

JOSÉ HENRIQUE FERREIRA DE CARVALHO

MODELANDO RISCO DE LIQUIDEZ EM MODELOS DE VAR

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção de Diploma
de Engenheiro de Produção.

São Paulo

2009

JOSÉ HENRIQUE FERREIRA DE CARVALHO

MODELANDO RISCO DE LIQUIDEZ EM MODELOS DE VAR

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção de Diploma
de Engenheiro de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Alberto W. Ramos

São Paulo

2009

Carvalho, José Henrique Ferreira de
Modelando risco de liquidez em modelos de VaR / J.H.F. de
Carvalho. -- São Paulo, 2009.
97 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1. Risco 2. Mercado financeiro I. Universidade de São Paulo.
Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II.
t.

Aos meus pais e irmão,
À minha namorada,
Aos meus amigos,
E a todas as pessoas que colaboraram para tornar possível a realização deste
trabalho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer ao Professor Doutor Alberto Wunderler Ramos sem o qual esse trabalho não seria possível. Agradeço às horas dedicadas à minha orientação, aos preciosos conselhos e críticas e, acima de tudo, à confiança em mim depositada.

Agradeço aos meus pais pela dedicação incondicional. A minha mãe, Suely, por ser mais que uma mãe, sempre estando ao meu lado. Ao meu pai, Silas, pelos conselhos e suporte. E a preocupação, de ambos, em me oferecer as melhores possibilidades de estudo.

Sou grato a todos da empresa onde esse trabalho foi desenvolvido, pelos conhecimentos transmitidos e por tornar a minha experiência profissional tão agradável. Em especial quero agradecer aos colegas Renato e Alexandre que se tornaram meus amigos e foram fundamentais na elaboração desse trabalho.

Também agradeço aos meus amigos que sempre compreenderam a minha ausência nesses seis anos. Em especial, ao Donadel e Diana, que levo pro resto da vida, meu irmão, Maurício, que acima de tudo é um grande amigo e a minha namorada, Adriana, com a qual divido minha vida.

Ao Osni e à Cris, pela dedicação e ajuda. E a cada um dos meus professores, por terem sido fundamentais no meu desenvolvimento.

"Se enxerguei longe, foi porque me apoiei nos ombros de gigantes".

Isaac Newton

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo buscar um modelo de risco de mercado que incorpore a liquidez dos ativos, ou seja, que não somente se baseie nos seus retornos do preço, mas que de algum modo capture os custos de liquidar uma posição que seja muito grande para o mercado, ou mesmo trate o fato de que alguns ativos historicamente tenham poucas negociações. Apresenta-se a metodologia mais atual, mostram-se exemplos de cálculos e para finalizar a análise, agrupam-se ativos e faz-se testes de aderência a fim de verificar o quanto a metodologia apresentada se ajusta aos ativos brasileiros. Apesar de ter conclusões semelhantes às referências utilizadas, ele tenta avançar no assunto, mostrando que o modelo testado ainda precisa de ajustes e que é muito conservador.

Palavras-Chave: Risco de Liquidez, Risco de Mercado, Ativos Brasileiros.

ABSTRACT

This work aims at seeking a risk model that incorporates the market liquidity of the assets, i.e. not only being based on their price returns, but somehow capturing the costs of liquidating a position that is too large for the market, or even handling the fact that historically some assets have few trades. It presents the most current methodology, shows examples of calculations and to finish the analysis, it groups assets and makes tests to check how the presented methodology fits the Brazilian assets. Although it has conclusions which are similar to those present in the references used, it tries to make the issue advance by showing that the tested model still needs adjustments and is very conservative.

Keywords: Liquidity Risk, Market Risk, Brazilian Assets

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Pilares do Acordo de Basiléia II.....	33
Figura 3.1 - Relação entre o VaR de posição líquida e Ilíquida (pouco líquida) quanto ao período de permanência.	42
Figura 3.2 - Taxonomia do Risco de Mercado.	43
Figura 3.3 - Transações Normais no Plano de Risco de Mercado.....	43
Figura 3.4 - Efeito do tamanho da posição no valor de liquidação.	45
Figura 3.5 - Combinando Risco de Mercado e Liquidez.	54

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1 - Retornos do ativo VALE5.....	23
Gráfico 2.2 - Histograma dos retornos do ativo VALE5	24
Gráfico 2.3 - Retornos do ativo VALE5 com seus desvios padrão com janelas de 20 e 60 dias.	28
Gráfico 2.4 - Peso das observações para diferentes valores de λ	29
Gráfico 2.5 - Retornos do ativo VALE5 e seus limites superior e inferior (VaR). Método paramétrico com suavizamento exponencial ($\lambda = 0,94$)	31
Gráfico 3.1 - Distribuição do <i>bid ask spread</i> do ativo VALE5.	48
Gráfico 3.2 - Distribuição do <i>bid ask spread</i> do ativo VIVO4.	49
Gráfico 3.3 - Distribuição do <i>bid ask spread</i> do ativo CGAS5.	49
Gráfico 3.4 - Identificação de Distribuição Individual do <i>bid-ask spread</i> do ativo VALE5	53
Gráfico 3.5 - Identificação de Distribuição Individual (aplicado somente para a distribuição normal) dos retornos do ativo VALE5.....	56
Gráfico 3.6 - Identificação de Distribuição Individual (aplicado somente para a distribuição normal) dos retornos do ativo VALE5.....	57
Gráfico 4.1 - Retornos, VaR e LA-VaR para o ativo ITAU4.....	75
Gráfico 4.2 - Retornos, VaR e LA-VaR para o ativo BBDC4.....	75
Gráfico 4.3 - Retornos, VaR e LA-VaR para o ativo VALE3.	76
Gráfico 4.4 - Retornos, VaR e LA-VaR para o ativo BNCA3.....	76
Gráfico 4.5 - Retornos, VaR e LA-VaR para o ativo BRTP4.	76
Gráfico 4.6 - Retornos, VaR e LA-VaR para o ativo BRTP4.	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Número de dados necessários para cada tolerância (D), dado um fator de decaimento (λ).	30
Tabela 2.2 - Divisão do Patrimônio de Referência Exigido em seus fatores de risco e referência da circular do BACEN onde a metodologia está definida.....	34
Tabela 2.3 - Relação entre exceções no modelo interno com o fator multiplicador M . ..	37
Tabela 3.1 – Exemplos de <i>spreads</i> normalizados.	40
Tabela 3.2 - Exemplo de cálculos do fator α para ativos brasileiros.	55
Tabela 3.3 - Curtose de alguns ativos brasileiros.	59
Tabela 3.4 – Exemplo de cálculos de ϕ para ativos brasileiros.	61
Tabela 4.1 - Carteira Teórica do Ibovespa para o Quadrimestre Mai./Ago. de 2009.....	66
Tabela 4.2 – Classificação de liquidez dos ativos do Ibovespa pelo software <i>Minitab</i> (MINITAB, 2009) com <i>K-means Clustering</i>	68
Tabela 4.3 – Risco de Liquidez para os ativos VALE3 e TCSL3.	70
Tabela 4.4 - Risco de Liquidez para os ativos do Ibovespa	71
Tabela 4.5 - Máximo tamanho de amostra (n) para qual a hipótese nula $p = p^*$ é rejeitada por um teste de Proporção de Falhas de 95% de confiança.	73
Tabela 4.6 – Intervalos de não rejeição para um teste de Proporção de Falhas de 95% de confiança.	74
Tabela 4.7 - Teste de aderência para seis ativos analisados	78
Tabela 4.8 - Resultado dos testes aderências para todos os ativos do Ibovespa.....	79
Tabela 4.9 - Resumo dos testes de aderência de todos os ativos do Ibovespa.....	82
Tabela 7.1 - Dados utilizados do <i>Bisd Ask Spread</i> dos Ativos VALE5, VIVO5 e CGAS5.	90
Tabela 8.1 - Participação de cada ativo no Ibovespa para o Quadrimestre Mai./Ago. de 2009.	92
Tabela 9.1 - Resultados preliminares para o Ativo ITAU4.....	94
Tabela 9.2 - Testes de Var e LA-VaR para ITAU4. Continua.	95
Tabela 9.3 - Testes de Var e LA-VaR para ITAU4. Continuação.....	96
Tabela 9.4 - Testes de Var e LA-VaR para ITAU4. Conclusão.	97

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BACEN	<i>Banco Central do Brasil</i>
EWMA	<i>Exponentially Weighted Moving Average</i>
GARCH	<i>Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity</i>
La VaR	<i>Liquidity Adjusted Value at Risk</i>
Pcam	<i>Parcela de Câmbio</i>
Pcom	<i>Parcela de Commodities</i>
Pjur	<i>Parcela de Juros</i>
PR	<i>Patrimônio de Referência</i>
PRE	<i>Patrimônio de Referência Exigido</i>
VaR	<i>Value at Risk</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	EMPRESA	15
1.2	PROBLEMA ABORDADO: RISCO DE LIQUIDEZ	16
1.3	OBJETIVO DO TRABALHO	16
1.4	ROTEIRO DO TRABALHO	17
2	CONCEITOS E MODELOS INICIAIS	19
2.1	INTRODUÇÃO	19
2.2	RISCO	19
2.3	RETORNOS	21
2.4	VAR (VALUE AT RISK)	22
2.5	HIPÓTESE DE NORMALIDADE	25
2.6	VOLATILIDADE	27
2.6.1	<i>Desvio Padrão</i>	27
2.6.2	<i>Suavizamento Exponencial</i>	28
2.7	CONTROLE DO BACEN	32
3	MODELANDO RISCO DE LIQUIDEZ	39
3.1	INTRODUÇÃO	39
3.2	BID ASK SPREAD	39
3.3	CONCEITUANDO O RISCO DE MERCADO GERAL	41
3.4	INCORPORANDO RISCO DE LIQUIDEZ AO VAR	46
3.4.1	<i>Incorporando o Risco de Liquidez Exógeno</i>	48
3.4.2	<i>Análise de Caudas Pesadas</i>	55
4	APLICAÇÃO	63
4.1	INTRODUÇÃO	63
4.2	SELEÇÃO DE ATIVOS	63
4.3	EXEMPLOS DE CÁLCULO	69
4.4	VALIDAÇÃO DO MODELO	72
4.4.1	<i>Cálculos do VaR e LA-VaR</i>	74
4.4.2	<i>Teste de Aderência do VaR e LA-VaR</i>	77
5	CONCLUSÕES	83
5.1	SÍNTESE	83

5.2	ANÁLISE CRÍTICA	84
5.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
6	REFERÊNCIAS	87
7	APÊNDICE A – IDENTIFICAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO INDIVIDUAL	89
8	APÊNDICE B – APLICAÇÃO DE ANÁLISE DE CONGLOMERADOS	91
9	APÊNDICE C – DADOS DO ATIVO TESTADO - ITAU4	94

1 INTRODUÇÃO

1.1 Empresa

Esse trabalho foi feito no Banif Banco de Investimento, integrante do Grupo Banif, que atua em Portugal, Brasil, Estados Unidos, Canadá, Venezuela, África do Sul, Bermudas, Inglaterra, México, Ilhas Cayman, Argentina, Bahamas, Hungria e Espanha. Com 474 agências/pontos de venda, mais de 1.000.000 de clientes e cerca de 3.400 funcionários. O Grupo Banif possui um total de ativos superiores a R\$ 40 bilhões, ativos de terceiros sob gestão de aproximadamente R\$ 12 bilhões e patrimônio líquido acima de R\$ 2,7 bilhões.

A atividade de Banco de Investimento do Grupo é desenvolvida sob a marca global Banif Investment Bank, atuando no Brasil através do Banif Banco de Investimento (Brasil) S.A., da Banif Corretora de Valores e Câmbio S.A., da Banif Nitor Asset Management S.A. e Beta Securitizadora S.A. Suas principais áreas de atuação são: Mercado de Capitais, Corporate Finance e M&A, Tesouraria, Private Equity, Corporate Banking, Private Banking, Renda Fixa Internacional, Real Estate, Corretagem, Research e Asset Management.

Com a crise financeira, que teve seu auge na quebra no Lehman Brothers, em agosto de 2008, o Banco de Investimento teve que se desfazer de algumas de suas posições estratégicas e encontrou um mercado menos líquido que o usual, com perdas maiores que os modelos adotados até então previam.

Entender o que estava acontecendo, e buscar um novo modelo passou a ser crucial para o controle devido de sua carteira. Sabendo que esse era um novo cenário, onde algumas premissas adotadas em seus modelos não valiam mais, o objetivo foi buscar novos modelos, como um que incorporasse a liquidez do mercado no cálculo do risco de duas posições.

1.2 Problema Abordado: Risco de Liquidez

Segundo Jorion (2007), o risco de liquidez se apresenta de duas formas: risco de liquidez de ativo e risco de liquidez de investimento.

O risco de liquidez de ativo, também chamado de risco de liquidez de mercado, surge quando a transação não pode ser conduzida ao preço corrente de mercado devido ao tamanho da posição, em relação ao volume normalmente negociado. Alguns ativos, como as moedas e títulos públicos principais, tem um mercado tão grande, que a maioria das posições pode ser liquidada facilmente com um pequeno impacto no preço. Já em outros mercados, como as *small caps*¹ ou a maioria das opções, qualquer transação pode rapidamente afetar os preços. Assim, esse risco varia com as categorias de ativos, ao longo do tempo e também é função do tamanho da posição transacionada.

O risco de liquidez de investimento, também chamado de risco de fluxo de caixa, refere-se à incapacidade de cumprir suas obrigações financeiras, o que pode levar a liquidações antecipadas, transformando perdas ainda teóricas, em perdas efetivas. Assim, se as reservas de caixa forem insuficientes, pode-se ter uma situação que force uma liquidação involuntária do portfólio a preços depreciados. Esse tipo de risco de liquidez não será tratado nesse trabalho.

1.3 Objetivo do Trabalho

Esse trabalho busca um modelo que trate os riscos de mercado de uma forma satisfatória e que seja capaz de responder a períodos de crise de liquidez, incorporando estudos recentes nessa área.

¹ Small Caps faz referência a empresas com baixo valor de mercado. A definição de Small Caps pode variar entre as corretoras, mas geralmente é uma companhia com valor de mercado entre 300 milhões e 2 bilhões de dólares.

Vale lembrar que essa análise quantitativa, bem como a pesquisa realizada e sua subsequente síntese, muito tem a ver com a área de engenharia, que busca os melhores processos, estruturando-os e testando-os conforme os padrões definidos. Mesmo que esse trabalho não tenha sido feito numa fábrica ou indústria, muitos dos princípios aprendidos no curso de graduação de engenharia foram empregados nele.

Na área de risco dos bancos, muitos engenheiros são contratados, devido a sua capacidade de análise quantitativa e opinião crítica. E é com essa visão crítica que esse trabalho deve ser visto, pois na realização deste, uma grave crise estava em vigor, e os modelos até então usados para mensurar possíveis perdas dos bancos não apresentavam a eficácia desejada. Entender a atual situação e propor novos modelos passou a ser indispensável, e nisso o curso de engenharia foi de grande valia.

1.4 Roteiro do Trabalho

O primeiro capítulo tem o objetivo de apresentar a empresa e o problema a ser abordado. Introduziu-se a área de atuação que esse trabalho pretende focar, a área de risco, bem como o foco desse trabalho, modelar o risco de liquidez. Assim introduziu-se o problema e sua relevância para a empresa. Finalmente, definiu-se o escopo do trabalho em função da sua importância para a empresa.

O capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica dos principais pontos abordados no trabalho. Seu objetivo é fundamentar a análise do problema e orientar a escolha da solução. Além de mostrar os conceitos pertinentes na análise, também aborda o controle que o BACEN vem implementando, e que afeta diretamente o risco de liquidez.

O capítulo 3 contém a modelagem proposta pelo trabalho, sintetizando a informação obtida das bibliografias consultadas. Muitas informações foram

obtidas de artigos e trabalhos recentes, assim também tem exemplos dos conceitos expostos melhor entendimento do trabalho.

O capítulo 4 contém desde o processo de escolha dos ativos a serem modelados, como seus resultados. Nesse capítulo também se propõe um teste para verificar se o modelo está coerente e testa-se tanto o modelo atualmente usado pelo mercado, que será explicado, como o proposto por esse trabalho.

O quinto e último capítulo apresenta uma análise crítica da solução, as dificuldades encontradas durante esse trabalho, assim como uma proposta para seus desdobramentos futuros.

2 CONCEITOS E MODELOS INICIAIS

2.1 Introdução

Esse capítulo introduzirá o conceito de risco e apresentará a metodologia empregada no mercado para calcular o valor em risco, no caso de mercado, de um banco, bem como um exemplo genérico com a ação da Vale do Rio Doce (VALE5). Será apresentada uma parte das normas que estão sendo impostas pelo Banco Central do Brasil, BACEN, mostrando sua atual postura em aumentar a supervisão das instituições financeiras, fazendo com que as mesmas sejam capazes de gerir seus próprios riscos.

2.2 Risco

Segundo Jorion, (2007, p. 3) o conceito geral de risco pode ser expresso por: “Risco pode ser definido como a volatilidade de resultados [...] relacionada ao valor de ativos ou passivos de interesse”. Dito assim de forma genérica, ele nos dá uma idéia intuitiva de possibilidades de perda, mas não certeza, gerando assim uma necessidade de seu controle, sua gestão.

O crescimento da indústria de gestão de risco está diretamente relacionado ao aumento da volatilidade dos mercados financeiros desde o início da década de 1970. De uma forma mais genérica, os avanços tecnológicos, a globalização, o maior fluxo de capitais entre países e a queda do sistema de taxas cambiais fixas (fim do Acordo de Bretton Woods), acontecimentos esses que marcaram os anos 70, decisivamente impulsionaram a gestão de risco.

Segundo Duarte (2005), para fins didáticos, o risco pode ser separado em quatro grupos: risco de mercado, risco de crédito, risco legal e risco

operacional. Esse trabalho tratará o risco de liquidez, normalmente incluído no risco de mercado, mas com características próprias.

O risco de mercado decorre de movimentos adversos nos preços ou valores dos direitos ou obrigações de uma instituição. Os preços oscilam por natureza, uns com maior intensidade, outros com menor. Uma forma de medirmos o risco de mercado é através do cálculo da volatilidade, que mede a dispersão dos possíveis retornos de um investimento em relação ao resultado esperado. Podemos estimar tal volatilidade com o desvio padrão ou o EWMA² dos retornos, explicados posteriormente.

Normalmente, os preços das ações são mais voláteis (oscilam relativamente mais) que os preços dos títulos de renda fixa. Sendo assim, a variação dos retornos das ações é maior ao longo do tempo que a variação dos retornos dos títulos de renda fixa.

O risco de mercado pode ser dividido em dois componentes: risco sistemático e risco não-sistemático. O primeiro é a parcela da volatilidade que pode ser explicada pelo risco global da economia, normalmente medido pela volatilidade de um índice de mercado, como o Ibovespa³; enquanto o segundo, também conhecido como risco específico ou idiossincrático, é a parcela que não pode ser explicada pelo risco global da economia, tendo origem nas características específicas do ativo.

² EWMA: *Exponentially Weighted Moving Average* cuja tradução é Média Móvel Suavizada Exponencialmente. Trata-se de uma média onde os fatores têm uma ponderação que decresce exponencialmente, prevalecendo os dados mais recentes.

³ O Índice Bovespa (**Ibovespa**) é o mais importante indicador do desempenho médio das cotações das ações negociadas na Bolsa de Valores de São Paulo. É formado pelas ações com maior volume negociado nos últimos 4 meses (Bovespa, 2009).

2.3 Retornos

O retorno de um ativo r_i pode ser definido como a variação relativa do preço, ou o seu retorno líquido, em determinado intervalo de tempo (LUZ ENGENHARIA FINANCEIRA, 2003). Seu retorno aritmético, r_i , é dado por:

$$r_i = \frac{P_i - P_{i-1}}{P_{i-1}} \quad (2.1)$$

Sendo P_i o preço do ativo na data i e P_{i-1} o preço do ativo na data anterior $i - 1$. Uma suposição normalmente utilizada pelos agentes do mercado é que a série logarítmica dos retornos logarítmicos é composta por variáveis independentes e que apresentam uma variação contínua dos preços. Assim, pode-se calcular os retornos diários do ativo de forma logarítmica:

$$r_i = \ln\left(\frac{P_{i+1}}{P_i}\right) \quad (2.2)$$

Essa forma de cálculo é especialmente útil devido às seguintes propriedades:

- **Decomposição em períodos**

Para calcular-se o logaritmo de um período, basta somar seus retornos diários nesse período, ou seja:

$$\sum_k^n r_i = r_k + r_{k+1} + \dots + r_{n-1} + r_n = \ln\left(\frac{P_{k+1}}{P_k}\right) + \ln\left(\frac{P_{k+2}}{P_{k+1}}\right) + \dots + \ln\left(\frac{P_{n+1}}{P_n}\right) \quad (2.3)$$

Como $\ln(a/b) = \ln a - \ln b$, tem-se que:

$$\sum_k^n r_i = \ln(P_{k+1}) - \ln(P_k) + \ln(P_{k+2}) - \ln(P_{k+1}) + \dots + \ln(P_{n+1}) - \ln(P_n) \quad (2.4)$$

Que simplificando, leva-se a:

$$\sum_k^n r_i = -\ln(P_k) + \ln(P_{n+1}) = \ln\left(\frac{P_{n+1}}{P_k}\right) \quad (2.5)$$

Essa propriedade evidencia a simetria dos retornos compostos, o que não ocorre no retorno aritmético. Suponha que o ativo se valorize em 10% e depois desvalorize 10%. Pelo retorno aritmético, tem-se o preço final de $P' = P *$

$(1 + 10\%) * (1 - 10\%) = 0,99P$, já pelo logarítmico resultaria em $P' = P * e^{0,1} * e^{-0,1} = P$, ou seja, o preço final é igual ao inicial.

- **Economicamente mais “realista”**

Os retornos logarítmicos seguem uma distribuição normal, não se obtendo assim preços negativos. Isso ocorre porque a cauda esquerda da distribuição normal do tipo $\ln(P_{i+1}/P_i) \rightarrow -\infty$ quando $P_{i+1}/P_i \rightarrow 0$ ou $P_{i+1} \rightarrow 0$. Por outro lado, a cauda esquerda da distribuição normal do tipo $R_i = (P_{i+1} - P_i)/P_i \rightarrow -\infty$ quando $(P_{i+1}/P_i - 1) < -1$ ou $P_{i+1} < 0$, o que economicamente não faz sentido.

Por esses motivos será adotado nesse trabalho sempre o retorno logarítmico.

2.4 VaR (Value at Risk)

O VaR (Value at Risk), também denominado V@R, é atualmente a metodologia mais difundida e utilizada pelo mercado (VEIGA, 2005). Em termos gerais, o VaR mede a pior expectativa de perda durante um certo período de tempo, sob condições normais de mercado e com um dado nível de confiança (JORION, 2007). Assim, se o VaR de um banco for de 50 milhões num dia, com um nível de confiança de 95%, pode-se esperar que, em média, a cada 20 dias, somente 1 apresente uma perda superior a esse valor.

O VaR mede um valor teórico de perda máxima, assim, no exemplo acima, podem acontecer perdas menores nesse período ou mesmo mais perdas, caracterizando assim um período de “azar” sem que com isso o modelo esteja errado. Cabe ao gerente de risco avaliar se o modelo deve ser rejeitado. Mais adiante, será apresentado um dos testes de rejeição de modelo.

Para ilustrar uma medida de VaR, segue uma análise de uma carteira teórica de unicamente ações da Vale do Rio Doce (Vale5). Utiliza-se os retornos

diários desse ativo por um período relativamente longo, como, por exemplo, dois anos.

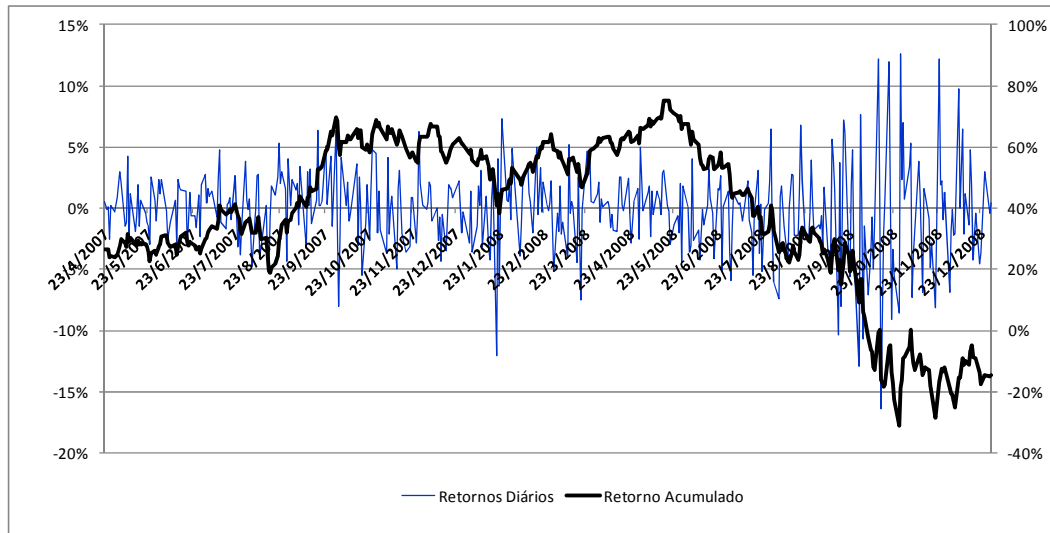


Gráfico 2.1 - Retornos do ativo VALE5

Fonte: Bloomberg (2009) Dados - de 23/04/2007 até 30/12/2008

Essa figura mostra os retornos diários do ativo VALE5. É perceptível que a partir de agosto de 2008, a variação dos retornos aumentou de forma considerável, e caso o modelo de VaR não seja dinâmico o suficiente, subestimar o verdadeiro potencial de perda do período.

Com a série de retornos ordenada de forma crescente, obtém-se a sua distribuição de retornos. Essa distribuição pode ser apresentada na forma de um histograma, onde o número de intervalos é geralmente \sqrt{n} , valor esse que torna mais agradável a disposição dos dados, sendo n o número de retornos r_i , segundo a fórmula (2.2).

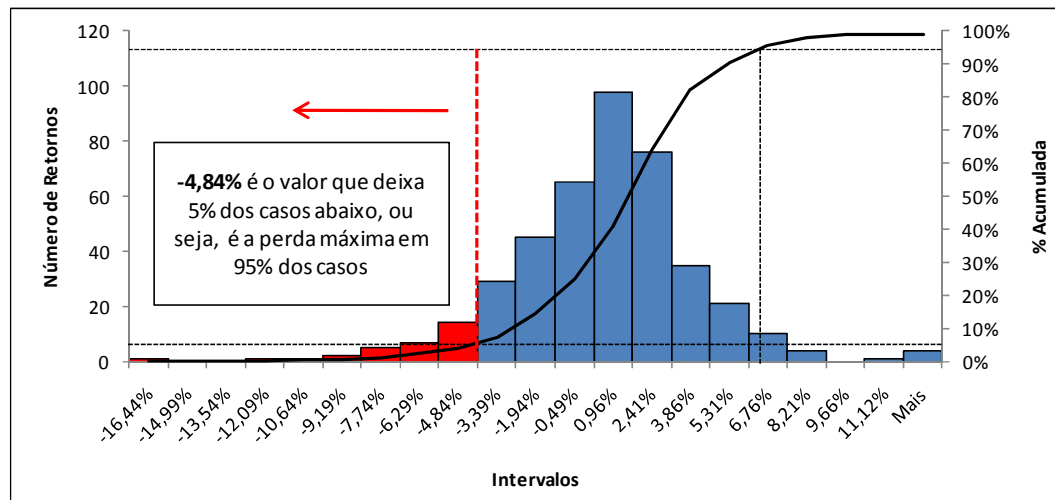


Gráfico 2.2 - Histograma dos retornos do ativo VALE5

Fonte: Elaboração do autor. Dados de 23/04/2007 até 30/12/2008

Esse histograma mostra a frequência de retornos em cada intervalo, assim, para obter-se um intervalo de 95% de confiança, deve-se determinar a partir de qual intervalo os retornos apresentam uma probabilidade de perda de pelo menos 5%, em outras palavras, se pegar os 5% piores casos, qual o menor intervalo que é maior que qualquer um desses casos.

