



FUNDAÇÃO
GETULIO VARGAS

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS

ESCOLA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

MESTRADO EM FINANÇAS E ECONOMIA EMPRESARIAL

***SUGESTÃO PARA DEFINIÇÃO DO CONCEITO DE VaR PARA
CORPORAÇÕES***

ALESSANDRA AUGUSTA DE LIMA GOMES DA SILVA SOUZA

2008

ALESSANDRA AUGUSTA DE LIMA GOMES DA SILVA SOUZA

Sugestão para definição do conceito de VaR para corporações

Versão Final de dissertação de Mestrado apresentada à Banca Examinadora da Escola de Pós-Graduação em Economia da Fundação Getúlio Vargas como quesito parcial para obtenção do título de Mestre em Finanças e Economia Empresarial.

Professora Orientadora: Eduarda La Rocque

Rio de Janeiro

2008

ALESSANDRA AUGUSTA DE LIMA GOMES DA SILVA SOUZA

Sugestão para definição do conceito de VaR para corporações

Monografia apresentada como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Finanças e Economia Empresarial da Escola de Pós-Graduação em Economia da Fundação Getulio Vargas, submetida à aprovação da banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Eduarda La Rocque – Orientadora
Doutora em Economia, PUC-Rio

Prof. Marco Bonomo – EPGE/FGV
Ph.D. em Economia, Princeton University

Prof. José Santiago Fajardo Barbachan – Ibmecc/RJ
Ph.D. em Economia Matemática, Instituto de Matemática Pura e Aplicada (IMPA)

Rio de Janeiro, 24 de Novembro de 2008.

Este trabalho é dedicado a minhas (muito) amadas Mãe e Irmã; a minha família, brasileira e portuguesa, presente e ausente, apaixonada e apaixonante, companheira, amorosa e da qual muito me orgulho; a meu Marido lindo que me apóia e me completa em tudo na vida; e, em especial, a Eduarda La Rocque pelo incentivo e amizade que tornaram possível a realização de um sonho interrompido.

“Forever is composed of nows”

(Emily Dickinson)

RESUMO

Crescentemente, a importância da acurada mensuração de risco por parte de empresas não financeiras tem despertado o interesse e se tornado relevante no dia a dia operacional das mesmas. Algo até então muito comum e restrito ao âmbito dos bancos, fundos de investimento e instituições financeiras que utilizam o VaR como um dos principais componentes dos seus sistemas de *risk management*. Não há consenso, entretanto, quanto à melhor métrica ou definição para mensuração de risco em empresas. O objetivo deste trabalho é analisar risco de mercado em corporações fazendo uma revisão teórica dos principais conceitos apresentados na literatura sobre o assunto, e propor taxonomia mais adequada para as corporações, aproximando o universo das instituições financeiras ao das não financeiras. Um exemplo prático apresentado na análise da Aracruz Celulose busca demonstrar o grau de complexidade nos cálculos, que aliam *Asset Pricing*, Risco e Finanças Corporativas.

Palavras-Chave: Risco de mercado, Corporações, VaR, *Valuation* Probabilístico, *risk management*, Aracruz Celulose

ABSTRACT

Increasingly, the importance of accurate measurement of risk for non-financial firms has attracted the interest and become relevant in their day to day operations. Something quite common but restricted to banks, investment funds and financial institutions that use VaR as one of the main components of their systems of risk management. There is no consensus, however, as to the best definition or metric to measure risk for corporations. The purpose of this study is to analyze market risks for firms developing a review of the theoretical concepts presented in literature on the subject, and to propose taxonomy more appropriate for corporations, approaching the universe of financial institutions for the non-financial ones. A practical example presented in the analysis of Aracruz Celulose seeks to demonstrate the complexity in the calculations, which combine Asset Pricing, Risk and Corporate Finance.

Keywords: Risk, Corporations, VaR, *Valuation Probabilístico*, *risk management*, Aracruz Celulose

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	3
2. O QUE É RISCO?	5
3. A IMPORTÂNCIA DA MENSURAÇÃO DE RISCOS	9
4. FORMAS DE MENSURAÇÃO DO VaR	12
4.1. VaR de uma Carteira ou Portifólio	12
4.2. VaR para Empresas Não Financeiras	15
5. OUTROS CONCEITOS DE RISCO EM EMPRESAS NÃO FINANCEIRAS	25
5.1. Conceito de Risco aplicado ao <i>Valuation</i> de Empresas	28
5.2. <i>Valuation</i> Probabilístico	31
5.3. Cash flow-at-Risk	33
5.3.1. CFaR e o cash management	37
5.3.2. Mapeamento e Cálculo do CFaR	38
5.3.3. Uso do CFaR para fins de hedge	40
5.4. Earnings-at-Risk	42
6. ESTUDO EMPÍRICO	45
6.1. A Aracruz Celulose	45
6.1.1. O processo de produção	48
6.1.2. <i>Valuation</i>	50
6.2. Cálculos do Valor em Risco da Aracruz Celulose	61
6.2.1. Modelagem das Séries de Celulose e de Câmbio	62
6.2.1.1. Série de Retornos de Celulose	66
6.2.1.2. Série de Retornos do Câmbio	71
6.2.2. VaR Corporativo da Aracruz Celulose	75
6.2.3. <i>Valuation</i> Probabilístico	80
7. CONCLUSÃO	83
8. BIBLIOGRAFIA	85
Apêndice I - Demonstração da obtenção da equação discreta de simulação de preço	88
Apêndice II - Movimento Browniano	90

1. INTRODUÇÃO

Mensurar risco corretamente é assunto que de forma recorrente volta à discussão, toda vez em que o mundo passa para uma nova crise financeira. Historicamente, convencionou-se utilizar o VaR (“*Value at Risk*”) para tal e, assim, o mesmo figura como um importante componente dos sistemas de *risk management* de firmas financeiras e tesourarias, uma medida clara e objetiva do risco consolidado das suas carteiras de investimento. Se usado junto a cálculos de *stress-test*, pode dar aos agentes e investidores uma noção bastante precisa do perfil de risco de mercado¹ incorrido pela instituição e de seus instrumentos financeiros.

Como os ativos que constituem as carteiras de fundos, tesourarias e instituições financeiras em geral são ativos com liquidez e (quase sempre) marcados a mercado, seus valores traduzem com bastante fidelidade os seus reais valores econômicos. Portanto se pode ter, com uma medida única, a variação de patrimônio de um período a outro com bom nível de confiança.

O conceito de *risk management*, entretanto, não está restrito ao mundo dos bancos e instituições financeiras. Também as empresas não financeiras estão crescentemente interessadas em mensurar riscos de mercado incorridos em suas atividades. Entretanto, quando se considera o mundo corporativo, deve-se procurar abordar risco sob uma visão integrada, visão essa que leve em consideração não somente o caixa da companhia, mas também as políticas de *hedge*, seus fluxos operacionais e seu endividamento.

Ao buscar semelhante métrica no mundo corporativo, o que se percebe é que não há consenso quanto a uma melhor definição para mensuração do risco em corporações. De fato,

¹ Risco de Mercado pode ser definido como a perda potencial decorrida de oscilações dos preços de mercado ou parâmetros que influenciam os preços tais como variação cambial, de taxa de juros, preços de ações e índices, de commodities, entre outros. Na próxima seção, esse conceito será revisitado.

será necessário analisar o ponto-de-vista de quem mensura risco para se chegar à métrica mais adequada a cada situação.

Neste trabalho serão analisados os conceitos de risco aplicados a corporações. Far-se-á uma revisão teórica dos principais conceitos apresentados na literatura sobre o assunto. A falta de uma métrica consensual para o cálculo de “valor” em risco para o mundo corporativo, motiva o tema ora apresentado - será sugerida taxonomia que faça sentido para as corporações, assemelhando o conceito utilizado no universo de instituições financeiras para o das não-financeiras.

Finalmente, será apresentada uma aplicação prática onde serão demonstrados dois desses conceitos, suas premissas, as complexidades nos cálculos e simplificações necessárias², e a que cada um melhor se aplica. Através da análise dos resultados finais, será possível criticar e avaliar a melhor forma de utilizar os conceitos, dependendo dos objetivos e do ponto-de-vista de quem mensura o risco. Serão analisados os resultados obtidos na avaliação de uma empresa do setor de celulose, a Aracruz Celulose, aliando técnicas de apreçamento de ativos e Finanças Corporativas. A companhia foi, em 2008, foco do noticiário econômico por conta de operações com derivativos cambiais cuja perda foi estimada em quase 2 bilhões de dólares (podendo chegar a US\$ 3bi+). Uma análise de VaR Corporativo que toma o câmbio como fator de risco é desenvolvida e poderia ter sido utilizada para tentar antever tamanho prejuízo. Uma visão conjunta dos possíveis cenários e resultados financeiros de tal operação que leve em consideração também o caixa da empresa e o fluxo de investimentos (incluindo as expansões já anunciadas) seria absolutamente necessária a uma acurada mensuração dos riscos incorridos pela empresa. O resultado foi uma perda bilionária, demissão do CFO, contratação de uma empresa de consultoria para negociar a zerada da operação com os bancos em um ambiente de dólar apreciado, além da interrupção do processo de fusão com a VCP³.

