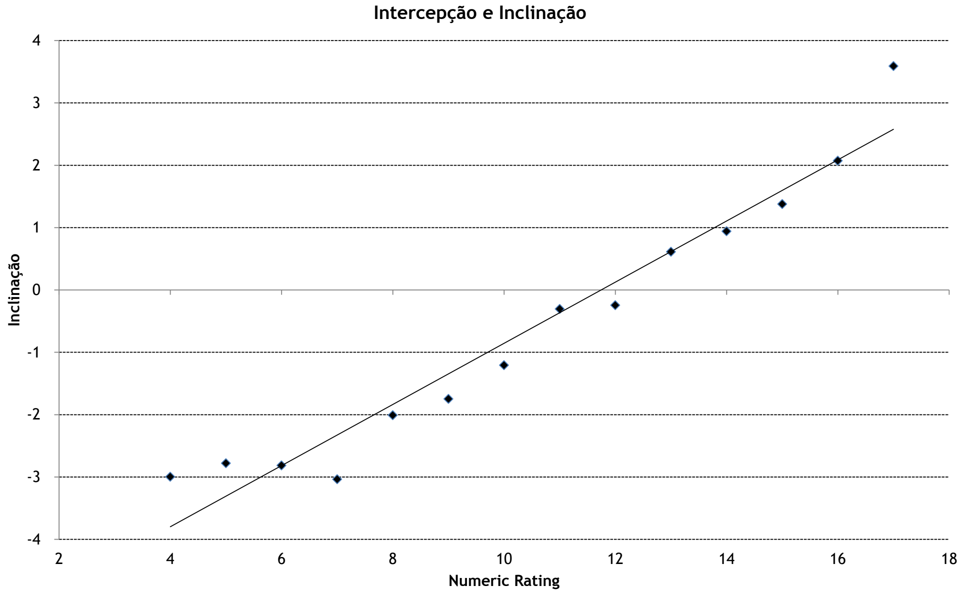
Calculo de a(PD) e b(PD).

Numeric Rating	PD	PDA	a	b	a(PD)	(a-a(PD))^2	b(PD)	(b-b(PD))^2
4	0,0002	0,0002	0,0190	0,0300	0,0067	0,0002	0,0120	0,0003
5	0,0000	0,0003	0,0400	0,0600	0,0095	0,0009	0,0272	0,0011
6	0,0003	0,0005	-	0,0040	0,0134	0,0002	0,0571	0,0028
7	0,0004	0,0009	-	0,0160	0,0188	0,0004	0,1101	0,0088
8	0,0017	0,0014	0,0020	0,0020	0,0266	0,0006	0,1953	0,0374
9	0,0016	0,0022	0,0410	0,2520	0,0375	0,0000	0,3191	0,0045
10	0,0034	0,0036	0,1030	0,5840	0,0528	0,0025	0,4798	0,0109
11	0,0075	0,0058	0,0840	1,1060	0,0745	0,0001	0,6639	0,1954
12	0,0078	0,0092	0,1010	0,7140	0,1050	0,0000	0,8456	0,0173
13	0,0207	0,0148	0,1620	0,7620	0,1480	0,0002	0,9914	0,0526
14	0,0322	0,0238	0,2090	0,8640	0,2088	0,0000	1,0698	0,0423
15	0,0546	0,0383	0,2970	1,2520	0,2943	0,0000	1,0625	0,0359
16	0,1046	0,0614	0,3550	1,2260	0,4150	0,0036	0,9713	0,0649
17	0,2098	0,0986	0,6190	0,6190	0,5852	0,0011	0,8172	0,0393
					Soma	0,0098		0,5136

Aproximação de a(PD) e b(PD) à realidade observada.

Numeric Rating	LN(Pdn)	Pdn
4	-3,00	0,05
5	-2,78	0,06
6	-2,81	0,06
7	-3,04	0,05
8	-2,01	0,13
9	-1,75	0,17
10	-1,21	0,30
11	-0,30	0,74
12	-0,24	0,78
13	0,61	1,84
14	0,94	2,56
15	1,38	3,97
16	2,07	7,94
17	3,59	36,21

Intercepção	-5,76
Inclinação	0,47



Algoritmos de Cálculo do PDt. Linguagem em VBA para Excel.

```
Function PD(PDn As Double)
PD = (PDn / 100)
End Function
Function C(T As Double, a As Double)
C = (1 - Exp(-T * a)) / (1 - Exp(-a))
End Function
Function D(T As Double, b As Double)
D = (1 - Exp(-T * b)) / (1 - Exp(-b))
End Function
Function E(b As Double)
E = (1 - Exp(-b)) / (100 * b)
End Function
Function pdt(PDn As Double, T As Double, a As Double, b As Double)
pdt = (PD(PDn) * C(T, a)) + (C(T, a) - D(T, b)) * E(b)
```

```
End Function
Function b(PD As Double)
b = (0.11852 - 0.05478 * Log(PD)) ^ 2
End Function
Function BMA(T As Double, b As Double)
BMA = (1 + (T - 2.5) * b) / (1 - 1.5 * b)
End Function
```