

TESTANDO DIFERENTES MÉTODOS DE ESTIMAÇÃO DO CASH-FLOW-AT-RISK

Fernanda Finotti Cordeiro Perobelli
Flavia Vitral Januzzi
Leandro Sathler Berbert
Danilo Soares de Medeiros

*TD. Mestrado em Economia Aplicada FEA/UFJF
005/2007*

Juiz de Fora
2007



TESTANDO DIFERENTES MÉTODOS DE ESTIMAÇÃO DO CASH-FLOW-AT-RISK¹

Fernanda Finotti Cordeiro Perobelli¹

Flavia Vital Januzzi²

Leandro Sathler Berbert³

Danilo Soares de Medeiros⁴

RESUMO

O gerenciamento de riscos é um assunto que assume papel relevante no ambiente das instituições não financeiras. A despeito da importância crescente do assunto, discussões acerca da implementação de um modelo capaz de informar a probabilidade de uma empresa observar um certo fluxo de caixa numa data futura T (fluxo de caixa em risco ou *cashflow-at-risk*) ainda são incipientes. Considerando a existência dessa lacuna e a importância do tema para as decisões de investimento e financiamento das empresas, este estudo propõe e analisa diferentes métodos de estimação do fluxo de caixa em risco, a partir da observação de dados relativos a empresas do setor siderúrgico no Brasil. São analisados dois métodos para identificação dos fatores de risco e respectivas exposições (betas) dos componentes do fluxo de caixa das empresas da amostra a eles: a estimação de betas setoriais (utilizando a metodologia de dados em painel) e a estimação de betas individuais (utilizando a metodologia de séries temporais).

A partir da identificação dos fatores de risco pelos dois métodos e das respectivas exposições dos componentes do fluxo de caixa a eles (betas), o comportamento futuro de tais fatores é simulado também de duas maneiras. Tomando-se como base a previsão do valor futuro do fator, obtida a partir de um modelo de série de tempo univariado, utiliza-se: 1) a série original do fator (simulação em nível do fator de risco) para gerar a distribuição de valores futuros ao redor de tal previsão e 2) a série de erros do fator (simulação do erro do fator de risco), levantados a partir do modelo de previsão do fator, para gerar a distribuição de possíveis valores futuros ao redor da previsão.

Adicionalmente, um terceiro procedimento de geração de valores futuros de fluxo de caixa é testado: o *bootstrap* da série original dos componentes do fluxo de caixa, de forma a gerar a distribuição do fluxo em caixa em risco futuro. O objetivo desse terceiro procedimento, bastante simplificado, é verificar se um método mais parcimonioso e não sujeito ao “risco de modelo” apresentaria performance melhor ou comparável a métodos estatisticamente mais sofisticados.

¹ Professora Adjunta II FEA/UFJF. Doutora em Administração FEA/USP.

² Bolsista de Iniciação Científica – PROBIC/FAPEMIG.

³ Bolsista de Iniciação Científica – PIBIC/CNPq.

⁴ Bolsista de Iniciação Científica – BIC/UFJF.

INTRODUÇÃO

O gerenciamento de riscos de mercado, crédito, operacionais ou legais é um assunto que assume papel relevante e definitivo no ambiente das instituições financeiras. Mais recentemente o assunto vem ganhando espaço também no âmbito de instituições não financeiras. Para estas, é igualmente importante saber o risco de não-pagamento inerente aos financiamentos concedidos a seus clientes (risco de crédito), o risco advindo de falhas humanas dentro da organização (risco operacional), o risco de ser acionada legalmente por seus *stakeholders* (funcionários, credores, concorrentes, clientes e comunidade) e, de grande importância para o gerenciamento de seu fluxo de caixa e para a tomada de decisões corporativas, os riscos de mercado, aqui entendidos como variações nos preços formados no âmbito do mercado financeiro – juros, câmbio, *commodities* –, flutuações na demanda do mercado consumidor e na oferta dos insumos utilizados no processo produtivo, capazes de afetar sua capacidade financeira e solvência.

Especificamente com relação às empresas brasileiras, Castro (2002) destaca que a estabilização econômica obtida a partir de 1994, que possibilitou o planejamento de longo prazo, e a abertura econômica, que propiciou a inserção de forma mais ampla dessas empresas no contexto internacional – ao mesmo tempo em que as expuseram a novas fontes de risco –, são fatores que colaboram para a necessidade de se desenvolver um controle eficaz de riscos de mercado dentro das empresas.

Dentre os benefícios advindos da implantação de sistemas de medição e gerenciamento de riscos de mercado no âmbito das instituições não financeiras, destacam-se como os mais diretos: o controle dos fluxos de caixa necessários ao cumprimento dos compromissos assumidos pela empresa, que incluem o pagamento de fornecedores, despesas operacionais e financeiras, amortização de empréstimos, e dos investimentos programados; a redução da volatilidade desses fluxos e, conseqüentemente, da probabilidade de a empresa deixar de honrar compromissos futuros. Benefícios adicionais incluem o aumento da transparência aos investidores, a rápida assimilação de novas fontes de riscos de mercado pelos gestores e, especificamente no caso brasileiro, a adequação antecipada da empresa à regulação. A Comissão de Valores Mobiliários (CVM), por meio do Ofício Circular 01/2002 de 14 de janeiro de 2002, reforçou a necessidade de se divulgarem os riscos de mercado incorridos pelas empresas em seus demonstrativos financeiros.

A despeito da importância crescente do assunto, discussões acerca da implementação de um modelo capaz de avaliar, de forma abrangente, a probabilidade de uma empresa gerar certo fluxo de caixa numa data futura ainda são incipientes. Considerando a existência dessa lacuna e a

importância do tema para as empresas, este estudo tem como objetivo principal propor e analisar diferentes métodos de estimação do fluxo de caixa em risco, a partir da observação de dados relativos a empresas do setor siderúrgico no Brasil. São analisados dois métodos para identificação dos fatores de risco e respectivas exposições (betas) dos componentes do fluxo de caixa das empresas da amostra a eles: a estimação de betas setoriais (utilizando a metodologia de dados em painel) e a estimação de betas individuais (utilizando a metodologia de séries temporais).

A partir da identificação dos fatores de risco pelos dois métodos e das respectivas exposições dos componentes do fluxo de caixa a eles (betas), o comportamento futuro de tais fatores é simulado também de duas maneiras. Tomando-se como base a previsão do valor futuro do fator, obtida a partir de um modelo de série de tempo univariado, utiliza-se: 1) a série original do fator (simulação em nível do fator de risco) para gerar a distribuição de valores futuros ao redor de tal previsão e 2) a série de erros do fator (simulação do erro do fator de risco), levantados a partir do modelo de previsão do fator, para gerar a distribuição de possíveis valores futuros ao redor da previsão.

Adicionalmente, um terceiro procedimento de geração de valores futuros de fluxo de caixa é testado: o *bootstrap* da série original dos componentes do fluxo de caixa, de forma a gerar a distribuição do fluxo em caixa em risco futuro. O objetivo desse terceiro procedimento, bastante simplificado, é verificar se um método mais parcimonioso e não sujeito ao “risco de modelo” apresentaria performance melhor ou comparável a métodos estatisticamente mais sofisticados.

REFERENCIAL TEÓRICO

O uso de sistemas quantitativos para a medição de riscos de mercado começou a se difundir entre instituições financeiras a partir de 1994, com o lançamento, pelo JP Morgan, do documento *RiskMetrics*, que trazia, entre outras coisas, a metodologia de cálculo do *Value-at-Risk* (VaR). Dois anos se passaram até que a Securities and Exchange Commission (SEC), por pressões de órgãos reguladores, propusesse em 28 de dezembro de 1995 uma regra que exigia das companhias americanas informações quantitativas sobre riscos de mercado (Linsmeier e Pearson, 1997).

Tal regulação, aliada a um cenário de volatilidade crescente – como a proporcionada pela crise asiática em outubro de 1997 e a crise russa em agosto de 1998 –, serviu como incentivo para que muitas empresas americanas passassem a tentar adaptar o instrumento de controle de riscos de mercado até então utilizado apenas por instituições financeiras (VaR) às suas necessidades. Contudo, apesar de simples, intuitivo e aceito pelo mercado e pelas instituições reguladoras,

tentativas mais robustas de adaptação do VaR ao ambiente corporativo foram revelando certas deficiências dessa medida em relação ao controle de todos os riscos de mercado a que estão expostas empresas não financeiras. Tais deficiências fizeram com que novas medidas de risco de mercado fossem ganhando espaço no âmbito dessas empresas.

Tentativas rudimentares de verificação dos impactos de oscilações nos preços de mercado sobre o fluxo de caixa são atribuídas a Vermeulen (1994), Shapiro e Titman (1999), e Bauman, Saratore e Liddle (1999). Esses autores, entretanto, não chegaram a sugerir um modelo completo, tratando a questão apenas de forma geral. Provavelmente, um dos trabalhos pioneiros e mais detalhados no cálculo do fluxo de caixa em risco foi o desenvolvido por Hayt e Song (1995), que propunha uma medida de sensibilidade dos fluxos de caixa a fatores de risco. Tal medida buscava relacionar a probabilidade de a empresa atingir determinado nível de fluxo de caixa que a impedisse de honrar seus compromissos e programações de investimentos, com mudanças em preços financeiros em determinado período de tempo. Posteriormente, o trabalho de Stulz e Williamson (1997) também mencionou a possibilidade de utilizar a simulação para a obtenção da distribuição esperada dos fluxos de caixa futuros.

Entretanto, o refinamento da medição de fluxos de caixa em risco só ocorreu em 1999, com a elaboração do *CorporateMetrics Technical Document* (RiskMetrics Group, 1999). O foco desse documento estava nos potenciais impactos de mudanças nas taxas de mercado sobre os resultados financeiros da empresa em um intervalo de tempo t . Entre as medidas de risco propostas e analisadas pelo *CorporateMetrics* estava o *Cash-Flow-at-Risk* (C-FaR). A metodologia empregada para o cálculo dessa medida tomava emprestados conceitos utilizados para o cálculo do VaR, adaptando-os ao ambiente corporativo, e estendia a tradicional técnica de análise de sensibilidade além de uns poucos cenários extremos, considerando um amplo conjunto de cenários simulados. Para a elaboração do método proposto, seria necessário estimar relações econométricas entre os fatores de risco e a variável de interesse (fluxo de caixa). Depois de determinadas tais relações, passar-se-ia à investigação do modelo capaz de descrever o comportamento dos fatores de risco. Para tal, o documento determinava não apenas que fosse construído um modelo capaz de descrever tão corretamente quanto possível a evolução dos fatores de risco, mas que ele também fosse consistente com teorias econômicas relevantes. A sugestão do documento era a utilização dos chamados Vetores Auto-Regressivos (*Vector Autoregressive Model* ou VARM), nos quais o valor de cada variável dependeria não só de seus valores passados, mas também dos valores passados de

todas as outras variáveis do sistema, o que permitiria a previsão conjunta da média condicional dos fatores de risco.

Em 2000 o modelo desenvolvido pela consultoria National Economic Research Associates (NERA) abandonou o enfoque de séries de tempo e *bottom-up* (da identificação do comportamento dos fatores de risco para o fluxo de caixa em risco), predominante nos modelos anteriormente apresentados, propondo uma modelagem tipo *top-down* (da observação agregada do fluxo de caixa de um conjunto de empresas para o fluxo de caixa em risco de cada uma delas). A medida proposta pela NERA – denominada *Comparables Cash-Flow-at-Risk* (C-FaR) – seria obtida a partir da distribuição de probabilidades de fluxos de caixa observados diretamente e não mais via distribuição dos fatores de risco. Para tanto, seria necessário aglutinar os fluxos observados em um conjunto amplo e homogêneo de empresas. Depois de estimada tal distribuição, ela poderia ser usada para gerar uma série de estatísticas, tais como os percentis de 5% e 1% da cauda inferior da distribuição. Portanto, a partir de tal distribuição seria possível responder a perguntas do tipo: “se uma empresa tem características que a classificam nesta amostra específica, qual percentual de queda máxima no fluxo de caixa tal empresa pode experimentar no horizonte t , com 95% de confiabilidade?” (Stein, Usher, LaGattuta e Youngen, 2001).

No mercado brasileiro, a RiskControl, em parceria com a Consultoria Tendências, desenvolveu um modelo que considerava cenários probabilísticos para os fatores de risco construídos a partir da integração de metodologias estatísticas e modelos macroeconômicos estruturais (LaRoque *et al.*, 2003). Os modelos econômicos estruturais fazem uso da estrutura sugerida pela teoria macroeconômica na formulação de suas previsões. As relações podem ser expressas por equações, estimadas via modelos econométricos, que se articulam. Assim, é possível captar as interações relevantes entre as variáveis de interesse.

Diferentemente do VAR, no entanto, esses modelos assumem a existência de variáveis independentes exógenas nas equações, estimadas por meio de dados históricos e regressões econométricas, e variáveis dependentes endógenas, que são função das exógenas estimadas. Para inserir incerteza no modelo, a RiskControl/Tendências propunha que as séries de variáveis exógenas fossem decompostas em tendência e resíduo. Estimadas as tendências das séries, a volatilidade condicional de cada uma delas seria estimada usando-se as diferenças entre os valores assumidos pela série e sua tendência (resíduo). Entendida a dinâmica da volatilidade individual de cada uma das variáveis exógenas, seria preciso verificar a dinâmica de covariância entre elas. De acordo com a RiskControl/Tendências, estas seriam melhor estimadas pela tendência das séries e

não pelos resíduos. Estimadas as volatilidades e as covariâncias, a simulação das trajetórias conjuntas assumidas pelas variáveis exógenas seria obtida via Simulação de Monte Carlo. Quanto às endógenas, se a incerteza em relação às exógenas já estivesse corretamente modelada, bastaria substituir os valores simulados para as exógenas nas equações das endógenas.

Por fim, Perobelli e Securato (2005) desenvolveram um modelo para medição do fluxo de caixa em risco de empresas distribuidoras de energia elétrica que combinou a metodologia de dados em painel (para identificação dos fatores de risco relevantes e das exposições da empresa a eles) com a técnica de vetores auto-regressivos para estimação do comportamento futuro desses fatores de risco sugerida pelo *CorporateMetrics*. Também Varanda Neto (2004) utilizou o CFaR como ferramenta de mensuração de risco para um estudo de caso da empresa geradora de energia AES Tietê S/A. As variáveis que impactaram a receita, nesse estudo, foram consideradas aleatórias e devidamente simuladas por Monte Carlo (a partir de modelo simplificado, do tipo Movimento Browniano Geométrico). Os diferentes cenários gerados para as variáveis macroeconômicas resultaram em diferentes cenários possíveis para o fluxo de caixa estudado. O autor simulou ainda o EaR da empresa.

MODELO TEÓRICO PARA *CASHFLOW-AT-RISK*

Este tópico apresenta um modelo teórico para a mensuração do fluxo de caixa em risco das empresas, aqui entendido como a probabilidade de a empresa não dispor de recursos para honrar seus compromissos em determinadas datas futuras (vértices do fluxo) ou, estatisticamente, como o percentil associado à estatística de ordem zero da distribuição do fluxo de caixa livre da empresa. Ressalte-se que tal modelo teórico combina as principais contribuições já dadas sobre o assunto – em especial, as fornecidas pelo *CorporateMetrics Technical Document* – com pontos ainda não suficientemente explorados na literatura.

Metodologicamente, para a construção do modelo devem ser considerados os pontos seguintes: (1) definição das variáveis de estudo, subdividindo-as em variáveis dependentes (fluxo de caixa) e candidatas a variáveis independentes (fatores de risco macroeconômicos e próprios do negócio); (2) definição dos vértices temporais em que tais variáveis serão observadas e o horizonte temporal de previsão (número de passos à frente); (3) identificação dos fatores de risco relevantes (entre macroeconômicos e próprios da empresa) via estimação da relação estatística existente entre a variável dependente e as candidatas a variáveis independentes; (4) sugestão de um tratamento para o gerenciamento dos fatores de risco próprios e estimação, via modelagem econométrica, do

comportamento médio esperado dos fatores de risco macroeconômicos, bem como de sua matriz de variância-covariância; (5) simulação de cenários para os fatores de risco macroeconômicos no horizonte de previsão, tomando o cuidado de manter a estrutura de variância-covariância observada entre as séries históricas de fatores; (6) inserção dos valores previstos para os fatores de risco em cada cenário na equação que relaciona o comportamento de tais fatores ao comportamento da variável dependente (fluxo de caixa); (7) montagem da distribuição simulada da variável dependente (fluxo de caixa) e determinação da estatística de interesse de tal distribuição.

Variáveis do modelo, seus vértices de medição e seu horizonte de previsão

Para a formulação do modelo, é preciso definir a variável de interesse (variável dependente), assim como selecionar candidatas a variáveis independentes – fatores de risco macroeconômicos e próprios do negócio, capazes de alterar o comportamento da variável dependente ao longo do tempo.