² Tais simplificações abrem espaço para erros de modelagem que podem comprometer os resultados finais.

³ O episódio chama atenção para o risco operacional, ou seja, aquele relacionado a perdas inesperadas em virtude de sistemas, práticas e medidas de controle serem incapazes de resistir a erros humanos, à infra-estrutura de apoio danificada, a falha de modelagem, de serviços ou de produtos, e a mudanças no ambiente empresarial.

2. O QUE É RISCO?

Em qualquer tipo de aplicação ou investimento, de empresas financeiras ou não, três conceitos são essenciais: retorno, incerteza e risco. Retorno pode ser entendido como a valorização de um ativo ou a apreciação de capital ao final de um horizonte de investimento. Existem, entretanto, incertezas associadas à realização desses retornos. Qualquer medida numérica desta incerteza pode ser chamada de RISCO.

Quando se menciona risco, pode-se estar se referindo - segundo Jorion (1997) - a qualquer um dos seus subgrupos, quais sejam:

i) Risco de Mercado

Depende do comportamento do preço de ativos diante das condições de mercado. Para entender e medir possíveis perdas devido às flutuações do mercado é importante identificar e quantificar o mais corretamente possível as volatilidades e correlações dos fatores que impactam a dinâmica de preço dos ativos. Entre tipos de risco de mercado estão o do mercado acionário, do mercado de câmbio, do mercado de juros e risco do mercado de *commodities*.

ii) Risco Legal

Ocorre quando um contrato não pode ser legalmente amparado por motivos diversos tais como documentação insuficiente, insolvência, ilegalidade, falta de representatividade e/ou autoridade por parte de um negociador, etc.

iii) Risco de Crédito

Relacionado aos potenciais danos causados quando um dos contratantes não honra seus compromissos. As perdas aqui estão relacionadas a recursos que não serão recebidos.

iv) Risco Operacional

Relativo a possíveis perdas como resultado de sistemas e/ou controles inadequados, falhas de gerenciamento e erros humanos. Provavelmente o mais difícil de mensurar e controlar.

No mercado financeiro, costuma-se chamar de risco a dispersão de resultados inesperados no movimento das variáveis financeiras; ele está presente em qualquer operação. Risco é baseado no desvio padrão da série que busca medir o retorno esperado de um investimento (esse último medido pela média da série). Muitas vezes chamado simplesmente de “volatilidade”, risco é tão somente uma medida de volatilidade de curtíssimo prazo (Jorion, 1997). Ou, dito de outra maneira, a medida de dispersão de resultados em torno de sua média (ou valor esperado). Assim, distribuições de resultados possíveis mais “achatadas” indicam ativos com maior risco e distribuições mais “finas”, sinalizam menos risco embutido⁴. O foco deste trabalho será o chamado risco de mercado⁵, objeto de mensuração do VaR.

O VaR ou “*Value-at-Risk*” (Valor em Risco) se traduz em um método para se estimar o valor esperado da perda máxima (ou pior perda) de um portfólio num determinado horizonte de tempo, dentro de um dado intervalo de confiança, em condições de funcionamento normal de mercado. Assim se o VaR diário de uma carteira é 10 milhões de reais, com intervalo de confiança de 95% então em 5% das ocorrências, a perda esperada dessa carteira seria maior do que esse valor. Note que a noção de VaR está associada a riscos de mudança de valor, isto é, a variação do valor de mercado do portfólio de uma data a outra (no exemplo acima de um dia pra outro). Essa noção será relevante quando for introduzido o conceito para corporações.

Matematicamente, temos que:

$$\text{➤ VaR de 1 dia a } (1-\alpha)\% \Rightarrow \Pr [\text{Ln}(P_t) - \text{Ln}(P_{t-1}) \leq \text{VaR}] = \alpha\%$$

O uso do VaR como medida de risco de instituições financeiras em todo o mundo ganhou força no final dos anos 90 com as propostas de regulação feitas pelo Comitê da Basileia. A idéia era adicionar propostas para mensuração de risco de mercado ao acordo anterior, então focado primordialmente em risco de crédito. Em 1994, o banco JP Morgan deu

⁴ Interessante notar que o conceito de risco aplicado a finanças data, na literatura, de mais de quatro décadas – o trabalho de Markowitz, “A Moderna Teoria de Carteiras”, já era baseado em conceitos de risco e retorno.

⁵ A partir desse ponto, sempre que estivermos usando o termo “risco” estaremos nos referindo a risco de mercado.

sua contribuição com a liberação do documento *RiskMetricsTM* e com ele a metodologia de cálculo do VaR.

Em abril de 95, o Comitê da Basileia propôs pela primeira vez que bancos pudessem utilizar seus próprios modelos de mensuração de risco para determinar suas necessidades de capital. No final do mesmo ano também a SEC (“*Securities and Exchange Comission*”) nos EUA passou a exigir das companhias abertas americanas informações quantitativas sobre riscos de mercado incorridos pelas mesmas. (Linsmeier e Pearson, 1997).

Como os ativos que constituem as carteiras de fundos, tesourarias e instituições financeiras em geral são ativos com liquidez e marcados a mercado, seus valores devem traduzir com bastante fidelidade os seus reais valores econômicos. Portanto se pode ter, com uma medida única (o VaR), a variação de patrimônio de um período a outro com bom nível de confiança.

Sem dúvida, o fato de se ter em um único número, o resumo de toda a exposição a risco de uma instituição facilitou a aceitação e a expansão na utilização da medida do VaR. Rapidamente ele se tornou uma poderosa ferramenta usada por todo o “mundo financeiro” e passou a ser mais bem entendida por todos (investidores, empregados, reguladores, membros do *board*, etc.).

Curiosamente, tal “praticidade” é paradoxalmente o grande trunfo e a grande deficiência do conceito de VaR. Por ser risco variável multidimensional, ter uma medida única que consolide em um só número o risco total de uma instituição ou instrumento financeiro exige simplificações. As hipóteses simplificadoras utilizadas para mensuração do VaR irão variar de acordo com seu método de cálculo – se metodologia analítica (a indicada no documento *RiskMetricsTM* e de maior número de simplificações) ou de simulações de preços (nesse caso podem-se usar dados históricos como cenários para cálculos ou pode-se gerá-los aleatoriamente na chamada simulação de Monte Carlo).

O VaR surgiu para instituições financeiras e se mostra até hoje como a métrica mais utilizada pelas mesmas. Se usado junto a cálculos de *stress-test*, pode dar aos agentes de mercado uma noção bastante precisa do perfil de risco incorrido pela instituição e/ou instrumentos financeiros.

É usual para instituições financeiras calcular seu VaR para um dia de variação dada o *turnover* comumente alto das suas posições. Para empresas e outros agentes (como fundos de pensão, por exemplo) talvez essa frequência não vá fazer tanto sentido e sejam mais úteis cálculos de variação de valor do portfólio mensais ou semanais. Esse ponto será novamente explorado mais a frente.

O intervalo de confiança utilizado para cálculo do VaR é também em si uma variável de escolha, os mais comuns no mercado financeiro sendo os de 99% e 95% de confiança. Notar, entretanto, que maiores intervalos implicam em maiores valores de VaR (para uma mesma distribuição) uma vez que se consideram mais observações ou uma porção maior das caudas da distribuição. Níveis de confiança muito altos dão informação sobre eventos que aconteceriam teoricamente mais raramente. Há de se considerar se esse é o objetivo mais apropriado para a medida.

3. A IMPORTÂNCIA DA MENSURAÇÃO DE RISCOS

“Orange County, Barings, Metallgesellschaft, Showa Shell, Daiwa... Some of the world’s largest financial entities have lost billions of dollars in financial markets. In most cases, senior management poorly monitored the exposure to market risks.”

Jorion (1997)

Essa é a primeira frase do prefácio do livro de Philippe Jorion, *“Value at Risk: the new benchmark for controlling market risk”*, de 1997.

Dez anos se passaram. Substitua os nomes das instituições financeiras acima por Citibank, Merrill Lynch, Bear Stearns, UBS e Morgan Stanley (entre outros) e teremos um retrato do que ocorre agora no mundo financeiro globalizado. O setor financeiro mundial sofre com os impactos de um *credit crunch* global sem precedentes, detonado pela chamada crise dos empréstimos *subprime* no mercado imobiliário norte-americano. Perderam não só bilhões de dólares (na verdade, chega-se a falar de montante total na casa de trilhões) como também executivos de primeira linha e até seus *CEO’s* (*“Chief Executive Officer”*, o principal executivo da companhia) foram afastados por seus Conselhos de Administração. Algumas instituições simplesmente faliram.