Para os dados apresentados, tem-se que o retorno de -4,84% representa a perda máxima em 95% dos casos. Adotando o modelo de VaR de Simulação Histórica, que consiste em pegar o percentil dos dados históricos, como feito nesse exemplo com o percentil de 5%, tem-se um VaR diário sobre o retorno de -4,84%.

Como dito anteriormente, o VaR mede o Valor em Risco, assim se a posição de VALE5 for de 1 milhão de reais, seu valor em risco no dia 02/01/2009, um dia útil após o ultimo dado coletado, seria de $R\$1.000.000,00 \times -4,84\% = -R\$48.400,00$. O valor negativo poderia ser omitido, uma vez subentendido que se trata de uma perda.

2.5 Hipótese de Normalidade

Como visto anteriormente, o VaR estima a pior perda, dado um nível de tolerância, sendo assim genérica por poder ser calculada de diversas maneiras, dependendo somente da forma como é considerada a curva de distribuição de retornos. Adotando-se $f(r_i)$ a curva de distribuição de retornos e o VaR como a pior perda em dado nível de tolerância α , tem-se:

$$P(r_i \leq VaR_i) = \int_{-\infty}^{VaR_i} f(r_i) dr_i = \alpha\% \quad (2.6)$$

E assim, a parametrização de f determinará o retorno adverso limite (VaR), através de sua integral. Sendo assim, a suposição de propriedades dessa função f , poderia facilitar os cálculos, o que se torna crucial para cálculos de VaR de grandes carteiras.

O modelo normalmente usado pelo mercado assume que as distribuições dos retornos do ativo podem ser aproximadas pela distribuição normal, com média μ e desvio padrão σ , sendo assim, $N(\mu, \sigma^2)$ (Jorion 2007). A função de densidade de probabilidade (*fdp*) de $f(r_i)$ ficaria então:

$$f(r_i) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left[\frac{1}{2\sigma^2}(r_i - \mu_i)^2\right]} \quad (2.7)$$

Essa função é simétrica ao redor de μ devido ao seu termo quadrático $(r_i - \mu_i)^2$. Uma das propriedades da distribuição normal é que a soma de variáveis normais é também distribuída normalmente. Isso implica que a *fdp* normal é *invariante* sobre a adição. Outra propriedade muito útil deriva do *teorema do limite central*⁴, e diz que a soma de variáveis aleatórias, não necessariamente normais, tende a distribuição normal. Essa propriedade é especialmente útil quando avaliamos um portfólio de ativos, cujo valor é a soma de variáveis

⁴ O teorema do Limite Central, demonstrado por P. S. Laplace (1812) mostra que toda soma de variáveis aleatórias independentes, de mesma distribuição de probabilidades, com média finita e variância limitada é aproximadamente normal, desde que o número de termos da soma seja suficientemente grande.

aleatórias ponderadas. Se cada ativo for distribuído normalmente, o portfólio terá uma distribuição normal, mas caso não sejam, pode ser aproximado pela normal, necessitando assim controlar o erro assumido.

Para a análise de risco proposta, há interesse no comportamento de uma de suas caudas, mais precisamente em encontrar um valor de retorno que separa os $\alpha\%$ piores casos. Sendo r_{limite} tal retorno, tem-se:

$$P(r_i < r_{\text{limite}}) = \alpha\% \quad (2.8)$$

Na prática, a fdp é tabulada para uma variável de média zero e variância unitária, denominada variável normal padronizada z . Pode-se escrever qualquer variável normal de média μ e variância σ^2 a partir dela, assim, define-se X como:

$$X = \mu + z\sigma \quad (2.9)$$

Pode-se demonstrar que a média de X , $E(X) = E(z)\sigma + \mu = \mu$, e sua variância, $V(X) = V(z)\sigma^2 = \sigma^2$. Definindo um intervalo de tolerância $\alpha\%$, usa-se o fator padronizado z para reescrever r_{limite} , assim:

$$r_{\text{limite}} = -z\sigma + \mu \quad (2.10)$$

Caso utilize-se uma série histórica grande, é razoável admitir $\mu = 0$ (JORION, 2007). Essa suposição está por trás do fato que para um grande intervalo de tempo, o número de vezes que o ativo se valoriza deve ser próximo do número que ele se desvaloriza. Assim, a expressão, se reduz à:

$$r_{\text{limite}} = -z\sigma \quad (2.11)$$

No qual o sinal negativo podia novamente ser omitido, uma vez que está entendido ser um valor de perda.

2.6 Volatilidade

Pela fórmula (2.7), vê-se que a chave para o cálculo da função de probabilidade normal está no cálculo da volatilidade, representada nesse trabalho por σ , sendo para amostras a notação $\hat{\sigma}$. Uma importante característica da volatilidade é que ela é proporcional à raiz quadrada do tempo, sendo assim, se o ativo tiver uma volatilidade de 40% ao ano, espera-se que a movimentação diária do preço do ativo seja em torno de $(40\%/\sqrt{252}) = 2,52\%$, considerando-se que um ano tenha 252 dias úteis

Para o cálculo da volatilidade dos ativos, σ , precisa-se supor que o futuro pode ser representado pelo comportamento do passado, mas a pergunta que resta é: qual o melhor jeito de usar esses dados passados? Diversos trabalhos foram feitos nesse sentido como (RIBEIRO, 2006), mas nenhuma resposta definitiva foi encontrada.

2.6.1 Desvio Padrão

Uma primeira abordagem seria o método amostral, que estima a volatilidade do ativo pelo seu desvio padrão, assim, se utilizarmos T retornos, e com a hipótese de média nula, tem-se a volatilidade do ativo i dada por:

$$\hat{\sigma}_i = \sqrt{\frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^T r_{i,t}^2} \quad (2.12)$$

Esse método aloca o mesmo peso para todos os retornos, não usando assim a informação da ordem dos eventos, o que o torna pouco eficiente para reagir a solavancos. Pode-se contornar esse problema com tamanhos diferentes das janelas móveis adotadas (de tamanho T), ou seja, o número de informações passadas utilizadas para o cálculo da volatilidade, mas mesmo assim quando ocorrer um retorno atípico, ele “contaminaria” a mostra e assim que ele sair, uma mudança brusca no VaR ocorreria, sem que os retornos atuais apresentem um comportamento atípico. Tal mudança no VaR em decorrência da saída em um valor extremo da janela de observação (janela móvel) é

chamado de *shadow*, por se tratar de uma “sombra” de um evento passado, carregado por toda a janela de cálculo. O gráfico abaixo mostra janelas de vinte e sessenta dias para o ativo VALE5.

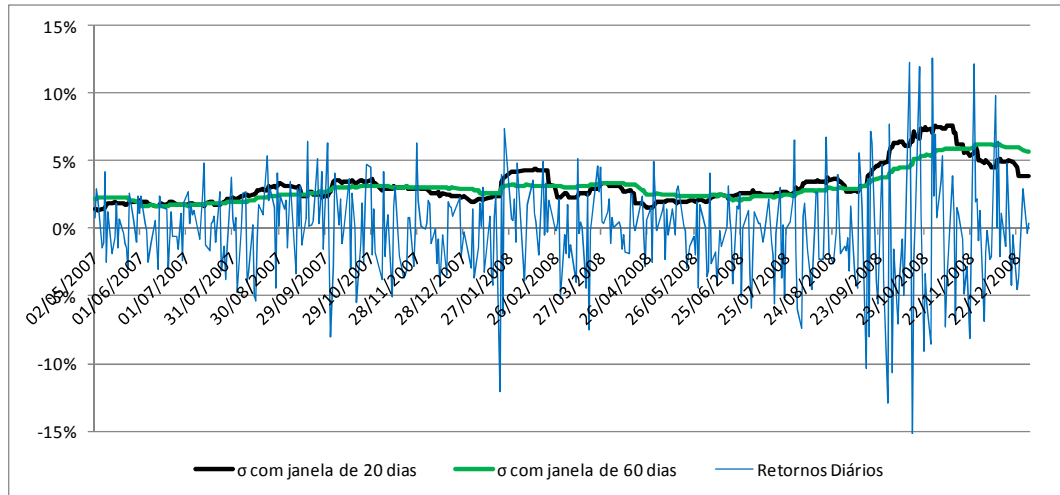


Gráfico 2.3 - Retornos do ativo VALE5 com seus desvios padrão com janelas de 20 e 60 dias.

Fonte: Bloomberg (2009). Dados de 02/05/2007 até 30/12/2008.

Esse gráfico mostra que enquanto janelas menores são mais sensíveis a mudanças de comportamento, também são quando dados extremos saem da amostra, gerando resultados poucos condizentes com o momento atual. Esse sobe e desce do σ não contínuo torna esse método inadequado para um bom controle do risco.

2.6.2 Suavizamento Exponencial

Para superar o problema da não continuidade do desvio padrão e valorizar as ocorrências mais recentes, utiliza-se o suavizamento exponencial, ou mais precisamente o EWMA (exponentially weighted moving average). Sua fórmula é dada por:

$$\sigma_{t,i}^2 = \lambda \sigma_{t-1,i}^2 + (1 - \lambda) r_{t-1,i}^2 \quad 0 \leq \lambda \leq 1 \quad (2.13)$$

Onde λ é o fator de decaimento exponencial. A variância é calculada a partir de dois termos, o primeiro sendo auto-regressivo, reflete a dependência temporal do modelo, e o segundo, usando o retorno imediatamente anterior, representa a contribuição do dado mais recente na atual variância estimada.

Ao reescrever a fórmula acima a fim de explicitar o decaimento exponencial da contribuição dos dados mais antigos, tem-se:

$$\sigma_{t,i}^2 = \lambda \sigma_{0,i}^2 + (1 - \lambda) \left\{ \lambda r_{t-1,i}^2 + \lambda^2 r_{t-2,i}^2 + \lambda^3 r_{t-3,i}^2 + \dots \right\} \quad (2.14)$$

Percebe-se que como λ^n tende a zero com $n \rightarrow \infty$, o peso da variância inicial tende a zero com o número de observações, ou seja, os pesos são geometricamente declinantes ponderados por λ . Sendo assim, o fator λ determina o grau de relevância dos dados mais recentes. O gráfico a seguir demonstra a ponderação dos dados.

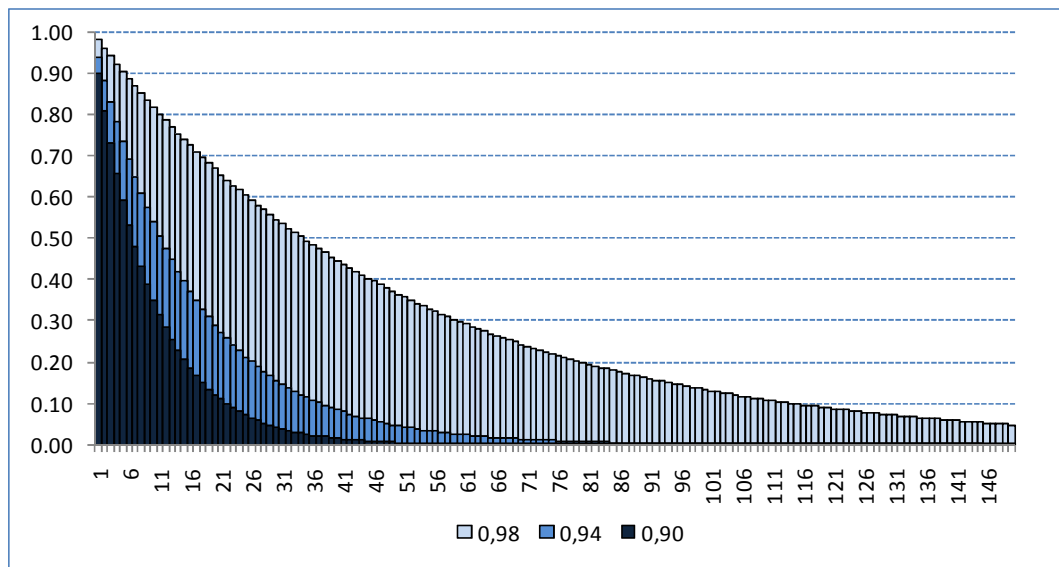


Gráfico 2.4 - Peso das observações para diferentes valores de λ .

Fonte: Elaboração do autor.

Esse gráfico mostra que o quanto maior o fator de decaimento, maior o número de observações relevantes. Para efeitos de cálculo, é pertinente a definição de um limite para o número de dados necessários, com determinado grau de

tolerância, e assim padronizar os resultados. Supondo que utilize-se os últimos $k - 1$ dados da amostra, assim a contribuição dos retornos quadráticos que se despreza será:

$$D = (1 - \lambda) \sum_{i=k}^{\infty} \lambda^i \quad (2.15)$$

Considerando esse valor desprezado D , fórmula (2.15), como uma tolerância aceitável no cálculo, e assim desprezando a parcela dos dados seguintes, criamos a seguinte tabela com o número de dados necessários e suficientes para estimar-se a volatilidade:

Tabela 2.1 - Número de dados necessários para cada tolerância (D), dado um fator de decaimento (λ).

Fonte: Elaboração do autor.

fator de decaimento (λ)	Tolerância (D) de 0,01%	Tolerância (D) de 0,1%	Tolerância (D) de 1%
0,90	87	66	44
0,91	98	73	49
0,92	110	83	55
0,93	127	95	63
0,94	149	112	74
0,95	180	135	90
0,96	226	169	113
0,97	302	227	151
0,98	456	342	228
0,99	916	687	458

Essa tabela mostra o número de dados amostrais a se utilizar, de tal modo que os demais dados desprezados somados tenham uma relevância⁵ de no máximo D . Como um exemplo, adotando um λ de 0,94 e uma tolerância de 1%,

⁵ Entender relevância, nesse exemplo, como o máximo valor que determinada parcela, ou conjunto delas, pode representar do todo, assim, uma parcela ter uma relevância de 1% significa que essa parcela não poderá valer mais do que 1% do total de todas as parcelas somadas.

os dados a partir do 75º (inclusive) podem ser desprezados para o cálculo da volatilidade. Isso significa que não se precisa de mais do que 74 retornos para obter-se um erro quadrático igual ou inferior a 1%.

A escolha de λ é crucial para uma boa previsão da volatilidade, porém foge do escopo desse trabalho a determinação de um λ de forma “ótima”. O software *RiskMetrics* (RiskMetrics Group, 2009), fornecido pelo banco JP Morgan, sugere um λ que minimiza o erro de previsão, bem como sugere valores, assim esse trabalho utilizará um de seus valores sugeridos e o valor normalmente utilizado pelo mercado de $\lambda = 0,94$ para retornos diários.

Como mostrado anteriormente, o VaR paramétrico normal pode ser escrito como $r_{\text{limite}} = \text{VaR} = -z\sigma$, e como a distribuição normal é simétrica, tem-se que os limites superiores e inferiores são iguais, em módulo. Assim pode-se mostrar os retornos do ativo VALE5 com seus respectivos valores limites, sendo o inferior seu valor em risco, medindo sua perda máxima em 95% dos casos.

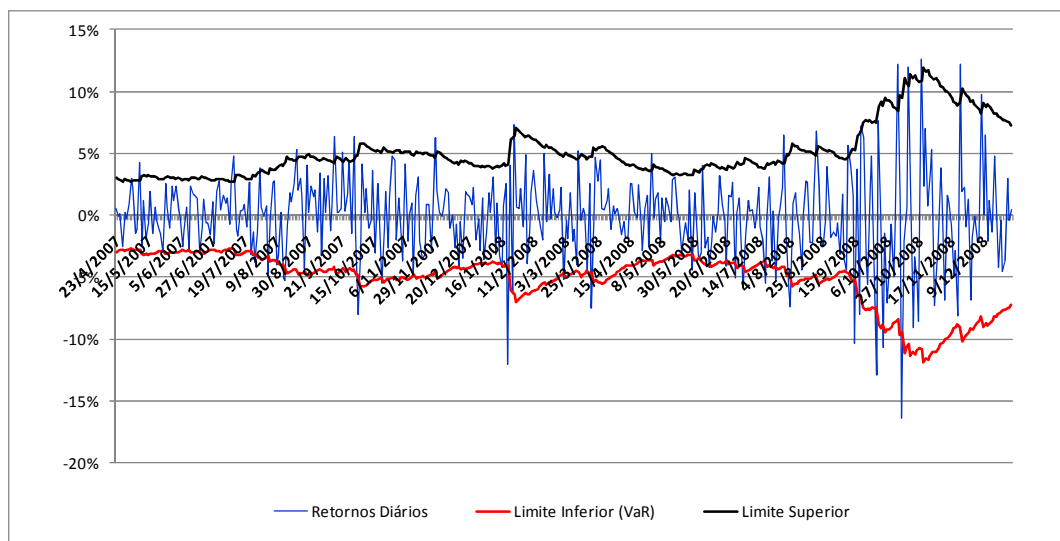


Gráfico 2.5 - Retornos do ativo VALE5 e seus limites superior e inferior (VaR). Método paramétrico com suavizamento exponencial ($\lambda = 0,94$)

Fonte: Elaboração do autor. Dados de 23/04/2007 até 30/12/2008.

Além desses dois métodos para estimar a volatilidade, existem outros métodos, como os modelos auto-regressivos (AR), no qual o seu valor no instante t

depende dos valores dos períodos anteriores e de um ruído branco⁶ ε_t , não correlacionado com x_t , com média zero e variância constante σ^2 . Mais genericamente, tem-se o GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity), que supõe que a variância muda com o tempo.

Muitos trabalhos foram feitos para analisar qual método melhor se adéqua aos ativos brasileiros, como (RIBEIRO, 2006). Com ponderações como assertividade, tempo de processamento e magnitude de perdas, o EWMA se encontra entre os melhores qualificados, e devido ao fato de sua simples implementação e análise, será o adotado nesse trabalho. É importante ressaltar também, que apesar de duas limitações, o EWMA é amplamente utilizado pelo mercado, sendo um método padrão e de referência para muitos bancos e softwares financeiros, como o *Maps* (MAPS, 2009), software de risco de mercado que serviu de auxílio para esse trabalho.

2.7 Controle do BACEN

O Banco Central do Brasil, BACEN, vem apresentando um constante aumento de supervisão das instituições financeiras, principalmente após o segundo encontro do Comitê de Supervisão Bancária da Basileia, principal comitê de risco do mundo, e cujo material, divulgado em junho de 2004, vem se tornando referência mundial na gestão de risco.

Tal encontro, chamado de Basileia II⁷, aprofundou as normas impostas aos bancos e ampliou o escopo e responsabilidades dos órgãos reguladores ao

⁶ Um ruído branco é um conjunto de variáveis aleatórias ε_t , $t \in \mathbb{Z}$, se as variáveis aleatórias ε_t não forem correlacionadas, ou seja, $Cov(\varepsilon_t, \varepsilon_s) = 0$, $t \neq s$. Deve-se considerar também que ε_t possui uma distribuição $N(\mu_\varepsilon, \sigma_\varepsilon^2)$, para todo t (HULL, 1999).

⁷ O primeiro encontro do Comitê de Supervisão Bancária da Basileia ocorreu em 1988, na cidade de Basileia. Seus resultados hoje são considerados ultrapassados, mas esse encontro tem valor histórico no marco regulatório bancário em escopo mundial (BIS, 2009).

redor do mundo. No primeiro encontro, chamado de Basiléia I, foi estipulado um único foco de atuação, através da definição do PRE (Patrimônio de Referência Exigido), que em linhas gerais, é o quanto o banco deve ter de capital próprio para lastrear (dar como garantia) suas operações, e seu modo de cálculo era único e rígido.

Já em Basiléia II foram definidos três pilares, a saber: Risco de Crédito e Risco Operacional; Supervisão Bancária; Disciplina de mercado. Entender cada um desses pilares e como o BACEN incorporou suas diretrizes em suas metodologias foge do escopo desse trabalho, mas alguns pontos podem ser destacados.

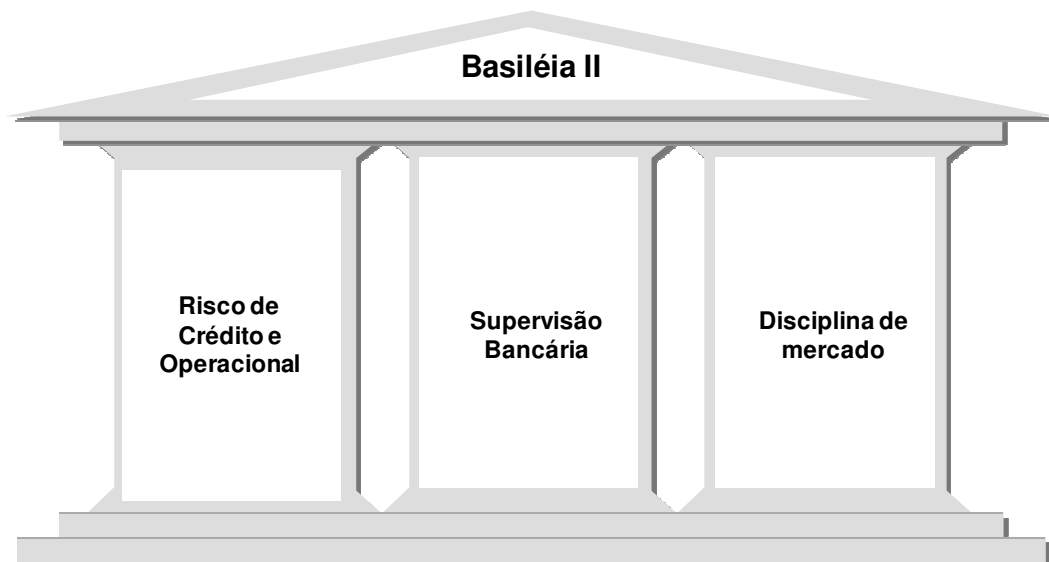


Figura 2.1 - Pilares do Acordo de Basiléia II

Fonte: Elaboração do autor.

Um ponto importante é que o BACEN estipulou uma metodologia de patrimônio de referência exigido (PRE), ou seja, capital próprio que as instituições financeiras precisam manter para darem respaldo às suas operações. Ela é baseada em seis parcelas de sua carteira de negociação, ou seja, tipos de títulos que se pode negociar no mercado, mais a carteira que não pode negociar no mercado (*banking*), cada uma referente a uma natureza de risco.

A tabela abaixo mostra cada uma das parcelas, entendidas pelo BACEN como fontes diferentes de risco e por isso mesmo devem ser tratadas em separado. Para cada uma das parcelas, a saber: P_{JUR1} , P_{JUR2} , P_{JUR3} , P_{JUR4} , P_{ACS} , P_{COM} e P_{CAM} , existe uma circular que define quais ativos elas compreendem e suas metodologias específicas (BACEN, 2009).

Tabela 2.2 - Divisão do Patrimônio de Referência Exigido em seus fatores de risco e referência da circular do BACEN onde a metodologia está definida.

Fonte: Banco Mercantil do Brasil (2008).

Classificação da operação	Parcelas: Alocação de Capital	Descrição dos Fatores de Risco	Circular
Carteira de negociação (Trading)	P_{JUR1}	Exposição às taxas de juros prefixadas.	3.361
	P_{JUR2}	Exposição às taxas de cupons de moeda estrangeira: dólar, euro, franco suíço, iene, libra esterlina etc.	3.362
	P_{JUR3}	Exposição às taxas de cupons de índice de preços: IPCA, IGP-M, etc.	3.363
	P_{JUR4}	Exposição às taxas de cupons de taxas de juros: TR, TJLP, TBF, etc.	3.364
	P_{ACS}	Cálculo referente à variação do preço de ações.	3.366
	P_{COM}	Cálculo referente à variação do preço de COMMODITIES.	3.368
Carteira de não negociação (Banking)	RBAN	Todos fatores de riscos citados acima, porém classificados como não negociação .	3.365

Com base nos cálculos de cada parcela, representando cada uma das fontes de risco controladas pelo BACEN, o patrimônio de referência exigido (PRE) pode facilmente ser calculado e controlado pelo BACEN, uma vez que a metodologia é a mesma para todas as instituições financeiras. Um fato relevante é que ela é bem conservadora, a fim de alertar o BACEN muito antes de uma insolvência inevitável.

É por ser bem conservadora que outro ponto importante será destacado. O BACEN estabeleceu normas para validação de modelos internos para o cálculo de cada parcela através das atas 31 e 32 divulgadas em 16 de fevereiro de 2009. Assim, se o BACEN aprovar, a instituição financeira poderá, ao invés de usar a metodologia imposta pelo BACEN, utilizar uma interna e, assim, reduzir seu capital de referência exigido. Fazer o balanço entre o esforço de validação de um modelo interno, e os ganhos que isso geraria para a instituição, passou a ser chave.

Se uma instituição passar a adotar um modelo interno, seu PRE será:

$$PRE_{\text{interno},t} = \max \left\{ \left(\frac{M}{60} \sum_{i=1}^{60} VaR_{t-i} \right), VaR_{t-1}, S * VPad_{t-1} \right\} \quad (2.16)$$

Onde:

$PRE_{\text{interno},t}$ é o valor diário referente às parcelas P_{Jur1} , P_{Jur2} , P_{Jur3} , P_{Jur4} , P_{ACS} , P_{COM} e P_{CAM} , conforme a Tabela 2.1, para o dia útil t , calculado por meio dos modelos internos de risco de mercado

VaR_t é o VaR do dia t

M é um multiplicador que será melhor explicado abaixo

$VPad_t$ é o valor do PRE, para o dia t , calculado conforme metodologia padronizada

S é o fator de transição para modelos internos, e vale, a partir da autorização:

- 90%: primeiro ano
- 85%: segundo ano
- 80%: terceiro ano
- 0%: depois do terceiro ano

O fator S serve como um dosador do modelo interno nos três primeiros anos que a instituição utilizar um modelo interno junto ao padronizado, pois o dará

mais peso a cada ano, refletindo uma expectativa de sua maturação e capacidade de substituir o modelo padronizado, mas também força a instituição a manter esse último durante esse processo de homologação. O BACEN pode julgar que o modelo interno não é satisfatório a qualquer momento, o que torna claro o porquê de não permitir descontinuar o padronizado.

O fator M é um multiplicador que incorpora uma parcela que avalia os testes de aderência (*backtest*) realizados internamente, bem como por um fator qualitativo fornecido pelo BACEN, com base na avaliação dos aspectos qualitativos do modelo interno e da estrutura de sua gestão do risco de mercado.

$$M = 3 + A_{\text{aderência}} + A_{\text{qualitativo}} \quad (2.17)$$

Onde:

$A_{\text{aderência}}$ é o adicional relativo aos testes de aderência

$A_{\text{qualitativo}}$ é o adicional relativo à avaliação qualitativa

O valor de $A_{\text{aderência}}$ deve ser calculado nas datas-base 31/03, 30/06, 30/09 e 31/12, assumindo os valores da tabela a seguir, com base no máximo de exceções (perdas efetivas X perdas hipotéticas) considerando o total da carteira, intervalo unicaudal de 99% e intervalos de 1 dia:

Tabela 2.3 - Relação entre exceções no modelo interno com o fator multiplicador M.**Fonte: BACEN (2009).**

Máximo de perdas que excederam o VaR	$A_{\text{aderência}}$
4 ou menos	0,00
5	0,40
6	0,50
7	0,65
8	0,75
9	0,85
10 ou mais	1,00

Com base nessa relação entre falhas do modelo interno e um dos multiplicadores do PRE, representando uma penalidade caso o modelo seja pouco conservador, fica evidente a necessidade de um modelo interno eficiente, que aloque menos capital que o BACEN estima, uma vez que sua metodologia padronizada é abrangente e conservadora, mas também que não subestime o risco.