Considerando-se que o modelo baseia-se na mensuração do fluxo de caixa em risco, a variável de interesse proposta neste trabalho é o fluxo de caixa livre da empresa (FCF), observado em certas datas de pagamento futuras, ou vértices do fluxo.

As candidatas a variáveis independentes são fatores capazes de provocar oscilações no fluxo de caixa livre das empresas, ou fatores de risco. Tais fatores de risco podem ser macroeconômicos (nível de taxas de juros, câmbio, inflação, risco-país, produção nacional) – capazes de afetar, em maior ou menor grau, todas as empresas da economia – e fatores de risco próprios do negócio (nível de endividamento, mercado atendido, investimentos programados).

A consideração no modelo de características próprias da empresa como candidatas a fatores de risco tem como objetivo dar-lhe flexibilidade. Enquanto as oscilações nos fatores de risco macroeconômicos não podem ser determinadas *a priori* pela empresa, mas apenas estimadas e *hedgeadas* caso seus potenciais efeitos sobre o fluxo de caixa assim o justifiquem, a identificação prévia de fatores de risco gerenciáveis permite à empresa verificar, por exemplo, quais seriam os impactos em seu fluxo de caixa em determinada data se, além de choques esperados nos fatores de risco macroeconômicos, ela também decidisse alterar sua estrutura operacional e financeira via aumento de *market share*, novos investimentos, aumento de endividamento, substituição de dívida em moeda estrangeira por dívida em moeda nacional, etc.

Com relação aos vértices de medição, datas em que se observam as variáveis dependentes e independentes, este estudo propõe a utilização de vértices trimestrais. Dessa forma, tal como na

estimação do VaR, em que se assume que pagamentos e recebimentos não ocorram todos os dias, mas apenas em determinadas datas, neste modelo os fluxos de caixa da empresa apenas são observados a cada trimestre, vértices que concentram (hipoteticamente) todos os pagamentos e recebimentos futuros.

Ressalte-se que a divulgação pelas empresas de dados contábeis em base trimestral é a responsável por tal escolha. Obviamente, tal restrição é relevante apenas ao pesquisador externo. Caso o estudo esteja sendo conduzido com informações privadas, tais vértices podem ser mensais, ou obedecer às datas constantes no *budget plan* elaborado pela empresa.

Da mesma forma, o horizonte de previsão – número de passos à frente em que os fluxos são observados – fica a critério do pesquisador e da empresa interessada. Ressalte-se, porém, que, quanto mais longo for o prazo, menor a confiabilidade das estatísticas geradas. Nada impede, entretanto, que as estimativas geradas sejam periodicamente revistas, de modo a se atualizar constantemente a estimação pela consideração de novas observações passadas.

Identificação dos fatores de risco macroeconômicos e próprios relevantes

Enquanto a metodologia do VaR exige a identificação de um número reduzido de fatores de risco primitivos que repliquem, de forma linear e determinística, as oscilações no valor de mercado dos ativos originais, identidades semelhantes não são facilmente obtidas para o cálculo do fluxo de caixa em risco. No caso do fluxo de caixa em risco, o mais próximo da replicação determinística utilizada pelo VaR a que se chega é via estimação de equações que relacionem as oscilações no fluxo de caixa livre da empresa (variável dependente) a oscilações nos fatores de risco (variáveis independentes).

Para a estimação dessas equações, este estudo propõe dois procedimentos:

- a) estimação de betas setoriais (utilizando a metodologia de dados em painel) e
- b) estimação de betas individuais (utilizando a metodologia de séries temporais).

Sobre o primeiro método, considerando que, no Brasil, as empresas apenas divulgam informações contábeis, necessárias ao cálculo do fluxo de caixa, em base trimestral, tal procedimento visa aumentar o volume de dados na estimação, principalmente para o analista externo à empresa, além de também permitir a consideração de características próprias da empresa, que a diferenciem das demais, na estimação de seu fluxo de caixa em risco. Por outro lado, a estimação dos fatores de risco via dados em painel possui a desvantagem de gerar betas comuns a todas as empresas pertencentes à amostra. Assim, caso as empresas sejam influenciadas por fatores de risco díspares, a estimação via painel ficará comprometida. De forma a testar essa possibilidade,

a pesquisa também propõe a determinação dos fatores de risco de uma única empresa, com estimação em série de tempo. Para tanto, foram testados os seguintes modelos: Amortecimento Exponencial, Box & Jenkins e Regressão Dinâmica. Já no método de dados em painel, foram testadas as especificações de efeitos aleatórios e fixos, além de ter sido empregado também o método de GMM-Sys ou Painel Dinâmico sempre que a variável dependente defasada se fazia relevante, seguindo modelo proposto por Blundel e Bond (1995).

Tratamento dos fatores de risco próprios e estimação do comportamento médio esperado dos fatores de risco macroeconômicos

Realizada a estimação via dados em painel e em séries de tempo e identificados os fatores de risco relevantes entre os candidatos pré-selecionados, o próximo passo do modelo é estimar o comportamento médio esperado desses fatores ao longo do tempo.

Ressalte-se que, por sua característica mais estável, os fatores de risco próprios da empresa não têm seu comportamento futuro projetado neste modelo. Espera-se que, numa situação real, a empresa tenha ciência dos valores futuros a serem assumidos por tais fatores via planejamento periódico: nível de endividamento, contratação ou amortização de dívidas em moeda nacional ou estrangeira, novos investimentos, venda de ativos, novos aportes de capital e transferência de recursos para os acionistas. Na modelagem, os valores assumidos pelos fatores de risco próprios são desconsiderados. Nada impede, entretanto, que, no caso de uma pesquisa interna, realizada com informações privadas, tais valores esperados sejam fornecidos pela empresa, de acordo com sua estratégia de atuação.

Portanto, o foco neste passo está na estimação dos valores futuros dos fatores de risco macroeconômicos. Neste trabalho a estimação é feita via modelos clássicos de série de tempo: Amortecimento Exponencial, Box & Jenkins e Regressão Dinâmica, estimados no *software* ForecastPro.

Simulação de cenários para os fatores de risco macroeconômicos

Escolhido e estimado o modelo para previsão dos valores médios dos fatores de risco macroeconômicos, a simulação da distribuição de probabilidade para cada fator será realizada por Monte Carlo, a partir do sorteio de N choques aleatórios, a serem filtrados via fatoração de Cholesky. Após filtrados, os valores simulados para os fatores de risco são inseridos na equação das

variáveis de interesse, dando origem a distribuições dessas variáveis. Tal procedimento encontra-se completamente automatizado no *software* Crystal Ball.

O Crystal Ball é um *software* de apoio à decisão que segue uma lógica muito simples, pautada na interligação de três tipos de células. A primeira delas é a célula de decisão, composta por variáveis que explicam a previsão, mas que estão sob controle do pesquisador (fixas). Cabe ressaltar que essas células não são requeridas obrigatoriamente em simulações, mas podem se tornar muito úteis na comparação e otimização de cenários alternativos. As variáveis de decisão são classificadas conforme sua peculiaridade em discretas ou contínuas.

Já as células de suposição encerram todas as variáveis que explicam a previsão e que possuem um grau elevado de incerteza quanto a seu comportamento, não estando sob o gerenciamento do pesquisador, ou seja, são variáveis estocásticas, com uma distribuição de probabilidades associada. A partir da opção “Fit” do *software*, para cada variável de suposição é escolhida uma distribuição de probabilidade a partir de uma série histórica de no mínimo quinze dados da série, fornecida como *input*. O *software* escolhe a melhor distribuição empregando testes do tipo Anderson-Darling, Qui-quadrado ou Komolgorov-Smirnov.

A partir da escolha da distribuição, o *software* realiza sorteios aleatórios (em número igual a 1000) para cada célula de suposição. Tais sorteios são correlacionados entre as séries a partir da entrada no *software* da matriz de correlações entre elas, a ser fatorada por Cholesky.

Através da utilização da técnica de geração de números aleatórios (Simulação de Monte Carlo) para as variáveis de suposição, chega-se a 1000 valores prováveis para cada variável de suposição, que serão utilizados nas fórmulas constantes nas células de previsão, viabilizando a construção da distribuição de probabilidades da variável de interesse.

A célula de previsão, por sua vez, é constituída por uma fórmula matemática que integra tanto as células de suposição quanto as células de decisão para obtenção de um valor médio estimado da variável de interesse e de sua respectiva distribuição de probabilidade.

Nesta pesquisa, tal procedimento de simulação será realizado de duas maneiras. Tomando-se como base a previsão do valor futuro do fator de risco, obtida a partir de um modelo de série de tempo univariado, utiliza-se: 1) a série original do fator (simulação em nível do fator de risco) para gerar a distribuição de valores futuros ao redor de tal previsão e 2) a série de erros do fator (simulação do erro do fator de risco), levantados a partir do modelo de previsão do fator, para gerar a distribuição de possíveis valores futuros ao redor da previsão.

Adicionalmente, um terceiro procedimento de geração de valores futuros de fluxo de caixa é testado: o *bootstrap* da série original dos componentes do fluxo de caixa, de forma a gerar a distribuição do fluxo em caixa em risco futuro.

Determinação da estatística de interesse

Estimados os valores mais prováveis (média) para cada fator de risco macroeconômico, em cada data futura de interesse j , e estressados tais valores pela consideração de n possíveis choques aleatórios, os n potenciais valores futuros de cada fator de risco são inseridos na equação que relaciona tais fatores ao fluxo de caixa livre (FCF) da empresa. Torna-se importante destacar, conforme já mencionado, que, nesse passo, os fatores de risco próprio são mantidos constantes ou fornecidos pela empresa.

Encontra-se, dessa forma, uma distribuição empírica para o fluxo de caixa livre da empresa, em cada data futura de interesse j . A partir dessa distribuição, é possível estimar a área sob $FCF < 0$, em cada data futura de interesse. Tal área é considerada neste estudo como igual à probabilidade de a empresa, na data futura j , não dispor de recursos para honrar seus compromissos. Explorados todos os passos do modelo teórico, passa-se à análise dos métodos empíricos de construção do modelo.

MÉTODOS EMPÍRICOS PARA *CASHFLOW-AT-RISK*

Exposta a metodologia teórica para a estimação do fluxo de caixa em risco, este tópico destina-se à análise empírica dos métodos de estimação propostos a partir de dados de empresas pertencentes ao setor de siderurgia brasileiro.

Amostra de trabalho e dados coletados

A aplicação empírica considera como variável dependente o fluxo de caixa livre (FCF) das empresas, observado 3 períodos à frente ($j=3$), em vértices trimestrais. Para tanto, trabalha-se com os dados disponíveis do 1º trimestre de 1995 até o 4º trimestre de 2005, reservando-se os do 1º, 2º e 3º trimestres de 2006 para procedimentos de *backtesting* (comparação fora da amostra de estimação).

Inicialmente foram selecionadas nove (09) empresas do setor siderúrgico (ACESITA, Aços Altona, Aços Villares, Belgo Mineira, Gerdau, USIMINAS, COSIPA, CST, CSN) para compor a amostra de trabalho. Dessas, após análise das particularidades de cada empresa e algumas mudanças

ocorridas com algumas delas (incorporações e mudanças de objetivos sociais ocorridas em Belgo Mineira, Gerdau e COSIPA), foram selecionadas cinco (05) empresas (ACESITA, Aços Villares, USIMINAS, CST, CSN).

A partir da análise dos demonstrativos contábeis dessas empresas, extraiu-se, em base trimestral, desde o 1º trimestre de 1995 (ou desde quando disponível), as seguintes informações:

I. Demonstração do Resultado do Exercício (DRE):

- a) receita líquida trimestral (em R\$) – RECL;
- b) custo dos produtos vendidos (em R\$) – CMV;
- c) despesas operacionais (em R\$) – DESPOP;
- d) despesas financeiras líquidas (em R\$) – DESPFIN;
- e) receitas financeiras líquidas (em R\$) – RECFIN;

II. Relatório Anual ou Comentário de Desempenho do Trimestre

- f) vendas para o mercado externo (em % das vendas totais) – ME;
- g) estoque de dívida em moeda estrangeira (em R\$) – DIVNAC;
- h) estoque de dívida em moeda nacional (em R\$) – DIVEST.

Ressalta-se que as informações acima se referem às empresas controladoras, expressas em moeda do período, sem qualquer indexação ou correção monetária. Além das informações específicas das empresas, levantou-se, a partir de diversas bases de dados, as seguintes informações macroeconômicas:

- i) Produto Interno Bruto (variação no trimestre) – PIBBRASIL
Fonte: Banco Central do Brasil
- j) Produto Interno Bruto da Construção Civil (variação no trimestre) – PIBCONSTCIVIL
Fonte: IPEA
- k) Produto Interno Bruto - Industrial (variação no trimestre) – PIBIND
Fonte: IPEA
- l) Indicador da Produção Industrial (variação no trimestre) – PRODIND
Fonte: IBGE
- m) Exportação Agregada (variação no trimestre) – EXPAGREG
Fonte: IPEA

- n) Índice Geral de Preços Amplo (taxa acumulada no trimestre) – IPCA
Fonte: IBGE
- o) Índice Nacional de Preços da Construção Civil (taxa acumulada no trimestre) – INCC
Fonte: FGV
- p) Taxa de Juros de Longo Prazo (taxa acumulada no trimestre) – TJLP
Fonte: Economática
- q) Taxa Básica de Juros Brasileira (taxa acumulada no trimestre) – SELIC
Fonte: Economática
- r) Variação da Taxa de Câmbio R\$/US\$ (variação no trimestre) – PTAX
Fonte: Economática
- t) Variação da Taxa de Câmbio R\$/Euro (variação no trimestre) – EURO
Fonte: Economática
- u) PU Título da Dívida Externa Brasileira (variação no PU do trimestre) – CBOND
Fonte: Economática
- v) Consumer Price Index (taxa acumulada no trimestre) – CPIUSA
Fonte: Economática
- x) Taxa Básica de Juros Americana (taxa acumulada no ano, por trimestre) – TNOTEAA
Fonte: Economática
- z) Salário Real e Nominal na Indústria (variação no trimestre) – SALARIONOM/SALARIOREAL
Fonte: IBGE
- aa) Nível de Emprego na Indústria (variação no trimestre) – EMPREGO
Fonte: IBGE

Algumas das informações retrocitadas foram utilizadas na construção da variável dependente do modelo (fluxo de caixa livre), conforme detalhado no próximo item. As demais foram testadas como variáveis independentes, portanto, passíveis de determinar oscilações nos fluxos de caixa livre das empresas.

Determinação do Fluxo de Caixa Livre de cada Empresa i , na data j

De forma a viabilizar a obtenção do fluxo de caixa livre contábil para todas as empresas do setor siderúrgico constantes da amostra, nos 44 trimestres considerados (entre 1T/95 e 4T/05), optou-se por adotar o modelo de Geração de Caixa Bruta, onde Fluxo de Caixa é dado por receita líquida, menos custo do produto vendido, menos despesas operacionais, mais resultado financeiro líquido. A variável assim criada, para cada empresa i , em cada data j , é denominada Fluxo de Caixa Livre (FCF).

Em relação aos vértices do fluxo (datas de interesse), destaca-se que a existência de dados em base trimestral, menor desagregação possível de informações públicas, foi responsável pela escolha dos vértices trimestrais de pagamento nessa aplicação. Portanto, os vértices do fluxo foram sempre março, julho, setembro e dezembro de cada ano. Obviamente, tal escolha é determinada por estar-se fora da empresa. Caso o estudo seja conduzido com informações privadas, tais vértices podem ser mensais, ou obedecer às datas constantes no *budget plan* elaborado pela empresa.

Escolha dos Candidatos a Fatores de Risco

A escolha dos candidatos a variáveis independentes limitou-se pela disponibilidade de dados existentes e pela necessidade de se chegar a resultados parcimoniosos, que permitissem a estimação do comportamento futuro dos fatores de risco, bem como das inter-relações entre eles. Assim, a opção foi considerar as seguintes variáveis como explicativas:

- a) ME;
- b) DIVEST e DIVNAC;
- c) PIBBRASIL, PIBCONSTCIVIL, PIBIND, PRODIND, EXPAGREG
- d) IPCA e INCC
- e) TJLP e SELIC
- f) PTAX e EURO
- g) CBOND
- h) CPIUSA e TNOTEAA
- i) SALARIOREAL e SALARIONOM
- j) EMPREGO
- l) HEDGEJUROS
- m) HEDGECAMBIO

As variáveis PIBBRASIL, PIBCONSTCIVIL, PIBIND, PRODIND, EXPAGREG e EMPREGO foram incluídas como *proxies* para nível de atividade na economia; IPCA e INCC como *proxies* para inflação; TJLP e SELIC como *proxies* para taxas de juros, que limitam o consumo das famílias, ao mesmo tempo em que indexam uma parte do endividamento das empresas; PTAX e EURO para câmbio, CBOND, CPIUSA e TNOTEAA como *proxies* para atração de capital estrangeiro; SALARIOREAL, SALARIONOM e PRECOALG foram incluídos por representarem importantes custos para as empresas. Adicionalmente, foram criadas duas variáveis *dummy* para representar o hedge de juros e de câmbio (HEDGEJUROS e HEDGECAMBIO), que assumiram valor 1 quando a empresa declarou possuir algum instrumento de proteção de seus fluxos, além de *dummies* de trimestre (td1, td2, td3 e td4).