As inovações financeiras e a engenhosidade dos agentes de mercado na criação de novos produtos que lhes garantissem melhores retornos num ambiente de taxas de juros baixas por um “longo” período, cobra agora seu preço⁶. Grandes bancos e corretoras no mundo perderam entre 30 e quase 50% de seu valor de mercado no ano de 2007. O medo é de uma recessão global nos próximos anos. E, mais uma vez, a eficiente e acurada mensuração de risco vem à tona na discussão.

⁶ Essa está longe de ser uma visão consensual; é a leitura particular da autora sobre a questão.

Mensuração dos riscos incorridos em mercado. Para o caso de mensuração por instituições financeiras, o VaR aparece como um importante componente dos seus sistemas de *risk management* pois permite que as firmas meçam e controlem os riscos de mercado incorridos por suas posições em carteira, de maneira clara e objetiva.

Pode-se imaginar a preocupação do CEO de um banco como o Citibank, por exemplo, ao final de cada dia na tentativa de apurar o risco consolidado de todas suas posições, em todos os mercados, de todos os *traders*, em todas suas filiais, para cada unidade de negócio, em cada continente do planeta... Se não houver uma medida de fácil acesso e compreensão, a mensuração se torna inviável. E o CEO facilmente perderia seu emprego ao gaguejar na reunião de acionistas. A importância, portanto, de mensuração de riscos incorridos vai desde um simples relato gerencial à integração entre áreas e à avaliação de performances. Permite uma visão consolidada do risco incorrido pela companhia e torna decisões de hedge e/ou alavancagem mais transparentes e eficientes. Isso é especialmente relevante num mundo onde as inovações financeiras aparecem com uma velocidade impressionante, onde os negócios são crescentemente globalizados (e/ou integrados globalmente), onde as companhias são cada vez mais corporações globais e onde o uso de instrumentos não lineares (como os derivativos) ficou tão popular quanto o uso de papéis de renda fixa pós-fixada do Tesouro⁷.

O conceito de gerenciamento de risco não está, todavia, restrito ao mundo dos bancos e instituições financeiras. Também as empresas (corporações) estão crescentemente atentas aos benefícios da utilização de uma criteriosa análise dos riscos incorridos em seus negócios⁸.

Um exemplo bastante claro dessa necessidade foi atestado no final de Setembro/08 com a perda financeira reportada por algumas empresas exportadoras brasileiras, dentre elas,

⁷ Será que a questão é só de mensuração e grandes bancos como Citibank, UBS, Merrill Lynch não calcularam corretamente seus riscos? A resposta que parece razoável é que não seria esse exatamente o problema. Certamente o assunto mereceria um trabalho inteiramente dedicado aos reais motivos das perdas para os bancos e fundos de investimentos. O que talvez se possa dizer, na leitura particular da autora, é que parece ter havido falta de regulação e um excesso na utilização de estruturas “fora de balanço” que carregavam os ativos mais arriscados de forma a não contaminar os balanços das firmas financeiras.

⁸ Historicamente, as empresas quando pensavam em riscos focavam sua atenção no ambiente concorrencial e talvez em um ou outro fator da Economia (o que mais a afetava provavelmente) para tentar traçar cenários mais ou menos favoráveis no futuro e tomar as decisões estratégicas necessárias.

a Aracruz Celulose, empresa objeto deste estudo⁹. A perda, estimada como sendo da ordem de 1,95 bilhões de dólares (podendo chegar a mais de US\$ 3bi – perda potencial) se deu por conta de operações com derivativos cambiais, numa estratégia da companhia de minimizar resultados adversos num ambiente de real se apreciando frente ao dólar e, portanto, receitas em reais menores (dolarizadas) e custos relevantes mais elevados (aqueles em moeda local). O que parece ter ocorrido foi uma falha ou descaso nas políticas de *risk management*. Uma visão conjunta dos possíveis cenários e resultados financeiros de tal operação (em que se considerasse também o caixa da empresa e o fluxo de investimentos) seria primordial para uma acurada mensuração dos riscos incorridos pela companhia. O resultado foi, além da perda bilionária, a depreciação de seus *ratings* de crédito, a demissão do CFO, a contratação de uma empresa de consultoria para negociar a zerada da operação com os bancos em um ambiente de dólar apreciado (e se apreciando cada vez mais em função da piora da crise financeira global e dos temores de uma recessão mundial) e, finalmente, a interrupção do processo de fusão com a VCP Celulose. Mais grave ainda foi a queda do valor da companhia em bolsa que desde o anúncio à CVM¹⁰ das expectativas com as perdas soma mais de 69% (período de pouco mais de um mês), mais do dobro da depreciação observada no Ibovespa (da ordem de 29%) no mesmo período¹¹ – a maior queda em 14 anos.

O que se nota, entretanto, é que a visão de riscos nas corporações está se ampliando muito, rumo a essa visão integrada de riscos, envolvendo também aspectos relativos a controles internos e governança corporativa, falhas claras incorridas pela Aracruz. Para se ter uma idéia, quando da comunicação à CVM em 25 de Setembro de 2008, a empresa revela NÃO SABER o tamanho do prejuízo causado pela operação financeira com derivativos, que estaria buscando acessar tal valor e que procuraria divulgá-lo no resultado trimestral do 3.o quarto, então somente tornado público no início de Outubro.

“(…) Risk Management can play [a role] in strengthening corporate governance from the point of view of boards of directors, management and internal control functions.”

Governor Susan S. Bies (FED, 2002)

⁹ Tais operações não se limitaram à Aracruz Celulose, mas afetaram também os resultados de outras empresas exportadoras como a Votorantim e a Sadia Alimentos, por exemplo, dentre outras.

¹⁰ Comissão de Valores Mobiliários.

¹¹ De 25 de Setembro a 07 de Novembro de 2008. Fonte: Bloomberg.

Essa afirmação não se refere apenas a riscos de reputação ou estratégico (erros em *due diligence* para aquisições, ou uma campanha de marketing dispendiosa, por exemplo), mas também ao risco de mercado. A questão que imediatamente se coloca então é qual a melhor (ou a mais adequada) forma de medir o risco de mercado em companhias não financeiras. Ou, colocado de outra maneira, como calcular o valor em risco de uma corporação que possui ativos de natureza e liquidez diversas.

A seguir, far-se-á uma revisão dos conceitos de risco e de sua mensuração através do VaR aplicada a instituições financeiras. Será então colocada a seguir a questão das dificuldades e particularidades de adaptação de tal métrica para empresas não financeiras e sugerida taxonomia mais adequada.

4. FORMAS DE MENSURAÇÃO DO VaR

4.1. VaR de uma Carteira ou Portifólio

Nas seções anteriores foi apresentada uma breve discussão sobre risco e sobre sua forma mais comum de mensuração no “mundo financeiro”, o VaR. Resta descrever como medir o VaR para uma distribuição qualquer.

Seja¹²:

W_0 = valor inicial do portfólio

R = taxa de retorno (de valor esperado μ e volatilidade σ)

$W = W_0(1+R)$ = valor do portfólio ao final do intervalo de tempo escolhido

Vamos definir $W^* = W_0(1+R^*)$ como o menor valor de W a um dado intervalo de confiança $(1-\alpha)$. O VaR do portfólio seria dado então por: $VaR = W_0 - W^* = -W_0 R^*$

\therefore Encontrar o VaR seria o equivalente a definir o valor mínimo W^* ou o retorno R^* . Matematicamente, VaR pode ser derivado da distribuição de probabilidade do valor futuro do portfólio $f(w)$ de tal forma que, a um dado nível de confiança $(1-\alpha)$, se deseja calcular o menor valor W^* tal que a probabilidade de W ser menor que W^* seja menor que α :

$$\alpha = \int_{-\infty}^{W^*} f(w) dw = P(w \leq W^*) = p$$

Ou seja, a área na distribuição compreendida entre $-\infty$ e W^* deve ser igual a α (W^* recebe o nome de quantil da distribuição).

Notar que a distribuição foi tomada como uma distribuição qualquer. O cálculo do VaR pode ser bem simplificado se supusermos que a distribuição em questão é uma distribuição normal; ou ainda se a aproximarmos a tal. Nesse caso, o VaR da distribuição seria tão somente um múltiplo de seu próprio desvio padrão. Tal aproximação, chamada de paramétrica, consiste em traduzir ou transformar a distribuição “real” numa normal de média

¹² Para desenvolvimento mais detalhado, ver Jorion (1997)

zero e desvio padrão unitário. A partir daí, encontra-se o desvio padrão tal que a área a sua esquerda seja igual a α (usando a tabela da Normal).