Vemos assim que o BACEN, através de todas as normas por ele definidas, e que foram reflexo de um movimento global em favor de melhores práticas regulatórias, tentou ser o mais abrangente possível, tentando cobrir e classificar todos os produtos do mercado financeiro. Mesmo sendo mais rigoroso do que historicamente fora, também permitiu às instituições financeiras que adotem modelos internos, desde que comprovem sua eficácia.

3 Modelando Risco de Liquidez

3.1 Introdução

Nesse capítulo, trata-se do risco de liquidez de mercado. Ele provém dos custos de liquidação de uma posição, sendo crescente com a falta de liquidez do mercado. Conceitua-se o *Bid Ask Spread*, o risco de mercado geral e apresentar-se como incorporar o risco de liquidez nos modelos de VaR.

3.2 Bid Ask Spread

Usualmente, a iliquidez do mercado se manifesta em poucos negócios realizados e em um amplo *Bid ask spread*, nome dado à diferença entre o menor valor entre as ofertas de venda (*ask*) e o maior valor entre as ofertas de compra (*Bid*) de um ativo num dado momento.

Considerando os preços de fechamento médios teóricos, que representam a média entre a oferta de venda e a oferta de compra, no fechamento, e não um valor de transação efetiva, o *spread* (S) de um ativo qualquer, pode ser calculado através da seguinte fórmula:

$$S_i = \frac{PV_i - PC_i}{PM_i} \quad (3.1)$$

Onde:

S_i é o *Bid ask spread* para o fechamento do dia i .

PV_i é o menor preço de venda no fechamento do dia i .

PC_i é o maior preço de compra no fechamento do dia i .

PM_i é o preço médio teórico de fechamento do dia i .

Utilizar o preço médio teórico, ou seja, a média entre a oferta de venda e a oferta de compra no fechamento, e não o preço da última operação realizada tem a vantagem de poder tratar os dias que não tiveram nenhuma operação, mas tiveram pelo menos lances de compra e de venda, como ocorre com muitos ativos menos líquidos.

Essa fórmula de *Bid ask spread* normalizada permite uma fácil comparação entre os ativos. A figura abaixo mostra alguns valores de ativos, com seus valores de spread (%) e volatilidades para um dia.

Tabela 3.1 – Exemplos de *spreads* normalizados.

Fonte: Elaboração do autor. Dados de 20/12/2007 até 30/12/2008.

Empresa	Ativo	Spread Médio (S barra)	Desvio Padrão do Spread $\sigma(S)$
Petrobrás	PETR4	0,11%	0,15%
Vale do Rio Doce	VALE5	0,12%	0,14%
Itaú Unibanco	ITAU4	0,37%	0,41%
Bradesco	BBDC4	0,24%	0,26%
Gerdau	GGBR4	0,28%	0,28%
Vale do Rio Doce	VALE3	0,38%	0,40%
Sid Nacional	CSNA3	0,29%	0,35%
Embraer	EMBR3	0,61%	0,71%
Jbs	JBSS3	0,67%	0,58%
Natura	NATU3	0,61%	0,52%
Usiminas	USIM3	0,89%	0,83%
Gol	GOLL4	0,53%	0,49%
Light S/A	LIGT3	0,98%	0,76%
Telesp	TLPP4	0,98%	0,63%
Tim Part S/A	TCSL3	1,18%	1,16%
Celesc	CLSC6	1,14%	1,04%
Comgas	CGAS5	1,05%	0,65%

Segundo a teoria de microestrutura, os *spreads* refletem três diferentes tipos de custo (JORION, 2007):

- Custo de processamento de ordem: cobre os custos dos serviços de provisão de liquidez e reflete o custo da operação, o volume

transacionado, o estado da tecnologia e a competição. Esse custo tende a decrescer com o aumento do volume transacionado.

- Custo de assimetria da informação: reflete o fato que algumas ordens vêm de operadores informados, forçando os tomadores de posição a se protegerem com o aumento do spread.
- Custos de Carregamento (ou Manutenção) de Inventário: é devido ao custo de manter uma posição em aberto. Tal custo aumenta com o aumento da volatilidade do preço do ativo, maiores taxa de interesse, e menores quantidades de negócios.

3.3 Conceituando o risco de Mercado Geral

Pode-se dividir conceitualmente a incerteza do valor de mercado de um ativo, ou seja, seu valor geral de risco de mercado, em duas partes (BANGIA, et al., 1999): a incerteza proveniente dos retornos do ativo, que aqui pode ser entendida como o obtido através dos modelos de VaR que abrangem somente os retornos, e a incerteza devida ao risco de liquidez, que aborda a incerteza dos custos de liquidação.

Tendo uma posição num mercado líquido, pode-se obter o preço de mercado sem perdas significantes, mas se o mercado for pouco líquido, para fechar uma posição tem-se que pagar um custo de liquidação proporcional ao período de liquidação. Isso leva a um conflito entre liquidar a posição rápido e sofrer os custos de liquidação ou aumentar o prazo de liquidação e aumentar o período de exposição ao preço do ativo e assim manter um valor de VaR alto por mais tempo, podendo assim ter mais perdas pela variação natural dos preços do ativo. A seguinte figura demonstra esse período de maior tempo de exposição a um VaR alto para ativos pouco líquidos.

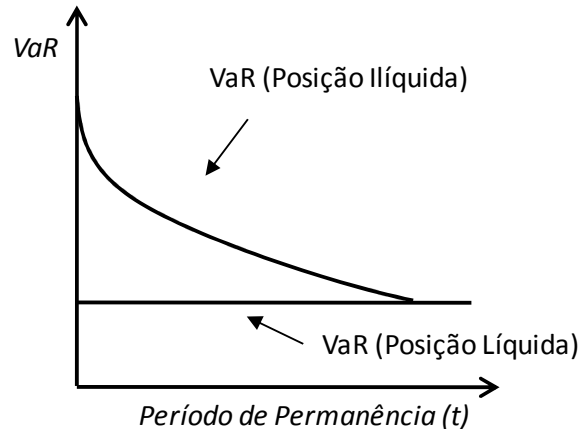


Figura 3.1 - Relação entre o VaR de posição líquida e Ilíquida (pouco líquida) quanto ao período de permanência.

Fonte: DOWD (1998).

Para entender melhor esse conceito de liquidez (tratado nesse caso de uma forma genérica, quando, no caso, estamos analisando a sua falta, ou seja, iliquidez), faz-se uma distinção entre liquidez endógena e liquidez exógena (BANGIA, et al., 1999). A liquidez exógena resulta de características do mercado, afetando todos os operadores e sendo um resultado da ação coletiva. Já a liquidez endógena é específica de uma posição no mercado. Sendo assim, o risco de liquidez de um investidor é determinado pelo tamanho de sua posição, logo quanto maior sua posição, maior seu risco de liquidez endógeno. A seguinte figura explicita tal classificação:

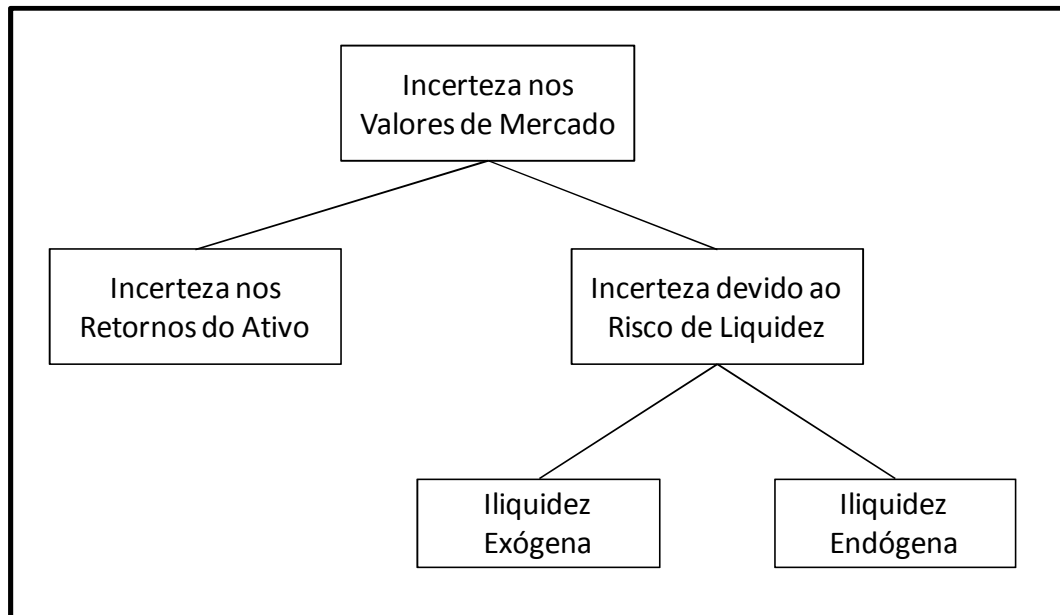


Figura 3.2 - Taxonomia do Risco de Mercado.

Fonte: BANGIA (1999).

Pode-se visualizar esse conceito de risco de mercado/liquidez na seguinte figura, que considera o impacto conjunto de dois tipos de risco. A maioria dos mercados está nas regiões I e III. É de se esperar que os riscos de mercado e liquidez sejam correlacionados na maioria dos casos.

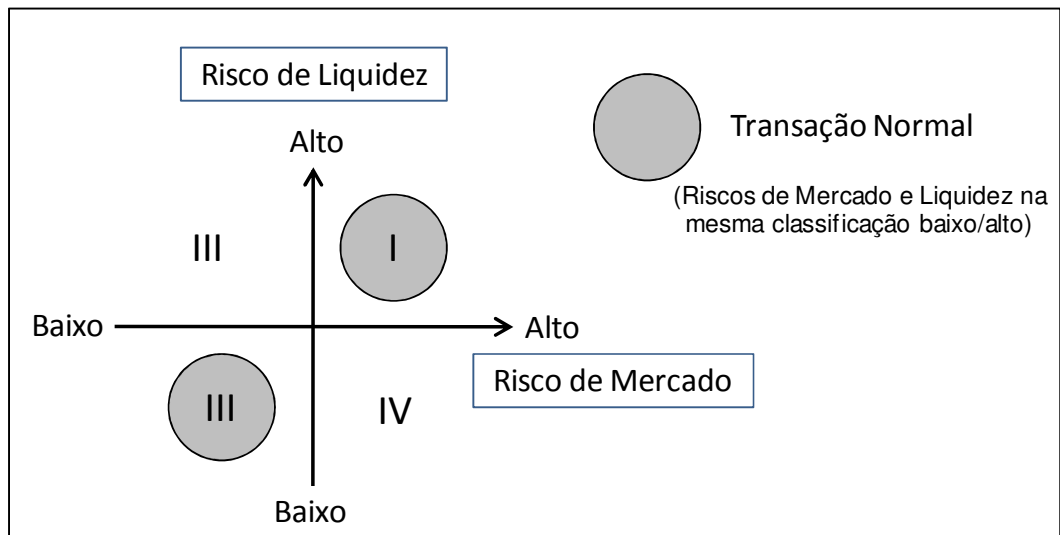


Figura 3.3 - Transações Normais no Plano de Risco de Mercado.

Fonte: BANGIA (1999).

Pode-se dizer que grande parte dos ativos de mercados emergentes, como o do Brasil, tem grande risco de mercado e liquidez, ficando na região I, enquanto o mercado a vista das moedas das maiores economias do mundo ficam na região III, devido aos riscos de mercado e liquidez relativamente baixos.

A maioria dos mercados de ativos se encontra nas regiões I e III, sendo esse um assunto de risco de liquidez exógeno, que trata das flutuações além do controle de determinados operadores individuais. Por outro lado, o risco de liquidez endógeno se refere ao risco de liquidez de posições específicas, como uma tentativa de se desfazer de uma posição muito grande. Alguém que mantém uma posição grande em um ativo, mesmo que em condições estáveis de mercado, pode se deparar numa região II quando se desfizer de sua posição.

O risco de liquidez exógeno é resultado das características do mercado e afeta todos os participantes do mercado sem se afetar pela ação de nenhum individualmente. Os mercados mais líquidos são caracterizados por grandes volumes de transação, *Bid-ask spreads* pequenos e estáveis e altas profundidades de cotação, ou seja, o volume de ativo disponível nos preços disponíveis no mercado, tanto na oferta de compra como de oferta venda. Pode-se até desprezar os custos de liquidez quando o mercado provém uma liquidez adequada, o que não devemos fazer nos mercados menos líquidos.

Por outro lado, a iliquidez endógena é específica para uma posição no mercado, variando entre os participantes e a exposição de cada um, sendo afetada pelas suas ações. Sendo gerada pelo tamanho da posição, quanto maior o tamanho, maior o risco de liquidez endógena. A figura a seguir ilustra a relação entre o tamanho da posição e o preço de liquidação.

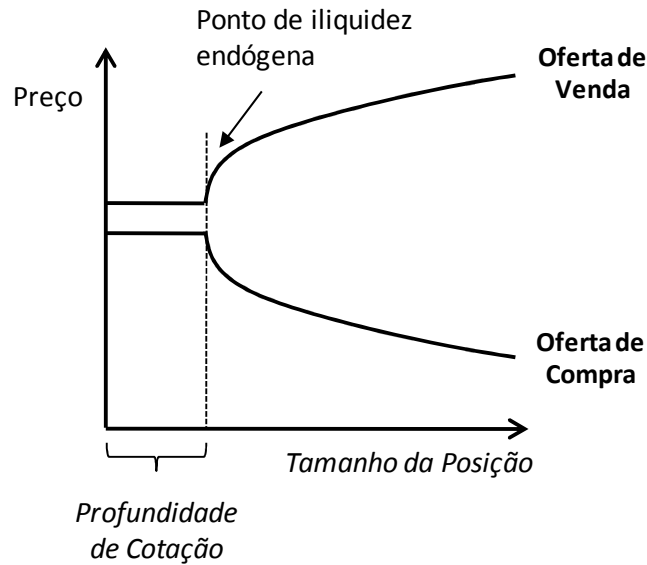


Figura 3.4 - Efeito do tamanho da posição no valor de liquidação.

Fonte: DOWD (1998).

A profundidade do mercado representa até que tamanho de posição não afetaria o mercado, provocando um aumento no *bid-ask spread*. Um gerenciamento do risco mais rigoroso implica em analisar esses casos em que determinadas posições devem ser liquidadas rápido, atravessando essa profundidade do mercado. Quando isso ocorre, o investidor não recebe o preço médio, e a variação do preço de liquidação em relação ao preço médio é um componente importante para capturar o risco geral.

Métodos quantitativos para modelar o risco de liquidez endógeno foram recentemente propostos por diversos autores, entre eles Almgren e Chriss (2001), que propõem uma trajetória ótima de liquidação, baseado na meia-vida, ou seja, o tempo necessário para liquidar metade do portfólio.

Esse trabalho abordará somente o risco de liquidez exógena, mostrando métodos para quantificá-la. Essa escolha se deve ao fato dela afetar todos os participantes do mercado, seja grande ou pequeno, e também porque ela é caracterizada pela volatilidade dos spreads efetivados, e não baseado nas

relações entre os spreads e o tamanho das transações, tendo muito mais dados disponíveis para análise.

3.4 Incorporando Risco de Liquidez ao VaR

Para incorporar o risco de liquidez nos modelos correntes de VaR, inicialmente dividiu-se o risco de mercado em dois riscos (Incorporating Liquidity Risk in VaR Models, 2000): risco de preço (P_VaR), referente ao potencial de perda vinculado com a depreciação do ativo, e o risco de liquidez exógena, referente aos custos de liquidação (CLE), ou seja, venda, de uma posição.

A metodologia proposta é extraída da obra de Bangia et al. (1999) e consiste em definir o Var Ajustado pela Liquidez⁸ (LA VaR) duas parcelas. A primeira parcela definirá o risco de preço (P_VaR), assim:

$$P_VaR = P_t(1 - e^{-z\theta\hat{\sigma}_t}) \quad (3.2)$$

Onde:

P_VaR é risco devido à variação dos preços. Expresso em valor monetário, representa o menor valor que o ativo pode assumir, dado um intervalo de tolerância

P_t é o preço de fechamento médio teórico na data t, definido no capítulo 3.2.

θ é um fator de correção do VaR normal, apresentado adiante, que leva em conta que os retornos apresentam caudas mais densas que a distribuição normal

$\hat{\sigma}_t$ é a volatilidade amostral do ativo na data t

⁸ Ao propor uma metodologia para tratar o risco de liquidez, Bangia ET al. (1999) adotam o nome de VaR Ajustado pela Liquidez, no original *Liquidity Adjusted VaR* (LA VaR).

z é o fator normalizado monocaudal para o intervalo de tolerância, sendo 2,33 para 99% e 1,65 para 95%, valores mais utilizados

A segunda parcela explicitará a participação do *bid-ask spread*, incorporando informações não presentes nos históricos das transações efetivas. A fórmula sugerida segue abaixo:

$$CLE = \frac{1}{2} [P^\alpha (\bar{S} + a\tilde{\sigma}_t)] \quad (3.3)$$

Onde:

CLE é o custo de liquidação exógeno, expresso em valor monetário

P^α é o preço do ativo modelado pelo VaR na data t

\bar{S} é a média do *bid-ask spread*

a é um fator que corrige a distribuição da diferença padronizada entre as ofertas de venda e de compra (*bid-ask spread*)

$\tilde{\sigma}_t$ é a volatilidade amostral do *bid-ask spread*

Com essas duas parcelas, compomos o LA VaR (VaR Ajustado pela Liquidez) do seguinte modo:

$$LA\ VaR = P_VaR - CLE = P_t (1 - e^{-z\theta\sigma_t}) - \frac{1}{2} [P^\alpha (\bar{S} + a\tilde{\sigma}_t)] \quad (3.4)$$

Essa fórmula mostra que o LA VaR, é obtido calculando-se o preço em risco do ativo, já com ajustes para caldas pesadas, e desse valor, subtraído a possível perda oriunda do impacto que essa operação vai causar no mercado, capturado pela sua distribuição do *bid-ask spread*.

Todos os parâmetros acima podem ser extraídos dos dados de mercado de forma direta, com exceção de a e θ , que devem ser estimados. Os próximos capítulos tratarão desses dois fatores.

3.4.1 Incorporando o Risco de Liquidez Exógeno

Sendo \bar{S} a média dos spreads normalizados e $\tilde{\sigma}$ sua volatilidade, o fator α deve fornecer, mesmo que de forma aproximada, uma cobertura condizente com o intervalo de confiança adotado, no caso, 95% dos eventos.

De fato, as distribuições dos *bid ask spreads* costumam não aparentar muito a normalidade, nem mesmo distribuições log-normais, como pode parecer à primeira vista (BANGIA, et al., 1999). Pegando um período maior de análise, pode-se até se deparar com distribuições multi-modais (Incorporating Liquidity Risk in VaR Models, 2000).

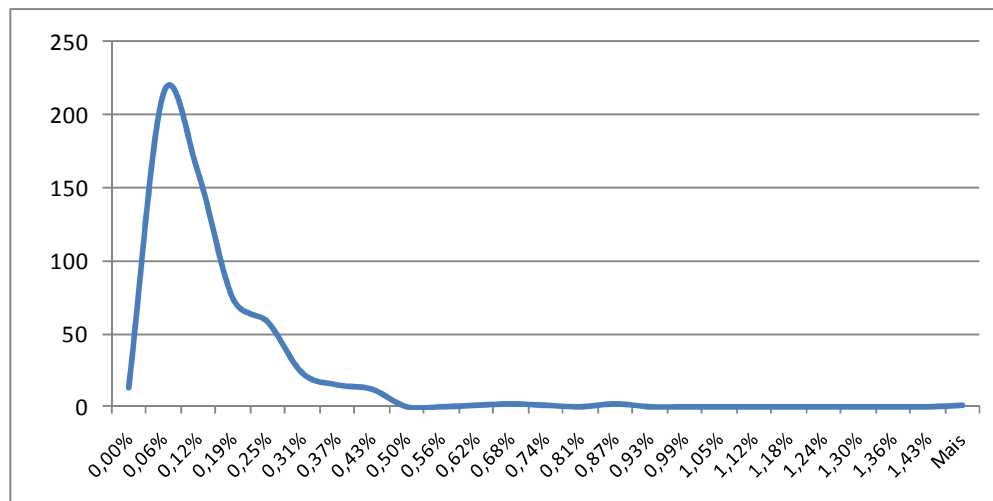


Gráfico 3.1 - Distribuição do *bid ask spread* do ativo VALE5.

Fonte: Bloomberg (2009). Dados de 23/04/2007 até 30/12/2008.

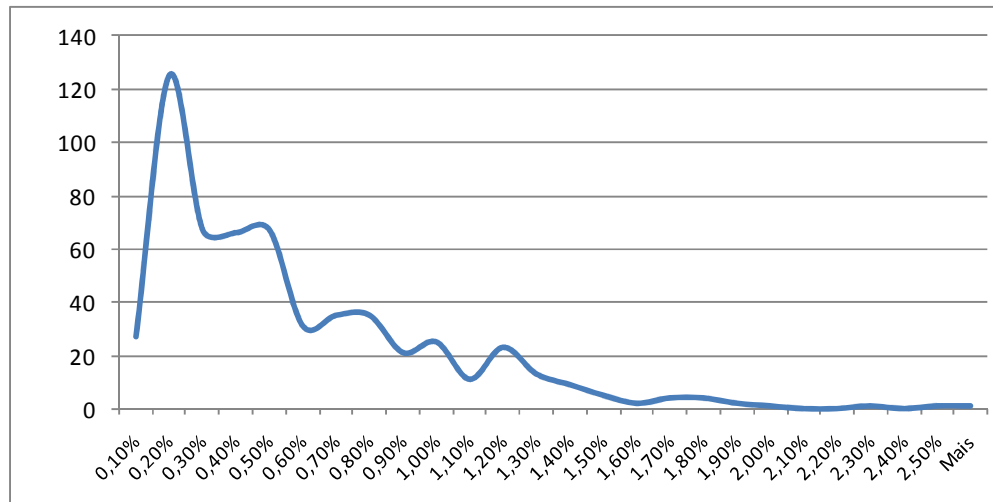


Gráfico 3.2 - Distribuição do *bid ask spread* do ativo VIVO4.

Fonte: Bloomberg (2009). Dados de 23/04/2007 até 30/12/2008.

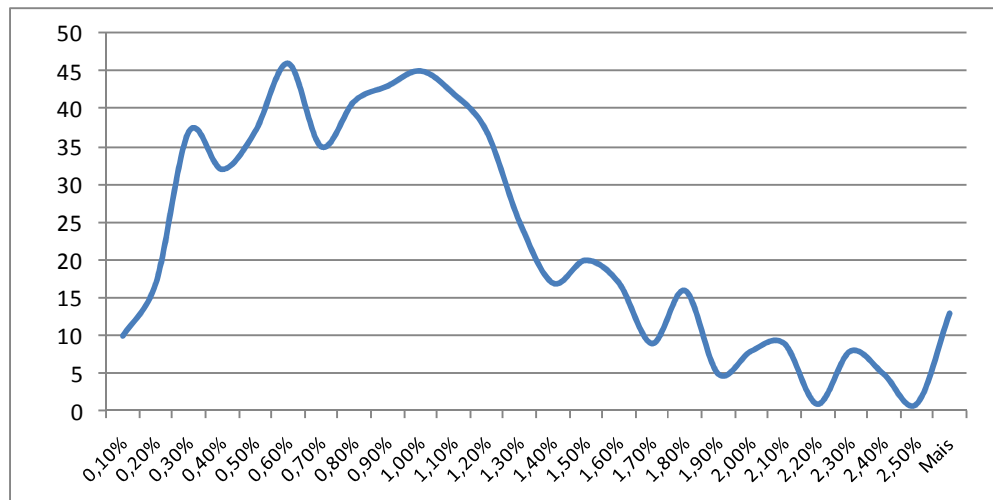


Gráfico 3.3 - Distribuição do *bid ask spread* do ativo CGAS5.

Fonte: Bloomberg (2009). Dados de 23/04/2007 até 30/12/2008.

Para analisar os dados e tentar descobrir qual distribuição melhor se ajusta aos dados, utilizou-se a ferramenta *Identificação de Distribuição Individual* (MINITAB, 2009), cuja explicação e dados encontram-se no apêndice A.

A principal estatística mostrada nos resultados é o valor p, ou também valor-p ou ainda P-valor (como o resultado é em inglês, denota-se *P-Value*), e representa a probabilidade da amostra ser tirada de uma população,

assumindo que a hipótese nula (no caso a distribuição testada) seja verdadeira. Um valor de 0,05, por exemplo, indica que existe uma probabilidade de 5% de que a amostra testada possa ser extraída, assumindo que a hipótese nula é verdadeira.

Vários ativos e várias distribuições foram testados, abrangendo todas as distribuições disponíveis no *software* Minitab, sendo apresentados a seguir os resultados dos ativos VALE5, VIVO4 e CGAS5. O descritivo abaixo foi extraído diretamente do “Session” do Minitab (2009).