É importante ressaltar que a escolha, *a priori*, do conjunto de potenciais variáveis explicativas não obedeceu a nenhum critério estatístico, mas, ao contrário, foi empreendida tomando-se por base apenas o estudo do setor. Obviamente, ao escolher um conjunto tão restrito de variáveis, deixa-se de fora um vasto campo de pesquisa. Nesse sentido, é importante esclarecer que algumas outras variáveis adicionais necessitariam ser incluídas (custo da matéria-prima, preços dos produtos produzidos, estatísticas de comércio exterior), e, se não o foram, foi devido unicamente a restrições nas bases de dados consultadas.

Identificação dos Fatores de Risco Relevantes: Estimação em Panel

Para a estimação da equação determinante dos fatores de risco do FCF, adotou-se como primeiro procedimento estimar, via painel, os fatores de risco de cada componente do FCF separadamente, quais sejam: Receita Líquida (RECL), Custo da Mercadoria Vendida (CMV), Despesas Operacionais (DESPOP), Resultado Financeiro (RESFIN). Ao final da estimação, as contas componentes do Fluxo de Caixa Livre foram novamente somadas, de modo a restaurar a variável de interesse (FCF).

Considerando que a aplicação realizada utilizou unicamente informações públicas (de fora da empresa) e que as empresas apenas divulgam informações contábeis em base trimestral, a opção pela estimação em painel aumentou consideravelmente o volume de informações disponíveis. Caso a opção fosse por trabalhar com uma única empresa observada desde 1995, haveria 44 trimestres para estimação e 3 para *backtesting*. Ao trabalhar com 5 empresas foram 220 dados para estimação e 15 para *backtesting*.

A seguir, apresentam-se os resultados da estimação via dados em painel, realizada no *software* STATA 8.0.

Tabela 1: Estimação dos Fatores de Risco das “Receitas Líquidas” (PAINEL)

xtabond2 recl recl_1 salarionom ptax selic td2 if year<2006, level(90) rob small gmm(recl_1)
iv(salarionom ptax selic td2) artest(2)

Arellano-Bond dynamic panel-data estimation, one-step system GMM results

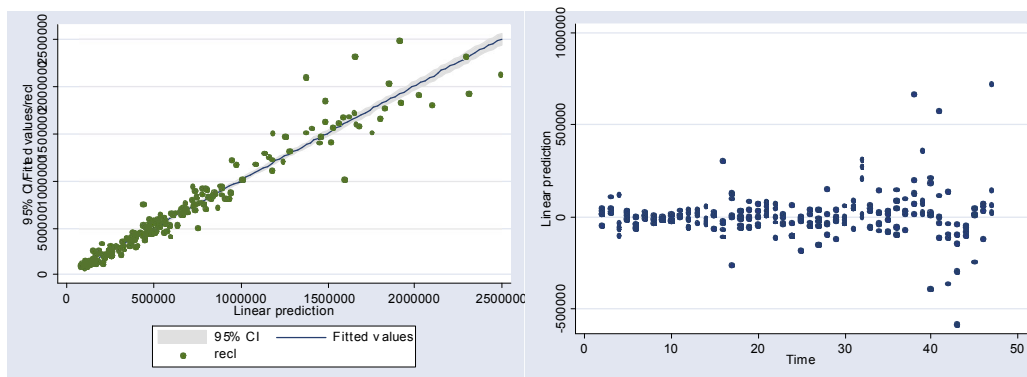
Group variable: code	Number of obs	=	214
Time variable : time	Number of groups	=	5
Number of instruments = 246	Obs per group: min	=	42
F(5, 4) = 2.49e+11	avg	=	42.80
Prob > F = 0.000	max	=	43

	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[90% Conf. Interval]	
recl_1	.9882151	.0098084	100.75	0.000	.9673051	1.009125
salarionom	5861.235	2374.958	2.47	0.069	798.1899	10924.28
ptax	2118.931	885.4594	2.39	0.075	231.2672	4006.595
selic	-9835.632	2969.901	-3.31	0.030	-16167.01	-3504.258
td2	32598.07	5218.055	6.25	0.003	21473.98	43722.17
_cons	48734.63	18918.34	2.58	0.062	8403.628	89065.63

Hansen test of overid. restrictions: chi2(240) = 0.00 Prob > chi2 = 1.000

Arellano-Bond test for AR(1) in first differences: z = -1.46 Pr > z = 0.144

Arellano-Bond test for AR(2) in first differences: z = -0.18 Pr > z = 0.855



Fonte: Elaboração própria a partir do STATA 8.0

Tabela 2: Estimação dos Fatores de Risco do “Custo das Mercadorias Vendidas” (PAINEL)

xtabond2 cmv cmv_1 selic salarionom td2 if year<2006, level(90) rob small gmm(cmv_1) iv(selic salarionom td2) artest(2)

Arellano-Bond dynamic panel-data estimation, one-step system GMM results

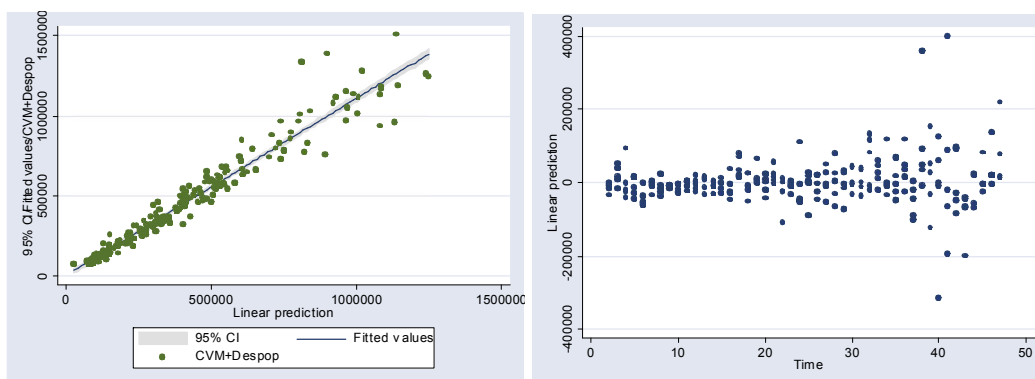
Group variable: code	Number of obs = 214
Time variable : time	Number of groups = 5
Number of instruments = 245	Obs per group: min = 42
F(4, 4) = 3817.01	avg = 42.80
Prob > F = 0.000	max = 43

	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[90% Conf. Interval]	
cmv_1	.9821189	.0166381	59.03	0.000	.946649	1.017589
selic	-4152.264	1382.297	-3.00	0.040	-7099.109	-1205.418
salarionom	2937.538	1260.39	2.33	0.080	250.5794	5624.496
td2	28543.94	7327.858	3.90	0.018	12922.07	44165.82
_cons	24888.9	12015.48	2.07	0.107	-726.275	50504.07

Hansen test of overid. restrictions: chi2(240) = 1.96 Prob > chi2 = 1.000

Arellano-Bond test for AR(1) in first differences: z = -1.59 Pr > z = 0.112

Arellano-Bond test for AR(2) in first differences: z = -0.34 Pr > z = 0.734



Fonte: Elaboração própria a partir do STATA 8.0

Tabela 3: Estimação dos Fatores de Risco das “Despesas Operacionais” (PAINEL)

xtabond2 despop despop_1 ptax salarionom hedgecambial if year<2006, level(90) small rob noc
gmm(despop_1) iv(ptax salarionom hedgecambial) artest(2)

Arellano-Bond dynamic panel-data estimation, one-step system GMM results

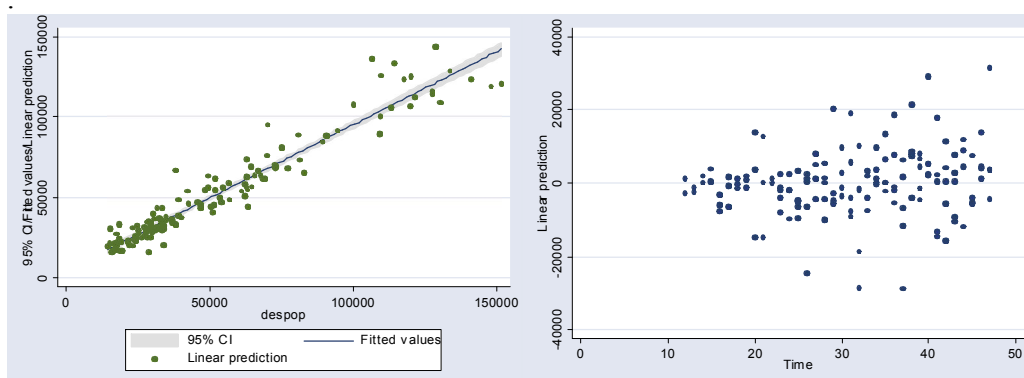
Group variable: code	Number of obs = 134
Time variable : time	Number of groups = 5
Number of instruments = 163	Obs per group: min = 18
F(4, 4) = 12141.72	avg = 26.80
Prob > F = 0.000	max = 33

	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[90% Conf. Interval]	
despop_1	.9385786	.0207779	45.17	0.000	.8942834	.9828738
ptax	255.577	98.05482	2.61	0.060	46.53914	464.6149
salarionom	853.2125	297.4384	2.87	0.046	219.1195	1487.306
hedgecambial	3251.66	1277.795	2.54	0.064	527.5972	5975.722

Hansen test of overid. restrictions: chi2(159) = 0.00 Prob > chi2 = 1.000

Arellano-Bond test for AR(1) in first differences: z = -1.73 Pr > z = 0.083

Arellano-Bond test for AR(2) in first differences: z = 1.34 Pr > z = 0.179



Fonte: Elaboração própria a partir do STATA 8.0

Tabela 4: Estimação dos Fatores de Risco do “Resultado Financeiro” (PAINEL)

xtabond2 resfin resfin_1 divnac selic if year<2006, level(90) rob noc small gmm(resfin_1) iv(me divnac selic) artest(2)

Arellano-Bond dynamic panel-data estimation, one-step system GMM results

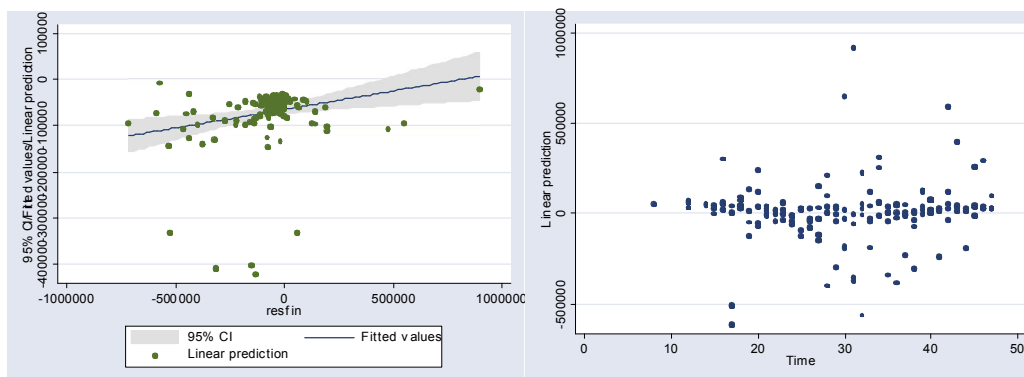
Group variable: code	Number of obs =	149
Time variable : time	Number of groups =	5
Number of instruments = 178	Obs per group: min =	25
F(3, 4) = 798.09	avg =	29.80
Prob > F = 0.000	max =	32

	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[90% Conf. Interval]	
resfin_1	.0789534	.0343334	2.30	0.083	.0057599	.1521468
divnac	-.038643	.0090718	-4.26	0.013	-.0579826	-.0193034
selic	-8037.59	2193.874	-3.66	0.022	-12714.59	-3360.587

Hansen test of overid. restrictions: chi2(175) = 2.91 Prob > chi2 = 1.000

Arellano-Bond test for AR(1) in first differences: z = -1.72 Pr > z = 0.085

Arellano-Bond test for AR(2) in first differences: z = -0.76 Pr > z = 0.449



Fonte: Elaboração própria a partir do STATA 8.0

Identificação dos Fatores de Risco Relevantes: Estimação via Séries de Tempo

Para identificação dos fatores de risco via modelos de séries de tempo, os procedimentos utilizados foram os mesmos descritos na estimação via dados em painel, exceto pela diferença evidente de nessa estimação ter-se considerado apenas os dados relativos a cada empresa. Dessa maneira, houve 44 trimestres para estimação e 3 para *backtesting* em cada estimação. Neste artigo, por limitação de espaço, os resultados serão reportados apenas para a empresa USIMINAS. Essa

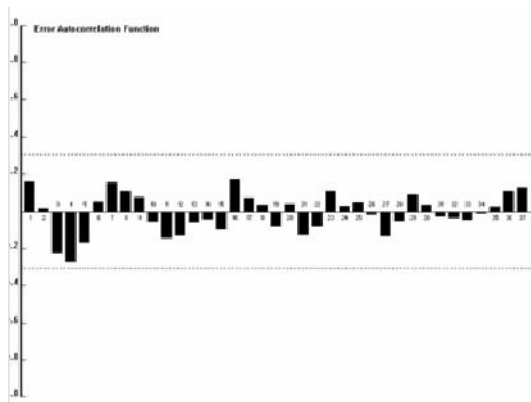
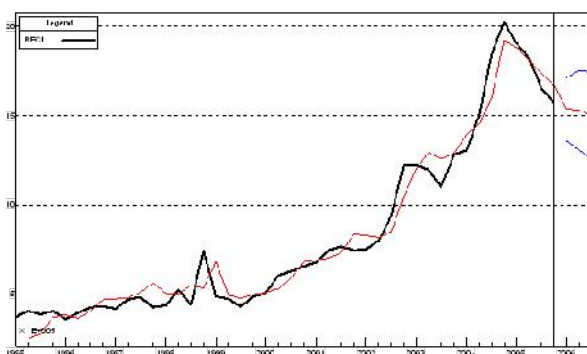
empresa foi escolhida por ter apresentado os melhores resultados na estimação em painel, passando portanto a ser utilizada como base de comparação para os três métodos analisados².

Tabela 5: Estimação dos Fatores de Risco das “Receitas Líquidas” (INDIVIDUAL)

Forecast Model for RECL				
Term	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Significance
_CONST	-601057.258782	159499.232641	-3.768402	0.999456
SALARIONOM	11155.027544	2831.588036	3.939495	0.999672
TNOTE	-3591.774087	1492.700150	-2.406226	0.979044
RECL[-1]	0.745631	0.090072	8.278175	1.000000

Within-Sample Statistics

Sample size 43	Number of parameters 4
Mean 8.407e+005	Standard deviation 4.955e+005
R-square 0.9656	Adjusted R-square 0.9629
Durbin-Watson 1.597	Ljung-Box(18)=20.19 P=0.6778
Forecast error 9.542e+004	BIC 1.082e+005
MAPE 0.09938	RMSE 9.088e+004
MAD 6.861e+004	



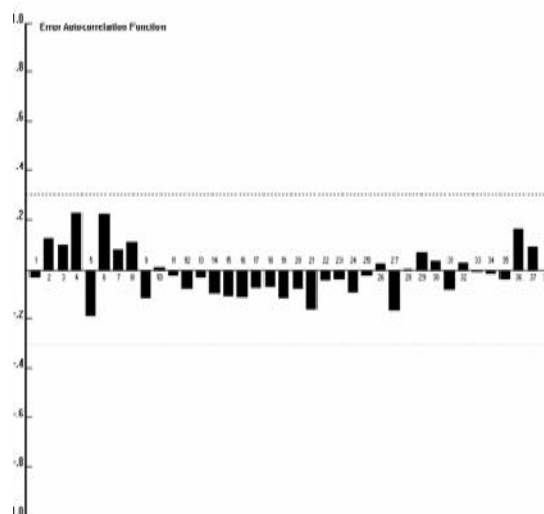
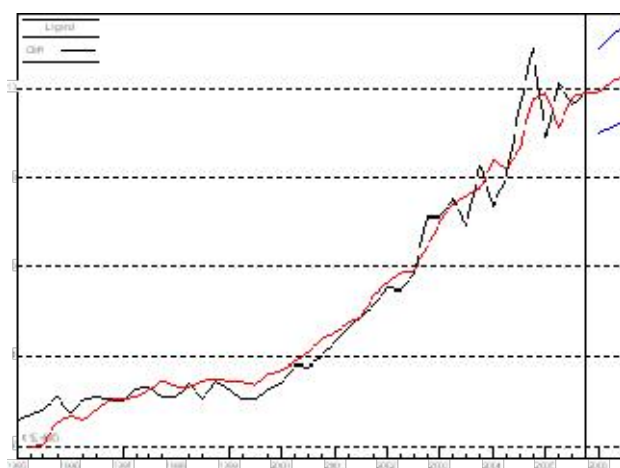
Fonte: Elaboração própria a partir do FPW