Por simplificação, foram considerados os retornos e desvios-padrão do portfólio como um todo, como se fossem todos (em conjunto) um único ativo. Sendo um pouco mais rigorosos, o retorno do portfólio na verdade seria dado pelo somatório dos retornos dos ativos individualmente. O método de mais fácil implementação é sem dúvida o método *delta-normal*. Ele assume que os retornos são normalmente distribuídos e, portanto, o retorno do portfólio será uma combinação linear dos retornos individuais dos ativos (e logo, também normal). A variância do portfólio nesse caso seria dada então pela matriz de variância-covariância entre os ativos.

Naturalmente, o método é particularmente eficaz e simples para carteiras onde o uso de derivativos inexistente ou ainda se seus componentes não apresentam características de opcionalidade. Para portfólios com opcionalidades embutidas (tais como hipotecas), o uso do método de Simulação de Monte Carlo é o mais indicado. Vale lembrar que a metodologia de Simulação de Monte Carlo captura toda e qualquer não-linearidade de posições, mas torna cálculos mais pesados e exige maior esforço de carregamento dos dados e computacional. Através de seu uso, procurar-se-á gerar o maior número de cenários de preços possível e, portanto, o maior número de correspondentes valores de portfólios possível. Quanto maior o número de iterações utilizado, mais próxima da distribuição de valores do portfólio real estará a simulação¹³. O valor do VaR será aquele que corresponderá ao nível de confiança escolhido na distribuição simulada.

Por fim, vale mencionar a metodologia de simulação histórica para cálculo do VaR onde são estimadas as mudanças no valor do portfólio através do uso de variações de preços e taxas observadas no mercado no passado. Nesse caso, usar-se-ia cenários passados para avaliar o comportamento e o valor da carteira de ativos (como ela é hoje) sob tais condições.

¹³ Deve-se analisar o *trade-off* entre número de cenários possíveis e esforço computacional e avaliar quão próxima da distribuição de preços real se deseja estar.

4.2. VaR para Empresas Não Financeiras

Ainda que possa ser utilizada a metodologia do VaR nas tesourarias de empresas (gestão do caixa) sem maiores diferenças de quando se utiliza a mesma metodologia para instituições financeiras, em companhias não financeiras se deve procurar adotar uma visão integrada. Visão essa que leve em consideração não somente o seu caixa, mas também suas políticas de hedge, fluxos operacionais e endividamento. De fato, empresas de diferentes ramos têm adotado mensurações para risco de mercado, particularmente se estão envolvidas em operações com derivativos (como é caso das empresas de aviação de baixo custo no Brasil que fazem hedge de seus custos com combustível, por exemplo. Ou o caso já comentado da Aracruz Celulose que falhou em mensurar os riscos de suas operações financeiras com derivativos cambiais).

Os motivos que levam as corporações a se importarem com riscos são os mesmos que os bancos: atividades muitas vezes globais, necessidade de consolidar o risco das diferentes áreas de atuação da firma, acesso rápido a informação caso haja a necessidade de algum hedge... Enfim, o incentivo para mensuração e gerenciamento de riscos independe do tipo de indústria em que cada corporação está envolvida ou se ela é ou não uma empresa financeira.

O que irá variar entre empresas financeiras e não financeiras é:

- ✓ Nem sempre é fácil a adaptação dos conceitos do “mundo financeiro” para o “mundo corporativo” (do ponto de vista cultural principalmente);
- ✓ As empresas não financeiras estarão preocupadas não somente com o “valor esperado de seu portfólio” numa data futura mas também com a possibilidade de interrupção de sua geração de caixa ou fluxo de pagamentos qualquer. Em outras palavras, estarão preocupadas não só com os riscos do *estoque* mas também com os riscos do *fluxo*;

✓ Corporações nem sempre tem seu fluxo de caixa claramente mensurável (como ocorre no caso das instituições financeiras), o que cria dificuldades para mensuração dos riscos de mercado incorridos;

✓ As estruturas contábeis de “Ativos” e “Passivos” são diferentes para empresas financeiras e não financeiras.

Realmente, talvez a principal diferença entre o mundo das instituições que operam um *trading book* das que não operam seja a liquidez das posições de suas carteiras. Bancos em geral têm em seus portfólios ativos de alta liquidez que podem ser transformados em caixa (se necessário) com relativa rapidez e facilidade. Foi no mundo financeiro que nasceu a moderna abordagem de gestão de risco; e justamente por isso, é natural supor que as principais preocupações estejam em determinar “valor”. Não é mera coincidência, portanto, que a sua principal métrica (mais especificamente, o VaR) tenha foco em mensurar variação de valor.

Medir o valor da carteira das corporações, entretanto, pode ser uma tarefa nada trivial. Em muitos casos ela não é composta de ativos que são negociados em mercados organizados. Em geral é composta por diferentes tipos de ativos (usinas e imóveis, por exemplo) e nem sempre é fácil atribuir-lhes um valor monetário. Mesmo fazendo a suposição de que seja fácil a mensuração de seu valor, sob que ponto de vista se deverá olhar? O valor de um ativo para a empresa poderá ser absolutamente diverso do valor do mesmo ativo para o mercado. O valor do ativo para o credor talvez em nada se pareça com o valor para o acionista. E ainda: ao se analisar o “valor” de algo, deve-se usar valor econômico ou patrimonial como métrica nas análises¹⁴?

¹⁴ De fato, chegar ao valor econômico da empresa já é por si só uma questão controversa (vide inúmeros exemplos recentes de aquisições ou incorporações que tiveram seus valores ou razões de troca questionados pelos acionistas minoritários junto à Justiça ou a Comissão de Valores Mobiliários brasileira). As hipóteses empregadas na determinação do valor de uma empresa através, por exemplo, da metodologia de análise de seu Fluxo de Caixa Descontado (ou DCF – “*Discounted Cash Flow*”) vão inferir diretamente no “número” encontrado.

Uma feliz afirmação sobre mensuração do risco em corporações foi dada por Shimko (1996) ao afirmar que “a melhor abordagem de VaR para empresas provavelmente conterà múltiplas facetas”. Ainda que se faça as adaptações necessárias no VaR para sua utilização por empresas (que denominaremos aqui de “VaR Corporativo”), ele será sozinho uma medida não suficiente. Há a necessidade de outras métricas que se adequem às particularidades e objetivos do mundo corporativo.

Vários artigos escritos principalmente a partir da segunda metade da década de 90 ressaltam a impotência do VaR junto a corporações e até propõem metodologias alternativas. Stulz (1996), por exemplo, propõe que a gestão de risco em empresas seja um meio de evitar a falência financeira da mesma (“*financial distress*”), uma dimensão absolutamente não capturada pelo VaR. Turner (1997) sugere que se use o arsenal introduzido pelo VaR e o estenda de forma a se chegar a um número que faça sentido para as corporações. Neste sentido, o VaR seria visto como medida de perda potencial de algum fluxo de caixa ao invés do conceito de perda potencial de patrimônio do VaR “tradicional”; essa metodologia se convencionou chamar de “*CashFlow-at-Risk*”, ou CFaR. Há uma diferença ao mesmo tempo sutil e primordial nessa abordagem: enquanto o VaR foca em valor presente, o CFaR se preocupa com fluxo futuro. Voltaremos a examinar essa medida um pouco adiante, na sessão “Cashflow-at-Risk”.

Fato é que não há consenso quanto a melhor definição para mensuração do risco corporativo ou sobre uma melhor métrica. De fato, será necessário analisar o ponto de vista de quem mensura o risco para se chegar a métrica mais adequada. Em função de não haver consenso, este trabalho sugere uma taxonomia que possa fazer sentido para as corporações, para instituições sem um *trading book*, tentando aproximá-la ao máximo do conceito de VaR para finanças.

Se o interesse de quem analisa o risco numa corporação será uma variação de seu valor econômico¹⁵, então, propõe-se aqui como medida mais apropriada, aquela que guarda

¹⁵ Muitas vezes confundidos, os conceitos de valor econômico e valor patrimonial não necessariamente se equivalem. O valor patrimonial é uma das técnicas para determinação do valor econômico, juntamente a outras

maior analogia com o VaR em finanças. Será assim possível definir tal métrica como o **VaR Corporativo**, tal que:

➤ VaR Corporativo: perda potencial (máxima) de valor econômico num dado horizonte de tempo a um nível de significância $\alpha\%$ (confiança $1-\alpha\%$), ao se levar em consideração todos os fluxos de caixa da empresa.

Ou seja, é o VaR “tradicional” (de finanças) sob uma abordagem mais geral e integrada que leva em consideração diferentes aspectos que devem ser tratados de forma consolidada no mundo corporativo tais como gestão do caixa, da dívida, de hedge e dos fluxos operacionais. Matematicamente falando, a definição não muda; o que muda são as equações de mapeamento, as projeções de volatilidade e o horizonte relevante.