Resultados do ativo VIVO4:

Descriptive Statistics

N	N*	Mean	StDev	Median	Minimum	Maximum	Skewness
419	0	0,0052162	0,0041595	0,0040971	0,0004375	0,0271482	1,38654

N	Kurtosis
419	2,28599

Box-Cox transformation: Lambda = 0

Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P	LRT P
Normal	14,707	<0,005	
Box-Cox Transformation	3,605	<0,005	
Lognormal	3,605	<0,005	
3-Parameter Lognormal	3,985	*	0,197
Exponential	10,007	<0,003	
2-Parameter Exponential	3,525	<0,010	0,000
Weibull	3,031	<0,010	
3-Parameter Weibull	1,988	<0,005	0,000
Smallest Extreme Value	30,384	<0,010	
Largest Extreme Value	6,964	<0,010	
Gamma	2,988	<0,005	
3-Parameter Gamma	2,139	*	0,000
Logistic	11,262	<0,005	
Loglogistic	3,980	<0,005	
3-Parameter Loglogistic	4,569	*	0,009

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Normal*	0,00522		0,00416	
Box-Cox Transformation*	-5,58038		0,84189	
Lognormal*	-5,58038		0,84189	
3-Parameter Lognormal	-5,65892		0,90778	0,00019
Exponential			0,00522	
2-Parameter Exponential			0,00479	0,00043
Weibull		1,32410	0,00570	
3-Parameter Weibull		1,16853	0,00508	0,00041

Smallest Extreme Value	0,00751	0,00557	
Largest Extreme Value	0,00343	0,00281	
Gamma		1,68876	0,00309
3-Parameter Gamma		1,32509	0,00364 0,00039
Logistic	0,00466	0,00224	
Loglogistic	-5,55864	0,50109	
3-Parameter Loglogistic	-5,69127	0,58245	0,00037

* Scale: Adjusted ML estimate

Resultados do ativo CGAS5:

Descriptive Statistics

N	N*	Mean	StDev	Median	Minimum	Maximum	Skewness
419	0	0,0099283	0,0064613	0,0091304	0,0004256	0,0687905	2,47099

N	Kurtosis
419	16,5345

Box-Cox transformation: Lambda = 0,351934

Johnson transformation function:
 $12,1088 + 2,93169 * \ln(X + 0,00746134)$

Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P	LRT P
Normal	6,295	<0,005	
Box-Cox Transformation	0,861	0,027	
Lognormal	5,329	<0,005	
3-Parameter Lognormal	0,946	*	0,000
Exponential	29,851	<0,003	
2-Parameter Exponential	25,367	<0,010	0,000
Weibull	1,187	<0,010	
3-Parameter Weibull	1,197	<0,005	0,037
Smallest Extreme Value	54,236	<0,010	
Largest Extreme Value	0,685	0,077	
Gamma	1,128	0,007	
3-Parameter Gamma	0,919	*	0,474
Logistic	2,810	<0,005	
Loglogistic	3,458	<0,005	
3-Parameter Loglogistic	1,288	*	0,000
Johnson Transformation	0,556	0,150	

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Normal*	0,00993		0,00646	
Box-Cox Transformation*	0,18834		0,04371	
Lognormal*	-4,82802		0,71681	
3-Parameter Lognormal	-4,37985		0,43447	-0,00384
Exponential			0,00993	
2-Parameter Exponential			0,00953	0,00040
Weibull		1,63495	0,01112	
3-Parameter Weibull		1,56241	0,01067	0,00034
Smallest Extreme Value	0,01373		0,01284	
Largest Extreme Value	0,00720		0,00462	
Gamma		2,47241	0,00402	

3-Parameter Gamma		2,67624	0,00381	-0,00027
Logistic	0,00936		0,00329	
Loglogistic	-4,76763		0,39172	
3-Parameter Loglogistic	-4,39168		0,25450	-0,00360
Johnson Transformation*	0,06077		0,97939	

* Scale: Adjusted ML estimate

Resultados do ativo VALE5:

Descriptive Statistics

N	N*	Mean	StDev	Median	Minimum	Maximum	Skewness
419	0	0,0012208	0,0013282	0,0008433	0,0001	0,0148883	4,16451

N	Kurtosis
419	31,0069

Box-Cox transformation: Lambda = 0

Goodness of Fit Test

Distribution	AD	P	LRT P
Normal	27,024	<0,005	
Box-Cox Transformation	1,579	<0,005	
Lognormal	1,579	<0,005	
3-Parameter Lognormal	2,163	*	0,035
Exponential	5,069	<0,003	
2-Parameter Exponential	1,132	0,084	0,000
Weibull	3,214	<0,010	
3-Parameter Weibull	72,518	<0,005	1,000
Smallest Extreme Value	78,373	<0,010	
Largest Extreme Value	8,577	<0,010	
Gamma	2,827	<0,005	
3-Parameter Gamma	1,153	*	0,000
Logistic	14,315	<0,005	
Loglogistic	2,094	<0,005	
3-Parameter Loglogistic	11,963	*	1,000

ML Estimates of Distribution Parameters

Distribution	Location	Shape	Scale	Threshold
Normal*	0,00122		0,00133	
Box-Cox Transformation*	-7,12655		0,92997	
Lognormal*	-7,12655		0,92997	
3-Parameter Lognormal	-7,24433		1,03942	0,00006
Exponential			0,00122	
2-Parameter Exponential			0,00113	0,00009
Weibull		1,10865	0,00127	
3-Parameter Weibull		22,11699	0,06082	-0,05872
Smallest Extreme Value	0,00207		0,00299	
Largest Extreme Value	0,00075		0,00070	
Gamma		1,33753	0,00091	
3-Parameter Gamma		1,03396	0,00109	0,00009
Logistic	0,00102		0,00057	
Loglogistic	-7,11376		0,54431	
3-Parameter Loglogistic	-4,91545		0,07023	-0,00629

* Scale: Adjusted ML estimate

Para ilustrar o resultado apresentado, segue um dos gráficos gerados pelo Minitab, do ativo VALE5, no qual mostra todos os pontos testados bem como os resultados para os valores p.

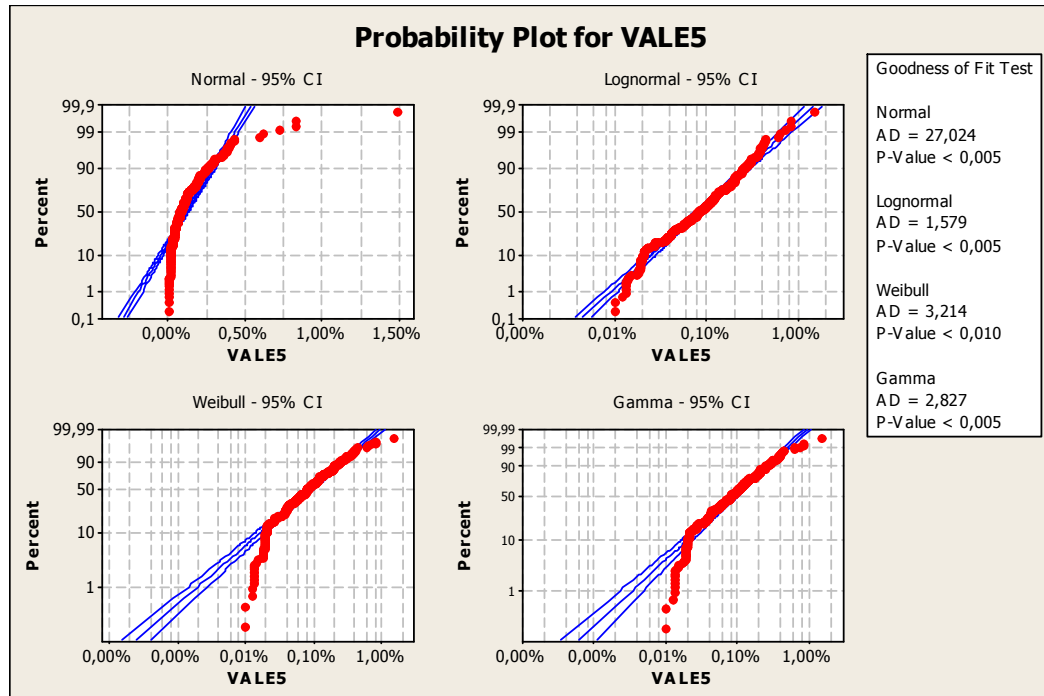


Gráfico 3.4 - Identificação de Distribuição Individual do *bid-ask spread* do ativo VALE5

Fonte: Minitab (2009). Dados de 23/04/2007 até 30/12/2008.

Pelos resultados expostos, vê-se que as distribuições dos *spreads* são bem irregulares e que os dados não foram bem ajustados por nenhuma das distribuições testadas. Também é de se esperar que o quanto menos líquido o ativo, mais irregular a sua distribuição. Bangia (1999) ao fazer análises dessa natureza, chegou a intervalos de valores, de 2 a 4,5 e Erwan (2000) classificou os ativos em líquidos e pouco líquidos chegando em 6,7 a 7,8 respectivamente, resultados bem diferentes entre si e ambos tentaram cobrir 99% da distribuição. Assim precisamos calcular esse fator para os ativos brasileiros.

De acordo com a teoria dos custos embutidos no spread apresentada no capítulo 3.2, e para tratar o risco de mercado e liquidez de uma forma conjunta, adotou-se a suposição simplificadora que em momentos de mercado adverso, os eventos extremos nos retornos e nos spreads ocorrem concomitantes. Não

aceitar essa suposição somente complicaria os cálculos, sem trazer algo conceitualmente novo (BANGIA, et al., 1999). A correlação entre os movimentos do preço médio e o *bid ask spread* não é perfeita, mas, conforme Bangia (1999), ela é suficientemente forte durante condições extremas de mercado para nos encorajar a tratar os riscos de liquidez e mercado como passando por movimentos extremos simultaneamente.

A figura a seguir demonstra o cálculo do LA-VaR incorporando tanto o movimento do 95º percentil do risco de mercado como o 95º percentil do movimento do spread, representando o risco de liquidez, para uma função genérica dos preços de fechamento $F(\text{Preço})$.

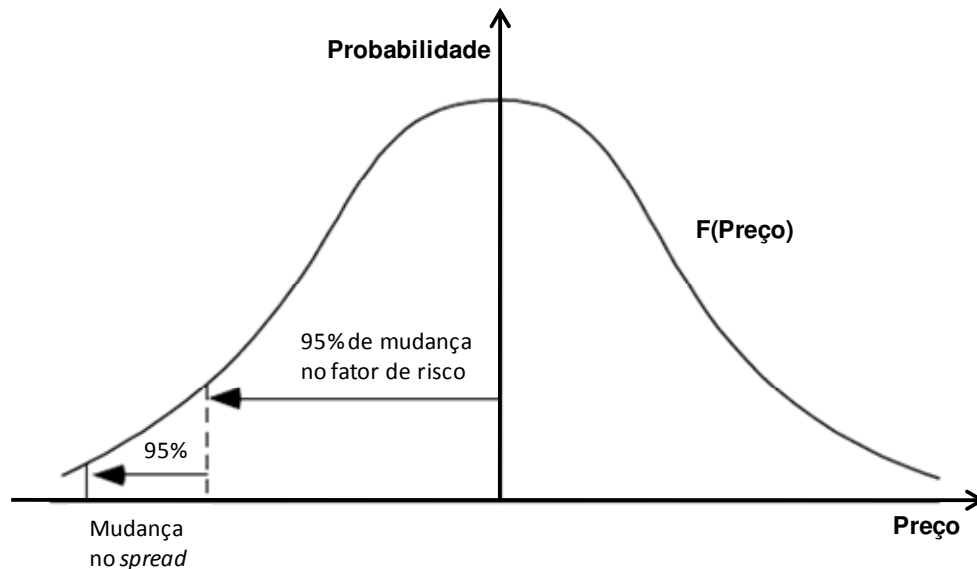


Figura 3.5 - Combinando Risco de Mercado e Liquidez.

Fonte: Bangia, et al. (1999).

Assim, para representar em termos do preço, usa-se o preço do VaR, sem nenhum ajuste, subtraído da parcela referente ao spread, gerando assim o pior preço combinado dos dois fatores P' :

$$P' = P_t e^{-z\sigma_t} - \frac{1}{2} [P^\alpha (\bar{S} + a\tilde{\sigma}_t)] \quad (3.5)$$

Com essa parcela do spread, ainda sem o fator de correção do VaR normal (θ), o VaR ficaria:

$$\text{VaR}_{\text{ajustado}} = P_t(1 - e^{-z\sigma_t}) + [P^\alpha(\bar{S} + a\tilde{\sigma}_t)] \quad (3.6)$$

Como Erwan (2000) tem uma abordagem direta ao estimar o fator a , ao comparar o percentil da distribuição do *bid ask spread* com a parcela $\bar{S} + a\tilde{\sigma}_t$ da equação (3.6), fez-se o mesmo, assim:

$$a = \frac{(r_{\text{percentil}} - \bar{S})}{\tilde{\sigma}}$$

Onde o $r_{\text{percentil}}$ é o percentil 95 da amostra de *bid ask spread*, \bar{S} sua média e $\tilde{\sigma}$ seu desvio padrão. Segue abaixo alguns exemplos:

Tabela 3.2 - Exemplo de cálculos do fator a para ativos brasileiros.

Fonte: Elaboração do autor. Dados de 23/04/2007 até 30/12/2008.

Ativo	Volatilidade (σ amostral)	Média (S_{barra})	Percentil 95	Fator a
VALE5	0,12%	0,12%	0,33%	1,68
ITAU4	0,36%	0,36%	1,02%	1,84
BBDC4	0,24%	0,22%	0,69%	1,94
BNCA3	0,54%	0,51%	1,61%	2,02
BRT04	0,80%	0,71%	1,98%	1,58
TCSL3	0,93%	1,01%	2,57%	1,67

Adotando a classificação de ativos do capítulo 4.2, obteve-se o valor médio do fator a para os ativos líquidos de 1,7556 e para os ilíquidos de 1,7913, e esses serão os valores utilizados no trabalho. Esses valores são significativamente menores que os obtidos na bibliografia, mas como tentam cobrir 95% da distribuição dos valores de *bid ask spread* ao invés de 99%, parecem condizentes.

3.4.2 Análise de Caudas Pesadas

Para muitos mercados, como os emergentes, percebe-se que a suposição de normalidade não é verdadeira. Os retornos dos ativos não são normalmente distribuídos, possuindo “caudas pesadas”.

A seguir utiliza-se a ferramenta *Identificação de Distribuição Individual* (MINITAB, 2009), também utilizada no capítulo 3.4.1. Como se adotou a premissa que a distribuição dos retornos dos ativos é normal, somente essa distribuição será testada.

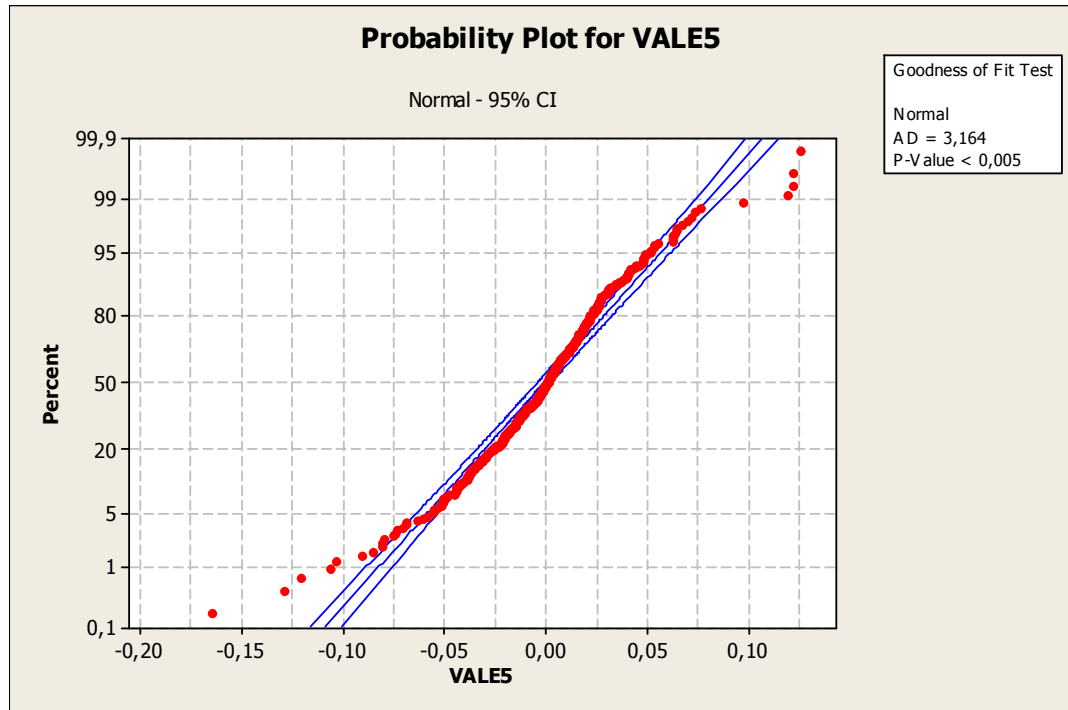


Gráfico 3.5 - Identificação de Distribuição Individual (aplicado somente para a distribuição normal) dos retornos do ativo VALE5.

Minitab (2009). Dados de 23/04/2007 até 30/12/2008.

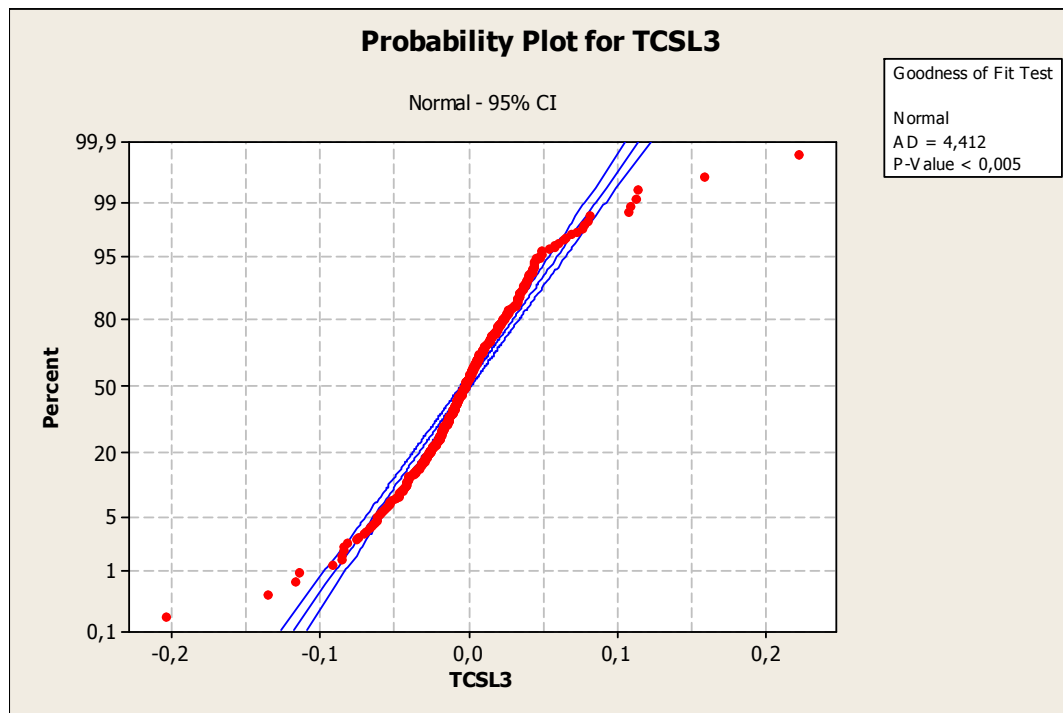


Gráfico 3.6 - Identificação de Distribuição Individual (aplicado somente para a distribuição normal) dos retornos do ativo VALE5.

Minitab (2009). Dados de 23/04/2007 até 30/12/2008.

Pelos dois ativos apresentados, vê-se que os retornos não parecem bem ajustados pela distribuição normal, mas parecem suscetíveis a um ajuste, uma vez que se percebe um afastamento simétrico ao redor da média, provocados, nesses exemplos, por caudas mais pesadas que a distribuição normal,

Quando os retornos dos ativos divergem significativamente da normalidade, o uso de fatores padronizados, como z de 1,65 para definir o intervalo dos 5% piores casos, leva a subestimar o risco. Para corrigir esse desvio da normalidade, utilizou-se o fator de correção θ para o risco de preço (P_VaR), a fim de adequar as distribuições com “caudas pesadas”. Assim:

$$P_VaR = P_t(1 - e^{-z\theta\sigma_t}) \quad (3.7)$$

O fator de correção vale 1 se a distribuição dos retornos do ativo for normal, e $\theta > 1$ é uma função crescente com o “peso” da cauda. A estatística comumente usada para analisar as caudas de uma distribuição é o coeficiente de curtose.

Assim, distribuições com curtose alta têm caudas “pesadas” e conseqüentemente maior θ . Como a curtose de uma distribuição é uma característica mensurável, ela aparece como a base para estimarmos θ .

A curtose pode ser definida como o quarto momento padronizado, ou seja:

$$k = \frac{\mu_4}{\sigma^4} \quad (3.8)$$

Onde μ_4 é o quarto momento centrado, e σ é o desvio padrão. O “Késimo” momento centrado de uma variável aleatória X real é definido por:

$$\mu_K = E[(X - E[X])^K] \quad (3.9)$$

Onde E é o operador de valor esperado. Para uma distribuição qualquer, o primeiro momento vale zero, o segundo é a variância e o terceiro e quarto momentos são usados para definir a assimetria e a curtose da distribuição. Como estamos interessados na curtose amostral, e a fórmula (3.8) é para populações, segue abaixo sua fórmula amostral:

$$\hat{k} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right)^2} \quad (3.10)$$

Como para uma distribuição normal a curtose vale 3, esse será o valor de referência, e valores acima de 3 terão o fator de correção θ .

Tabela 3.3 - Curtose de alguns ativos brasileiros.**Fonte: Elaboração do autor. Dados de 23/04/2007 até 30/12/2008.**

Ativo	Curtose
PETR4	2,43991
VALE5	2,693162
ITAU4	4,69131
BBDC4	5,13361
GGBR4	2,7478
CYRE3	4,609778
ALLL11	6,122229
BRAP4	3,123607
SDIA4	30,56574
AMBV4	2,32556
BTOW3	6,406549
ELPL6	5,803418
CPLE6	2,778347
EMBR3	2,770239
JBSS3	3,990079
UGPA4	23,53713
BRKM5	5,343369
DURA4	3,685833
TRPL4	3,977198
SBSP3	2,989618
TCSL3	4,502228
CGAS5	2,526394

Pela tabela acima, diversos ativos apresentam uma curtose maior que 3, sendo, portanto distribuições com “caudas pesadas” e passivas de ajuste de cauda, de acordo com a metodologia apresentada.

Para chegar-se a uma relação entre a curtose k e o fator de correção θ , primeiro considerou-se a relação entre o desvio padrão, curtose e a probabilidade empírica das caudas para distribuições *t de student* com vários graus de liberdade. A família das distribuições *t de student* se mostra como uma conveniente amostra de controle, no qual a curtose (e o peso das caudas) pode ser ajustada ao mudar o número de graus de liberdade. É importante lembrar que para grandes amostras (muitos graus de liberdade), a distribuição *t de student* converge para a distribuição normal. A relação entre curtose k e o fator de correção para distribuições *t de student* pode ser bem representada pela relação empírica a seguir (BANGIA, et al., 1999):

$$\theta = 1 + \phi \ln(k/3) \quad (3.11)$$

Onde ϕ é uma constante cujo valor depende da probabilidade da cauda (1%, 2,5%, etc.). Se a distribuição for normal, não precisará de ajuste, e $k = 3$ e $\phi = 1$. De acordo com as análises de Bangia (1999) e Erwan (2000), pode-se estimar o valor da constante ϕ regressando o lado direito da equação (3.10) com o VaR histórico para os ativos analisados. Utilizando essa relação, chega-se em:

$$\theta = \frac{-r_{\text{percentil}}}{z\sigma} \quad (3.12)$$

Onde $r_{\text{percentil}}$ é o percentil dos retornos adotados, no caso 5%, z e σ são a variável normal padronizada e a volatilidade, respectivamente. E uma vez com o θ , ϕ é calculado pela seguinte fórmula:

$$\phi = \frac{\theta - 1}{\ln(k/3)} \quad (3.13)$$

Bangia (1999) chegou em 0,4 para ϕ , enquanto Erwan (2000) chegou em 0,039, valores bem diferentes. Assim precisou-se calcular esse fator para os ativos brasileiros.

O cálculo será feito com a média do resultado obtido com todos os ativos do Ibovespa (explicado adiante) em analogia aos trabalhos de Bangia et al. (1999) e Erwan (2000), ao utilizarem os dados de 14 moedas e 41 ativos listados na bolsa francesa, respectivamente. A tabela a seguir contém exemplos de alguns ativos utilizados para o cálculo:

Tabela 3.4 – Exemplo de cálculos de ϕ para ativos brasileiros.**Fonte: Elaboração do Autor. Dados de 23/04/2007 até 30/12/2008.**

Ativo	Percentil 5%	Curtose	Volatilidade (σ amostral)	Teta (θ)	Fi (ϕ)
VALE5	-0,1130	2,2534	3,96%	1,73358	-2,56332
ITAU4	-0,1017	3,6068	4,16%	1,486353	2,640305
BBDC4	-0,0826	4,2863	3,72%	1,349087	0,978322
BNCA3	-0,1100	7,6736	4,58%	1,461253	0,491124
BRT04	-0,1241	3,1992	4,51%	1,674667	10,4933
TCSL3	-0,1004	3,9142	4,56%	1,338152	1,271235

Os resultados acima foram obtidos a partir das fórmulas (3.12) e (3.13), com z de 1,645 (referente ao percentil de 5%) e retornos logarítmicos. A média de todos os ativos utilizados, os quais serão mostrados no próximo capítulo, foi de 0,3424, e esse será o valor adotado para ϕ .

4 Aplicação

4.1 Introdução

Nesse capítulo testou-se tanto o modelo de VaR paramétrico normal com EWMA, como o obtido da metodologia de LA VaR (Liquidity Adjusted Value at Risk). Para tanto, usou-se um critério para selecionar os ativos e fez-se um teste de aderência (*back test*) com os retornos por 255 dias, intervalo sugerido por Kupiec (1995), contados de 20/12/2007 até 30/12/2008.

4.2 Seleção de ativos

Para a seleção dos ativos com os quais se fez o *back test*, precisou-se de um critério que forneça um parâmetro de liquidez dos ativos. Um primeiro passo seria olhar para os ativos negociados em bolsa, que devido às facilidades de um mercado padronizado, no qual todos os produtos e negociadores são aprovados e conhecidos, apresentam maior liquidez. Um próximo passo seria adotar uma metodologia já conhecida e usada pelo mercado, e essa metodologia já existe e define o Índice Bovespa.

O Índice Bovespa é o mais importante indicador do desempenho médio das cotações do mercado de ações brasileiro. Sua relevância advém do fato de o Ibovespa retratar o comportamento dos principais papéis negociados na BOVESPA e também de sua tradição, pois o índice manteve a integridade de sua série histórica e não sofreu modificações metodológicas desde sua implementação, em 1968 (Bovespa, 2009).

Ele leva em conta a participação de cada ação e tenta refletir a representatividade de cada ativo no mercado a vista, considerando tanto o

número de negócios como seu volume financeiro. Tal representatividade é calculada pelo índice de negociabilidade do ativo, cuja fórmula é:

$$IN_i = \sqrt{\frac{n_i}{N} * \frac{v_i}{V}} \quad (4.1)$$

Onde:

IN_i é índice de negociabilidade do ativo i

n_i é número de negócios do ativo i no mercado a vista (lote-padrão)

N é número total de negócios no mercado a vista realizados na BOVESPA

v_i é volume financeiro gerado pelos negócios com o ativo i no mercado a vista

V é volume financeiro total do mercado a vista da BOVESPA

Uma vez calculado, e ranqueado do maior para o menor, o índice de negociabilidade para todas as ações listadas na Bovespa, a carteira teórica do Ibovespa é composta pelas ações que atenderam cumulativamente aos seguintes critérios, com relação aos 12 meses anteriores à formação da carteira (Bovespa, 2009):

- Estar incluída em uma relação de ações cujos índices de negociabilidade somados representem 80% do valor acumulado de todos os índices individuais
- Apresentar participação, em termos de volume, superior a 0,1% do total
- Ter sido negociada em mais de 80% do total de pregões do período

Para que a representatividade do Ibovespa mantenha-se ao longo do tempo, sua carteira é reavaliada ao final de cada quadrimestre e tem vigência de quatro meses, vigorando para os períodos de janeiro a abril, maio a agosto e setembro a dezembro.

Uma vez definida a carteira. O índice Bovespa é o somatório dos pesos (quantidade teórica da ação multiplicada pelo último preço da mesma) das

ações integrantes de sua carteira teórica. Assim sendo, pode ser apurado, a qualquer momento, por meio da seguinte fórmula (Bovespa, 2009):

$$Ibovespa_t = \sum_{i=1}^n P_{i,t} * Q_{i,t} \quad (4.2)$$

Onde:

$Ibovespa_t$ é o Índice Bovespa no instante t

n é o número total de ações componentes da carteira teórica

$P_{i,t}$ é o último preço da ação i no instante t

$Q_{i,t}$ é a quantidade teórica da ação i na carteira no instante t

Para manter sua coerência o Índice Bovespa tem métodos para reavaliar ações e posições em casos de fusões, cisões, falências etc., ou mesmo ajustes práticos como dividir por 10, para que os dados históricos reflitam o comportamento do mercado.

A tabela abaixo explicita os ativos que compõe a carteira teórica do Ibovespa quando esse trabalho foi feito, mostrando os ativos que a compõe, sua quantidade teórica, ou seja, quantos lotes mínimos de negociação do ativo estão presentes e sua relevância, em porcentagem do valor total dos ativos na carteira.