Tabela 6: Estimação dos Fatores de Risco do “Custo das Mercadorias Vendidas” (INDIVIDUAL)

Forecast Model for CMV				
Term	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Significance
_CONST	-167718.502777	39816.795704	-4.212255	0.999860
SALARIONOM	3870.145746	755.009221	5.125958	0.999992
CMV[-1]	0.491093	0.104651	4.692675	0.999969

Within-Sample Statistics

Sample size 43	Number of parameters 3
Mean 5.145e+005	Standard deviation 2.505e+005
R-square 0.9628	Adjusted R-square 0.9609
Durbin-Watson 2.024	Ljung-Box(18)=17.77 P=0.5291
Forecast error 4.952e+004	BIC 5.445e+004
MAPE 0.07532	RMSE 4.776e+004
MAD 3.584e+004	



Fonte: Elaboração própria a partir do FPW

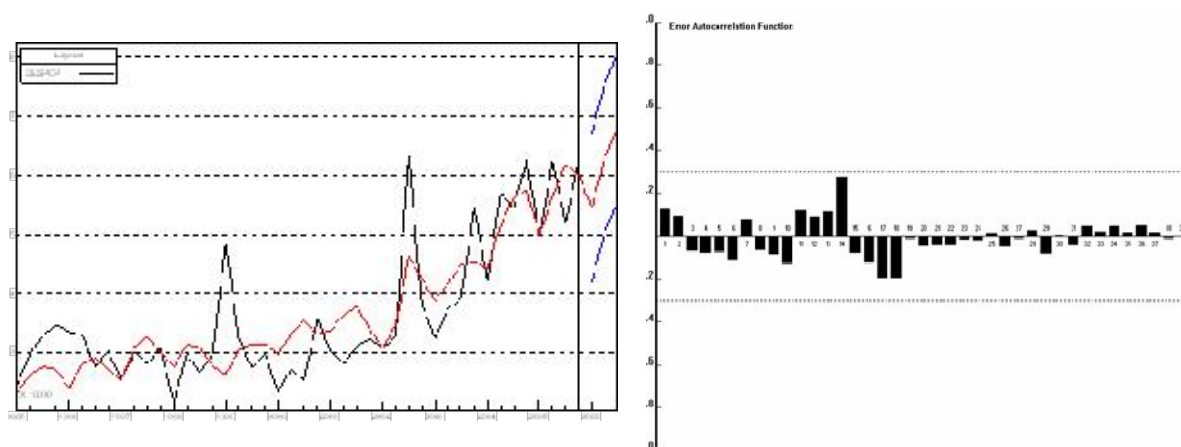
Tabela 7: Estimação dos Fatores de Risco das “Despesas Operacionais” (INDIVIDUAL)

Forecast Model for DESPOP

Term	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Significance
EXPAGREG	214.375989	29.957729	7.155949	1.000000
PIBCONCIV	62.870925	32.572011	1.930213	0.939482
PTAX	54.964952	25.848807	2.126402	0.960464

Within-Sample Statistics

Sample size 44	Number of parameters 3
Mean 3.664e+004	Standard deviation 1.196e+004
R-square 0.7059	Adjusted R-square 0.6916
Durbin-Watson 1.74	Ljung-Box(18)=19.91 P=0.6623
Forecast error 6639	BIC 7291
MAPE 0.134	RMSE 6409
MAD 4826	



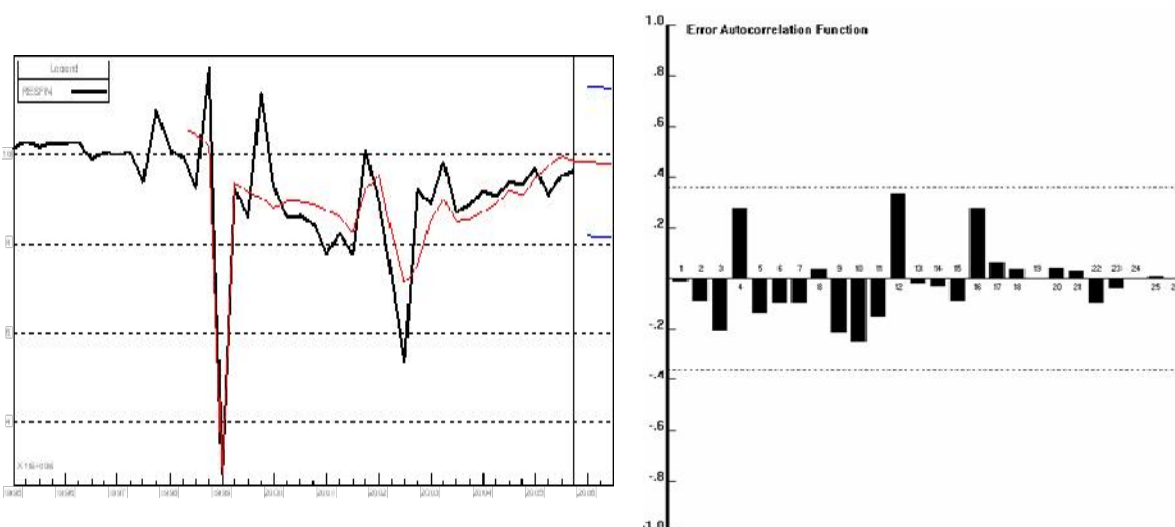
Fonte: Elaboração própria a partir do FPW

Tabela 8: Estimação dos Fatores de Risco do “Resultado Financeiro” (INDIVIDUAL)

Forecast Model for RESFIN				
Term	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Significance
CONST	1232955.530862	75694.085048	16.288664	1.000000
PTAX	-1597.954909	453.353180	-3.524746	0.998467
DIVNAC	-0.129368	0.044387	-2.914573	0.992923
_DUM1	-640842.806423	95724.549798	-6.694655	1.000000

Within-Sample Statistics

Sample size 31	Number of parameters 4
Mean 8.853e+005	Standard deviation 1.599e+005
R-square 0.7022	Adjusted R-square 0.6691
Durbin-Watson 2.01	Ljung-Box(18)=26.38 P=0.9085
Forecast error 9.2e+004	BIC 1.072e+005
MAPE 0.07423	RMSE 8.586e+004
MAD 6.537e+004	



Fonte: Elaboração própria a partir do FPW

Estimação do Comportamento Médio Esperado dos Fatores de Risco Macroeconômicos

Realizada a estimação em painel e em série de tempo e identificados os fatores de riscos relevantes entre os disponíveis, procedeu-se à estimação do comportamento futuro dos fatores de risco macroeconômicos. Conforme visto na estimação anterior, foram identificadas as seguintes variáveis explicativas (fatores de risco):

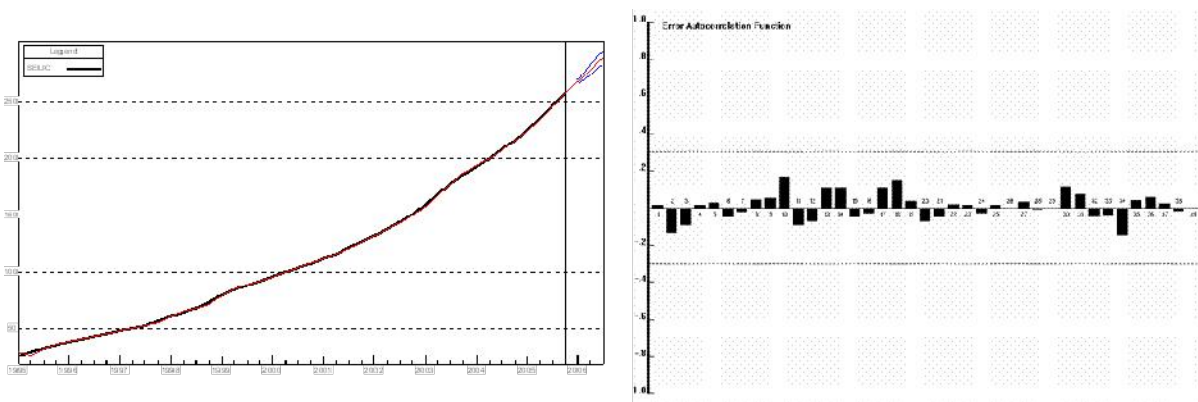
- SELIC

- b) PTAX
- c) TNOTEAA
- d) EXPAGREG
- e) PIBCONSTCIVIL
- f) SALARIONOM
- g) HEDGECAMBIAL
- h) DIVNAC
- i) TD2
- j) DUMMY1 (referente à quebra estrutural do regime de câmbio fixo para flutuante em 1999)

Além das variáveis dependentes defasadas RECL_1, CMV_1, DESPOP_1 e RESFIN_1.

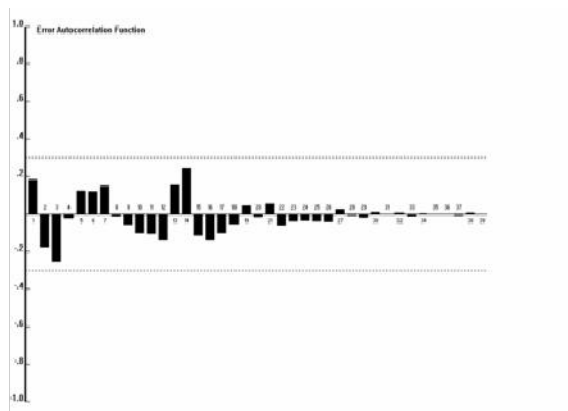
As variáveis g, h, i, j e as dependentes defasadas foram consideradas como “gerenciáveis”, ou seja, passíveis de serem programadas/conhecidas *a priori* pela empresa. Portanto, os esforços nesta etapa concentraram-se nos valores esperados das variáveis SELIC, PTAX, TNOTEAA, EXPAGREG, PIBCONSTCIVIL e SALARIONOM. São apresentados a seguir os gráficos extraídos do *software* FPW com as previsões dos valores futuros dos fatores de riscos e seus respectivos correlogramas³. Ressalta-se que as séries usadas nesta etapa da modelagem referem-se aos índices apurados a partir das variações trimestrais de cada série. Após a estimação dos índices futuros, esses foram novamente transformados em variações para integrar as previsões das contas componentes do fluxo de caixa.

Gráfico 1: Previsão SELIC



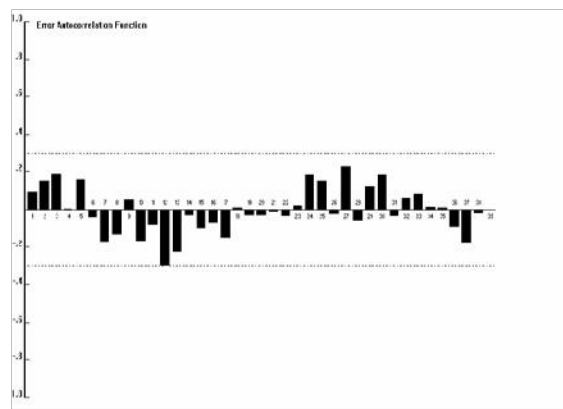
Fonte: Elaboração própria a partir do FPW

Gráfico 2: Previsão PTAX



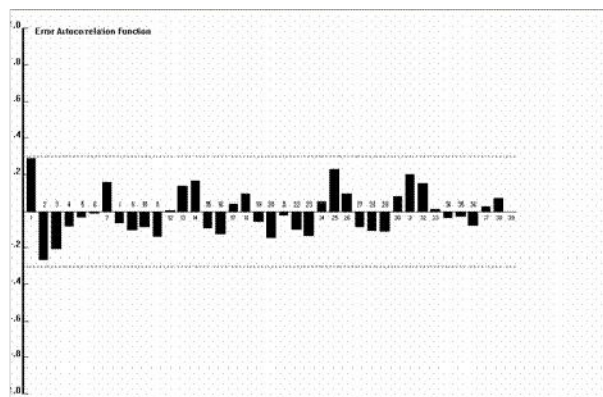
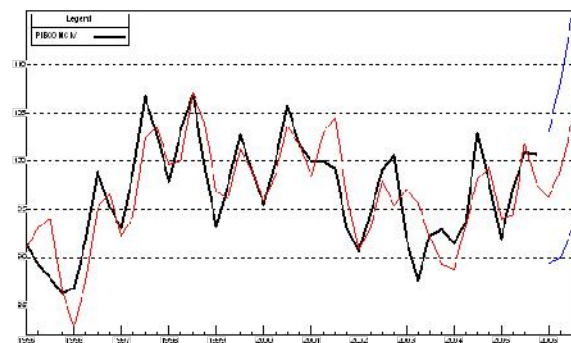
Fonte: Elaboração própria a partir do FPW

Gráfico 3: Previsão SALARIONOM



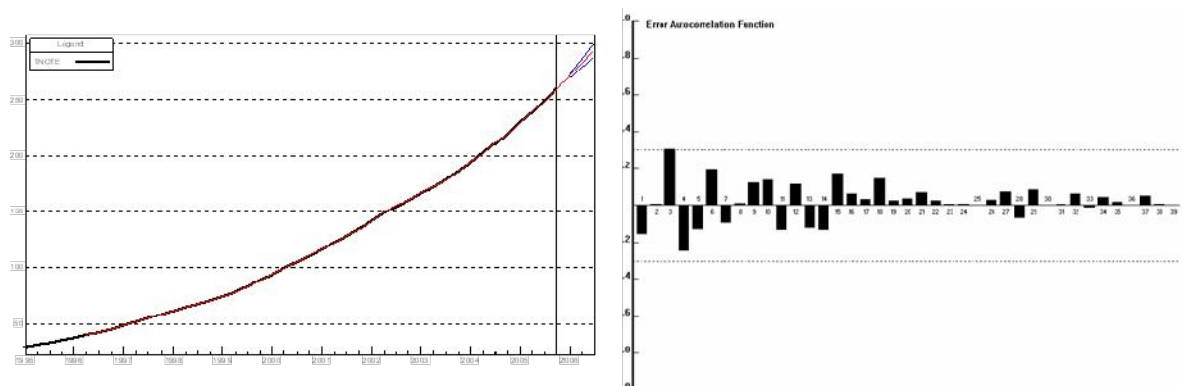
Fonte: Elaboração própria a partir do FPW

Gráfico 4: Previsão PIBCONSTCIVIL



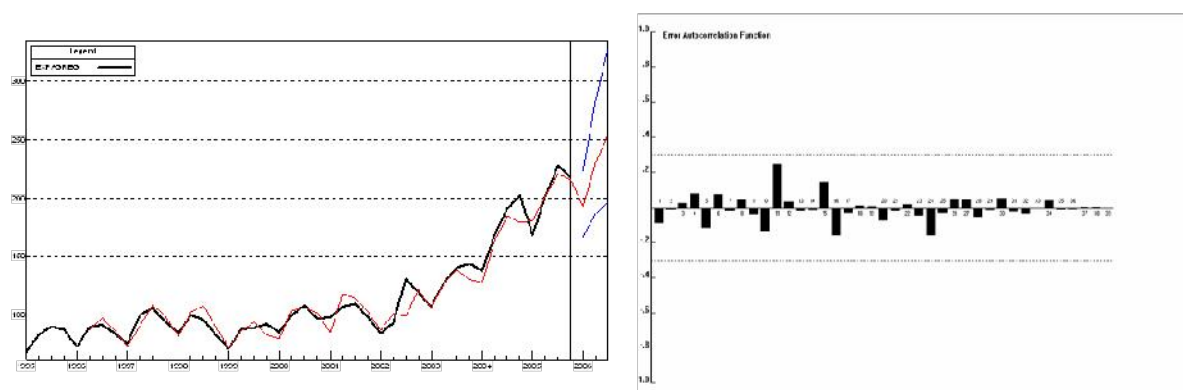
Fonte: Elaboração própria a partir do FPW

Gráfico 5: Previsão TNOTEAA



Fonte: Elaboração própria a partir do FPW

Gráfico 6: Previsão EXPAGREG



Fonte: Elaboração própria a partir do FPW

Simulações

Conforme anteriormente descrito, após estimação das médias para os fatores de risco 3 passos à frente ($j=3$), passou-se à simulação da distribuição futura de tais fatores, em cada um dos 3 trimestres. Para tanto, adotaram-se 2 procedimentos: simulação de 1000 choques aleatórios extraídos da distribuição escolhida pelo *software* Crystal Ball a partir da distribuição do próprio fator e simulação de 1000 choques aleatórios extraídos da distribuição dos erros do fator, a serem somados à previsão pontual do fator de risco.

Posteriormente, os valores estimados dos fatores de risco foram inseridos nas equações das variáveis RECL, CMV, DESPOP, RESFIN, dando origem às distribuições dessas contas. Da mesma forma, simulados os valores de todas as contas, essas foram somadas (a cada simulação) para dar origem à variável FCF.