Volta-se a ressaltar que os fluxos operacionais e de dívida podem não ser compostos por ativos líquidos, que sejam negociados em mercados ou de apreçamento direto. Mais que isso, ainda que seja possível a marcação a mercado, não necessariamente o valor presente esperado de fluxos futuros se traduz em “preço de mercado”. Ainda há de se considerar aspectos peculiares de algumas empresas ou setores da Economia como o setor de *commodities*, por exemplo. Avaliações para corporações de tal setor devem levar em conta a possibilidade de comportamento das *commodities* de reversão a média (bastante distinto do observado em séries financeiras) que impacta suas projeções de volatilidade e gestão de riscos.

Outro fator a se considerar é na análise dos fluxos operacionais. Além da questão de marcação a mercado, deve-se tomar extremo cuidado com a taxa de desconto utilizada no cálculo de valor presente dos fluxos. E ainda no tratamento que se deve dar aos fluxos

metodologias como a do Fluxo de Caixa Descontado e a Avaliação por Múltiplos. O Patrimônio Líquido de uma empresa é facilmente calculado e se refere tão somente à diferença entre ativos e passivos da mesma. Se a empresa é nova, esse valor pode espelhar bem seu valor econômico; mas ao longo do tempo fatores como depreciação dos ativos e inflação (dentre outros) distanciam os seus valores econômico e patrimonial. Em muitos casos, o valor do Patrimônio Líquido não possui sequer vínculo direto com o operacional da companhia. Note que a metodologia de valor patrimonial será considerada como forma de avaliação sempre que se perceber que há mais valor nos ativos que no potencial de geração de caixa (e lucros) através dos mesmos.

operacionais. Para tal, recorre-se à técnicas de avaliação da teoria de Finanças Corporativas. Segundo o modelo do CAPM o valor da empresa é dado pelo valor presente de seus fluxos operacionais futuros, descontados a uma taxa ajustada a risco. Portanto, a determinação do valor presente dos fluxos operacionais de uma empresa passa, antes de mais nada, pela discussão sobre as taxas de desconto a serem utilizadas.

É comum que se utilizem as taxas de dívida e capital próprio (*equity*) da companhia, ponderadas por sua estrutura de capital, chegando-se assim ao WACC¹⁶ que avalia o custo de capital da empresa levando em consideração suas ponderações em dívida e *equity*.

Matematicamente, temos que:

$$WACC = (1 - D/F) \cdot K_e + (D/F) \cdot (1 - \tau) \cdot K_d$$

Onde:

K_e = custo de *equity* (também denominado custo do capital próprio)

K_d = custo de dívida (capital de terceiros)

D/F = valor da dívida sobre valor da firma (valor da firma = dívida + *equity*)

τ = alíquota de imposto de renda

Notar que a escolha das variáveis faz toda a diferença. A definição dos custos de dívida e capital próprio deve ser feita pelos proprietários ou executivos da empresa com rigor. O custo de *equity*, por exemplo, deve levar em conta o custo de oportunidade dos proprietários da firma. Do contrário, se o retorno esperado do seu capital na companhia for menor que o obtido em outro qualquer investimento (em particular em investimentos com menor risco percebido), não faria sentido manter a firma funcionando.

Mas também aqui existem questões a serem consideradas. Tomando como exemplo a empresa em análise na aplicação empírica deste trabalho, a Aracruz Celulose: uma companhia

¹⁶ “WACC” é o custo de capital ponderado pela estrutura de capital da empresa ou o “*Weighted Average Cost of Capital*”.

nacional essencialmente exportadora; que tem suas ações negociadas tanto no mercado brasileiro quanto no mercado americano através de seus ADRs (“*American Depositary Receipts*”), sendo que possui maiores volumes financeiros negociados no segundo. No cálculo de sua taxa de desconto, que beta¹⁷ se deveria utilizar? O beta em relação a um índice local de bolsa como o Ibovespa ou a um índice americano como o S&P 500 já que é lá que a ação tem maior liquidez? Qual seu custo de dívida e de capital próprio? A resposta a essas perguntas resultará em taxas de desconto bastante diversas e, portanto, valores “justos” para a empresa absolutamente discrepantes.

Nas considerações sobre o custo de *equity*, diferentes modelagens poderão ser utilizadas, dependendo do objeto de estudo. Na visão da autora, seria indicado o uso do modelo puramente global de um fator para a empresa escolhida para a análise empírica deste trabalho. A escolha de tal modelo se deve ao fato, como já mencionado, da empresa ser essencialmente exportadora (ter, portanto, seu fluxo determinado em dólares já que o preço de venda da celulose é dolarizado), e principalmente negociar com muito mais liquidez no mercado americano (NYSE). Razão pela qual também o beta do papel será calculado contra o S&P 500. Por esse modelo, temos que o custo do capital próprio é definido como sendo:

$$K_e = R_{fg} + \beta_{gi} * PRMG + \Delta \text{inflação}^{18}$$

Onde:

K_e = custo do capital próprio

R_{fg} = taxa livre de risco em dólar (geralmente uma taxa de longo prazo como a das *Treasuries* de 10 anos)

β_{gi} = beta global

PRMG = prêmio de risco para o mercado global - segundo Graham & Harvey (2006)

$\Delta \text{inflação}$ = diferencial de inflação entre Brasil (IPCA) e EUA (CPI) - dado que os fluxos de caixa serão expressos em reais na avaliação da empresa por DCF¹⁹.

¹⁷ O beta entra no cálculo do custo de capital próprio como será visto logo a seguir. Ele é obtido através da regressão linear entre as séries dos retornos de dois ativos.

¹⁸ Para empresas domésticas ou com maior liquidez na bolsa brasileira utilizaríamos um beta contra o Ibovespa e o modelo puramente doméstico de 1 fator para o cálculo do custo de *equity*. Neste caso o PRMG seria substituído pelo PRMD (prêmio de risco do mercado doméstico) e o R_{fg} pela taxa livre de risco local de longo prazo (por exemplo, uma NTN-F de 10 anos).

Já o custo de dívida deveria refletir o custo *marginal* da dívida. Naturalmente, fica mais transparente obter esse número quando se tem a dívida (ou boa parte dela) negociada em mercado secundário, o que nem sempre acontece. Será considerado o custo de endividamento antes de impostos para a empresa levando em conta suas fontes de financiamento interno e externo e seus respectivos custos associados. Caso não seja possível, dever-se-á arbitrá-lo a partir do *rating* da companhia usando as taxas médias de mercado para o rating e prazo correspondentes.

O mapeamento dos fluxos operacionais para cálculo do VaR Corporativo deve contemplar que também as variações na taxa de desconto no tempo constituem um fator de risco a ser considerado. Na realidade não se tem apenas um WACC, mas uma estrutura a termo de WACC's com uma taxa diferente para cada prazo²⁰.

Sendo assim, teremos:

$$WACC = (1 - D/F) \cdot K_e + (D/F) \cdot (1 - \tau) \cdot K_d$$

E então:

$$WACC = (1 - D/F) \cdot (R_{fg} + \beta_{gi} \cdot PRMG + \Delta \text{inflação}) + (D/F) \cdot (1 - \tau) \cdot K_d$$

Que pode também ser escrito como:

$$WACC^{21} = (1 - D/F) \cdot (R_{fg} + \lambda_{\text{Brasil}} + \beta \cdot E) + (D/F) \cdot (1 - \tau) \cdot (R_{fg} + \lambda_{\text{Brasil}} + \lambda_{\text{empresa}})$$

Onde:

λ_{Brasil} = prêmio de risco Brasil

λ_{empresa} = prêmio de risco da empresa (no caso, da Aracruz Celulose)

¹⁹ Adiciona-se o diferencial de inflação (Inflação no Brasil menos Inflação nos EUA) para se obter o custo de capital próprio para um fluxo de caixa expresso em reais. Para um fluxo de caixa expresso em dólares, basta calcular $K_e = R_{fg} + \beta_{gi} \cdot PRMG$

²⁰ A título de simplificação, será considerado WACC constante neste trabalho.

²¹ Para fluxos expressos em dólar.

Resta tratar agora os fluxos operacionais. Para o cálculo do VaR, basicamente é feita uma expansão de Taylor de primeira ordem em relação aos fatores de risco que determinam o valor daquele fluxo. Portanto para a avaliação em reais de um fluxo operacional de uma exportadora teremos:

$$\text{Valor Presente}_{R\$} = (\text{Fluxo}_{U\$} / (1 + \text{WACC})^{(T-t)/360}) * e_{R\$/U\$}$$

Onde:

$e_{R\$/U\$}$ = taxa de câmbio spot

Assim, deverá se chegar a uma equação de mapeamento através de uma expansão de Taylor do valor presente de seu fluxo em função de seus fatores de risco: taxa de câmbio spot, taxa livre de risco e prêmio de risco Brasil (facilmente verificável pelas últimas 2 equações). O VaR corporativo será dado pelo conjunto das exposições dos fatores de risco de todos os fluxos operacionais, das exposições e aplicações do caixa, do hedge e das dívidas.