Tabela 4.1 - Carteira Teórica do Ibovespa para o Quadrimestre Mai./Ago. de 2009.**Fonte: BOVESPA (2009).**

Código	Ação	Tipo	Qtd. Teórica	Part.(%)
PETR4	PETROBRAS	PN ED	266	16,6050
VALE5	VALE R DOCE	PNA N1	189	12,1550
ITAU4	ITAUUNIBANCO	PN ED N1	92	5,9090
BVMF3	BMF BOVESPA	ON ED NM	227	4,2420
BBDC4	BRABESCO	PN N1	67	3,8450
GGBR4	GERDAU	PN N1	106	3,5330
VALE3	VALE R DOCE	ON N1	45	3,4460
CSNA3	SID NACIONAL	ON EJ	40	3,4000
PETR3	PETROBRAS	ON ED	43	3,3410
USIM5	USIMINAS	PNA N1	44	3,0160
BBAS3	BRASIL	ON NM	60	2,3370
ITSA4	ITAUSA	PN EBS N1	128	2,2970
CMIG4	CEMIG	PN EDB N1	30	1,6720
CYRE3	CYRELA REALT	ON ED NM	48	1,3520
ALLL11	ALL AMER LAT	UNT ED N2	56	1,3360
RDCD3	REDECARD	ON NM	20	1,1730
BRAP4	BRADESPAR	PN EDJ N1	21	1,1600
SDIA4	SADIA S/A	PN N1	131	1,1570
AMBV4	AMBEV	PN EJS	4	1,1040
LAME4	LOJAS AMERIC	PN	56	1,0710
ARCZ6	ARACRUZ	PNB N1	178	0,9990
GFSA3	GAFISA	ON ED NM	25	0,9810
ELET3	ELETROBRAS	ON N1	16	0,9700
GOAU4	GERDAU MET	PN N1	22	0,9520
TNLP4	TELEMAR	PN	13	0,9450
ELET6	ELETROBRAS	PNB N1	16	0,9440
CESP6	CESP	PNB N1	25	0,8280
PRGA3	PERDIGAO S/A	ON NM	12	0,8250
LREN3	LOJAS RENNER	ON NM	19	0,8140
TCSL4	TIM PART S/A	PN	105	0,8130
NETC4	NET	PN N2	21	0,7810
VIVO4	VIVO	PN	10	0,7690
BTOW3	B2W VAREJO	ON NM	10	0,7590
ELPL6	ELETROPAULO	PNB ED N2	12	0,7020
CPLE6	COPEL	PNB EDJ N1	12	0,6910
EMBR3	EMBRAER	ON NM	36	0,6810
JBSS3	JBS	ON ED NM	52	0,6730
NATU3	NATURA	ON NM	12	0,6660
USIM3	USIMINAS	ON N1	10	0,6520
GOLL4	GOL	PN N2	41	0,6480
TAMM4	TAM S/A	PN N2	20	0,6270
VCPA4	V C P	PN N1	15	0,6000
CCRO3	CCR RODOVIAS	ON NM	11	0,5910
RSID3	ROSSI RESID	ON ED NM	36	0,5620
PCAR4	P.ACUCAR-CBD	PN INT N1	7	0,5370
CPFE3	CPFL ENERGIA	ON NM	8	0,5300
CSAN3	COSAN	ON NM	18	0,5180
CRUZ3	SOUZA CRUZ	ON ED	5	0,5130
UGPA4	ULTRAPAR	PN N1	4	0,4630
BRKM5	BRASKEM	PNA N1	35	0,4510
DURA4	DURATEX	PN N1	12	0,4290
TRPL4	TRAN PAULIST	PN N1	4	0,4110
SBSP3	SABESP	ON NM	6	0,4060
BNCA3	NOSSA CAIXA	ON NM	3	0,3880
BRTO4	BRASIL TELECOM	PN N1	13	0,3720
BRTP4	BRASIL T PAR	PN N1	10	0,3510
KLBN4	KLABIN S/A	PN N1	52	0,3410
TNLP3	TELEMAR	ON	4	0,3200
TMAR5	TELEMAR N L	PNA	3	0,2940
BRTP3	BRASIL T PAR	ON N1	2	0,2570
LIGT3	LIGHT S/A	ON NM	4	0,2200
TLPP4	TELESP	PN	2	0,1950
TCSL3	TIM PART S/A	ON	12	0,1630
CLSC6	CELESC	PNB ED N2	2	0,1130
CGAS5	COMGAS	PNA EDS	2	0,1060

Assim, tendo em vista a credibilidade e facilidade do Índice Ibovespa, esse trabalho usará os valores de negociabilidade de cada ativo como base de ordenamento de liquidez dos ativos utilizados.

Com base no software Minitab (MINITAB, 2009), criou-se 3 grupos, dentre os ativos componentes do Ibovespa, a fim de classificá-los quanto a sua liquidez. Para tanto, utilizou-se algoritmos de agrupamento de dados com base em sua similaridade ou distância de acordo com o método *K-means clustering*. Por distância, entenda a linha reta entre os dados, ou seja, sua Distância Euclidiana. Um resumo da metodologia encontra-se no Apêndice B.

Os grupos obtidos pela metodologia acima receberão os seguintes nomes: líquidos, semi-líquidos e ilíquidos, uma vez que seus índices de negociabilidade estão em ordem decrescente. A classificação de todos os ativos analisados encontra-se na tabela a seguir:

Tabela 4.2 – Classificação de liquidez dos ativos do Ibovespa pelo software *Minitab* (MINITAB, 2009) com *K-means Clustering*.

Fonte: Elaboração do autor

Líquidos		Semi-Líquidos		Ilíquidos	
Código	Part.(%)	Código	Part.(%)	Código	Part.(%)
PETR4	16,6050	ARCZ6	0,9990	CCRO3	0,5910
VALE5	12,1550	GFSA3	0,9810	RSID3	0,5620
ITAU4	5,9090	ELET3	0,9700	PCAR4	0,5370
BVMF3	4,2420	GOAU4	0,9520	CPFE3	0,5300
BBDC4	3,8450	TNLP4	0,9450	CSAN3	0,5180
GGBR4	3,5330	ELET6	0,9440	CRUZ3	0,5130
VALE3	3,4460	CESP6	0,8280	UGPA4	0,4630
CSNA3	3,4000	PRGA3	0,8250	BRKM5	0,4510
PETR3	3,3410	LREN3	0,8140	DURA4	0,4290
USIM5	3,0160	TCSL4	0,8130	TRPL4	0,4110
BBAS3	2,3370	NETC4	0,7810	SBSP3	0,4060
ITSA4	2,2970	VIVO4	0,7690	BNCA3	0,3880
CMIG4	1,6720	BTOW3	0,7590	BRTO4	0,3720
CYRE3	1,3520	ELPL6	0,7020	BRTP4	0,3510
ALLL11	1,3360	CPLE6	0,6910	KLBN4	0,3410
RDCD3	1,1730	EMBR3	0,6810	TNLP3	0,3200
BRAP4	1,1600	JBSS3	0,6730	TMAR5	0,2940
SDIA4	1,1570	NATU3	0,6660	BRTP3	0,2570
AMBV4	1,1040	USIM3	0,6520	LIGT3	0,2200
LAME4	1,0710	GOLL4	0,6480	TLPP4	0,1950
		TAMM4	0,6270	TCSL3	0,1630
		VCPA4	0,6000	CLSC6	0,1130
				CGAS5	0,1060

Com base nesses grupos, fez-se o *back test* (teste de aderência) em ativos do grupo dos líquidos e do grupo dos ilíquidos. Essa escolha deve-se a fato de que se quis comparar os resultados entre ativos de liquidez diferentes, e assim ver como a metodologia exposta trata cada um desses casos.

Escolheu-se 3 ativos de forma aleatória de cada grupo por achar esse um número representativo de cada grupo e dentre os ativos do grupo “líquidos”, usou-se ITAU4, BBDC4 e VALE3 e entre os “ilíquidos”, usou-se BNCA3, BRTP4 e TCSL3.

4.3 Exemplos de Cálculo

Para ilustrar a metodologia exposta nesse trabalho e melhor apresentar alguns resultados, usaram-se dois dentre os ativos analisados para mostrar os cálculos envolvidos. Utilizou-se um mais líquido (VALE3) e outro de pouca liquidez (TCSL3), com dados de 23/04/2007 até 30/12/2008.

- **Incorporando o Ajuste de Cauda Pesada** (Capítulo 3.4.2):

Para o período analisado, $\sigma_{VALE3} = 4,94\%$ e $\theta_{VALE3} = 1,072$, enquanto que $\sigma_{TCSL3} = 6,11\%$ e $\theta_{TCSL3} = 1,139$. O pior retorno para os dois ativos em 95% dos casos seria:

$$r'_{VALE3} = (1,072) * (4,94\%) * 1,64 = 8,72\%$$

$$r'_{TCSL3} = (1,139) * (6,11\%) * 1,64 = 11,45\%$$

Onde r'_{Ativo} representa o pior retorno esperado do ativo no próximo período. Para mudar o resultado em termos do preço na ultima data analisada (30/12/2008), define-se o pior preço em 95% dos casos:

$$P'_{VALE3} = R\$27,69 * e^{-8,75\%} = R\$25,38$$

$$P'_{TCSL3} = R\$4,91 * e^{-11,45\%} = R\$4,38$$

Onde P'_{ativo} representa o pior preço que o dia seguinte (no caso 02/01/2009) pode chegar, em 95% dos casos, ou seja, espera-se que a probabilidade de que o preço atinja esse valor, ou menos, seja de 5%.

- **Incorporando o Risco de Liquidez** (Capítulo 3.4.1):

De acordo com a fórmula (3.4), e já utilizando o ajuste de cauda acima, tem-se:

$$P^*_{VALE3} = R\$25,38 - \frac{1}{2} [R\$25,38 * (0,38\% + 1,7556 * 0,40\%)] = R\$25,37$$

$$P^*_{TCSL3} = R\$4,38 - \frac{1}{2} [R\$4,38 * (1,18\% + 1,7913 * 1,16\%)] = R\$4,36$$

Onde P^*_{ativo} representa o pior preço já com o ajuste de liquidez e o fator a já está aplicado conforme definido no capítulo 3.4.1, ou seja, 1,7556 para os

líquidos e 1,7913 para os ilíquidos. É importante lembrar que esse resultado presume que os eventos das caudas, dos riscos de mercado e liquidez, são perfeitamente correlacionados, sendo assim um resultado conservador.

Podemos reunir as informações obtidas na seguinte tabela:

Tabela 4.3 – Risco de Liquidez para os ativos VALE3 e TCSL3.

Fonte: Elaboração do autor. Dados de 23/04/2007 até 30/12/2008.

	VALE3	TCSL3
Preço em 30/12/2008 (reais)	27,69	4,91
Volatilidade do Retorno	5,04%	6,32%
Fator de Correção	1,072	1,139
Var do Preço (reais)	2,3556	0,5483
Média do <i>Bid Ask Spread</i>	0,38%	1,18%
Volatilidade do <i>Bid Ask Spread</i>	0,40%	1,16%
Componente da Liquidez (reais)	0,1365	0,0710
LA-VaR (reais)	2,4921	0,6193
% do Componente da Liquidez	5,48%	11,46%

Não é uma grande surpresa que o risco de liquidez do ativo TCSL3 seja mais significativo que para o ativo VALE3, uma vez que ele é subjetivamente menos líquido (apresenta menor número de operações e volume transacionado diário) e a metodologia utilizada tenta capturar seu risco de liquidez, no caso, provocado pela sua falta.

A tabela a seguir reúne os resultados para todos os ativos analisados, ou seja, todos os ativos que compõe o Ibovespa e tiveram histórico suficiente para realizar os cálculos necessários.

Tabela 4.4 - Risco de Liquidez para os ativos do Ibovespa**Fonte: Elaboração do autor. Dados de 23/04/2007 até 30/12/2008.**

Ativo	Preço	VaR (95%)	Bid Ask Spread Médio	LA-VaR	Risco de Liquidez (% do risco total)
ALLL11	10,00	8,77	0,72%	8,69	6,17%
AMBV4	101,28	95,76	0,56%	95,02	11,79%
ARCZ6	2,49	2,19	0,47%	2,18	4,96%
BBAS3	14,68	13,47	0,40%	13,40	5,33%
BBDC4	22,59	20,73	0,26%	20,66	3,79%
BNCA3	68,20	62,03	0,67%	61,44	8,72%
BRAP4	19,18	17,64	0,60%	17,50	8,56%
BRKM5	5,55	5,22	0,68%	5,17	13,00%
BRTO4	13,64	12,39	1,07%	12,21	12,56%
BRTP3	58,90	56,84	0,81%	56,14	25,50%
BRTP4	17,41	15,66	1,09%	15,41	12,10%
BTOW3	23,80	21,15	0,74%	20,93	7,44%
CCRO3	23,63	21,95	0,59%	21,75	10,53%
CESP6	15,09	13,77	0,50%	13,67	6,68%
CGAS5	33,07	31,92	0,65%	31,57	23,52%
CLSC6	34,90	33,50	1,04%	33,00	26,46%
CMIG4	25,42	24,13	0,43%	23,99	10,11%
CPFE3	30,15	28,72	0,73%	28,44	16,41%
CPLE6	24,00	22,53	0,70%	22,30	13,27%
CRUZ3	44,10	41,34	0,90%	40,83	15,46%
CSAN3	11,24	10,34	0,64%	10,25	9,28%
CSNA3	29,00	26,09	0,35%	25,97	3,93%
CYRE3	9,20	8,07	0,67%	8,00	5,77%
DURA4	14,39	13,02	0,84%	12,88	9,58%
ELET3	25,89	24,20	0,61%	23,99	11,10%
ELET6	24,18	22,66	0,56%	22,48	10,48%
ELPL6	25,50	23,70	0,53%	23,51	9,28%
EMBR3	8,81	8,25	0,71%	8,18	12,14%
GFSA3	10,49	9,09	0,51%	9,02	4,40%
GGBR4	15,06	13,84	0,28%	13,78	4,21%
GOAU4	20,14	18,55	0,67%	18,37	10,25%
GOLL4	9,91	8,84	0,49%	8,78	5,50%
ITAU4	26,10	23,69	0,41%	23,56	5,03%
ITSA4	7,23	6,58	0,38%	6,55	4,94%
JBSS3	5,20	4,87	0,58%	4,83	11,16%
KLBN4	3,31	3,09	0,84%	3,06	14,23%
LAME4	6,27	5,67	0,53%	5,63	6,25%
LIGT3	21,86	20,55	0,76%	20,31	15,50%
LREN3	15,67	14,45	0,68%	14,31	10,04%
NATU3	18,99	18,11	0,52%	17,98	13,67%
NETC4	13,28	12,28	0,91%	12,14	12,78%
PCAR4	30,98	29,27	0,65%	28,99	13,99%
PETR3	27,49	25,17	0,45%	25,01	6,23%
PETRA	22,84	21,04	0,15%	21,00	2,11%
PRGA3	29,74	28,06	0,55%	27,84	11,91%
RSID3	3,78	3,43	0,63%	3,40	8,16%
SBSP3	27,76	25,66	1,00%	25,29	14,91%
SDIA4	3,75	3,20	0,38%	3,18	3,11%
TAMM4	19,09	17,41	0,56%	17,27	7,67%
TCSL3	4,91	4,36	1,16%	4,29	11,46%
TCSL4	2,95	2,62	0,57%	2,60	6,09%
TLPP4	45,71	43,23	0,63%	42,77	15,52%
TMAR5	55,50	50,44	1,16%	49,57	14,61%
TNLP3	35,52	32,74	1,25%	32,20	16,39%
TNLP4	28,85	26,59	0,60%	26,37	8,85%
TRPL4	42,00	39,67	0,84%	39,20	17,06%
UGPA4	50,82	46,96	1,11%	46,26	15,47%
USIM3	25,85	23,62	0,83%	23,34	11,08%
USIM5	26,52	24,26	0,27%	24,17	3,74%
VALE3	27,69	25,33	0,40%	25,20	5,48%
VALE5	23,89	22,23	0,14%	22,19	2,47%
VCPA4	17,93	16,22	0,79%	16,04	9,43%
VIVO4	28,19	26,03	0,43%	25,86	7,29%

4.4 Validação do Modelo

Para validarmos os modelos, tanto o VaR normal com EWMA de $\lambda = 0,94$, como o ajustado pela liquidez, LA-VaR, fez-se um teste baseado na proporção de falhas. Tal teste consiste num teste de hipótese, sendo a hipótese nula a aceitação do modelo (KUPIEC, 1995), assim:

- H_0 : O modelo é aceito.
- H_1 : O modelo é rejeitado.

A probabilidade de observar x falhas, em qualquer ordem, numa amostra de tamanho n é:

$$P(x) = \binom{n}{x} (1-p)^{n-x} p^x \quad (4.3)$$

Onde $\binom{n}{x}$ é o binomial de n classe x , e p é a probabilidade de falha em cada evento independente. O teste de hipótese pode ser feito usando o teste de máxima verossimilhança (MV). Pelo lema de Neyman-Pearson, tem-se que o teste de MV é o teste uniformemente mais poderoso sobre uma amostra dada. O teste de MV é dado por:

$$-2 \log[(1-p^*)^{n-x} (p^*)^x] + 2 \log[(1-[x/n])^{n-x} (x/n)^x] \quad (4.4)$$

Onde p^* é a probabilidade de falha na hipótese nula, n é o tamanho da amostra e x é o número de falhas na amostra. Esse teste apresentado é chamado de teste de proporção de falhas (PF) sobre a hipótese nula, $p = p^*$, sendo que PF tem uma distribuição qui-quadrado com 1 grau de liberdade.

A figura a seguir apresenta os valores críticos de n , ou seja, as regiões de tamanho de amostra de rejeição, que são associadas com os valores de x , para o teste de hipótese nula com o teste de PF com 95% de confiança.

Tabela 4.5 - Máximo tamanho de amostra (n) para qual a hipótese nula $p = p^*$ é rejeitada por um teste de Proporção de Falhas de 95% de confiança.

Fonte: KUPIEC (1995).

Número de Falhas	$p^* = 0,01$	$p^* = 0,02$	$p^* = 0,03$	$p^* = 0,04$	$p^* = 0,05$
$x = 1$	6	3	-	-	-
$x = 2$	34	17	11	9	-
$x = 3$	75	38	26	19	16
$x = 4$	125	63	42	32	26
$x = 5$	180	91	61	46	37
$x = 6$	240	121	81	61	49
$x = 7$	302	152	102	77	62
$x = 8$	367	184	124	93	75
$x = 9$	434	218	146	110	88
$x = 10$	503	253	169	127	102

Por exemplo, se tiver seis falhas num período de análise, e esse período for inferior a 241 intervalos, a hipótese nula de $p^* = 0,01$ pode ser rejeitada com 95% de certeza. Sendo assim, precisa-se de 6 falhas num período pouco menor de 1 ano para rejeitar $p^* = 0,01$.

Outro modo de apresentar o teste seria fixar o período de análise e analisar em que intervalo pode-se aceitar a hipótese nula, assim:

Tabela 4.6 – Intervalos de não rejeição para um teste de Proporção de Falhas de 95% de confiança.

Fonte: KUPIEC (1995).

Prob. da Hipótese Nula p^*	Região de Aceitação de x , $n = 255$ dias	Região de Aceitação de x , $n = 255$ dias	Região de Aceitação de x , $n = 255$ dias
0,010	$x < 7$	$1 < x < 11$	$4 < x < 17$
0,025	$2 < x < 12$	$6 < x < 21$	$15 < x < 36$
0,050	$6 < x < 21$	$16 < x < 36$	$37 < x < 65$
0,075	$11 < x < 28$	$27 < x < 51$	$59 < x < 92$
0,100	$16 < x < 36$	$38 < x < 65$	$81 < x < 120$

Como essa abordagem é mais interessante, ao poder rejeitar também modelos demasiadamente conservadores, usou-se esses resultados para validar o modelo proposto. Como essa tabela está padronizada para 255 dias úteis, selecionou-se os dados dos ativos escolhidos de modo a ter-se 255 retornos diários.

4.4.1 Cálculos do VaR e LA-VaR

Para realizar o teste de aderência, precisa-se de 255 dias analisados, conforme dito acima, o que significa que a partir do primeiro dia de análise, já é preciso calcular o VaR desse dia. Tem-se assim que o número total de retornos dos ativos será 255 mais 74, número esse necessário para calcular a primeira volatilidade, pelo método do EWMA, conforme capítulo 2.6.2.

Uma vez calculado o VaR para esse dia, faz-se a comparação com o retorno do dia seguinte. Caso o retorno seja negativo e, em módulo, maior que o VaR, ou seja, a perda relativa ao VaR é menor que a perda do próximo retorno, ele terá subestimado o risco envolvido. Como se utilizou intervalo de 95% de probabilidade é esperado que alguns retornos sejam piores que o VaR calculado para esse dia e mesmo assim o modelo esteja correto.

Repete-se essa comparação até o último dia de análise, e soma-se o número de vezes que o próximo retorno ficou pior que o VaR, como já dito, momentos

em que o VaR subestimou o risco. Essa soma deve ser comparada com a Tabela 4.6 e assim sabe-se se pode ou não rejeitar o modelo.

Vê-se a seguir os gráficos para os ativos analisados. Apresenta-se seus retornos logarítmicos, seus valores de VaR e LA-VaR, sempre a partir do momento em que podem ser calculados, que no caso de EWMA de $\lambda = 0,94$ é a partir do 75º retorno. Os resultados completos para o ativo ITAU4 encontram-se no Apêndice C.

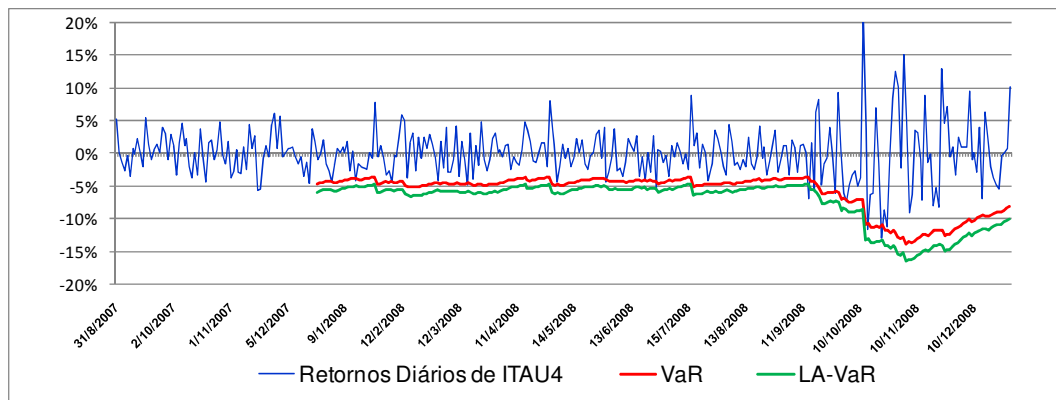


Gráfico 4.1 - Retornos, VaR e LA-VaR para o ativo ITAU4.

Fonte: Elaborado pelo autor. Dados de 31/08/2007 até 02/01/2009.

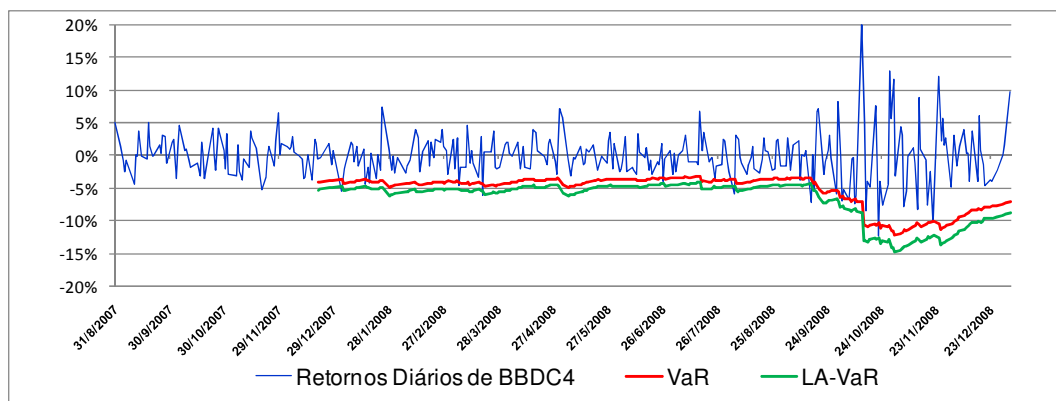


Gráfico 4.2 - Retornos, VaR e LA-VaR para o ativo BBDC4.

Fonte: Elaborado pelo autor. Dados de 31/08/2007 até 02/01/2009.

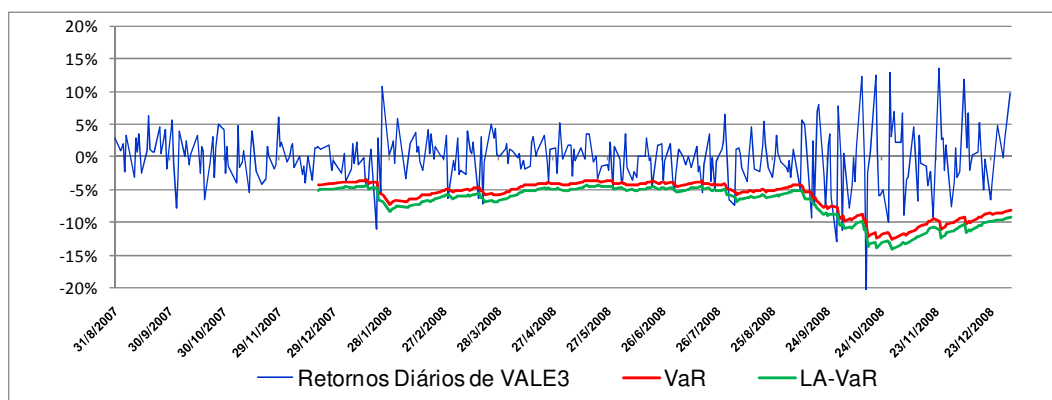


Gráfico 4.3 - Retornos, VaR e LA-VaR para o ativo VALE3.

Fonte: Elaborado pelo autor. Dados de 31/08/2007 até 02/01/2009.

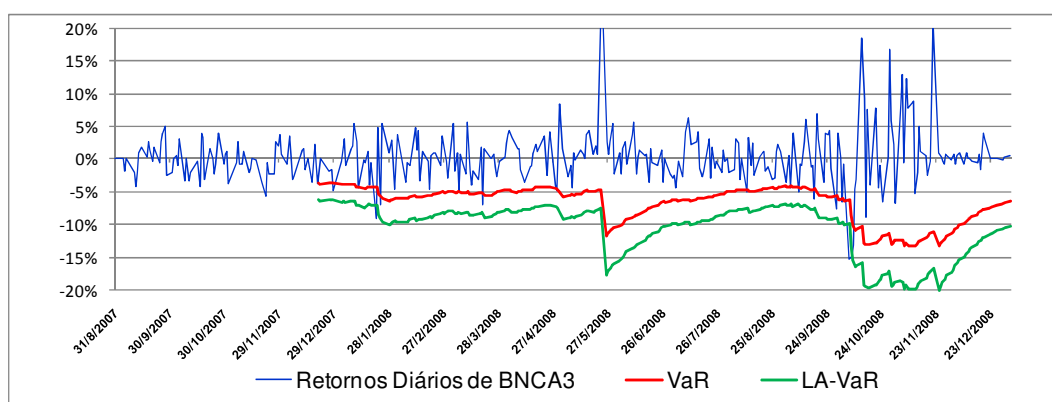


Gráfico 4.4 - Retornos, VaR e LA-VaR para o ativo BNCA3.

Fonte: Elaborado pelo autor. Dados de 31/08/2007 até 02/01/2009.