Algumas informações importantes a respeito do método de simulação a partir da distribuição do fator (simulação em nível):

- a) os valores pontuais assumidos pelas variáveis macroeconômicas na simulação são os valores projetados pelos modelos de séries de tempo escolhidos para essas variáveis;
- b) valores adicionais para as variáveis macroeconômicas foram simulados a partir da melhor distribuição teórica encontrada pelo Crystal Ball, escolhida a partir da série histórica do fator em nível. Essas variáveis na simulação são, na verdade, hiperparâmetros (a cada simulação, os valores simulados alimentam conjuntamente todas as equações de interesse: RECL, CMV, DESPOP, RESFIN e FCF);
- c) nas simulações dos hiperparâmetros, os valores simulados são correlacionados a partir da matriz de correlação das variáveis macroeconômicas em nível;
- d) as variáveis dependentes defasadas não são correlacionadas e nem simuladas, sendo consideradas valores fixos. Cabe ressaltar que a previsão da variável dependente de um trimestre será multiplicada pelo beta da variável dependente defasada e será um insumo para a projeção seguinte, mantendo ainda seu caráter fixo;
- e) variáveis de controle da empresa foram consideradas fixas: dívida nacional, *hedge* cambial e *dummy* de trimestre;
- f) em adição às variáveis independentes, soma-se a cada equação de previsão de interesse (RECL, CMV, DESPOP e RESFIN) o valor do erro da variável dependente. Cabe ressaltar que o erro também é uma variável aleatória que segue uma distribuição determinada pela sua série histórica. Os valores pontuais do erro, utilizados como base na simulação, foram os valores médios dos erros históricos;
- g) o erro da variável dependente defasada só foi correlacionado com as variáveis macroeconômicas em nível quando o valor da correlação entre eles foi superior a 0,30. Abaixo esses valores para a empresa USIMINAS (painel e série de tempo):

- Painei:

	PTAX	SELIC	SALARIONOM
Erro RECL	-0.12096	-0.12277	0.12579
Erro CMV		-0.1424	0.19073
Erro DESPOP	0.24396		0.36264
Erro RESFIN		0.33629	

- Série de tempo:

	PTAX	TNOTEAA	SALARIONOM	EXPAGREG	PIBCONSTCIVIL
Erro RECL		-0,0373	-0,00121		
Erro CMV			-0,11311		
Erro DESPOP	-0,22819			-0,22311	-0,42213
Erro RESFIN	0,16734				

Algumas informações importantes a respeito do método de simulação a partir da distribuição do erro do fator (simulação do erro):

- a) as variáveis macroeconômicas são as projeções dessas variáveis acrescidas de seus erros, que são simulados conforme distribuição da série do próprio erro do modelo para o fator;
- b) todos os erros das variáveis macroeconômicas foram correlacionados entre si, conforme correlação histórica observada entre eles;
- c) na simulação, os valores pontuais dos erros foram estimados por meio da média desses erros;
- h) novamente as variáveis dependentes defasadas não são correlacionadas e nem simuladas, sendo consideradas valores fixos. A previsão da variável dependente de um trimestre será multiplicada pelo beta da variável dependente defasada e será o insumo para a projeção seguinte, mantendo ainda seu caráter fixo;
- i) novamente variáveis de controle da empresa foram consideradas fixas: dívida nacional, *hedge* cambial e *dummy* de trimestre;
- j) novamente, em adição às variáveis independentes, soma-se a cada equação de previsão de interesse (RECL, CMV, DESPOP e RESFIN) o valor do erro da variável dependente. Cabe ressaltar que o erro também é uma variável aleatória que segue uma distribuição determinada pela sua série histórica. Os valores

pontuais do erro, utilizados como base na simulação, foram os valores médios dos erros históricos;

- k) novamente o erro da variável dependente defasada só foi correlacionado com o erro da variável macroeconômica quando o valor da correlação foi superior a 0,30. Abaixo, esses valores para USIMINAS (painel e série de tempo):

- Painel:

	Erro PTAX	Erro SALARIONOM	Erro SELIC
Erro RECL	-0.23256	-0.05453	0.22803
Erro CMV		0.1811	-0.0444
Erro DESPOP	0.13407	0.53846	
Erro RESFIN			-0,00363

- Série de tempo:

	PTAX	TNOTEAA	SALARIONOM	EXPAGREG	PIBCONSTCIVIL
Erro RECL		-0,10526	0,16113		
Erro CMV			0,02008		
Erro DESPOP	-0,03745			0,3089	0,16068
Erro RESFIN	-0,44395				

Além das simulações realizadas a partir de modelos, empregou-se também a simulação do tipo *bootstrap*, em que os quatro componentes do FCF (RECL, CMV, DESPOP e RESFIN) foram simulados a partir de suas distribuições históricas apenas (sem determinação de seus valores futuros a partir de modelos). A matriz de correlação histórica entre as quatro contas foi usada como filtro nessa simulação.

RESULTADOS

A seguir, serão apresentados os resultados das simulações de cada conta componente do fluxo de caixa, bem como do próprio fluxo de caixa em cada um dos trimestres utilizados para *backtesting* (1T06, 2T06 e 3T06), segundo os cinco (05) procedimentos testados:

- Estimação dos Fatores de Risco usando Painel - Simulação em Nível
- Estimação dos Fatores de Risco usando Painel - Simulação em Erro
- Estimação dos Fatores de Risco usando Modelos Individuais - Simulação em Nível
- Estimação dos Fatores de Risco usando Modelos Individuais - Simulação em Erro
- Simulação via *Bootstrap*



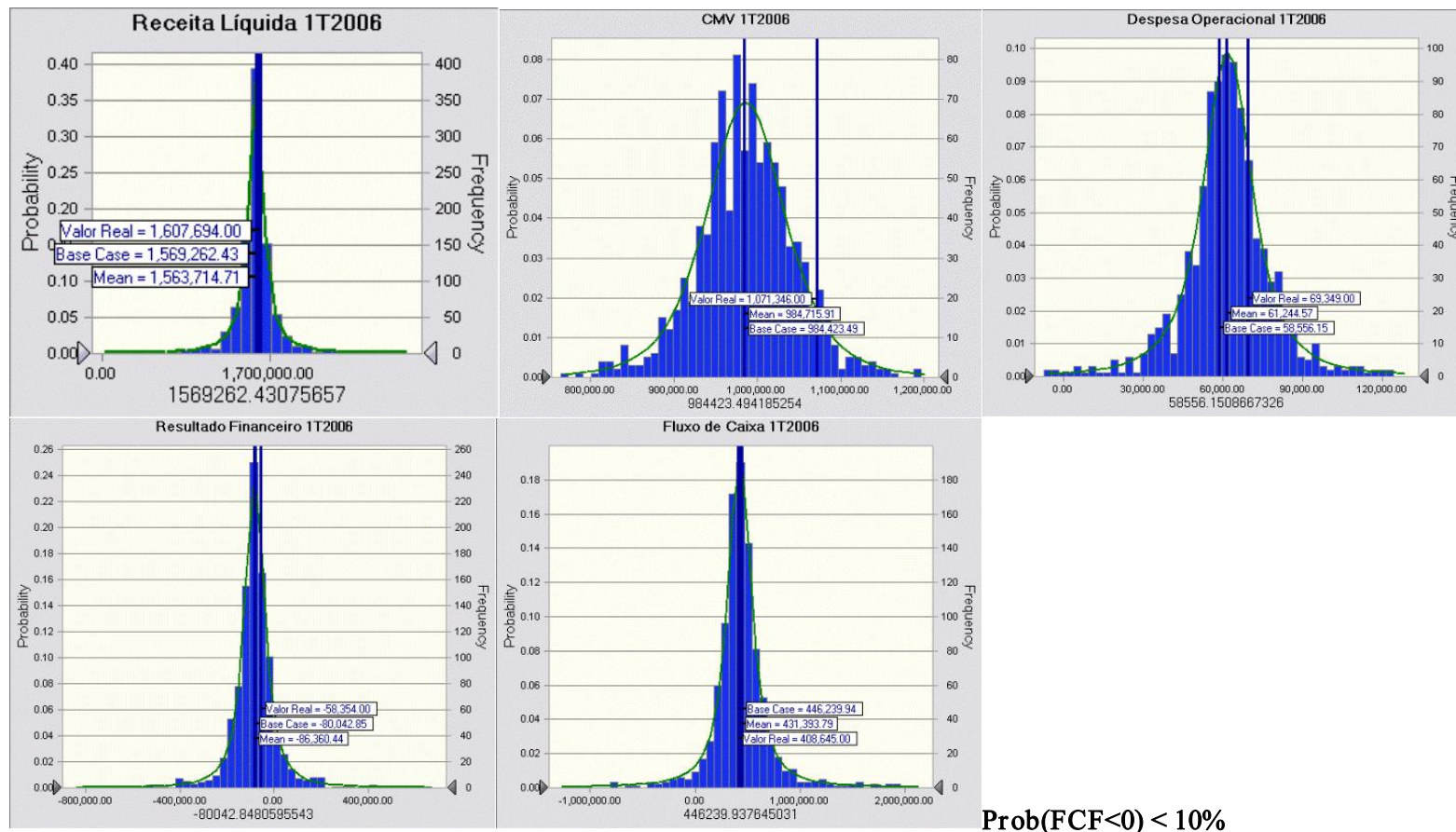
Ressalta-se que a legenda apresentada nos dados refere-se a:

- a) Base Case: estimação pontual obtida via Estimação em Painel ou Modelo Individual;
- b) Mean: valor médio da distribuição empírica de cada conta;
- c) Valor real: valor da conta no trimestre.



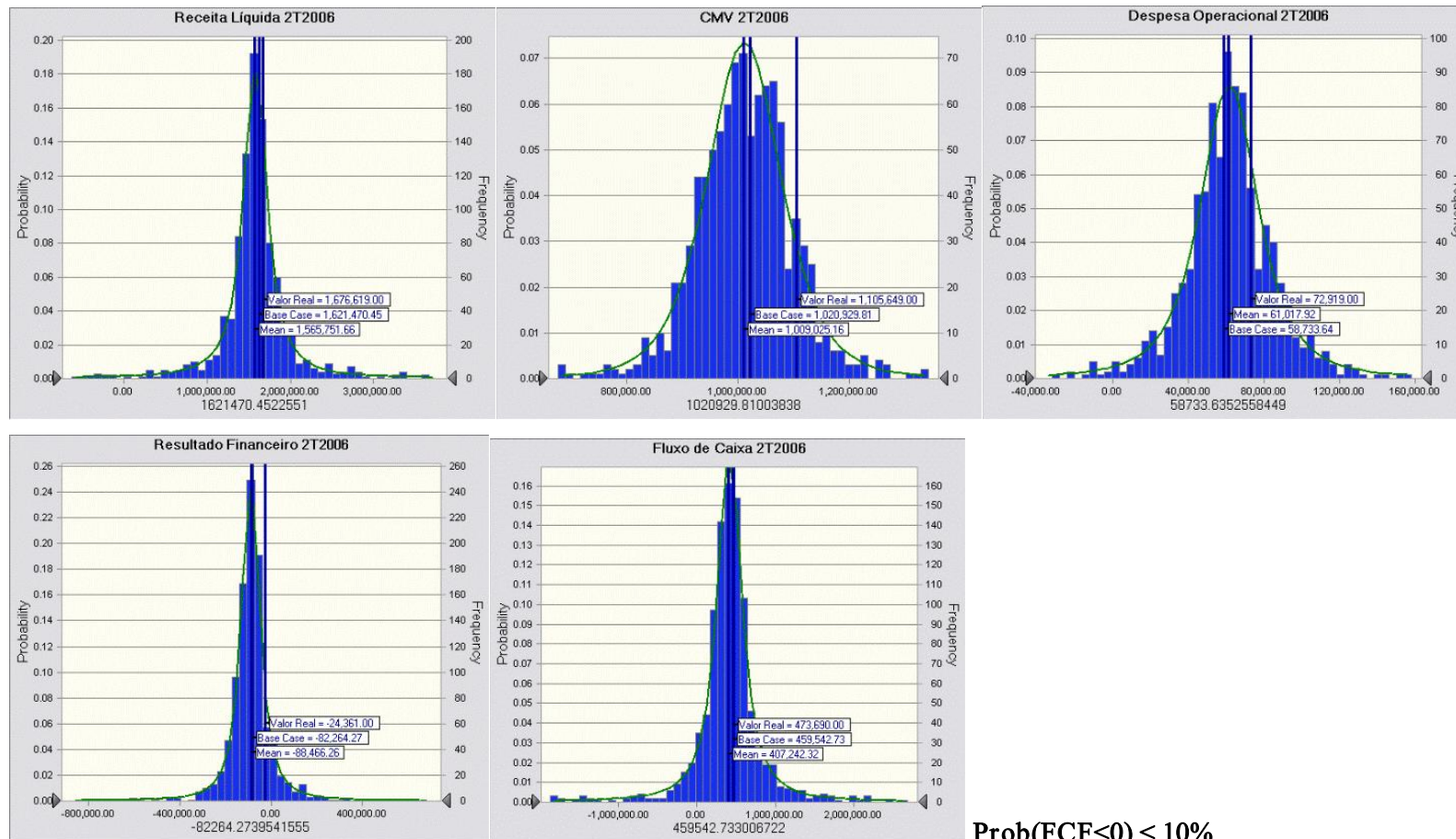
a) Estimação dos Fatores de Risco usando Pannel - Simulação em Nível

1T06



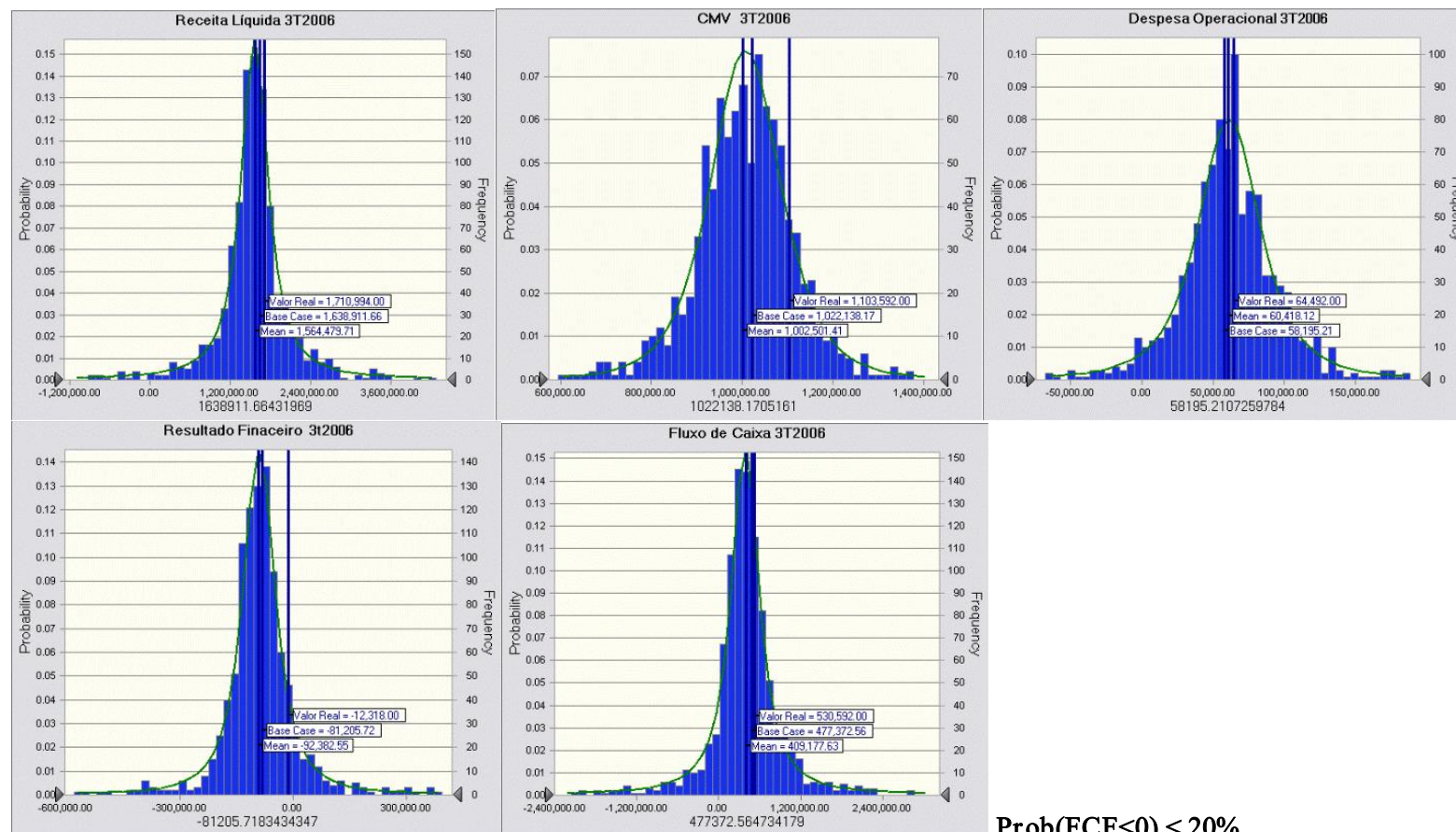
Fonte: Elaboração própria a partir do Crystal Ball