Como já havia sido indicado para o caso das instituições financeiras, também aqui deverá ser calculada a matriz de variância-covariância dos retornos dos fatores de risco. Tomando o cuidado de possíveis efeitos de reversão à média, como mencionado anteriormente, dados os horizontes de tempo mais alargados utilizados no cálculo de VaR para corporações. Se para um banco, um dia ou dez dias fazem muita diferença quando da mensuração de seu valor com as oscilações de mercado, para empresas o horizonte de um mês tende a ser mais adequado.

Uma vez calculado, o VaR corporativo dará ao gestor, aos executivos no comando e/ou ao dono da companhia em quanto poderá potencialmente variar o valor econômico da sua empresa no horizonte de tempo considerado, para um dado nível de confiança. Assim, se terá uma noção consolidada de todos os projetos, riscos e exposições da empresa naquele período, além de haver a identificação dos fatores de maior efeito e peso, aqueles que estariam servindo de hedge ou de alavancagem para os fluxos.

5. OUTROS CONCEITOS DE RISCO EM EMPRESAS NÃO FINANCEIRAS

Foi dito da importância e dificuldades para a mensuração de riscos em empresas não financeiras na seção anterior. Uma delas é a da medida de seus ativos e instrumentos de dívida a mercado, uma tarefa nem sempre fácil. Um aspecto que deve ser levado em conta quando da mensuração dos riscos de mercado incorridos no negócio da corporação é, como já mencionado, o fato de se encarar a empresa como uma única carteira, integrada.

Isso implica na identificação de *hedges* naturais para os fluxos operacionais, o que poderá evitar, por exemplo, custos desnecessários de proteção que seriam de outra forma considerados, caso a empresa fosse entendida como um somatório de unidades independentes e não de forma integrada. Daí a importância de, quando da mensuração do risco de mercado, se levar em conta as projeções (confiáveis) de fluxo de caixa futuros de curto e longo prazos, a carteira de dívidas e o plano de investimentos. E, uma vez com tais dados consolidados, testar cenários e elaborar as melhores estratégias para cada um deles.

Notar que todo o esforço em considerar adequadamente os fluxos e enxergar a empresa de forma integrada, visa acima de tudo buscar meios de ampliar o seu valor para os acionistas, protegendo sua trajetória e minimizando os efeitos de eventos extremos não desejáveis. Um exemplo quase direto é o da saúde financeira da organização, algo que tira o sono de muitos empresários e executivos (no Brasil em décadas passadas, e nos EUA e Europa mais recentemente) de setores e companhias de alta alavancagem financeira. Políticas de preservação de saldos mínimos em caixa e/ou de proteção do plano de investimentos em situações de dificuldades financeiras podem ter correspondido ao diferencial entre a sobrevivência ou não de muitas empresas. Inúmeros os casos ainda daquelas que devem ter se deparado com o dilema de ter que postergar ou declinar excelentes oportunidades, ou de ter que interromper planos de investimento pré-acordados em função de cenário econômico adverso²². Um exemplo direto seria o das companhias de construção civil que, por anos,

²² Curiosamente, exatamente o que ocorre nesse momento com o projeto de fusão da VCP com a Aracruz Celulose que foi postergado em função das condições de mercado e das perdas com derivativos da segunda.

passaram por inúmeros percalços para sobreviver num ambiente de taxas de juros elevadas no Brasil e pouca (ou quase nenhuma) estratégia de financiamento para a construção ou para os clientes. Hoje elas correm para suprir o enorme déficit habitacional que se criou no país e concorrem entre si na disputa por mercado, particularmente o de baixa renda.

Portanto, uma gestão seletiva de riscos que vise reduzir custos de subinvestimentos, que considere os fluxos de caixa da empresa e sua volatilidade no tempo, que entenda e preserve a correlação positiva dos seus resultados com o preço de seus produtos se mostra como a mais eficaz para garantir o sucesso das companhias. Ao ponto de interferir na competitividade das mesmas uma vez que busca mensurar e gerenciar riscos que afetam os seus fluxos operacionais e que analisem a capacidade financeira e de solvência das corporações.

Os argumentos enumerados até aqui versam sobre as vantagens da mensuração de riscos para empresas do ponto de vista de solvência, competitividade e capacidade (ou não) de crescimento (novas oportunidades de negócios) via endividamento. Ou seja, quase sempre argumentos relevantes sob a ótica do credor. Para o agente que empresta recursos a empresas para seus investimentos e necessidades de caixa (capital de giro), é de suma importância analisar aspectos relacionados à sua solvência, a sua capacidade de pagamento via fluxos operacionais e, logicamente, os riscos envolvidos na não ocorrência dos mesmos.

Mas os sistemas de mensuração e gerenciamento de riscos também devem ajudar em questões internas para a própria companhia como a capacidade de pagamento de fornecedores, das despesas operacionais e financeiras incorridas, ou ainda da amortização de dívidas. Notar que, nesse caso, há uma sutil mudança no ponto de vista da mensuração: agora, as questões relacionadas à “solvência” (riscos dos fluxos operacionais não se materializarem) estão na pauta de preocupações dos executivos da empresa e, em última instância, dos acionistas e do mercado financeiro²³. Seja por questões relativas ao pagamento de lucros via dividendo ou a capacidade da companhia em saldar seus compromissos e abater suas dívidas,

²³No caso de empresas de capital aberto listadas em bolsa de valores. Adicionará valor à empresa uma política de transparência junto aos investidores, em concordância com o exigido pelo regulador.

uma gestão responsável de riscos ajuda investidores e acionistas a melhor avaliarem as perspectivas para a empresa, gerando mais valor para a mesma. E, felizmente, transparência e melhor governança corporativa têm se mostrado importantes elementos de diferenciação das empresas, sendo cada vez mais valorizados e valorados pela comunidade financeira e empresarial global.

5.1. Conceito de Risco aplicado ao *Valuation* de Empresas

Ao realizar suas análises microeconômicas (saúde financeira das companhias em mercado, suas perspectivas de crescimento, mensuração do valor/preço justo dados seus fluxos operacionais e investimentos, etc.), o mercado financeiro se baseia em fatos e interpretações. Os analistas ao conversar com os executivos das empresas, entendem qual o cenário mais provável com o qual trabalha a companhia. Ouvem e consideram se as hipóteses e premissas levadas em consideração por esses executivos são factíveis, se são viáveis. Inferem alguns pontos e utilizam de sua experiência para criticar os números e cenários sugeridos pelas empresas para chegar a números finais de resultados trimestrais ou anuais e propor em seus relatórios e análises a compra ou a venda dos papéis em bolsa. Tudo isso baseados em cenários macroeconômicos carregados de premissas consensuais de mercado ou da instituição que faz a análise. O que se estuda é um cenário mais provável de realização dos fluxos de caixa esperados que possa trazer determinado valor para as ações da companhia²⁴.

O mercado trabalha, portanto, com “cenários-base” quando do *valuation* das empresas abertas. Os analistas avaliam os valores mais prováveis de câmbio, taxas de juros (local e externa), avaliam cenários mais prováveis de demanda e elasticidade, para citar alguns exemplos, e calculam os fluxos de caixa esperados. Batem esses resultados constantemente com as empresas, de forma a ter suas estimativas periodicamente revisadas e mais próximas da realidade possível, para que assim também o preço da ação reflita a realidade das companhias. Para os analistas em mercado seria extremamente penoso ter que considerar todos os cenários possíveis para a realização (ou não) dos fluxos operacionais esperados. Do ponto de vista computacional e do ponto de vista do trabalho que teria o próprio analista em acompanhar e atualizar informações uma vez que, não raro, ele é responsável pela avaliação de mais de uma empresa ao mesmo tempo²⁵.

²⁴ Fica clara a importância da transparência e clareza nas informações que são passadas pelas empresas, particularmente as companhias de capital aberto: informações erradas, incorretas ou omitidas levam a avaliações equivocadas. Informações atualizadas e transparentes minimizam surpresas desagradáveis aos investidores, diminuem a volatilidade dos resultados e, conseqüentemente, agregam valor às companhias.

²⁵ Em geral, os analistas de empresas do mercado financeiro são divididos por setores. Assim, a menos que o setor em bolsa tenha apenas um representante, cada profissional estará responsável pela análise de pelo menos 2 empresas de um mesmo setor, podendo acumular ainda mais de um setor sob sua cobertura.