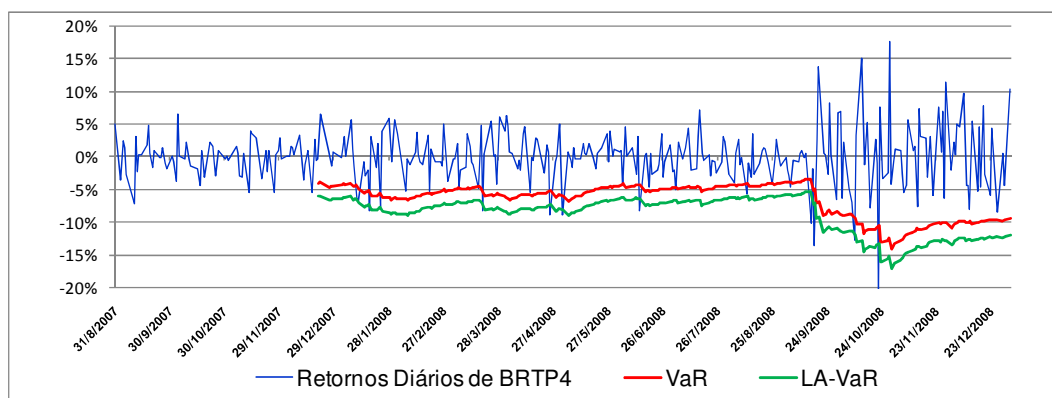


Gráfico 4.5 - Retornos, VaR e LA-VaR para o ativo BRT4.

Fonte: Elaborado pelo autor. Dados de 31/08/2007 até 02/01/2009.

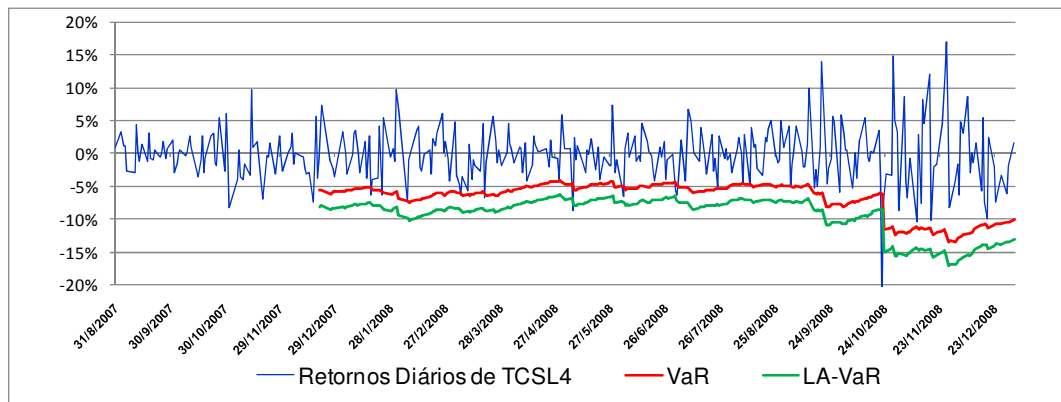


Gráfico 4.6 - Retornos, VaR e LA-VaR para o ativo BRT4.

Fonte: Elaborado pelo autor. Dados de 31/08/2007 até 02/01/2009.

Vê-se por esses gráficos que os ativos mais líquidos, os três primeiros, apresentam a curva do LA-VaR mais próxima da do VaR, resultado esse esperado, pois por serem mais líquidos, sofreriam um menor ajuste pelo modelo proposto. Já para os ativos menos líquidos, a curva do LA-VaR chega a se distanciar tanto que parece que muito poucos retornos ficam abaixo dela.

Pela Tabela 4.4, vê-se que no dia demonstrado, alguns ativos apresentam um valor de risco de liquidez superior a 20% do risco total, parcela muito grande e que pode penalizar muito a instituição, ao ter que manter mais capital para dar respaldo a essa operação. Assim, o capítulo seguinte fará o teste para verificar se o modelo proposto de fato faz o que se propõe, ou seja, não subestimar nem superestimar o risco.

4.4.2 Teste de Aderência do VaR e LA-VaR

Pelos resultados apresentados, tanto nos gráficos anteriores como nos resultados do Apêndice C, e com base nas informações da Tabela 4.6, que define os intervalos de aceitação da hipótese nula (aceitação do modelo), chega-se na seguinte tabela, que reúne as informações dos ativos testados.

Tabela 4.7 - Teste de aderência para seis ativos analisados**Fonte: Elaboração do Autor. Dados de 31/08/2007 até 02/01/2009.**

Ativo	Cruzamentos VaR	Status ($6 < x < 21$)	Cruzamentos LA-VaR	Status ($6 < x < 21$)
ITAU4	14	Modelo Aceito	5	Modelo Rejeitado
BBDC4	16	Modelo Aceito	8	Modelo Aceito
VALE3	25	Modelo Rejeitado	18	Modelo Aceito
BNCA3	17	Modelo Aceito	3	Modelo Rejeitado
B RTP4	21	Modelo Rejeitado	14	Modelo Aceito
TCSL3	18	Modelo Aceito	2	Modelo Rejeitado

O modelo será rejeitado se tiver menos de sete e mais de 20 cruzamentos. Tem-se assim pela Tabela 4.7, apesar de reduzir em muito o número de cruzamentos, o que parece bom num primeiro momento, na verdade o modelo proposto é muito conservador, sendo rejeitado exatamente por apresentar menos cruzamentos que o teste de validação de modelo permite.

Tanto Bangia (1999) quanto Erwan (2000) chegaram a conclusões semelhantes, e apesar de terem feito testes de natureza diferentes, concluíram que a premissa de que o risco de liquidez é perfeitamente correlacionado com o de mercado é muito conservadora.

Para terminar a análise, deixando-a mais conclusiva, repetiu-se os cálculos para todos os ativos da Ibovespa, excluindo os que não tiveram histórico suficiente. Mostra-se a seguir os resultados já consolidados, ou seja, se para aquele ativo, o modelo seria rejeitado ou não. Os dados de cada ativo se encontram do final desse capítulo.

Tabela 4.8 - Resultado dos testes aderências para todos os ativos do Ibovespa.

Fonte: Elaboração do Autor. Dados de 31/08/2007 até 02/01/2009.

	VaR		LA-VaR	
	Aceito	Rejeitado	Aceito	Rejeitado
Líquido	9 50%	9 50%	12 67%	6 33%
Semi-Líquido	12 55%	10 45%	21 95%	1 5%
Ilíquido	19 83%	4 17%	15 65%	8 35%
TOTAL	40 63%	23 37%	48 76%	15 24%

Apesar de uma primeira percepção de que o modelo proposto era demasiado conservador, ao repetir-se o teste de aderência para todos os ativos do Ibovespa, viu-se que para os ativos classificados como líquidos e semi-líquidos, houve uma melhora no percentual de aceitação do modelo, enquanto que para os classificados como ilíquidos houve uma piora.

De fato, onde o modelo parece ter melhor se adaptado foi bem nos ativos classificados como semi-líquidos, ou seja, aqueles ativos que apesar de não serem o foco da modelagem, também precisavam de uma adaptada em seu risco mercado para capturar o risco de liquidez, que mesmo não sendo crítico, acaba sendo uma parcela importante de seu risco total.

O resultado apresentado na tabela Tabela 4.8 nos mostra que a diferença entre os resultados é muito grande. Enquanto os ativos semi-líquidos tem 95% de aceitação, os ilíquidos apresentam somente 65%, assim um teste final e que pode nos dizer se o modelo realmente é sensível a liquidez dos ativos, a ponto de precisar de mais adaptações conforme a liquidez do ativo testado, é o teste de hipótese que testa se pelo menos uma das proporções é diferente.

Esse teste foi feito com o software Minitab (MINITAB, 2009), e trata-se de um teste Qui-Quadrado no qual a hipótese nula é $P_0 = P_1 = \dots = P_n$ sendo P_i a probabilidade do conjunto de dados i , no caso um dos três grupos de liquidez: líquido, semi-líquido e ilíquido. Rejeitar a hipótese nula significa que pelo menos um P_i é diferente dos demais e assim o modelo teria diferenças nos resultados de aderência conforme a liquidez do ativo.

Testou-se tanto o modelo de VaR como o modelo proposto, LA-VaR e o descritivo abaixo foi extraído diretamente do “Session” do Minitab (2009).

Resultados para VaR:

Chi-Square Test: Líquido; Semi-Líquido; Ilíquido

Expected counts are printed below observed counts
Chi-Square contributions are printed below expected counts

	Líquido	Semi-Líquido	Ilíquido	Total
1	9 6,57 0,898	10 8,03 0,482	4 8,40 2,302	23
2	9 11,43 0,516	12 13,97 0,277	19 14,60 1,324	40
Total	18	22	23	63

Chi-Sq = 5,799; DF = 2; P-Value = 0,055

Resultados para LA-VaR:

Chi-Square Test: Líquido; Semi-Líquido; Ilíquido

Expected counts are printed below observed counts
Chi-Square contributions are printed below expected counts

	Líquido	Semi-Líquido	Ilíquido	Total
1	6 4,29 0,686	1 5,24 3,429	8 5,48 1,163	15
2	12 13,71 0,214	21 16,76 1,072	15 17,52 0,363	48
Total	18	22	23	63

Chi-Sq = 6,927; DF = 2; P-Value = 0,031
1 cells with expected counts less than 5.

De acordo com a estatística valor p , vê-se que o modelo de VaR convencional não seria rejeitado nesse teste, o que era previsível, uma vez que ao não tentar capturar a liquidez dos ativos, seria pouco sensível a mudanças da mesma. Porém o modelo proposto, LA-VaR, foi rejeitado no teste, mostrando que do jeito como está apresentado ainda não consegue capturar de forma satisfatória a liquidez dos ativos, distorcendo os resultados e ainda precisando de mais ajustes para melhor capturar sua liquidez.

A seguir apresentam-se os dados dos testes de aderência de todos os ativos do Ibovespa.

Tabela 4.9 - Resumo dos testes de aderência de todos os ativos do Ibovespa.

Fonte: Elaboração do Autor. Dados de 31/08/2007 até 02/01/2009.

Classificação	Ativo	Curtose	θ (teta)	Spread Médio	Desvio Padrão do Spread	Fator α	Cruzamentos VaR	Teste VaR	Cruzamentos LA-VaR	Teste LA-VaR
Líquido	PETR4	2,43991	1,00000	0,11%	0,15%	1,7556	23	Rejeita	22	Rejeita
Líquido	VALE5	2,69316	1,00000	0,12%	0,14%	1,7556	22	Rejeita	21	Rejeita
Líquido	ITAU4	4,69131	1,15309	0,37%	0,41%	1,7556	14	ok	5	Rejeita
Líquido	BBDC4	5,13361	1,18394	0,24%	0,26%	1,7556	16	ok	8	ok
Líquido	GGBR4	2,74780	1,00000	0,28%	0,28%	1,7556	21	Rejeita	18	ok
Líquido	VALE3	3,70281	1,07207	0,38%	0,40%	1,7556	25	Rejeita	18	ok
Líquido	CSNA3	4,06861	1,10433	0,29%	0,35%	1,7556	21	Rejeita	14	ok
Líquido	PETR3	2,47462	1,00000	0,44%	0,45%	1,7556	25	Rejeita	18	ok
Líquido	USIM5	3,32855	1,03558	0,25%	0,27%	1,7556	23	Rejeita	19	ok
Líquido	BBAS3	3,49750	1,05254	0,31%	0,40%	1,7556	16	ok	12	ok
Líquido	ITSA4	5,36335	1,19893	0,35%	0,38%	1,7556	12	ok	3	Rejeita
Líquido	CMIG4	2,16975	1,00000	0,44%	0,43%	1,7556	15	ok	9	ok
Líquido	CYRE3	4,60978	1,14708	0,54%	0,67%	1,7556	20	ok	12	ok
Líquido	ALLL11	6,12223	1,24424	0,58%	0,72%	1,7556	19	ok	7	ok
Líquido	BRAP4	3,12361	1,01382	0,58%	0,60%	1,7556	22	Rejeita	13	ok
Líquido	SDIA4	30,56574	1,79480	0,45%	0,38%	1,7556	13	ok	1	Rejeita
Líquido	AMBV4	2,32556	1,00000	0,56%	0,56%	1,7556	12	ok	8	ok
Líquido	LAME4	5,44898	1,20435	0,48%	0,53%	1,7556	21	Rejeita	6	Rejeita
Semi-Líquido	ARCZ6	9,71618	1,40238	0,59%	0,47%	1,77345	21	Rejeita	7	ok
Semi-Líquido	GFSA3	4,58648	1,14535	0,52%	0,51%	1,77345	19	ok	9	ok
Semi-Líquido	ELET3	3,31801	1,03450	0,66%	0,61%	1,77345	11	ok	7	ok
Semi-Líquido	GOAU4	2,52306	1,00000	0,76%	0,67%	1,77345	21	Rejeita	14	ok
Semi-Líquido	TNLP4	4,26722	1,12064	0,59%	0,60%	1,77345	15	ok	6	Rejeita
Semi-Líquido	ELET6	1,98539	1,00000	0,57%	0,56%	1,77345	13	ok	10	ok
Semi-Líquido	CESP6	6,68589	1,27439	0,49%	0,50%	1,77345	17	ok	11	ok
Semi-Líquido	PRGA3	1,81977	1,00000	0,64%	0,55%	1,77345	23	Rejeita	14	ok
Semi-Líquido	LREN3	2,81967	1,00000	0,67%	0,68%	1,77345	16	ok	11	ok
Semi-Líquido	TCSL4	5,89786	1,23145	0,63%	0,57%	1,77345	22	Rejeita	12	ok
Semi-Líquido	NETC4	2,48629	1,00000	0,75%	0,91%	1,77345	19	ok	12	ok
Semi-Líquido	VIVO4	2,23876	1,00000	0,54%	0,43%	1,77345	13	ok	9	ok
Semi-Líquido	BTOW3	6,40655	1,25978	0,70%	0,74%	1,77345	23	Rejeita	10	ok
Semi-Líquido	ELPL6	5,80342	1,22593	0,62%	0,53%	1,77345	17	ok	8	ok
Semi-Líquido	CPL6	2,77835	1,00000	0,76%	0,70%	1,77345	18	ok	11	ok
Semi-Líquido	EMBR3	2,77024	1,00000	0,61%	0,71%	1,77345	21	Rejeita	16	ok
Semi-Líquido	JBSS3	3,99008	1,09765	0,67%	0,58%	1,77345	18	ok	13	ok
Semi-Líquido	NATU3	0,54618	1,00000	0,61%	0,52%	1,77345	16	ok	11	ok
Semi-Líquido	USIM3	2,33030	1,00000	0,89%	0,83%	1,77345	25	Rejeita	19	ok
Semi-Líquido	GOLL4	4,50063	1,13888	0,53%	0,49%	1,77345	24	Rejeita	14	ok
Semi-Líquido	TAMM4	0,99994	1,00000	0,61%	0,56%	1,77345	23	Rejeita	17	ok
Semi-Líquido	VCPA4	3,66767	1,06880	0,79%	0,79%	1,77345	23	Rejeita	12	ok
Ilíquido	CCRO3	5,15207	1,18516	0,75%	0,59%	1,7913	17	ok	8	ok
Ilíquido	RSID3	3,27012	1,02952	0,70%	0,63%	1,7913	21	Rejeita	16	ok
Ilíquido	PCAR4	1,97545	1,00000	0,74%	0,65%	1,7913	17	ok	8	ok
Ilíquido	CPFE3	2,29299	1,00000	0,64%	0,73%	1,7913	15	ok	9	ok
Ilíquido	CSAN3	2,78702	1,00000	0,62%	0,64%	1,7913	22	Rejeita	15	ok
Ilíquido	CRUZ3	1,02813	1,00000	0,83%	0,90%	1,7913	15	ok	11	ok
Ilíquido	UGPA4	23,53713	1,70533	1,02%	1,11%	1,7913	16	ok	2	Rejeita
Ilíquido	BRKM5	5,34337	1,19765	0,65%	0,68%	1,7913	15	ok	4	Rejeita
Ilíquido	DURA4	3,68583	1,07049	0,72%	0,84%	1,7913	18	ok	11	ok
Ilíquido	TRPL4	3,97720	1,09654	0,91%	0,84%	1,7913	15	ok	7	ok
Ilíquido	S BSP3	2,98962	1,00000	1,07%	1,00%	1,7913	21	Rejeita	16	ok
Ilíquido	BNCA3	10,52351	1,42971	0,70%	0,67%	1,7913	17	ok	3	Rejeita
Ilíquido	BRT04	4,19626	1,11490	0,98%	1,07%	1,7913	20	ok	10	ok
Ilíquido	BRT P4	4,08395	1,10561	1,13%	1,09%	1,7913	21	Rejeita	14	ok
Ilíquido	KLBN4	3,91403	1,09106	0,81%	0,84%	1,7913	18	ok	8	ok
Ilíquido	TNLP3	3,39537	1,04239	1,09%	1,25%	1,7913	16	ok	6	Rejeita
Ilíquido	TMAR5	4,55794	1,14321	1,36%	1,16%	1,7913	18	ok	6	Rejeita
Ilíquido	BRT P3	1,89722	1,00000	1,02%	0,81%	1,7913	16	ok	9	ok
Ilíquido	LIGT3	1,28620	1,00000	0,98%	0,76%	1,7913	12	ok	6	Rejeita
Ilíquido	TLPP4	0,85493	1,00000	0,98%	0,63%	1,7913	17	ok	8	ok
Ilíquido	TCSL3	4,50223	1,13900	1,18%	1,16%	1,7913	18	ok	2	Rejeita
Ilíquido	CLSC6	2,69405	1,00000	1,14%	1,04%	1,7913	10	ok	6	Rejeita
Ilíquido	CGAS5	2,52639	1,00000	1,05%	0,65%	1,7913	15	ok	9	ok

5 CONCLUSÕES

Nesse capítulo final, primeiramente sintetiza-se o resultado desse trabalho. Aborda-se assim o problema inicial, a solução proposta e os resultados obtidos. Posteriormente faz-se uma análise crítica do modelo proposto. Por fim, são feitas sugestões para a continuação desse trabalho.

5.1 Síntese

Esse trabalho tem como objetivo buscar um modelo que incorpore o risco de liquidez aos modelos de VaR (*Value at Risk*) normalmente utilizados para calcular o risco de mercado. Buscou-se nas bibliografias uma metodologia para tanto, e a apresentada nesse trabalho utiliza o *bid ask spread* (diferença entre o menor valor entre as ofertas de venda e o maior valor entre as ofertas de compra num dado momento) para capturar a falta de liquidez dos ativos.

Mostrou-se as relações teóricas entre risco de mercado e liquidez, as causas do *bid ask spread* bem como exemplos numéricos. Também se apresentou uma correção das distribuições dos retornos dos ativos, pois a premissa de que são normais, pode subestimar o risco, principalmente para os ativos que apresentarem caudas pesadas. Introduziu-se também uma parte da metodologia empregada pelo Banco Central para supervisionar as instituições financeiras e como ela impacta no montante que as mesmas precisam ter para dar respaldo às suas operações.

Uma vez apresentado o modelo, mostrou-se exemplos numéricos, bem como se selecionou ativos para fazer-se testes de aderência. O teste foi apresentado e aplicado para esses ativos, chegando num resultado pouco conclusivo, pois apesar do modelo parecer muito conservador, tinha-se poucos testes para comprová-lo.

Para finalizar a análise, repetiu-se o teste de aderência para todos os ativos do Ibovespa que tinham histórico suficiente, e viu-se que o modelo proposto melhora o resultado para os ativos classificados como líquidos e semi-líquidos, porém piorava os resultados para os ilíquidos. Em coerência com os resultados vistos nas bibliografias, chegou-se a conclusão que o modelo era muito conservador, principalmente por supor que o risco de mercado e liquidez são perfeitamente correlacionados.

Tendo os resultados para todos os ativos do Ibovespa com histórico suficiente para a análise, fez-se um teste que nos mostrou que o modelo proposto não só é conservador, como penaliza mais os ativos que foram classificados como ilíquidos. Por outro lado, se adaptou muito bem, melhor que o modelo padrão de VaR paramétrico com λ de 0,94, aos ativos classificados como semi-líquidos, mostrando que ainda precisa de ajustes e ainda precisa ser usado com cautela.

5.2 Análise Crítica

Apesar da importância desse tema, poucos trabalhos foram encontrados sobre ele, o que fez com que os resultados encontrados tivessem que ser analisados sem uma base comparativa razoável. A maior parte da metodologia apresentada foi extraída de *papers* e sempre que possível tentou-se buscar uma referência de um livro, para dar um respaldo mais acadêmico.

Os resultados apresentados estão em sintonia com o visto nas bibliografias, sendo que ao classificar os ativos quanto à liquidez, pode-se melhor perceber que o modelo proposto é muito conservador para os ativos menos líquidos, mas para os com liquidez intermediária, ele se adapta muito bem.

Outro ponto importante foi que todos os parâmetros empíricos dos modelos tiveram que ser calculados, seja porque os valores presentes nas bibliografias eram discrepantes, seja porque como não havia trabalhos similares para os

ativos brasileiros, a suposição de que ainda eram válidos não pareceu muito razoável.

Tentou-se avançar no assunto, incorporando testes de aderência e dividindo os ativos analisados segundo critérios de liquidez, e assim esse trabalho parece ter chegado ao seu objetivo, ao consolidar a metodologia existente, ainda um pouco difusa e apresentar os resultados obtidos para os ativos brasileiros.

5.3 Considerações Finais

Apesar de o modelo testado usar o que havia de mais recente, pode-se dar algumas sugestões para trabalhos futuros, pois ele ainda precisa de algumas melhoras, como, por exemplo, abordagens dinâmicas para a captura de dados históricos, principalmente quanto ao tratamento do *bid ask spread*, que deveria ter uma abordagem semelhante ao EWMA, ao dar mais importância para os dados mais recentes.

Devido à falta de informações quanto ao tratamento de correlações entre os ativos, referente ao risco de liquidez, optou-se por não testar carteiras compostas por diferentes ativos, uma vez que teria pouca base de comparação e a metodologia para tal ainda está pouco clara.

Outra sugestão é que se poderia adotar um intervalo de confiança diferente dos 95% adotado nesse trabalho, e ver se os testes chegariam à mesma conclusão. De modo geral as bibliografias adotam um intervalo de 99%, mas como isso, em essência, não é uma restrição para a adoção do modelo, optou-se por 95%, por também ser um valor normalmente utilizado.

Como esse trabalho usou dados históricos de um momento de crise, pode-se ter distorcido algumas análises, assim, como sugestão final, sugere-se a replicação do modelo para um momento futuro. Mas é importante que se tenha em mente que ele de fato pode parecer mais conservador do que deveria em momentos de calma, mas esse conservadorismo pode ter um valor inestimável quando nos deparamos com uma crise.

6 REFERÊNCIAS

BACEN. Banco Central do Brasil - Banco Central do Brasil. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/>>. Acesso em 10 de maio de 2009.

BANCO MERCANTIL DO BRASIL. **Estrutura de Gerenciamento de Risco de Mercado**. Apresentação de Metodologia Interna, 2008.

BANGIA, A., et al. **Modeling Liquidity Risk**. Risk 12. Janeiro 1999, pp. 68-73, 1999.

BIS. Bank for International Settlements. Disponível em: <<http://www.bis.org/>>. Acesso em 10 de maio de 2009.

BLOOMBERG. Bloomberg. Disponível em: <<http://www.bloomberg.com/>>. Acesso em 10 de maio de 2009.

BOVESPA. BOVESPA. Disponível em: <<http://www.bovespa.com.br/>>. Acesso em 11 de abril de 2009.

DOWD, K. **Beyond Value at Risk: the New Science of Risk Management**. s.l.: John Wiley & Son, 1998.

DUARTE, N.S.F. **A Adoção de Metodologia Seis Sigma por Pequenas Empresas Brasileiras do Setor de Autopeças**. São Paulo: Dissertação de Mestrado apresentado à Escola Politécnica, 2007.

DUARTE, Antônio M.. **Gerenciamento de Riscos Corporativos**. São Paulo: Unibanco, 2005.

HULL, J.C. **Options, Futures, and Other Derivatives**. 1999.

ERWAN, Le Saout. **Incorporating Liquidity Risk in VaR Models**. IAE, 2000.

JORION, P. **Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk**. 3ª Edição. New York : The McGraw-Hill Companies, Inc, 2007.

KUPIEC, Paul H. **Techniques for Verifying the Accuracy of Risk Measurement Models**. The Journal of Derivatives, pp. 73-85, 1995.

LUZ ENGENHARIA FINANCEIRA. **Gestão de Risco de Mercado e suas Aplicações no Mercado Brasileiro**. São Paulo: s.n., 2003.

MAPS. Maps Soluções e Serviços. Disponível em <<http://www.maps.com.br/>>. Acesso em 1 de março de 2009.

MINITAB. Minitab. Disponível em <<http://www.minitab.com/>>. Acesso em 10 de maio de 2009

RIBEIRO, Paulo de T. **Avaliação Empírica dos Modelos de VaR**. São Paulo : Trabalho de Formatura apresentado à Escola Politécnica, 2006.

RISKMETRICS GROUP. RiskMetrics. RiskMetrics Group. Disponível em: <<http://www.riskmetrics.com/>> Acesso em 10 de maio de 2009.

VEIGA, R.P. **Var Value at Risk**, 2005.

7 APÊNDICE A – Identificação de Distribuição Individual

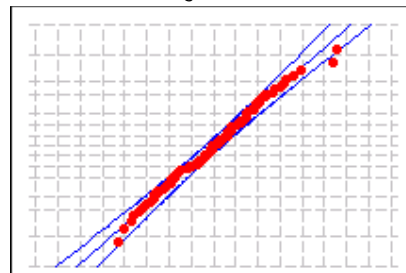
A1) Conceituação

A Identificação de Distribuição Individual (*Individual Distribution Identification*) é uma ferramenta do *Minitab* (MINITAB, 2009) para identificar quais distribuições podem ser usadas para ajustar os dados baseado em *probability plots* e na estatística *goodness-of-fit*. Essa ferramenta deve ser usada para:

- Verificar a distribuição dos dados
- Determinar se uma transformação normaliza os dados adequadamente
- Comparar todas as distribuições disponíveis para determinar qual melhor se ajusta aos dados

Como exemplo, usamos dados coletados sobre o grau de deformação em telhas de cerâmica. Como a distribuição dos dados é desconhecida, aplica-se a Identificação de Distribuição Individual para testar possíveis modelos. O probability plot abaixo nos mostra que a distribuição exponencial tem um goodness-of-fit muito ruim, já os dados após uma transformação de Johnson ajustam bem os dados, devido ao alto valor de *Valor P*. Dentre essas duas distribuições, a segunda apresenta uma melhor aderência para os dados.

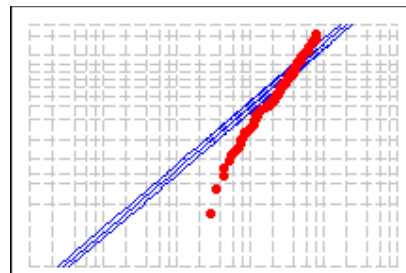
Distribuição Normal com Transformação de Johnson



Estatística Anderson-Darling = 0.231

Valor P = 0.799

Distribuição Exponencial



Estatística Anderson-Darling = 5.982

Valor P < 0.003

A2) Dados

Tabela 7.1 - Dados utilizados do *Bisd Ask Spread* dos Ativos VALE5, VIVO5 e CGAS5.

Fonte: Bloomberg (2009). Dados de 23/04/2007 até 30/12/2008.