2T06



Fonte: Elaboração própria a partir do Crystal Ball

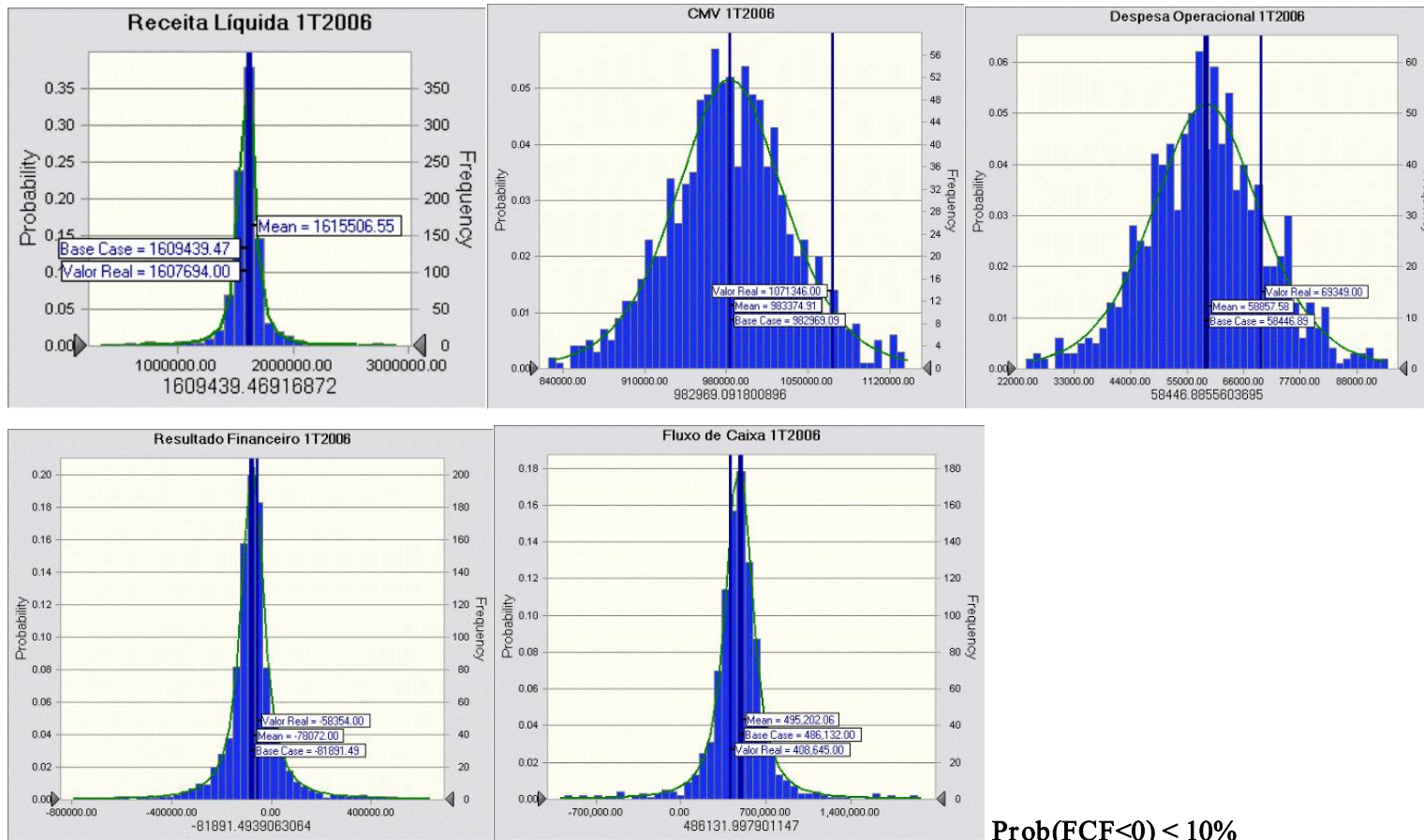
3T06



Fonte: Elaboração própria a partir do Crystal Ball

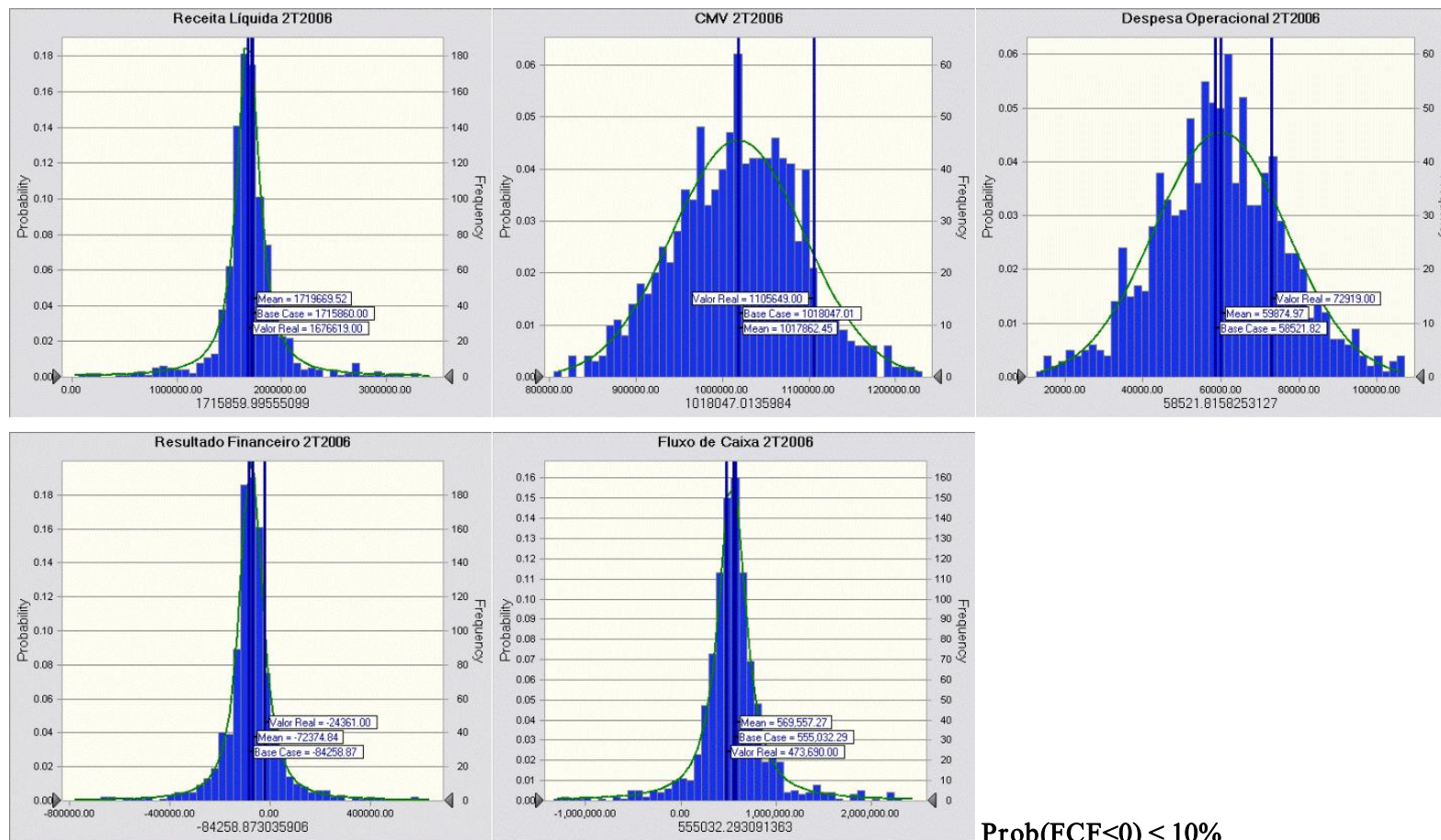
b) Estimação dos Fatores de Risco usando Painel - Simulação em Erro

1T06



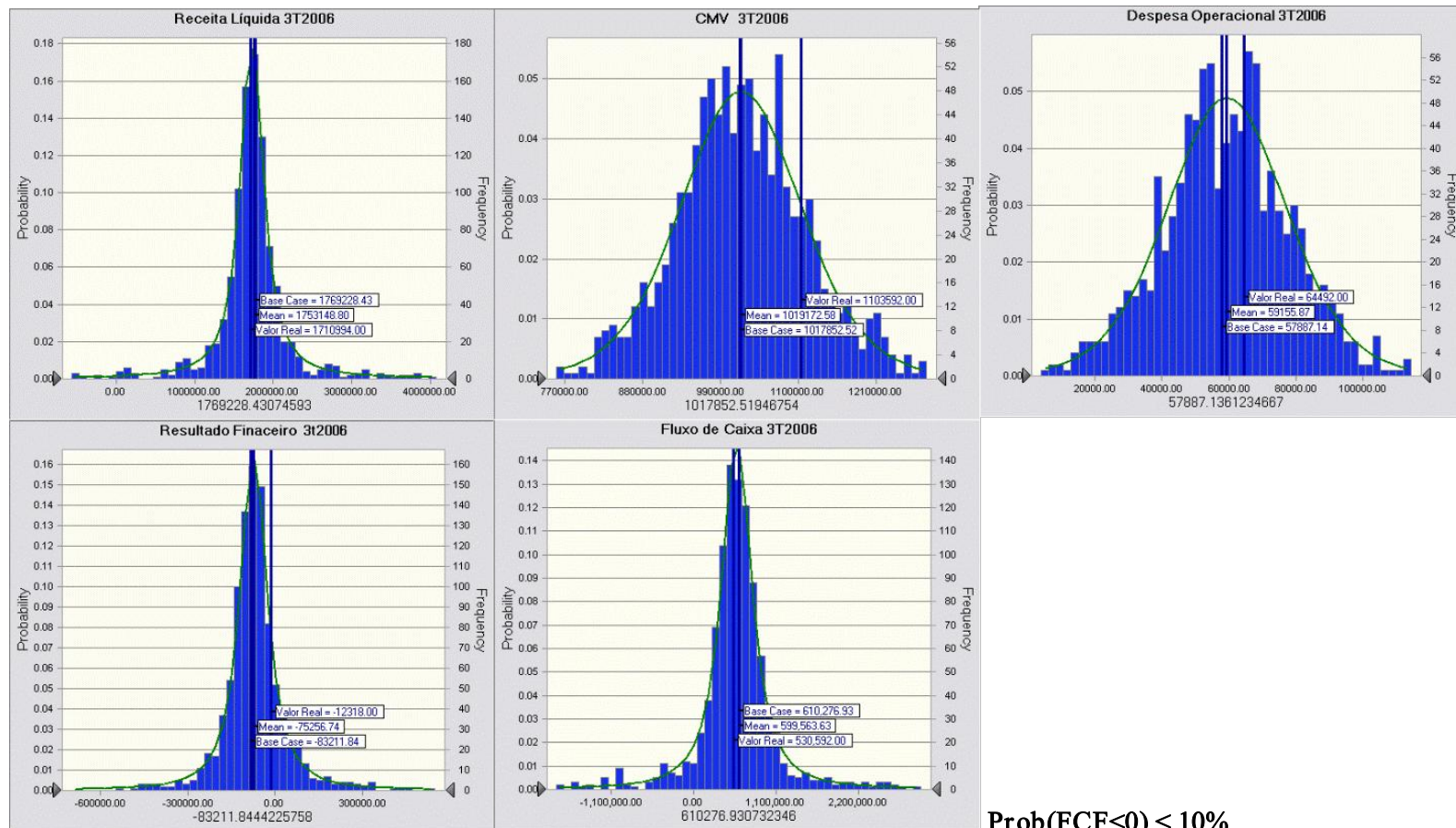
Fonte: Elaboração própria a partir do Crystal Ball

2T06



Fonte: Elaboração própria a partir do Crystal Ball

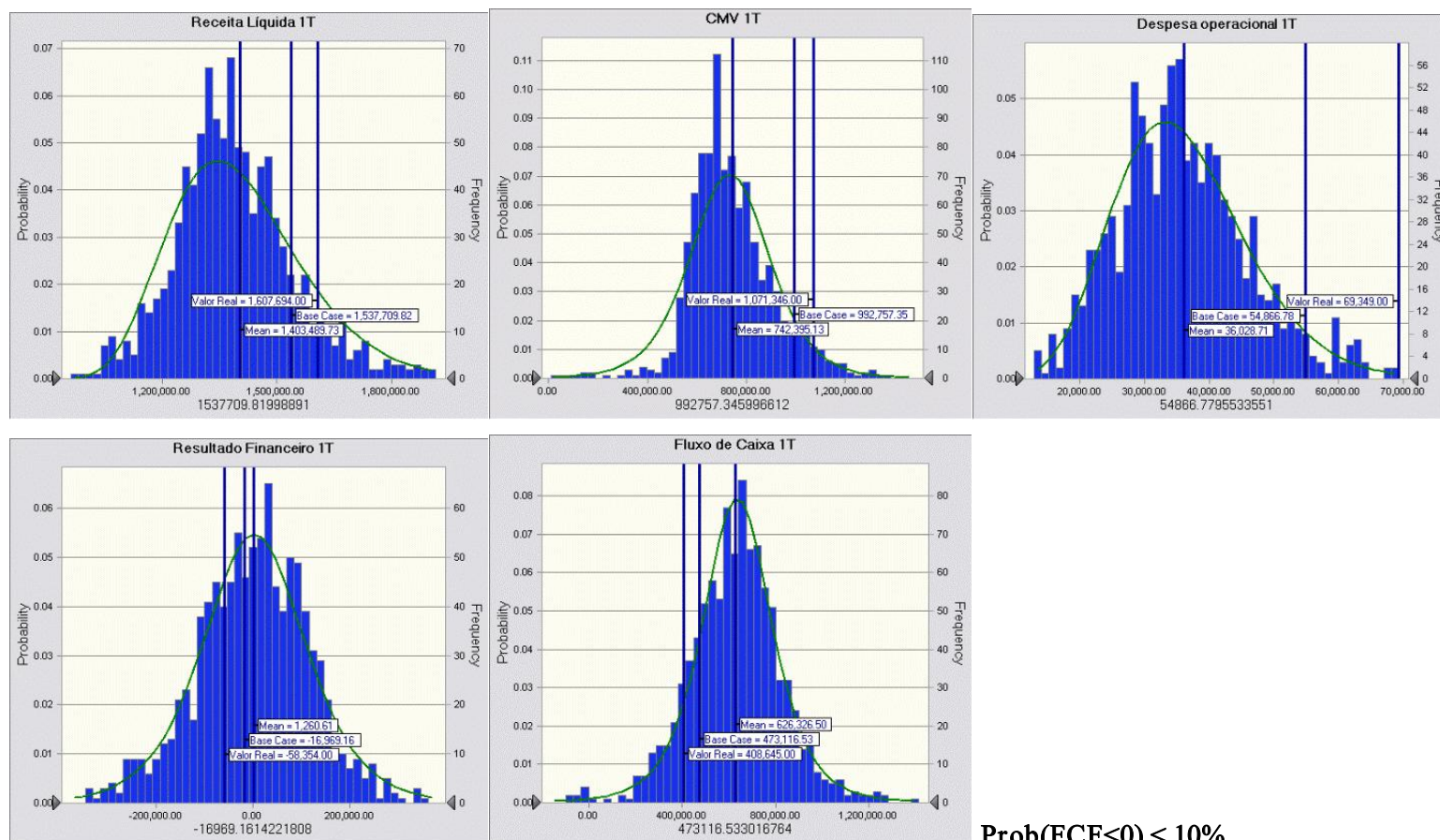
3T06



Fonte: Elaboração própria a partir do Crystal Ball

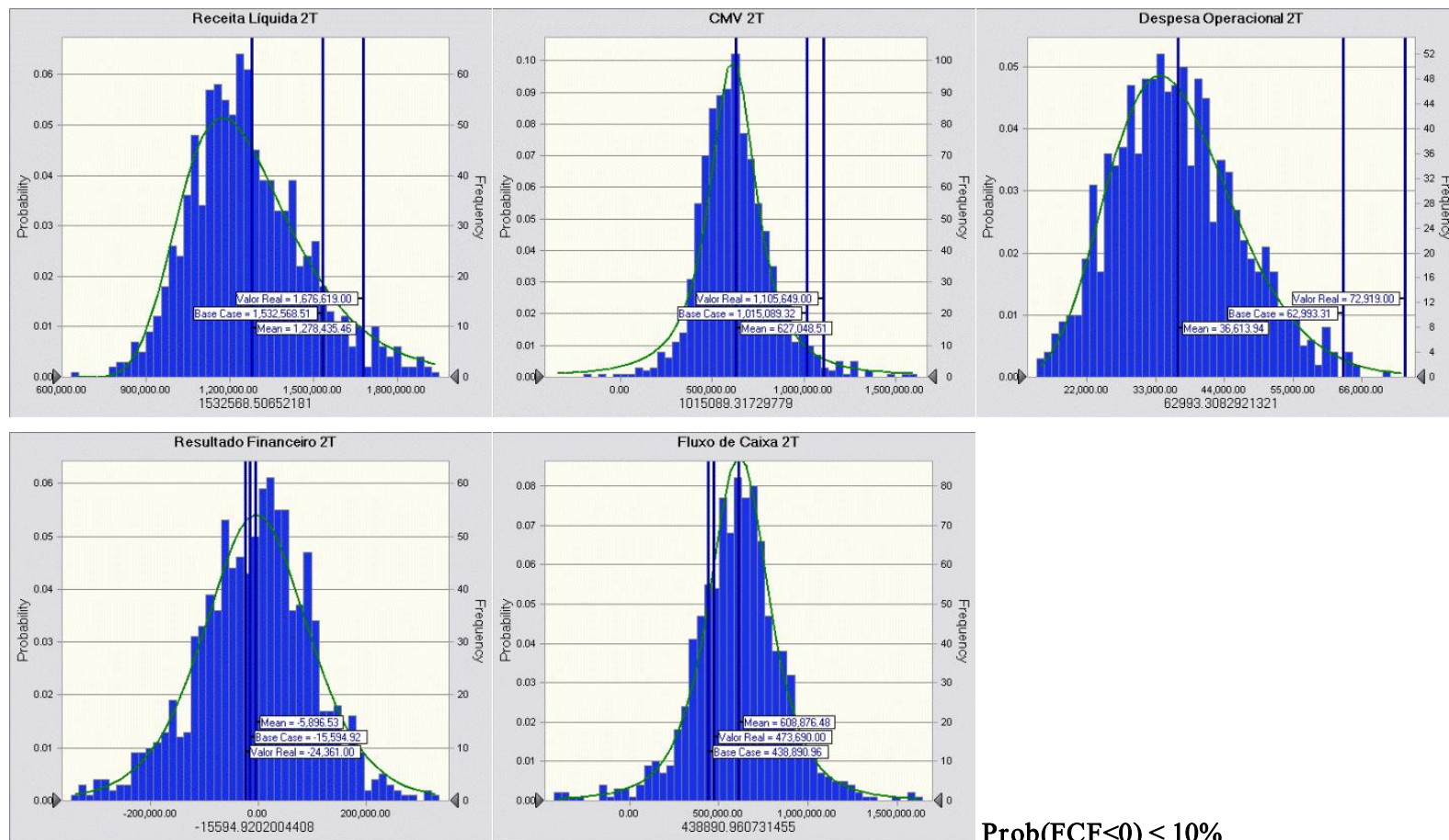
c) Estimação dos Fatores de Risco usando Modelos Individuais - Simulação em Nível