As empresas, entretanto, farão suas projeções da maneira mais acurada possível para o horizonte considerado. Medir fluxo de caixa para elas não será colocar os números e estimativas mais prováveis simplesmente. Será calcular cada cenário possível para realização daquele fluxo e estar particularmente interessada em calcular qualquer percentil associado a esta distribuição. De posse dessa análise, avaliar os riscos incorridos e tentar minimizar a ocorrência dos indesejáveis.

Há de se observar ainda um aspecto sutil na análise dos fluxos de caixa da companhia – o risco incorrido para cada cenário ou o risco incorrido para sustentá-lo. Novamente, o ponto-de-vista de quem faz a pergunta importará. Suponha uma companhia exportadora, gerida profissionalmente por executivos que tem participação nos lucros, cuja remuneração dependa do desempenho da empresa. Suponha que se trata de companhia aberta, negociada em bolsa e que se utiliza de instrumento de equity e dívida para se alavancar e financiar seus projetos. Nesse caso hipotético, o acionista controlador (herdeiros, por exemplo) estará preocupado com os dividendos gerados pela companhia. Cada uma das “personagens” nesse enredo fictício (mas talvez nem tanto) tem um interesse na companhia e está preocupada com um determinado aspecto que a afeta diretamente.

Evidentemente que todos irão dizer que o interesse é um só: que a companhia seja a mais rentável possível porque isso “aumentará o bolo” e será possível distribuir mais dividendos, pagar o endividamento, alegrar os acionistas minoritários (com a valorização de seu capital) e os executivos da empresa que receberão fartos bônus por seu destacado desempenho.

Isso tudo é verdade se a companhia tiver tomado decisões estratégicas acertadas na maioria das vezes e/ou esteja (ou seja) parte de um setor da Economia que apresente resultados consistentemente positivos. A pergunta que se tem a fazer é: que tipo de risco está sendo incorrido para que a companhia esteja lucrando tanto ou tendo desempenhos tão fantásticos? Se houver uma crise de câmbio, ou de crédito como a atual, que impacto tal

ambiente de negócios trará para a companhia? E para o acionista, para o gestor, para o controlador, para o credor?

Sendo uma companhia exportadora, no caso de haver por hipótese uma maxi-desvalorização, por exemplo, que efeitos isso trará para a empresa? Dependendo de sua alavancagem, muito provavelmente seu valor econômico subiria e, portanto, o VaR indicaria uma perda potencial que a princípio não se realizaria. Mas certamente há um risco cambial envolvido, não capturado pelo VaR. Haveria riscos de interrupção de fluxos, de aumento do endividamento (especialmente se ele tiver sido feito em moeda estrangeira) e, finalmente, dos lucros da empresa.

Assim, ainda que os acionistas minoritários ficassem felizes com o aumento do valor econômico da companhia, os credores e os controladores certamente estariam muito mais preocupados com o futuro da mesma. Os gestores teriam uma grande dor de cabeça para manter a companhia rentável com o custo do endividamento ou tão somente o montante da dívida (e suas obrigações) aumentado. Se sua remuneração for atrelada não ao lucro, mas a vendas ou à receita, poderia haver ainda um problema de agência que tenderia, no limite, a colocar em risco o futuro da empresa.

5.2. *Valuation Probabilístico*

Haverá casos, portanto, em que o cenário mais provável não é suficiente, apesar de necessário. Em que acionistas e executivos querem ter noção exata da variação do valor da companhia hoje se o que se espera no futuro para os principais fatores que o influenciam não ocorrerem conforme o esperado²⁶. Ou ainda, casos em que os agentes econômicos estarão interessados em avaliar projetos que deverão ser considerados a valor presente, segundo seus perfis de risco. Resumindo, seria desejável uma métrica que fosse particularmente útil na definição de valor e de uma política de investimento sob incerteza.

Do ponto de vista teórico, uma forma de avaliar o valor de uma empresa ou projeto em t , sob a incerteza na realização de seus fluxos futuros, seria trazê-los a valor presente por uma taxa de desconto que varie no tempo, considerando-a uma variável estocástica. Neste caso, considera-se na taxa a própria incerteza dos cenários futuros possíveis. O valor da firma será dado tão somente pelo somatório dos valores esperados dos fluxos de caixa futuros (“*payoffs*”) descontados a taxas de juros que variam estocasticamente em função das expectativas de cenários que as mesmas traduzem (obviamente, condicionado às informações que se tem no momento da mensuração de valor – tempo t).

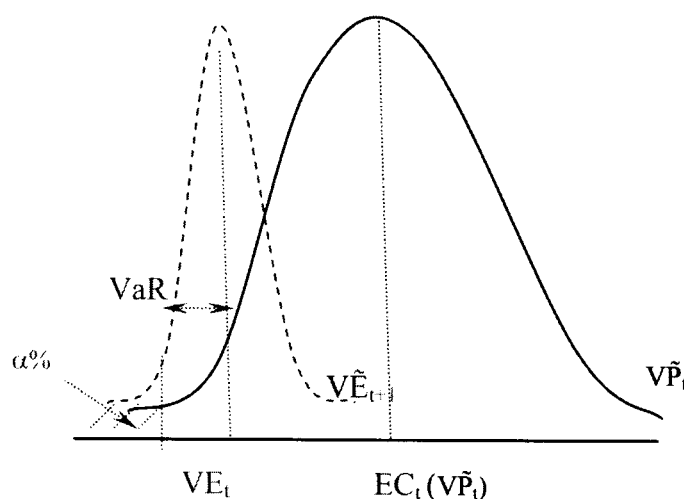
Outra forma, talvez com menos respaldo acadêmico, mas muito comum na prática consiste em trazer a valor presente, fluxos estocásticos por uma taxa de desconto sem risco. Notar que sob tal perspectiva, as considerações que se faz sobre os cenários futuros são homogêneas e não consideram qualquer hipótese que diferencie expectativas sobre estados da natureza “bons” de “ruins”. A esta metodologia é sugerida a nomenclatura de “***Valuation Probabilístico***”, ou seja, aquele ligado à distribuição de probabilidades dos fluxos de caixa de uma empresa trazidos a valor presente pela taxa livre de risco²⁷.

²⁶ Por exemplo, casos em que situações extremas e talvez pouco prováveis (ainda que possíveis) possam se concretizar, e nas quais será primordial saber o efeito final sobre a empresa.

²⁷ A taxa de desconto utilizada para trazer a valor presente os fluxos futuros deverá ser a taxa de juros sem risco de forma a não se penalizar os fluxos duplamente pela incerteza. Para discussão mais aprofundada sobre o tema, ver La Rocque e Lowenkron (2004).

Importante salientar que, apesar de às vezes confundido com o VaR²⁸, as métricas carregam informações diferenciadas. Inicialmente pela própria metodologia de cálculo sugerida: enquanto o VaR trabalha com fluxos de caixa descontados por uma taxa de risco que leva em consideração a estrutura de capital da companhia (WACC), o *Valuation Probabilístico* da forma como aqui proposto, desconta dos fluxos futuros por uma taxa sem risco. Além disso, como foi visto, o VaR trata da variação do valor econômico (e, logo, perda potencial) das firmas de um período a outro, enquanto que o *Valuation Probabilístico* trata da incerteza quanto ao valor da firma em t . Essa incerteza é devida à incerteza das realizações dos seus fluxos de recebimento em função da incerteza quanto aos fatores de risco considerados nas avaliações dos mesmos. Como os fluxos são incertos, o valor econômico da firma no tempo t seria dado pelo equivalente-certeza da distribuição - valor para o qual o agente se torna indiferente entre este montante (certo) e os fluxos em risco. A figura a seguir busca ilustrar tal diferença.

Então,



Onde:

VE_t = valor econômico da carteira em t (conhecido)

$VaR_t = E_t[V\tilde{E}_{t+1}] - \alpha\%[V\tilde{E}_{t+1}] \Rightarrow$ o VaR mede a diferença (em t) entre o valor esperado da carteira em $t+1$ e o α -quantil da distribuição

$V\tilde{P}_t$ = o *Valuation Probabilístico* trata da incerteza quanto ao valor da firma em t

$EC_t(V\tilde{P}_t)$ = equivalente-certeza de $V\tilde{P}_t$

²⁸ Há quem, inclusive, o chame de VaR, mas propõe-se o nome de *Valuation Probabilístico* devido às diferenças que as metodologias exprimem.

Isto é, o VaR buscará avaliar a mudança no valor (econômico) de um portfólio ou empresa entre o valor conhecido deste(a) hoje e seu valor esperado amanhã, supondo que os ativos que o(a) compõem seguirão comportamentos semelhantes àqueles observados historicamente. Representa a mensuração da diferença entre os valores numa espécie de fotografia estática de cada período.