VALE5					VIVO5							CGAS5						
0,01%	0,24%	0,02%	0,02%	0,02%	0,14%	0,24%	0,37%	0,32%	0,47%	0,92%	0,61%	0,57%	3,43%	0,09%	1,08%	1,03%	1,78%	
0,12%	0,20%	0,19%	0,08%	0,02%	0,24%	0,11%	0,25%	0,40%	0,45%	0,50%	0,50%	1,61%	1,23%	0,79%	0,52%	0,60%	1,30%	
0,03%	0,24%	0,38%	0,06%	0,04%	0,12%	0,33%	0,25%	0,60%	0,56%	0,29%	0,51%	0,23%	0,21%	1,02%	0,71%	1,50%	0,22%	
0,04%	0,19%	0,10%	0,14%	0,02%	0,06%	0,11%	0,73%	0,42%	0,95%	0,19%	0,12%	0,46%	0,90%	0,85%	1,44%	0,19%	1,99%	
0,03%	0,19%	0,02%	0,02%	0,08%	0,23%	0,21%	0,60%	1,13%	0,09%	0,19%	0,37%	3,29%	0,67%	0,24%	1,90%	0,56%	0,71%	
0,27%	0,25%	0,31%	0,28%	0,11%	0,03%	1,18%	1,00%	0,83%	0,61%	0,10%	1,43%	1,77%	1,49%	0,79%	1,38%	0,94%	0,62%	
0,06%	0,19%	0,08%	0,19%	0,13%	0,03%	0,89%	0,63%	0,31%	0,10%	0,78%	0,39%	3,22%	0,92%	0,56%	2,37%	1,09%	2,17%	
0,05%	0,07%	0,62%	0,02%	0,06%	0,12%	0,11%	0,13%	0,42%	0,29%	0,89%	1,35%	1,11%	0,97%	1,01%	0,50%	0,43%	0,98%	
0,07%	0,27%	0,04%	0,08%	0,04%	0,03%	0,44%	0,64%	1,36%	0,95%	0,19%	1,69%	0,38%	0,50%	0,26%	0,78%	0,89%	1,14%	
0,01%	0,01%	0,12%	0,10%	0,38%	0,03%	0,45%	1,79%	1,40%	0,38%	0,20%	0,94%	0,93%	2,29%	0,88%	1,84%	0,40%	1,40%	
0,11%	0,03%	0,08%	0,19%	0,08%	0,11%	0,44%	0,79%	0,49%	0,20%	0,40%	1,10%	1,88%	1,19%	0,72%	1,99%	0,11%	1,79%	
0,07%	0,01%	0,10%	0,02%	0,10%	0,19%	0,89%	1,29%	1,32%	0,39%	1,27%	0,14%	0,55%	1,10%	1,43%	1,26%	0,62%	1,42%	
0,07%	0,15%	0,08%	0,07%	0,02%	0,35%	0,80%	0,25%	0,77%	0,73%	0,10%	0,15%	0,72%	0,96%	0,27%	1,23%	0,97%	1,11%	
0,01%	0,09%	0,10%	0,05%	0,12%	0,20%	0,44%	0,38%	0,59%	0,71%	0,20%	0,78%	1,78%	0,58%	0,47%	0,83%	1,35%	1,02%	
0,07%	0,07%	0,11%	0,41%	0,21%	0,12%	1,11%	0,24%	1,83%	0,29%	0,10%	0,63%	0,34%	1,86%	0,48%	0,58%	0,83%	0,78%	
0,04%	0,07%	0,07%	0,17%	0,02%	0,11%	0,34%	0,60%	0,39%	0,38%	1,65%	0,71%	1,57%	1,01%	0,12%	1,12%	0,82%	6,88%	
0,26%	0,84%	0,02%	0,10%	0,09%	0,36%	0,12%	0,93%	0,98%	0,79%	0,94%	0,36%	1,12%	0,48%	0,49%	0,84%	0,50%	2,02%	
0,03%	0,05%	0,06%	0,02%	0,09%	0,04%	0,46%	1,05%	0,79%	0,29%	1,23%	0,98%	0,87%	0,67%	0,27%	0,55%	0,47%	2,21%	
0,01%	0,01%	0,04%	0,16%	0,05%	0,04%	0,46%	0,46%	0,10%	1,94%	1,00%	0,57%	0,87%	0,32%	0,55%	0,86%	0,51%	0,89%	
0,03%	0,05%	0,17%	0,34%	0,09%	0,04%	0,11%	0,22%	0,84%	1,65%	0,10%	1,26%	1,87%	1,04%	0,33%	0,77%	0,87%	1,48%	
0,14%	0,09%	0,20%	0,04%	0,09%	0,31%	0,90%	0,11%	0,11%	0,74%	0,44%	0,19%	0,62%	1,03%	0,49%	0,88%	0,86%	0,81%	
0,14%	0,12%	0,20%	0,08%	0,07%	0,04%	0,90%	1,19%	0,11%	0,36%	0,11%	0,27%	0,64%	0,68%	0,92%	0,87%	1,01%	1,69%	
0,04%	0,12%	0,02%	0,39%	0,02%	0,83%	0,11%	0,44%	0,47%	0,71%	0,31%	0,38%	1,71%	1,17%	1,18%	0,22%	0,11%	1,41%	
0,07%	0,02%	0,02%	0,08%	0,12%	0,13%	0,11%	0,10%	0,56%	1,17%	0,11%	0,19%	1,05%	1,11%	0,50%	0,22%	0,17%	2,08%	
0,03%	0,10%	0,20%	0,02%	0,07%	0,14%	0,11%	0,33%	0,23%	1,01%	0,98%	0,45%	0,23%	1,15%	0,63%	0,30%	1,02%	1,95%	
0,28%	0,12%	0,08%	0,10%	0,36%	0,39%	0,22%	0,23%	0,45%	0,27%	0,11%	0,87%	1,74%	0,23%	1,20%	0,76%	1,54%	2,56%	
0,12%	0,24%	0,20%	0,02%	0,13%	0,22%	0,43%	0,83%	0,54%	0,28%	0,11%	0,10%	1,51%	0,48%	0,93%	1,17%	1,79%	1,06%	
0,10%	0,07%	0,02%	0,10%	0,07%	0,09%	0,11%	1,38%	1,07%	0,19%	0,12%	1,46%	1,52%	0,50%	0,91%	0,09%	0,99%	1,36%	
0,27%	0,21%	0,08%	0,08%	0,13%	0,40%	0,32%	1,16%	0,32%	0,58%	0,12%	0,42%	0,65%	1,41%	0,97%	1,03%	0,75%	0,28%	
0,05%	0,14%	0,12%	0,08%	0,03%	0,43%	0,22%	0,46%	0,53%	0,20%	0,84%	0,17%	0,91%	0,75%	1,89%	1,20%	1,47%	1,58%	
0,05%	0,11%	0,10%	0,08%	0,10%	0,08%	0,33%	0,22%	0,21%	0,30%	0,50%	0,42%	0,32%	0,46%	1,06%	0,76%	0,40%	1,71%	
0,11%	0,16%	0,18%	0,02%	0,01%	0,11%	0,11%	0,23%	0,11%	0,39%	0,73%	0,21%	1,54%	0,74%	1,51%	1,16%	1,32%	1,68%	
0,21%	0,02%	0,02%	0,06%	0,05%	0,12%	1,57%	0,22%	0,22%	0,09%	0,11%	0,98%	1,32%	0,36%	1,72%	1,45%	0,96%	0,64%	
0,21%	0,06%	0,04%	0,02%	0,07%	0,16%	0,11%	0,11%	1,11%	0,55%	1,34%	0,05%	1,16%	0,75%	1,25%	1,23%	0,09%	2,07%	
0,10%	0,17%	0,21%	0,06%	0,03%	0,41%	0,22%	0,12%	0,22%	0,19%	0,46%	0,86%	0,37%	0,23%	0,64%	0,97%	1,35%	2,60%	
0,12%	0,08%	0,02%	0,06%	0,22%	0,08%	0,73%	0,45%	0,34%	0,76%	0,12%	0,23%	0,65%	1,39%	0,72%	0,96%	0,41%	1,02%	
0,04%	0,36%	0,10%	0,18%	0,03%	0,08%	0,10%	0,23%	0,33%	0,10%	1,11%	0,21%	0,22%	0,69%	0,13%	0,65%	1,02%	2,02%	
0,01%	0,14%	0,17%	0,08%	0,14%	0,08%	0,20%	0,11%	0,33%	0,19%	1,11%	0,04%	1,06%	0,97%	1,75%	0,52%	0,33%	2,07%	
0,01%	0,02%	0,04%	0,06%	0,03%	0,21%	0,41%	0,45%	0,33%	0,09%	0,12%	0,13%	1,17%	0,34%	1,57%	1,00%	1,94%	1,16%	
0,26%	0,02%	0,11%	0,10%	0,08%	0,41%	0,10%	0,11%	0,57%	0,63%	0,90%	0,41%	0,08%	0,39%	1,05%	0,54%	0,45%	1,28%	
0,19%	0,04%	0,31%	0,02%	0,20%	0,21%	0,11%	0,11%	0,23%	1,67%	1,47%	0,62%	2,39%	0,51%	0,69%	0,22%	0,56%	2,27%	
0,07%	0,09%	0,20%	0,04%	0,12%	0,04%	0,10%	0,11%	0,48%	0,49%	1,20%	0,85%	1,30%	0,47%	0,81%	1,01%	0,33%	0,30%	
0,14%	0,09%	0,36%	0,09%	0,08%	0,04%	0,42%	0,67%	0,13%	0,17%	1,89%	0,39%	0,53%	0,22%	0,64%	1,12%	0,63%	1,18%	
0,31%	0,02%	0,07%	0,02%	0,22%	0,24%	0,10%	0,46%	0,26%	0,08%	0,58%	0,75%	0,18%	1,22%	1,04%	0,43%	1,69%	2,00%	
0,04%	0,06%	0,02%	0,06%	0,14%	0,17%	0,41%	0,12%	0,60%	0,43%	0,36%	1,20%	0,62%	0,40%	1,57%	0,52%	0,98%	1,08%	
0,21%	0,04%	0,10%	0,07%	0,11%	0,21%	0,20%	1,17%	1,12%	0,17%	1,35%	0,52%	0,51%	1,29%	1,16%	0,48%	1,49%	1,45%	
0,13%	0,02%	0,09%	0,13%	0,17%	0,29%	0,81%	0,56%	0,23%	0,52%	0,62%	0,61%	2,05%	1,37%	1,25%	0,91%	1,78%	1,07%	
0,26%	0,11%	0,11%	0,04%	0,03%	0,17%	0,21%	0,21%	1,73%	0,09%	0,62%	0,91%	0,21%	1,33%	0,41%	0,54%	1,25%	0,86%	
0,05%	0,04%	0,11%	0,02%	0,03%	0,16%	0,31%	0,78%	0,97%	0,18%	0,90%	1,57%	0,56%	0,24%	0,66%	0,52%	1,18%	2,32%	
0,29%	0,02%	0,02%	0,09%	0,13%	0,04%	0,20%	0,33%	0,63%	0,18%	1,37%	0,53%	0,57%	1,46%	0,27%	0,82%	1,19%	2,02%	
0,05%	0,26%	0,25%	0,05%	0,16%	0,04%	0,80%	0,43%	0,20%	0,08%	0,75%	2,71%	0,98%	0,44%	0,54%	0,30%	1,35%	0,84%	
0,07%	0,23%	0,09%	0,02%	0,03%	0,04%	0,20%	0,42%	0,47%	0,43%	0,25%	0,35%	1,00%	0,35%	0,21%	0,39%	0,73%	1,56%	
0,31%	0,24%	0,13%	0,07%	0,03%	0,09%	0,61%	0,88%	0,72%	0,35%	0,12%	0,07%	1,45%	1,46%	0,24%	0,43%	1,40%	0,26%	
0,05%	0,04%	0,02%	0,03%	0,13%	0,05%	0,39%	0,40%	0,20%	0,18%	0,36%	0,16%	0,23%	0,53%	0,62%	0,32%	0,91%	0,98%	
0,13%	0,20%	0,02%	0,18%	0,13%	0,01%	0,10%	1,10%	0,20%	0,37%	0,35%	0,50%	0,91%	1,23%	0,67%	0,56%	0,78%	1,36%	
0,12%	0,08%	0,11%	0,04%	0,11%	0,04%	0,10%	1,23%	0,49%	0,19%	0,24%	0,38%	0,33%	0,97%	1,49%	0,95%	0,63%	0,95%	
0,05%	0,10%	0,02%	0,04%	0,08%	0,20%	0,72%	0,19%	0,65%	0,28%	0,12%	0,11%	1,01%	0,76%	0,85%	1,06%	0,28%	0,69%	
0,01%	0,10%	0,06%	0,02%	0,03%	0,12%	0,52%	0,48%	0,10%	1,01%	0,37%	1,17%	1,11%	0,28%	0,84%	0,91%	0,91%	1,11%	
0,06%	0,06%	0,04%	0,04%	0,25%	0,20%	0,21%	0,10%	0,29%	1,14%	0,37%	0,28%	0,79%	0,22%	1,00%	0,83%	1,23%	1,20%	
0,06%	0,11%	0,17%	0,07%	0,14%	0,73%	0,32%	0,39%	0,39%	0,36%	0,13%	0,67%	0,76%	0,87%	0,88%	1,17%	0,61%	0,99%	
0,05%	0,15%	0,04%	0,11%	0,43%	0,12%	0,73%	0,98%	0,96%	0,09%	0,62%	0,44%	0,67%	1,30%	1,11%	0,34%	0,25%	1,52%	
0,06%	0,19%	0,02%	0,04%	0,18%	1,49%	0,22%	0,98%	0,50%	0,46%	0,13%	0,63%	0,88%	0,95%	0,50%	1,21%	0,74%	1,67%	
0,12%	0,05%	0,30%	0,02%	0,06%	0,04%	0,91%	0,39%	0,59%	0,39%	1,78%	0,48%	1,21%	0,31%	1,01%	0,19%	1,00%	1,71%	
0,11%	0,04%	0,14%	0,10%	0,27%	0,36%	0,12%	0,71%	0,38%	0,97%	0,12%	0,30%	2,25%	0,97%	1,70%	0,53%	0,89%	2,00%	
0,04%	0,02%	0,02%	0,02%	0,05%	0,04%	1,27%	0,51%	0,66%	0,19%	0,94%	1,02%	0,77%	0,20%	1,04%	2,55%	1,68%	1,44%	
0,01%	0,19%	0,08%	0,06%	0,09%	0,60%	0,48%	0,68%	0,09%	0,61%	0,49%	0,17%	3,13%	0,47%	1,33%	0,83%	0,51%	0,50%	
0,30%	0,38%	0,06%	0,02%	0,23%	0,21%	0,12%	0,10%	0,44%	0,21%	0,25%	0,21%	1,44%	0,					

8 APÊNDICE B – Aplicação de análise de conglomerados

B1) Conceituação

Conforme empregado por Duarte Junior (2007) os métodos de análise de conglomerados (cluster analysis) utilizam algoritmos de agrupamento de dados com base em sua similaridade ou distância. Por distância, entenda a linha reta entre os dados, ou seja, sua Distância Euclidiana. Uma razão para conglomerar as variáveis seria reduzir seu número, ou mesmo classificá-las.

O método *K-means clustering* classifica em grupos quando os grupos são inicialmente desconhecidos. Esse procedimento utiliza uma clusterização não hierárquica de acordo com o algoritmo de *MacQueen* (MINITAB, 2009). Esse método permite que se escolha o número de conglomerados (k). Formaremos 3 grupos, com base na divisão entre líquidos, semi-líquidos e ilíquidos.

B2) Dados

Tabela 8.1 - Participação de cada ativo no Ibovespa para o Quadrimestre Mai./Ago. de 2009.

Fonte: Bovespa (2009).

Código	Part.(%)	Código	Part.(%)	Código	Part.(%)
PETR4	16,6050	ELET6	0,9440	DURA4	0,4290
VALE5	12,1550	CESP6	0,8280	TRPL4	0,4110
ITAU4	5,9090	PRGA3	0,8250	SBSP3	0,4060
BVMF3	4,2420	LREN3	0,8140	BNCA3	0,3880
BBDC4	3,8450	TCSL4	0,8130	BRT04	0,3720
GGBR4	3,5330	NETC4	0,7810	BRTP4	0,3510
VALE3	3,4460	VIVO4	0,7690	KLBN4	0,3410
CSNA3	3,4000	BTOW3	0,7590	TNLP3	0,3200
PETR3	3,3410	ELPL6	0,7020	TMAR5	0,2940
USIM5	3,0160	CPLE6	0,6910	BRTP3	0,2570
BBAS3	2,3370	EMBR3	0,6810	LIGT3	0,2200
ITSA4	2,2970	JBSS3	0,6730	TLPP4	0,1950
CMIG4	1,6720	NATU3	0,6660	TCSL3	0,1630
CYRE3	1,3520	USIM3	0,6520	CLSC6	0,1130
ALLL11	1,3360	GOLL4	0,6480	CGAS5	0,1060
RDGD3	1,1730	TAMM4	0,6270		
BRAP4	1,1600	VCPA4	0,6000		
SDIA4	1,1570	CCRO3	0,5910		
AMBV4	1,1040	RSID3	0,5620		
LAME4	1,0710	PCAR4	0,5370		
ARCZ6	0,9990	CPFE3	0,5300		
GFSA3	0,9810	CSAN3	0,5180		
ELET3	0,9700	CRUZ3	0,5130		
GOAU4	0,9520	UGPA4	0,4630		
TNLP4	0,9450	BRKM5	0,4510		

B3) Resultados gerados pelo Software Minitab (2009)

K-means Cluster Analysis: C1, C2

Final Partition

Number of clusters: 3

	Number of observations	Within cluster sum of squares	Average distance from centroid	Maximum distance from centroid
Cluster1	20	960.994	5.826	16.019
Cluster2	22	885.852	5.501	10.502
Cluster3	23	1012.457	5.741	11.003

Cluster Centroids

Variable	Cluster1	Cluster2	Cluster3	Grand centroid
C1	10.5000	31.5000	54.0000	33.0000
C2	3.7075	0.7873	0.3709	1.5385

Distances Between Cluster Centroids

	Cluster1	Cluster2	Cluster3
Cluster1	0.0000	21.2021	43.6278
Cluster2	21.2021	0.0000	22.5039
Cluster3	43.6278	22.5039	0.0000

9 APÊNDICE C – Dados do Ativo Testado - ITAU4

Nas tabelas abaixo vemos os resultados para o ativo ITAU4, que apresenta para o período de 31/08/2007 até 02/01/2009: fator $\alpha = 1,7556$; $\theta = 1,1531$; média e volatilidade do *bid ask spread* de 0,37% e 0,41% respectivamente. A primeira tabela contém os 74 retornos iniciais para começarmos a calcular o VaR. Nas três tabelas seguintes apresentamos os demais 255 retornos com seus respectivos testes (se o VaR é maior ou não que o retorno seguinte).

Tabela 9.1 - Resultados preliminares para o Ativo ITAU4.

Fonte: Elaboração do Autor. Dados de 31/08/2007 até 19/12/2007.

Data	Bid Ask Spread	Fechamento	Retorno Diário	Vol EWMA $\lambda = 0.94$	Data	Bid Ask Spread	Fechamento	Retorno Diário	Vol EWMA $\lambda = 0.94$
31/08/2007	0,47%	34,24	5,13%	2,00%	25/10/2007	0,11%	37,54	0,51%	2,53%
03/09/2007	0,21%	34,24	0,00%	2,31%	26/10/2007	0,38%	39,41	4,86%	2,45%
04/09/2007	0,41%	33,78	-1,35%	2,25%	29/10/2007	1,35%	39,27	-0,36%	2,65%
05/09/2007	0,35%	32,85	-2,78%	2,20%	30/10/2007	0,08%	38,61	-1,70%	2,57%
06/09/2007	0,05%	32,73	-0,38%	2,24%	31/10/2007	0,57%	39,33	1,86%	2,53%
10/09/2007	0,50%	31,61	-3,48%	2,17%	01/11/2007	0,71%	37,91	-3,69%	2,49%
11/09/2007	0,03%	31,85	0,75%	2,26%	05/11/2007	0,24%	36,90	-2,68%	2,59%
12/09/2007	0,23%	31,78	-0,23%	2,20%	06/11/2007	0,02%	37,10	0,54%	2,60%
13/09/2007	0,02%	32,47	2,17%	2,14%	07/11/2007	0,44%	36,07	-2,83%	2,52%
14/09/2007	0,43%	32,48	0,04%	2,15%	08/11/2007	0,62%	34,93	-3,21%	2,54%
17/09/2007	0,36%	31,85	-1,98%	2,08%	09/11/2007	0,88%	35,28	1,00%	2,58%
18/09/2007	0,36%	33,64	5,47%	2,07%	12/11/2007	0,07%	34,43	-2,42%	2,52%
19/09/2007	0,11%	34,10	1,36%	2,42%	13/11/2007	0,38%	35,99	4,41%	2,51%
20/09/2007	0,12%	33,80	-0,89%	2,37%	14/11/2007	0,87%	36,23	0,66%	2,67%
21/09/2007	0,28%	34,00	0,59%	2,31%	16/11/2007	0,32%	37,22	2,71%	2,59%
24/09/2007	0,07%	34,48	1,41%	2,24%	19/11/2007	1,35%	35,19	-5,61%	2,59%
25/09/2007	0,27%	34,51	0,10%	2,20%	21/11/2007	0,07%	33,32	-5,46%	2,87%
26/09/2007	0,67%	35,87	3,85%	2,13%	22/11/2007	1,17%	33,04	-0,84%	3,08%
27/09/2007	0,23%	37,02	3,17%	2,25%	23/11/2007	0,36%	33,44	1,20%	3,00%
28/09/2007	0,49%	36,68	-0,92%	2,31%	26/11/2007	0,72%	33,28	-0,48%	2,92%
01/10/2007	0,04%	37,74	2,84%	2,26%	27/11/2007	0,32%	34,75	4,33%	2,84%
02/10/2007	0,83%	38,22	1,26%	2,28%	28/11/2007	0,19%	36,94	6,11%	2,95%
03/10/2007	0,41%	36,94	-3,39%	2,23%	29/11/2007	0,04%	37,22	0,75%	3,22%
04/10/2007	0,30%	37,53	1,58%	2,33%	30/11/2007	0,81%	39,41	5,71%	3,13%
05/10/2007	0,02%	39,26	4,50%	2,29%	03/12/2007	0,20%	39,17	-0,61%	3,31%
08/10/2007	0,30%	39,72	1,17%	2,45%	04/12/2007	0,20%	39,17	0,00%	3,22%
09/10/2007	0,21%	40,60	2,20%	2,38%	05/12/2007	0,04%	39,42	0,63%	3,12%
10/10/2007	0,02%	39,80	-2,00%	2,35%	06/12/2007	0,06%	39,71	0,75%	3,02%
11/10/2007	0,21%	38,30	-3,85%	2,35%	07/12/2007	0,36%	40,12	1,02%	2,93%
15/10/2007	0,27%	38,30	0,02%	2,49%	10/12/2007	0,40%	39,89	-0,58%	2,85%
16/10/2007	0,62%	37,03	-3,38%	2,42%	11/12/2007	0,40%	39,25	-1,61%	2,77%
17/10/2007	0,69%	38,45	3,76%	2,50%	12/12/2007	1,22%	39,01	-0,61%	2,73%
18/10/2007	0,40%	38,14	-0,79%	2,58%	13/12/2007	0,84%	37,66	-3,53%	2,66%
19/10/2007	0,31%	36,47	-4,48%	2,51%	14/12/2007	0,11%	37,14	-1,39%	2,73%
22/10/2007	0,64%	37,02	1,50%	2,69%	17/12/2007	1,09%	35,44	-4,70%	2,67%
23/10/2007	1,01%	37,75	1,94%	2,63%	18/12/2007	0,43%	36,78	3,73%	2,85%
24/10/2007	0,60%	37,35	-1,06%	2,59%	19/12/2007	0,40%	37,41	1,70%	2,90%

Tabela 9.2 - Testes de Var e LA-VaR para ITAU4. Continua.

Fonte: Elaboração do Autor. Dados de 31/08/2007 até 02/01/2009.