1T06



Fonte: Elaboração própria a partir do Crystal Ball

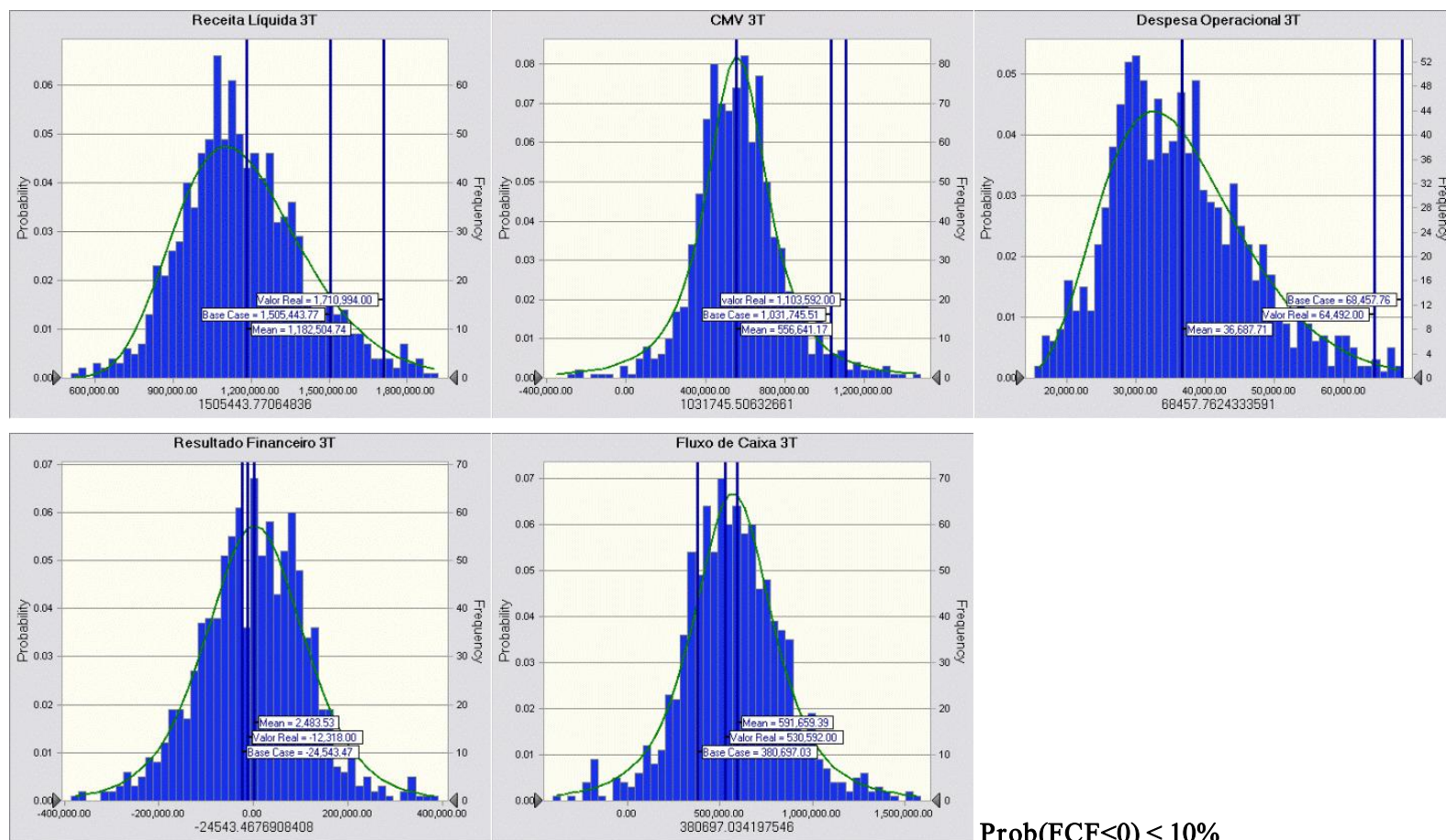
2T06



$\text{Prob}(\text{FCF} < 0) < 10\%$

Fonte: Elaboração própria a partir do Crystal Ball

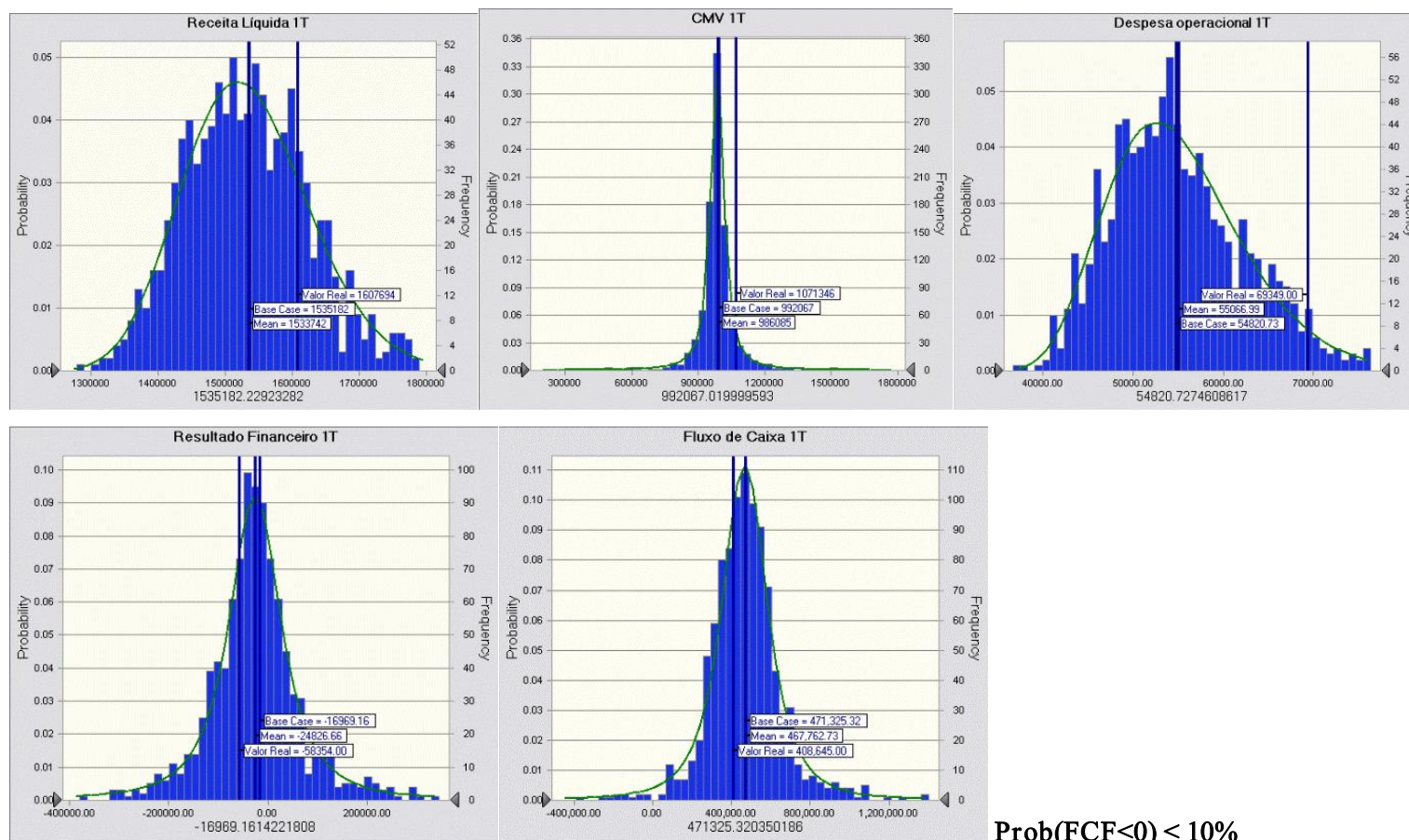
3T06



Fonte: Elaboração própria a partir do Crystal Ball

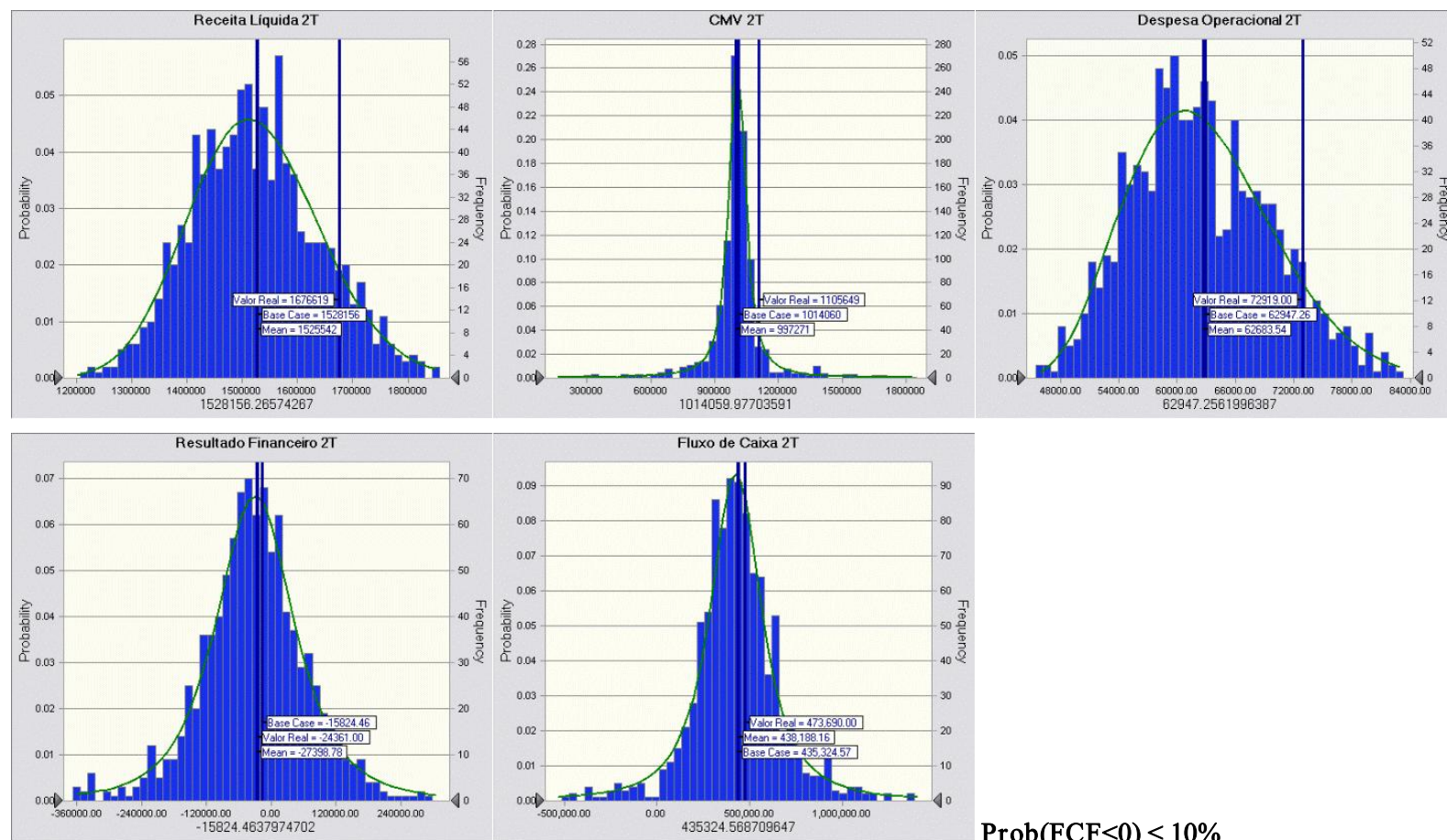
d) Estimação dos Fatores de Risco usando Modelos Individuais - Simulação em Erro

1T06



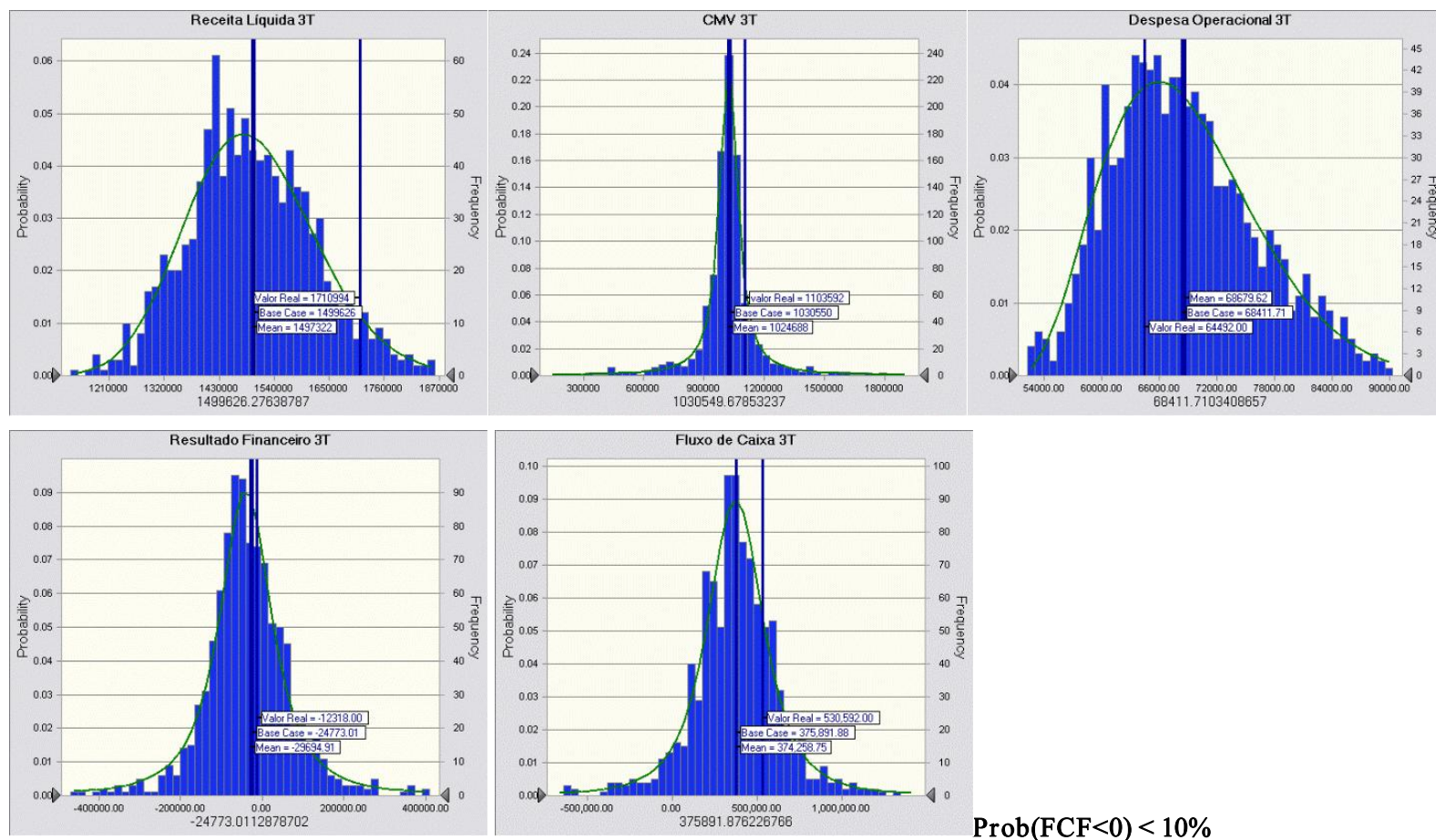
Fonte: Elaboração própria a partir do Crystal Ball