Data	Bid Ask Spread	Fechamento	Retorno Diário	Vol EWMA $\lambda = 0.94$	VaR	Teste VaR	Ajuste Cauda	LA-VaR	Teste LA-VaR
20/12/2007	0,85%	37,06	-0,94%	2,84%	-4,68%	ok	-5,39%	-5,93%	ok
21/12/2007	0,39%	37,03	-0,09%	2,76%	-4,54%	ok	-5,24%	-5,78%	ok
26/12/2007	0,40%	37,82	2,11%	2,68%	-4,41%	ok	-5,08%	-5,62%	ok
27/12/2007	0,04%	37,22	-1,59%	2,64%	-4,35%	ok	-5,02%	-5,56%	ok
28/12/2007	1,09%	36,23	-2,71%	2,60%	-4,28%	ok	-4,93%	-5,47%	ok
02/01/2008	0,18%	34,65	-4,45%	2,61%	-4,30%	Cruzou	-4,96%	-5,50%	ok
03/01/2008	0,42%	34,00	-1,90%	2,77%	-4,56%	ok	-5,25%	-5,79%	ok
04/01/2008	0,05%	34,24	0,70%	2,72%	-4,48%	ok	-5,17%	-5,71%	ok
07/01/2008	0,16%	34,24	0,00%	2,65%	-4,36%	ok	-5,02%	-5,56%	ok
08/01/2008	0,46%	34,55	0,93%	2,56%	-4,21%	ok	-4,86%	-5,40%	ok
09/01/2008	0,11%	34,55	0,00%	2,50%	-4,11%	ok	-4,73%	-5,28%	ok
10/01/2008	0,43%	35,20	1,85%	2,42%	-3,99%	ok	-4,60%	-5,14%	ok
11/01/2008	0,16%	34,26	-2,71%	2,38%	-3,91%	ok	-4,51%	-5,06%	ok
14/01/2008	0,12%	34,39	0,39%	2,40%	-3,94%	ok	-4,55%	-5,09%	ok
15/01/2008	0,05%	32,96	-4,26%	2,33%	-3,83%	Cruzou	-4,42%	-4,96%	ok
16/01/2008	0,37%	32,44	-1,58%	2,48%	-4,08%	ok	-4,70%	-5,24%	ok
17/01/2008	0,10%	31,81	-1,98%	2,42%	-3,99%	ok	-4,60%	-5,14%	ok
18/01/2008	0,39%	31,09	-2,28%	2,39%	-3,93%	ok	-4,53%	-5,07%	ok
21/01/2008	0,24%	30,33	-2,46%	2,35%	-3,87%	ok	-4,46%	-5,00%	ok
22/01/2008	0,13%	30,33	0,00%	2,33%	-3,83%	ok	-4,41%	-4,95%	ok
23/01/2008	0,53%	30,10	-0,79%	2,26%	-3,72%	ok	-4,29%	-4,83%	ok
24/01/2008	0,12%	32,54	7,81%	2,18%	-3,59%	ok	-4,14%	-4,68%	ok
28/01/2008	0,07%	32,37	-0,51%	2,91%	-4,78%	ok	-5,51%	-6,05%	ok
29/01/2008	0,22%	32,72	1,08%	2,82%	-4,64%	ok	-5,35%	-5,89%	ok
30/01/2008	0,10%	32,52	-0,61%	2,75%	-4,53%	ok	-5,22%	-5,76%	ok
31/01/2008	0,05%	31,47	-3,28%	2,67%	-4,39%	ok	-5,06%	-5,60%	ok
01/02/2008	0,13%	30,61	-2,77%	2,69%	-4,42%	ok	-5,10%	-5,64%	ok
06/02/2008	0,22%	29,31	-4,36%	2,67%	-4,36%	Cruzou	-5,06%	-5,60%	ok
07/02/2008	0,11%	29,21	-0,33%	2,76%	-4,54%	ok	-5,23%	-5,78%	ok
08/02/2008	0,14%	29,02	-0,66%	2,68%	-4,41%	ok	-5,09%	-5,63%	ok
11/02/2008	0,45%	29,71	2,36%	2,60%	-4,28%	ok	-4,93%	-5,47%	ok
12/02/2008	0,05%	31,54	5,95%	2,62%	-4,30%	ok	-4,96%	-5,50%	ok
13/02/2008	0,29%	33,15	5,00%	2,96%	-4,87%	ok	-5,62%	-6,16%	ok
14/02/2008	0,05%	31,91	-3,82%	3,14%	-5,17%	ok	-5,96%	-6,50%	ok
15/02/2008	0,20%	32,40	1,54%	3,17%	-5,21%	ok	-6,01%	-6,55%	ok
18/02/2008	0,10%	33,40	3,02%	3,10%	-5,10%	ok	-5,89%	-6,43%	ok
19/02/2008	0,22%	32,49	-2,75%	3,11%	-5,11%	ok	-5,89%	-6,44%	ok
20/02/2008	0,72%	33,28	2,40%	3,08%	-5,07%	ok	-5,84%	-6,39%	ok
21/02/2008	0,48%	33,04	-0,72%	3,05%	-5,02%	ok	-5,79%	-6,33%	ok
22/02/2008	0,31%	33,82	2,33%	2,97%	-4,88%	ok	-5,63%	-6,17%	ok
25/02/2008	0,24%	34,08	0,75%	2,94%	-4,84%	ok	-5,58%	-6,12%	ok
26/02/2008	0,02%	35,04	2,79%	2,86%	-4,70%	ok	-5,42%	-5,96%	ok
27/02/2008	0,16%	35,53	1,40%	2,86%	-4,70%	ok	-5,42%	-5,97%	ok
28/02/2008	0,16%	35,37	-0,47%	2,78%	-4,58%	ok	-5,28%	-5,82%	ok
29/02/2008	0,47%	33,92	-4,18%	2,70%	-4,43%	ok	-5,11%	-5,65%	ok
03/03/2008	0,14%	34,51	1,72%	2,81%	-4,62%	ok	-5,33%	-5,87%	ok
04/03/2008	0,05%	33,77	-2,17%	2,75%	-4,53%	ok	-5,22%	-5,76%	ok
05/03/2008	0,07%	35,11	3,91%	2,72%	-4,47%	ok	-5,15%	-5,70%	ok
06/03/2008	0,33%	34,08	-2,97%	2,80%	-4,61%	ok	-5,32%	-5,86%	ok
07/03/2008	0,36%	33,12	-2,87%	2,81%	-4,63%	ok	-5,34%	-5,88%	ok
10/03/2008	0,07%	32,77	-1,07%	2,81%	-4,63%	ok	-5,34%	-5,88%	ok
11/03/2008	0,61%	34,16	4,14%	2,74%	-4,51%	ok	-5,20%	-5,74%	ok
12/03/2008	0,46%	32,97	-3,54%	2,85%	-4,69%	ok	-5,41%	-5,95%	ok
13/03/2008	0,24%	33,60	1,89%	2,89%	-4,75%	ok	-5,48%	-6,02%	ok
14/03/2008	0,74%	33,28	-0,95%	2,84%	-4,67%	ok	-5,38%	-5,92%	ok
17/03/2008	0,75%	31,69	-4,91%	2,76%	-4,54%	Cruzou	-5,24%	-5,78%	ok
18/03/2008	0,20%	32,64	2,97%	2,93%	-4,82%	ok	-5,55%	-6,09%	ok
19/03/2008	0,23%	31,37	-3,98%	2,94%	-4,83%	ok	-5,57%	-6,11%	ok
20/03/2008	0,13%	31,73	1,13%	3,00%	-4,93%	ok	-5,68%	-6,22%	ok
24/03/2008	0,64%	31,13	-1,90%	2,92%	-4,80%	ok	-5,53%	-6,07%	ok
25/03/2008	0,34%	32,64	4,75%	2,86%	-4,70%	ok	-5,42%	-5,96%	ok
26/03/2008	0,20%	32,31	-1,03%	3,02%	-4,97%	ok	-5,74%	-6,28%	ok
27/03/2008	0,25%	31,45	-2,69%	2,94%	-4,83%	ok	-5,57%	-6,12%	ok
28/03/2008	0,49%	31,17	-0,89%	2,91%	-4,79%	ok	-5,52%	-6,06%	ok
31/03/2008	0,03%	31,86	2,17%	2,83%	-4,65%	ok	-5,36%	-5,91%	ok
01/04/2008	0,46%	32,84	3,05%	2,81%	-4,62%	ok	-5,33%	-5,87%	ok
02/04/2008	0,41%	32,90	0,17%	2,84%	-4,67%	ok	-5,39%	-5,93%	ok
03/04/2008	0,60%	33,04	0,43%	2,76%	-4,54%	ok	-5,23%	-5,77%	ok
04/04/2008	0,12%	32,84	-0,60%	2,68%	-4,40%	ok	-5,08%	-5,62%	ok
07/04/2008	0,57%	33,24	1,20%	2,60%	-4,27%	ok	-4,93%	-5,47%	ok
08/04/2008	0,12%	33,68	1,31%	2,53%	-4,17%	ok	-4,81%	-5,35%	ok
09/04/2008	0,44%	32,88	-2,39%	2,48%	-4,08%	ok	-4,70%	-5,24%	ok
10/04/2008	0,29%	32,73	-0,46%	2,46%	-4,05%	ok	-4,67%	-5,21%	ok
11/04/2008	0,62%	32,29	-1,37%	2,39%	-3,93%	ok	-4,54%	-5,08%	ok
14/04/2008	0,43%	31,70	-1,84%	2,34%	-3,85%	ok	-4,44%	-4,98%	ok
15/04/2008	0,10%	31,85	0,48%	2,30%	-3,79%	ok	-4,37%	-4,91%	ok
16/04/2008	0,31%	33,44	4,88%	2,24%	-3,69%	ok	-4,25%	-4,79%	ok
17/04/2008	0,05%	34,63	3,51%	2,50%	-4,11%	ok	-4,74%	-5,28%	ok
18/04/2008	0,20%	35,26	1,80%	2,57%	-4,23%	ok	-4,88%	-5,42%	ok
22/04/2008	0,27%	34,87	-1,11%	2,53%	-4,16%	ok	-4,79%	-5,33%	ok
23/04/2008	0,53%	34,36	-1,49%	2,45%	-4,04%	ok	-4,66%	-5,20%	ok
24/04/2008	0,67%	34,39	0,11%	2,41%	-3,96%	ok	-4,57%	-5,11%	ok
25/04/2008	0,44%	34,95	1,61%	2,34%	-3,84%	ok	-4,43%	-4,97%	ok
28/04/2008	0,40%	35,52	1,60%	2,30%	-3,78%	ok	-4,36%	-4,90%	ok
29/04/2008	0,50%	34,83	-1,95%	2,26%	-3,72%	ok	-4,29%	-4,83%	ok

Tabela 9.3 - Testes de Var e LA-VaR para ITAU4. Continuação.

Fonte: Elaboração do Autor. Dados de 31/08/2007 até 02/01/2009.

Data	Bid Ask Spread	Fechamento	Retorno Diário	Vol EWMA $\lambda = 0.94$	VaR	Teste VaR	Ajuste Cauda	LA-VaR	Teste LA-VaR
30/04/2008	0,15%	37,76	8,08%	2,25%	-3,70%	ok	-4,26%	-4,81%	ok
02/05/2008	0,20%	39,09	3,46%	2,92%	-4,81%	ok	-5,55%	-6,09%	ok
05/05/2008	0,10%	39,61	1,31%	2,93%	-4,82%	ok	-5,56%	-6,10%	ok
06/05/2008	0,08%	37,91	-4,40%	2,85%	-4,69%	ok	-5,41%	-5,95%	ok
07/05/2008	0,11%	37,14	-2,04%	2,99%	-4,91%	ok	-5,66%	-6,20%	ok
08/05/2008	0,53%	37,62	1,28%	2,95%	-4,85%	ok	-5,59%	-6,13%	ok
09/05/2008	0,21%	37,34	-0,74%	2,87%	-4,71%	ok	-5,43%	-5,98%	ok
12/05/2008	0,21%	37,59	0,66%	2,79%	-4,58%	ok	-5,29%	-5,83%	ok
13/05/2008	0,07%	36,86	-1,95%	2,70%	-4,44%	ok	-5,12%	-5,66%	ok
14/05/2008	0,22%	36,54	-0,87%	2,68%	-4,40%	ok	-5,08%	-5,62%	ok
15/05/2008	0,06%	37,38	2,26%	2,61%	-4,29%	ok	-4,95%	-5,49%	ok
16/05/2008	0,17%	37,40	0,06%	2,57%	-4,23%	ok	-4,88%	-5,42%	ok
19/05/2008	0,23%	38,18	2,06%	2,50%	-4,11%	ok	-4,73%	-5,28%	ok
20/05/2008	0,02%	37,58	-1,60%	2,46%	-4,05%	ok	-4,67%	-5,21%	ok
21/05/2008	0,04%	36,62	-2,57%	2,43%	-4,00%	ok	-4,61%	-5,15%	ok
23/05/2008	0,04%	36,50	-0,33%	2,45%	-4,03%	ok	-4,65%	-5,19%	ok
26/05/2008	0,30%	36,54	0,11%	2,38%	-3,92%	ok	-4,52%	-5,06%	ok
27/05/2008	0,11%	37,58	2,79%	2,31%	-3,80%	ok	-4,38%	-4,92%	ok
28/05/2008	0,02%	38,89	3,44%	2,32%	-3,82%	ok	-4,41%	-4,95%	ok
29/05/2008	0,08%	38,61	-0,72%	2,38%	-3,91%	ok	-4,51%	-5,05%	ok
30/05/2008	0,72%	40,18	3,96%	2,32%	-3,82%	ok	-4,40%	-4,94%	ok
02/06/2008	0,03%	38,42	-4,48%	2,42%	-3,97%	Cruzou	-4,58%	-4,48%	Cruzou
03/06/2008	0,13%	37,32	-2,89%	2,62%	-4,31%	ok	-4,97%	-5,51%	ok
04/06/2008	0,05%	37,05	-0,72%	2,65%	-4,36%	ok	-5,03%	-5,57%	ok
05/06/2008	0,13%	38,42	3,61%	2,58%	-4,24%	ok	-4,89%	-5,43%	ok
06/06/2008	0,51%	37,41	-2,65%	2,64%	-4,34%	ok	-5,00%	-5,55%	ok
09/06/2008	0,38%	36,56	-2,29%	2,65%	-4,36%	ok	-5,03%	-5,57%	ok
10/06/2008	0,03%	35,33	-3,43%	2,64%	-4,34%	ok	-5,00%	-5,54%	ok
11/06/2008	0,23%	34,83	-1,42%	2,70%	-4,43%	ok	-5,11%	-5,66%	ok
12/06/2008	0,11%	35,63	2,26%	2,63%	-4,33%	ok	-4,99%	-5,53%	ok
13/06/2008	0,61%	36,04	1,14%	2,61%	-4,30%	ok	-4,95%	-5,50%	ok
16/06/2008	0,27%	36,13	0,25%	2,55%	-4,19%	ok	-4,83%	-5,37%	ok
17/06/2008	0,11%	37,07	2,58%	2,47%	-4,06%	ok	-4,68%	-5,22%	ok
18/06/2008	0,19%	35,78	-3,55%	2,47%	-4,07%	ok	-4,69%	-5,23%	ok
19/06/2008	0,14%	35,58	-0,56%	2,56%	-4,20%	ok	-4,85%	-5,39%	ok
20/06/2008	0,14%	34,14	-4,14%	2,48%	-4,08%	Cruzou	-4,70%	-5,25%	ok
23/06/2008	0,41%	34,14	0,00%	2,61%	-4,29%	ok	-4,95%	-5,49%	ok
24/06/2008	0,54%	33,14	-2,96%	2,52%	-4,15%	ok	-4,78%	-5,32%	ok
25/06/2008	0,15%	34,04	2,67%	2,55%	-4,19%	ok	-4,83%	-5,37%	ok
26/06/2008	0,37%	32,17	-5,65%	2,57%	-4,22%	Cruzou	-4,87%	-5,41%	Cruzou
27/06/2008	0,28%	32,34	0,55%	2,84%	-4,67%	ok	-5,39%	-5,93%	ok
30/06/2008	0,31%	32,44	0,31%	2,75%	-4,52%	ok	-5,21%	-5,75%	ok
01/07/2008	0,09%	31,98	-1,45%	2,67%	-4,39%	ok	-5,07%	-5,61%	ok
02/07/2008	0,15%	31,90	-0,25%	2,61%	-4,29%	ok	-4,94%	-5,48%	ok
03/07/2008	0,84%	30,76	-3,62%	2,53%	-4,16%	ok	-4,80%	-5,34%	ok
04/07/2008	0,71%	31,13	1,19%	2,60%	-4,28%	ok	-4,94%	-5,48%	ok
07/07/2008	0,16%	30,96	-0,54%	2,54%	-4,17%	ok	-4,81%	-5,35%	ok
08/07/2008	0,25%	31,44	1,53%	2,47%	-4,07%	ok	-4,69%	-5,23%	ok
10/07/2008	0,32%	31,54	0,31%	2,43%	-3,99%	ok	-4,61%	-5,15%	ok
11/07/2008	0,16%	31,05	-1,56%	2,36%	-3,88%	ok	-4,48%	-5,02%	ok
14/07/2008	0,16%	31,00	-0,16%	2,30%	-3,79%	ok	-4,36%	-4,91%	ok
15/07/2008	0,13%	30,24	-2,47%	2,23%	-3,68%	ok	-4,24%	-4,78%	ok
16/07/2008	0,06%	33,04	8,85%	2,25%	-3,69%	ok	-4,26%	-4,80%	ok
17/07/2008	1,01%	33,40	1,08%	3,09%	-5,08%	ok	-5,85%	-6,39%	ok
18/07/2008	0,20%	34,42	3,02%	3,00%	-4,94%	ok	-5,69%	-6,23%	ok
21/07/2008	0,50%	33,65	-2,28%	3,00%	-4,93%	ok	-5,69%	-6,23%	ok
22/07/2008	0,03%	34,13	1,41%	2,96%	-4,88%	ok	-5,62%	-6,16%	ok
23/07/2008	0,58%	34,14	0,03%	2,89%	-4,76%	ok	-5,49%	-6,03%	ok
24/07/2008	0,09%	32,74	-4,17%	2,81%	-4,62%	ok	-5,32%	-5,86%	ok
25/07/2008	0,09%	31,95	-2,46%	2,91%	-4,78%	ok	-5,52%	-6,06%	ok
28/07/2008	0,22%	31,45	-1,57%	2,88%	-4,74%	ok	-5,46%	-6,00%	ok
29/07/2008	0,12%	32,54	3,42%	2,82%	-4,63%	ok	-5,34%	-5,88%	ok
30/07/2008	0,06%	33,24	2,12%	2,86%	-4,71%	ok	-5,43%	-5,97%	ok
31/07/2008	0,72%	33,34	0,30%	2,83%	-4,65%	ok	-5,36%	-5,90%	ok
01/08/2008	0,21%	32,69	-1,96%	2,74%	-4,51%	ok	-5,20%	-5,74%	ok
04/08/2008	0,06%	31,65	-3,25%	2,70%	-4,44%	ok	-5,13%	-5,67%	ok
05/08/2008	0,30%	33,04	4,31%	2,73%	-4,49%	ok	-5,17%	-5,72%	ok
06/08/2008	0,27%	33,65	1,82%	2,85%	-4,69%	ok	-5,41%	-5,95%	ok
07/08/2008	0,30%	33,04	-1,82%	2,81%	-4,61%	ok	-5,32%	-5,86%	ok
08/08/2008	0,88%	32,55	-1,49%	2,75%	-4,53%	ok	-5,22%	-5,77%	ok
11/08/2008	0,19%	31,79	-2,38%	2,69%	-4,43%	ok	-5,11%	-5,65%	ok
12/08/2008	0,03%	31,50	-0,91%	2,67%	-4,39%	ok	-5,07%	-5,61%	ok
13/08/2008	0,06%	30,87	-2,01%	2,60%	-4,27%	ok	-4,92%	-5,46%	ok
14/08/2008	0,13%	31,65	2,49%	2,55%	-4,20%	ok	-4,84%	-5,39%	ok
15/08/2008	0,32%	31,15	-1,59%	2,56%	-4,22%	ok	-4,86%	-5,40%	ok
18/08/2008	1,37%	30,38	-2,50%	2,50%	-4,11%	ok	-4,73%	-5,28%	ok
19/08/2008	0,20%	30,24	-0,46%	2,48%	-4,07%	ok	-4,70%	-5,24%	ok
20/08/2008	0,06%	31,50	4,08%	2,40%	-3,95%	ok	-4,55%	-5,09%	ok
21/08/2008	0,03%	31,27	-0,73%	2,56%	-4,21%	ok	-4,86%	-5,40%	ok
22/08/2008	0,16%	31,55	0,89%	2,49%	-4,09%	ok	-4,72%	-5,26%	ok
25/08/2008	0,07%	30,55	-3,22%	2,43%	-3,99%	ok	-4,60%	-5,15%	ok
26/08/2008	0,13%	30,20	-1,15%	2,46%	-4,05%	ok	-4,67%	-5,22%	ok
27/08/2008	0,23%	30,53	1,09%	2,40%	-3,95%	ok	-4,55%	-5,09%	ok
28/08/2008	0,48%	31,65	3,60%	2,35%	-3,87%	ok	-4,46%	-5,00%	ok
29/08/2008	0,97%	30,75	-2,88%	2,46%	-4,05%	ok	-4,67%	-5,22%	ok

Tabela 9.4 - Testes de Var e LA-VaR para ITAU4. Conclusão.

Fonte: Elaboração do Autor. Dados de 31/08/2007 até 02/01/2009.

Data	Bid Ask Spread	Fechamento	Retorno Diário	Vol EWMA $\lambda = 0.94$	VaR	Teste VaR	Ajuste Cauda	LA-VaR	Teste LA-VaR
01/09/2008	0,20%	30,46	-0,95%	2,48%	-4,08%	ok	-4,70%	-5,24%	ok
02/09/2008	0,65%	30,80	1,11%	2,41%	-3,96%	ok	-4,57%	-5,11%	ok
03/09/2008	0,10%	31,13	1,07%	2,36%	-3,88%	ok	-4,48%	-5,02%	ok
04/09/2008	0,10%	30,10	-3,36%	2,31%	-3,80%	ok	-4,38%	-4,93%	ok
05/09/2008	1,28%	30,69	1,94%	2,37%	-3,89%	ok	-4,49%	-5,03%	ok
08/09/2008	0,80%	31,00	1,01%	2,36%	-3,88%	ok	-4,47%	-5,01%	ok
09/09/2008	0,13%	30,10	-2,95%	2,31%	-3,79%	ok	-4,37%	-4,92%	ok
10/09/2008	0,82%	30,45	1,16%	2,33%	-3,84%	ok	-4,42%	-4,97%	ok
11/09/2008	0,65%	30,85	1,31%	2,29%	-3,77%	ok	-4,34%	-4,89%	ok
12/09/2008	0,16%	30,90	0,16%	2,25%	-3,71%	ok	-4,28%	-4,82%	ok
15/09/2008	0,17%	28,85	-6,86%	2,19%	-3,61%	Cruzou	-4,16%	-4,70%	Cruzou
16/09/2008	0,14%	29,31	1,58%	2,66%	-4,37%	ok	-5,04%	-5,58%	ok
17/09/2008	0,22%	27,68	-5,72%	2,62%	-4,31%	Cruzou	-4,97%	-5,51%	Cruzou
18/09/2008	1,71%	29,50	6,37%	2,86%	-4,70%	ok	-5,42%	-5,96%	ok
19/09/2008	0,28%	32,00	8,13%	3,23%	-5,31%	ok	-6,12%	-6,66%	ok
22/09/2008	0,33%	30,50	-4,80%	3,74%	-6,15%	ok	-7,09%	-7,63%	ok
23/09/2008	0,03%	30,00	-1,65%	3,80%	-6,24%	ok	-7,20%	-7,74%	ok
24/09/2008	0,67%	29,80	-0,67%	3,70%	-6,08%	ok	-7,01%	-7,55%	ok
25/09/2008	0,65%	31,00	3,95%	3,58%	-5,90%	ok	-6,80%	-7,34%	ok
26/09/2008	0,62%	30,89	-0,36%	3,62%	-5,96%	ok	-6,87%	-7,41%	ok
29/09/2008	0,17%	29,06	-6,11%	3,51%	-5,78%	Cruzou	-6,66%	-7,20%	ok
30/09/2008	0,16%	31,90	9,32%	3,70%	-6,08%	ok	-7,02%	-7,56%	ok
01/10/2008	0,63%	31,90	0,00%	4,28%	-7,04%	ok	-8,12%	-8,66%	ok
02/10/2008	0,33%	30,00	-6,14%	4,15%	-6,82%	ok	-7,86%	-8,41%	ok
03/10/2008	0,43%	27,87	-7,36%	4,28%	-7,04%	Cruzou	-8,12%	-8,66%	ok
06/10/2008	0,19%	26,55	-4,85%	4,50%	-7,40%	ok	-8,54%	-9,08%	ok
07/10/2008	0,59%	25,70	-3,25%	4,50%	-7,40%	ok	-8,53%	-9,07%	ok
08/10/2008	0,80%	25,00	-2,76%	4,42%	-7,27%	ok	-8,38%	-8,92%	ok
09/10/2008	0,59%	23,75	-5,13%	4,31%	-7,10%	ok	-8,18%	-8,72%	ok
10/10/2008	0,17%	22,89	-3,69%	4,34%	-7,14%	ok	-8,23%	-8,77%	ok
13/10/2008	0,04%	28,24	21,00%	4,27%	-7,02%	ok	-8,10%	-8,64%	ok
14/10/2008	1,41%	29,31	3,72%	6,69%	-11,00%	ok	-12,69%	-13,23%	ok
15/10/2008	3,07%	26,09	-11,64%	6,55%	-10,78%	Cruzou	-12,43%	-12,97%	ok
16/10/2008	0,20%	24,50	-6,29%	6,95%	-11,43%	ok	-13,17%	-13,72%	ok
17/10/2008	1,04%	23,06	-6,06%	6,89%	-11,33%	ok	-13,07%	-13,61%	ok
20/10/2008	0,20%	24,71	6,91%	6,82%	-11,21%	ok	-12,93%	-13,47%	ok
21/10/2008	0,37%	24,30	-1,67%	6,85%	-11,27%	ok	-13,00%	-13,54%	ok
22/10/2008	0,23%	21,35	-12,94%	6,65%	-10,94%	Cruzou	-12,62%	-12,94%	Cruzou
23/10/2008	0,05%	19,59	-8,60%	7,12%	-11,72%	ok	-13,51%	-14,05%	ok
24/10/2008	0,29%	17,50	-11,28%	7,17%	-11,28%	Cruzou	-13,59%	-14,14%	ok
27/10/2008	0,29%	17,50	0,00%	7,39%	-12,15%	ok	-14,01%	-14,55%	ok
28/10/2008	0,21%	19,05	8,49%	7,17%	-11,80%	ok	-13,61%	-14,15%	ok
29/10/2008	2,58%	21,56	12,38%	7,31%	-12,02%	ok	-13,87%	-14,41%	ok
30/10/2008	0,88%	23,84	10,05%	7,79%	-12,81%	ok	-14,77%	-15,31%	ok
31/10/2008	1,62%	23,30	-2,29%	7,99%	-13,14%	ok	-15,15%	-15,69%	ok
03/11/2008	0,33%	27,09	15,07%	7,76%	-12,76%	ok	-14,71%	-15,25%	ok
04/11/2008	0,14%	28,40	4,72%	8,41%	-13,84%	ok	-15,96%	-16,50%	ok
05/11/2008	0,15%	25,91	-9,18%	8,24%	-13,56%	ok	-15,63%	-16,17%	ok
06/11/2008	0,33%	24,31	-6,37%	8,29%	-13,64%	ok	-15,72%	-16,27%	ok
07/11/2008	0,20%	25,20	3,60%	8,18%	-13,45%	ok	-15,51%	-16,05%	ok
10/11/2008	0,69%	26,00	3,13%	7,98%	-13,13%	ok	-15,14%	-15,69%	ok
11/11/2008	0,16%	25,75	-0,97%	7,79%	-12,81%	ok	-14,77%	-15,31%	ok
12/11/2008	0,13%	23,96	-7,20%	7,56%	-12,43%	ok	-14,33%	-14,87%	ok
13/11/2008	0,11%	26,16	8,78%	7,52%	-12,37%	ok	-14,26%	-14,80%	ok
14/11/2008	0,04%	25,81	-1,35%	7,62%	-12,54%	ok	-14,46%	-15,00%	ok
17/11/2008	0,66%	25,77	-0,16%	7,39%	-12,16%	ok	-14,02%	-14,57%	ok
18/11/2008	0,04%	23,80	-7,95%	7,17%	-11,80%	ok	-13,61%	-14,15%	ok
19/11/2008	0,79%	22,56	-5,35%	7,20%	-11,85%	ok	-13,66%	-14,20%	ok
21/11/2008	0,19%	20,76	-8,32%	7,09%	-11,66%	ok	-13,44%	-13,98%	ok
24/11/2008	0,08%	23,60	12,82%	7,13%	-11,72%	ok	-13,52%	-14,06%	ok
25/11/2008	0,77%	24,69	4,52%	7,65%	-12,58%	ok	-14,51%	-15,05%	ok
26/11/2008	0,75%	26,50	7,07%	7,51%	-12,35%	ok	-14,25%	-14,79%	ok
27/11/2008	1,02%	26,38	-0,45%	7,49%	-12,33%	ok	-14,22%	-14,76%	ok
28/11/2008	0,97%	26,64	0,98%	7,27%	-11,96%	ok	-13,79%	-14,33%	ok
01/12/2008	0,78%	25,79	-3,24%	7,05%	-11,60%	ok	-13,38%	-13,92%	ok
02/12/2008	0,38%	26,44	2,49%	6,88%	-11,32%	ok	-13,05%	-13,59%	ok
03/12/2008	1,24%	26,70	0,98%	6,70%	-11,03%	ok	-12,72%	-13,26%	ok
04/12/2008	0,07%	26,93	0,86%	6,51%	-10,71%	ok	-12,35%	-12,89%	ok
05/12/2008	2,61%	27,20	1,00%	6,32%	-10,39%	ok	-11,98%	-12,52%	ok
08/12/2008	0,00%	29,91	9,50%	6,13%	-10,09%	ok	-11,63%	-12,18%	ok
09/12/2008	0,58%	29,65	-0,87%	6,38%	-10,49%	ok	-12,09%	-12,64%	ok
10/12/2008	0,03%	29,70	0,17%	6,19%	-10,18%	ok	-11,74%	-12,28%	ok
11/12/2008	0,59%	28,83	-2,97%	6,00%	-9,87%	ok	-11,39%	-11,93%	ok
12/12/2008	0,50%	30,00	3,98%	5,88%	-9,67%	ok	-11,15%	-11,69%	ok
15/12/2008	0,04%	28,00	-6,90%	5,77%	-9,50%	ok	-10,95%	-11,49%	ok
16/12/2008	0,03%	29,80	6,23%	5,85%	-9,63%	ok	-11,10%	-11,64%	ok
17/12/2008	1,15%	30,50	2,32%	5,88%	-9,67%	ok	-11,15%	-11,69%	ok
18/12/2008	0,84%	29,90	-1,99%	5,73%	-9,42%	ok	-10,86%	-11,40%	ok
19/12/2008	0,69%	28,80	-3,75%	5,57%	-9,17%	ok	-10,57%	-11,11%	ok
22/12/2008	0,15%	27,46	-4,76%	5,49%	-9,03%	ok	-10,41%	-10,95%	ok
23/12/2008	0,58%	26,01	-5,42%	5,45%	-8,96%	ok	-10,33%	-10,87%	ok
26/12/2008	0,04%	25,90	-0,42%	5,44%	-8,95%	ok	-10,32%	-10,86%	ok
29/12/2008	0,19%	25,90	0,00%	5,28%	-8,68%	ok	-10,01%	-10,55%	ok
30/12/2008	1,14%	26,10	0,77%	5,12%	-8,42%	ok	-9,71%	-10,25%	ok
02/01/2009	0,07%	28,88	10,12%	4,97%	-8,17%	ok	-9,43%	-9,97%	ok