2T06



Fonte: Elaboração própria a partir do Crystal Ball

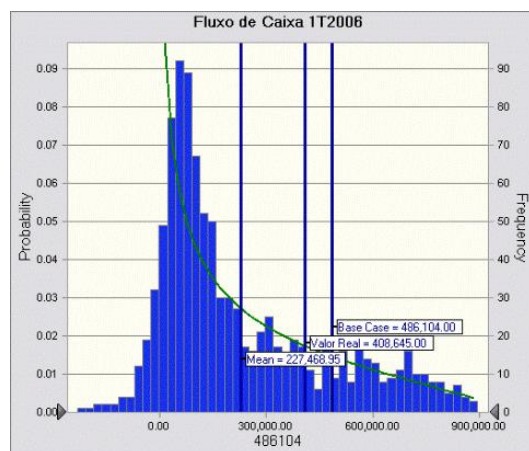
3T06



Fonte: Elaboração própria a partir do Crystal Ball

e) Simulação via Bootstrap

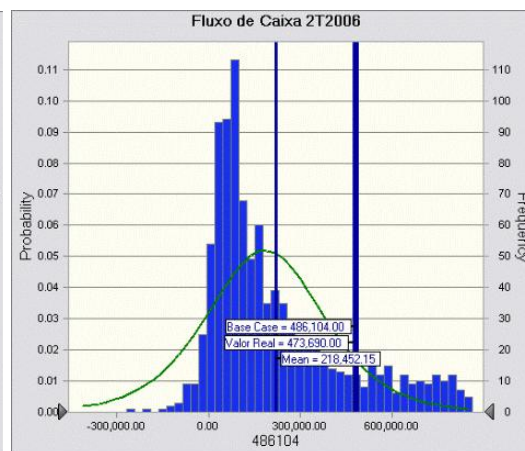
1T06



$\text{Prob}(\text{FCF} < 0) < 10\%$

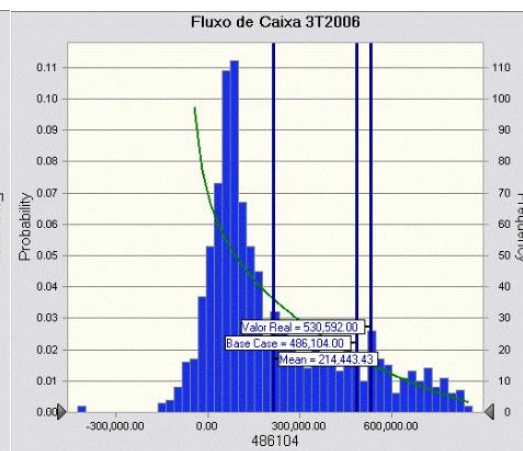
Fonte: Elaboração própria a partir do Crystal Ball

2T06



$\text{Prob}(\text{FCF} < 0) < 10\%$

3T06



$\text{Prob}(\text{FCF} < 0) < 10\%$

Tabela 9: Comparativo dos Métodos

Conta/Método	Valores			Percentual de Erro		
	1T	2T	3T	1T	2T	3T
RECL (Base Case)						
Painel Nível	1,569,262	1,621,470	1,638,911	-2.4%	-3.3%	-4.2%
Painel Erro	1,609,439	1,715,860	1,769,228	0.1%	2.3%	3.4%
Individual Nível	1,537,709	1,532,568	1,505,443	-4.4%	-8.6%	-12.0%
Individual Erro	1,535,182	1,528,156	1,499,626	-4.5%	-8.9%	-12.4%
RECL (Mean)						
Painel Nível	1,563,716	1,565,751	1,564,479	-2.7%	-6.6%	-8.6%
Painel Erro	1,615,506	1,719,669	1,753,148	0.5%	2.6%	2.5%
Individual Nível	1,403,489	1,278,435	1,182,504	-12.7%	-23.7%	-30.9%
Individual Erro	1,533,742	1,525,542	1,497,322	-4.6%	-9.0%	-12.5%
RECL (Real)	1,607,694	1,676,619	1,710,994	0.0%	0.0%	0.0%
CMV (Base Case)						
Painel Nível	984,423	1,020,929	1,022,138	-8.1%	-7.7%	-7.4%
Painel Erro	982,969	1,018,047	1,017,852	-8.2%	-7.9%	-7.8%
Individual Nível	992,757	1,015,089	1,031,745	-7.3%	-8.2%	-6.5%
Individual Erro	992,067	1,014,060	1,030,550	-7.4%	-8.3%	-6.6%
CMV (Mean)						
Painel Nível	984,715	1,009,025	1,002,501	-8.1%	-8.7%	-9.2%
Painel Erro	983,374	1,017,862	1,019,172	-8.2%	-7.9%	-7.6%
Individual Nível	742,395	627,048	556,641	-30.7%	-43.3%	-49.6%
Individual Erro	986,085	997,271	1,024,688	-8.0%	-9.8%	-7.1%
CMV (Real)	1,071,346	1,105,649	1,103,592	0.0%	0.0%	0.0%
DESPOP (Base Case)						
Painel Nível	58,556	58,733	58,195	-15.6%	-19.5%	-9.8%
Painel Erro	58,446	58,521	57,887	-15.7%	-19.7%	-10.2%
Individual Nível	54,866	62,993	68,457	-20.9%	-13.6%	6.1%
Individual Erro	54,820	62,947	68,411	-21.0%	-13.7%	6.1%
DESPOP (Mean)						
Painel Nível	61,244	61,017	60,418	-11.7%	-16.3%	-6.3%
Painel Erro	58,857	59,874	59,155	-15.1%	-17.9%	-8.3%
Individual Nível	36,028	36,613	36,687	-48.0%	-49.8%	-43.1%
Individual Erro	55,066	62,683	68,679	-20.6%	-14.0%	6.5%
DESPOP (Real)	69,349	72,919	64,492	0.0%	0.0%	0.0%
RESFIN (Base Case)						
Painel Nível	-80,042	-82,264	-81,205	37.2%	237.7%	559.2%
Painel Erro	-81,891	-84,258	-83,211	40.3%	245.9%	575.5%
Individual Nível	-16,969	-15,594	-24,543	-70.9%	-36.0%	99.2%
Individual Erro	-16,969	-15,824	-24,773	-70.9%	-35.0%	101.1%
RESFIN (Mean)						
Painel Nível	-86,360	-88,466	-92,382	48.0%	263.1%	650.0%
Painel Erro	-78,072	-72,374	-75,256	33.8%	197.1%	510.9%
Individual Nível	1,260	-5,896	2,483	-102.2%	-75.8%	-120.2%
Individual Erro	-24,826	-27,398	-29,694	-57.5%	12.5%	141.1%
RESFIN (Real)	-58,354	-24,361	-12,318	0.0%	0.0%	0.0%
FCF (Base Case)						
Painel Nível	446,239	459,542	477,372	9.2%	-3.0%	-10.0%
Painel Erro	486,132	555,032	610,276	19.0%	17.2%	15.0%
Individual Nível	473,116	438,890	380,697	15.8%	-7.3%	-28.3%
Individual Erro	471,325	435,324	375,891	15.3%	-8.1%	-29.2%
FCF (Mean)						
Painel Nível	431,393	407,242	409,177	5.6%	-14.0%	-22.9%
Painel Erro	495,202	569,557	599,563	21.2%	20.2%	13.0%
Individual Nível	626,326	608,876	591,659	53.3%	28.5%	11.5%
Individual Erro	467,762	438,188	374,258	14.5%	-7.5%	-29.5%
FCF (Mean Bootstrap)	227,468	218,452	214,443	-44.3%	-53.9%	-59.6%
FCF (Real)	408,645	473,690	530,592	0.0%	0.0%	0.0%

Fonte: Elaboração própria

Tomando-se por base a Tabela 9, algumas observações podem ser feitas a respeito dos métodos de estimação do fluxo de caixa em risco:

- apesar das discrepâncias entre os valores estimados, tanto na previsão (base case), quanto no na média da distribuição simulada (mean), o fluxo de caixa em risco nos três trimestres, segundo todos os métodos (exceto para o 3T, “Fatores de Risco

usando Painel – Simulação em Nível”, que chegou a menos de 20%), para Usiminas foi inferior a 10% (menos de 10% de chance de observar um fluxo de caixa inferior a zero no trimestre);

- b) as distribuições simuladas mais problemáticas, segundo critério “diferença entre a média da distribuição (mean) e o valor real” foram as geradas pelo método “Fatores de Risco usando Modelos Individuais – Simulação em Nível”;
- c) as distribuições simuladas mencionadas no item b só demonstraram melhor performance que as simuladas segundo *bootstrap*;
- d) os melhores resultados de projeção e de simulação encontrados foram os relacionados à conta “Receita Líquida (RECL)”. Para essa conta, a melhor performance foi a do método “Fatores de Risco usando Painel – Simulação Erro”;
- e) os piores resultados de projeção e de simulação encontrados foram os relacionados à conta “Resultado Financeiro (RESFIN)”. Isso vem confirmar um resultado já esperado: como as decisões financeiras da empresa costumam oscilar segundo oportunidades de mercado, o comportamento dessa conta é bastante imprevisível;
- f) os resultados encontradas para as contas “Custo das Mercadorias Vendidas (CMV)” e “Despesas Operacionais (DESPOP)” apresentaram um movimento de reversão, com os resultados do terceiro trimestre de projeção melhores que os do primeiro, segundo todos os métodos;
- g) para a empresa apresentada, à exceção do método *bootstrap*, que obteve a pior performance, e do método “Fatores de Risco usando Modelos Individuais – Simulação em Nível”, que gerou distribuições com médias bastante díspares dos valores reais, os demais foram satisfatórios na tarefa de gerar uma distribuição ao redor das previsões pontuais e dos respectivos valores reais observados no *backtesting*, principalmente considerando-se as restrições de acesso a informações gerenciais e a séries relevantes enfrentadas pelo pesquisador externo à empresa.

OBSERVAÇÕES FINAIS

Froot, Scharfstein e Stein (1994) enfatizam que um programa de gerenciamento de riscos de mercado deve ter como único objetivo assegurar um planejamento acurado dos recursos necessários para os investimentos da empresa e a manutenção de sua atividade produtiva. Como subproduto relevante desse gerenciamento, os autores também destacam a capacidade que as empresas

adquirem de avaliar quais riscos devem ser evitados, *hedgeados* ou simplesmente enfrentados por serem parte integrante de seu negócio.

Indo um pouco mais adiante, o guia para gerenciamento de riscos do JP Morgan e Arthur Andersen (1997) enfatiza que, uma vez que as exposições a risco da empresa estejam identificadas e quantificadas, o próximo passo é trabalhar o perfil de risco da empresa. Essa remodelação passa, por exemplo, por alterações no perfil da dívida, compatibilização dos prazos e dos termos de pagamento e de recebimento, e adequação do cronograma de investimentos aos recursos disponíveis.

Visando servir de ferramenta a tal gerenciamento, os métodos de determinação dos fluxos de caixa em risco aqui propostos, a despeito de terem sido empiricamente construídos de fora da empresa e de prescindirem de informações gerenciais preciosas – especialmente em relação aos valores futuros dos fatores de risco próprios – demonstram ser úteis aos gestores para avaliar o comportamento futuro de seus fatores de risco macroeconômicos e, principalmente, o reflexo de tal comportamento sobre os fluxos de caixa projetados. Munidos de tal metodologia, o *budget plan* elaborado pelos gestores é capaz de evoluir de um cenário único para uma distribuição de fluxos futuros, obtida pela consideração de movimentos diversos nas premissas do orçamento elaborado. Com isso se ganha um instrumento mais sofisticado de análise de sensibilidade. A sofisticação advém da consistência da previsão da média condicional dos fatores de risco macroeconômicos e dos choques simulados, ao contrário da análise de sensibilidade convencional, que insere choques não correlacionados em diversas variáveis relevantes – quando, na realidade, tais choques são totalmente correlacionados. Por meio do modelo proposto é possível inserir no *budget plan* elaborado choques que mantenham a estrutura de correlação histórica entre as variáveis de interesse.

Como limitações inerentes à metodologia empregada nesse trabalho, destacam-se tanto a escolha *a priori* do escopo de candidatas a variáveis independentes como a parcimônia necessária na decisão de quais fatores de risco macroeconômico considerar na modelagem econométrica. Adicionalmente, não há garantias de que será sempre possível estimar o comportamento futuro dos fatores de risco. Especialmente quando o horizonte de previsão for de prazo mais longo, há restrições à eficácia de tais modelos.

Ainda no que se refere à eficácia dos modelos de séries de tempo e em painel, deve-se mencionar que tais modelos são fortemente baseados em informações passadas, sendo incapazes de prever choques inéditos. Os métodos aqui propostos, contudo, não excluem a possibilidade de que

cenários de estresse sejam inseridos pelos gestores em seu *budget plan*, numa abordagem semelhante ao *stress test* empreendido pelas instituições financeiras em adição ao cálculo do VaR.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAUMAN, J.; SARATORE, S.; LIDDLE, W. A practical framework for corporate exposure management. In: BROWN, G.; CHEW, D. (Eds.). *Corporate Risk: Strategies and Management*. London: Risk Publications, 1999.
- CASTRO, A. *Gerenciamento do risco de mercado para produtores de commodities no Brasil*. 2002. Dissertação (Mestrado profissional em Administração) – FGV-EAESP, São Paulo, 2002.
- ENDERS, W. *Applied Econometric Time Series*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 1995.
- FROOT, K.; SCHARFSTEIN, D.; STEIN, J. A framework for risk management. *Harvard Business Review*, v. 72, n. 6, p. 91-102, 1994.
- HAYT, G.; SONG, S. Handle with sensitivity. *Risk Magazine*, v. 8, n. 9, p. 94-99, 1995.
- JP MORGAN & CO.; ARTHUR ANDERSEN LLP FINANCIAL ENGINEERING LTD. *The JP Morgan/Arthur Andersen Guide to Corporate Risk Management*. London: Risk Publications, 1997.
- LAROQUE, E.; LOWENKRON, A.; AMADEO, E.; JENSEN, J. Cenários probabilísticos: conjugando análise de riscos e projeções macroeconômicas. *Documento técnico*, 2003. Lista de riscos disponível em <<http://www.listaderiscos.com.br>>.
- LINSMEIER, T.; PEARSON, N. Risk management disclosure. In: JAMESON, R. (Ed.). *Financial Risk and the Corporate Treasury – New Developments in Strategy and Control*. London: Risk Publications, 1997.
- PEROBELLI, F.; SECURATO, J. Um modelo para gerenciamento de riscos em empresas não-financeiras. *Revista de Administração de Empresas*, v. 4, p. 1-30, 2005.
- RISKMETRICS GROUP. *CorporateMetrics Technical Document*, 1999. Disponível em <<http://www.riskmetrics.com>>.
- SHAPIRO, A.; TITMAN, S. An integrated approach to corporate risk management. In: BROWN, G.; CHEW, D. (Eds.). *Corporate Risk: Strategies and Management*. London: Risk Publications, 1999.
- SIMS, C. Macroeconomics and reality. *Econometrica*, v. 48, p. 1-49, 1980.



STEIN, J.; USHER, S.; LAGATTUTA, D.; YOUNGEN, J. A comparables approach to measuring cash-flow-at-risk for non-financial firms. *Journal of Applied Corporate Finance*, v. 13, n. 4, p. 8-17, Winter 2001.

STULZ, R.; WILLIAMSON, R. Identifying and quantifying exposures. In: JAMESON, R. (Ed.). *Financial Risk and the Corporate Treasury – New Developments in Strategy and Control*. London: Risk Publications, 1997.

VARANDA NETO, J. Determinação do Valor em Risco em Empresas Não-financeiras – Estudo de Caso de Empresa Geradora de Energia. *Anais do VIII SEMEAD*, São Paulo, 2004.

VERMEULEN, E. *Corporate Risk Management: A Multi-Factor Approach*. Amsterdam: Thesis Publishers, 1994.

¹ A pesquisa contou com o financiamento da Capes e do CNPq, em etapas distintas.

² Os resultados relativos às demais empresas da amostra podem ser disponibilizados mediante solicitação.

³ Os *outputs* completos do FPW podem ser disponibilizados mediante solicitação.