Já o *Valuation* Probabilístico não toma valores para os ativos e fatores de risco que compõem a carteira hoje, mas os avalia através de distribuições de probabilidade. Sendo assim, não se chega AO valor econômico da carteira, mas a uma distribuição de valores econômicos, correspondentes aos diversos cenários para os fatores de risco que ao carregar em si a incerteza de suas ocorrências, tornam também incertos seus fluxos. Dado que o equivalente em certeza é quanto se está disposto a abrir mão de média para evitar o risco, o valor econômico medido por tal conceito será tão somente o equivalente-certeza da distribuição de valores possíveis.

Notar que, matematicamente, o valor de uma corporação pode ser obtido ao se descontar os valores dos fluxos de caixa (FC_t) da mesma a valor presente (VP), ou seja:

$$VP = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+WACC)^t}$$

Ao se calcular o equivalente-certeza, deve-se ajustar a expressão ao risco. Isso poderá ser feito ajustando as entradas de caixa através do uso dos equivalentes a certeza²⁹ e ajustando a taxa de desconto dos fluxos, passando do WACC para uma taxa de desconto livre de risco, de tal forma que:

$$VP = \sum_{t=1}^n \frac{EC_t[FC_t]}{(1+R_F)^t}$$

Onde: EC_t = equivalente-certeza no ano t

R_F = taxa de retorno livre de risco

²⁹ Equivalentes a certeza representam as entradas de caixa estimadas que os investidores ficariam satisfeitos em receber com certeza a cada ano, para abrir mão do risco.

5.3. Cash Flow-at-Risk

Inúmeras críticas foram feitas ao uso do VaR “tradicional” para corporações (VaR Corporativo) nos últimos anos, particularmente após a segunda metade da década de 90. Questionou-se não só a eficácia da medida no mundo corporativo; alguns autores sugeriam novas métricas. A questão por trás da crítica era se a medida do risco do VaR para empresas seria suficiente. Como as empresas não estão necessariamente interessadas nas variações de seu valor econômico de um período a outro, talvez o que faça mais sentido seja criar métricas que dêem aos investidores, ao controlador ou ao *management* das firmas a noção dos riscos incorridos em se perder (ou se interromper) o seu fluxo operacional, a geração de caixa líquido da companhia.

Isso tudo por conta de estarmos lidando com uma dimensão não capturada pelo VaR: a dimensão de fluxo, ao invés do estoque. A variabilidade dos fluxos de caixa deve ser levada em conta quando se trata do mundo corporativo e, portanto, deveria haver uma medida de *fluxo em risco*. Indo nessa direção, um dos trabalhos pioneiros para cálculo do fluxo de caixa em risco foi desenvolvido por Hayt e Song (1995), onde os autores propõem uma medida de sensibilidade dos fluxos de caixa a fatores de risco, na tentativa de prever que nível de caixa residual das companhias as impediriam de honrar compromissos e cumprir seus planos de investimentos. Já Turner (1997) sugere que se use o arsenal introduzido pelo VaR para criar uma medida de perda potencial de algum fluxo de caixa – o chamado “*Cash Flow-at-Risk*”, ou CFaR.

Como descreve Perobelli (2007), “o refinamento da medição de fluxos de caixa em risco, entretanto, 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*. 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.”

➤ **Cash Flow-at-Risk:** valor mínimo de um fluxo de caixa numa determinada data futura (T), a um nível de significância $\alpha\%$ (confiança $1-\alpha\%$), avaliado sob a ótica (com as informações disponíveis) de hoje (t)³⁰

Sendo assim, tem-se um enfoque de médio/longo prazo e de fluxo de caixa ao invés de valor³¹. Matematicamente, temos que o CFaR da data futura T, analisado em t, com nível de confiança $1-\alpha\%$ será dado por: $\Pr(\text{CashFlow}_T \leq \text{CFaR}/t) = \alpha \%$

∴ Assim, se se diz que o CFaR a 5% é de 10 milhões de reais, isso quer dizer que o fluxo de caixa ao final do período T terá probabilidade de 5% de ser menor que esse valor.

Vale mencionar a citação expressa em Perobelli (2007) de que “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

³⁰ Equivale ao α -ésimo percentil da distribuição de probabilidade do fluxo na data T futura.

³¹ Naturalmente será um processo intensivo em simulação uma vez que deverão ser consideradas todas as possíveis trajetórias de preços.

conjunto de empresas para o fluxo de caixa em risco de cada uma delas)³². 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).”

O CFaR traz, portanto, uma mensuração do risco inerente ao fluxo de caixa da empresa. Difere do VaR ao mensurar fluxo e não estoque de valor. Outra diferença é que cai a hipótese do VaR de constância das posições em carteira dentro do horizonte de investimento analisado. Como seria intuitivo supor, o horizonte de investimento de corporações tende a ser mais longo que o de instituições financeiras e, nesse caso, a hipótese de manutenção das posições se torna pouco verossímil. Cada vez que ocorressem mudanças na carteira, haveria a necessidade da simulação de trajetórias de preços para avaliar entradas e saídas de caixa. Essa análise é bastante mais complexa do que o VaR Corporativo porque envolve cálculos para um horizonte de tempo de muito longo prazo.

Apesar de variações no fluxo implicarem diretamente em variação de seu valor presente, o CFaR se abstém de considerações sobre taxa de desconto. Isso evita toda a discussão que já foi apresentada sobre os efeitos e a dificuldade na escolha da taxa de desconto, dado seus impactos sobre o resultado final de valoração da companhia.

³² Não confundir com os conceitos de *Top-down* e *Bottom-up* utilizados na teoria de gestão de carteiras, como filosofias de investimento de renda variável. Uma análise *top-down* consiste em projetar cenários macroeconômicos e, a partir destes, analisar os melhores setores da Economia ou de bolsa para tais cenários e escolher os papéis para uma carteira de investimentos. Já um *approach bottom-up* consiste em analisar os fundamentos e perspectivas de cada empresa (independentemente de seu setor de atuação) e escolher aquelas que pareçam mais mal apreçadas pelo mercado.

Por fim, a métrica é ainda particularmente útil para se calcular a probabilidade de se ficar abaixo de um valor projetado no orçamento da empresa. Considere, por exemplo, que se queira calcular a probabilidade de o fluxo de caixa ficar abaixo de um valor previamente projetado. Esse cálculo pode ser retirado na análise do CFaR.

5.3.1. CFaR e o cash management

O CFaR permite também que se faça uma melhor gestão de caixa da empresa (“cash management”). A métrica de “*financial distress*” que foi proposta por Stultz (1996) pode ser tirada de um gráfico com a evolução do caixa da companhia no tempo para diferentes cenários, algo que pode ser gerado pelo *Cash Flow at Risk*.

Na análise dos possíveis cenários para o nível de caixa da companhia no futuro, se procurará responder a pergunta:

*“Qual o nível mínimo de caixa que se deve ter para uma situação de ‘financial distress’, por exemplo, de interrupção de financiamento por ‘n’ meses?”*³³

³³ Situações não tão distantes da realidade, até mesmo para as empresas financeiras. Vide situação do Brasil pós-eleição presidencial de Luis Inácio Lula da Silva em 2002 e a atual situação de sistema bancário europeu e norte-americano (principalmente) com a crise dos *subprime*.

5.3.2. Mapeamento e Cálculo do CFaR

Também a forma de mapeamento do CFaR é um pouco diferente do VaR. Enquanto no segundo calcula-se o valor financeiro (que será a exposição do portfólio a um dado fator de risco) e se multiplica esse valor pela volatilidade para se chegar ao VaR da carteira, no caso do *Cash Flow-at-Risk* o mapeamento será uma função matemática de uma ou mais variáveis, que são os fatores de risco considerados. Assim, o processo de cálculo do fluxo de caixa de um instrumento pode ser dividido da seguinte maneira:

- ✓ São definidos os fatores de risco e a função de mapeamento que afetam os fluxos de caixa;
- ✓ São montados cenários de médio/longo prazos para tais fatores;
- ✓ Tomam-se os valores dos fatores de risco projetados no cenário para as datas de vencimento (ou de pagamento) do instrumento e gera-se o fluxo de caixa.

Ou seja, o processo de mapeamento do CFaR pode ser resumido como o entendimento e equacionamento do fluxo de caixa de cada instrumento em função dos cenários projetados para os fatores de risco.

No caso da Aracruz, sabe-se que seu objeto de exportação é a celulose. Considere que se quer calcular o Cash Flow-at-Risk para uma venda de celulose daqui a 6 meses. Nesse caso, teremos:

$$CF_{6\text{meses}} = Q_{\text{vendida}} * \text{Preço Celulose}_{6\text{meses}} * \text{Dólar}_{6\text{meses}}$$

Para cálculo do CFaR desta venda, simula-se cenários de dólar e celulose na data da venda (supondo aqui que quantidade não é fator de risco - do contrario, se houver risco de demanda, deverá se fazer um estudo mais criterioso das elasticidades-preço da demanda de celulose).

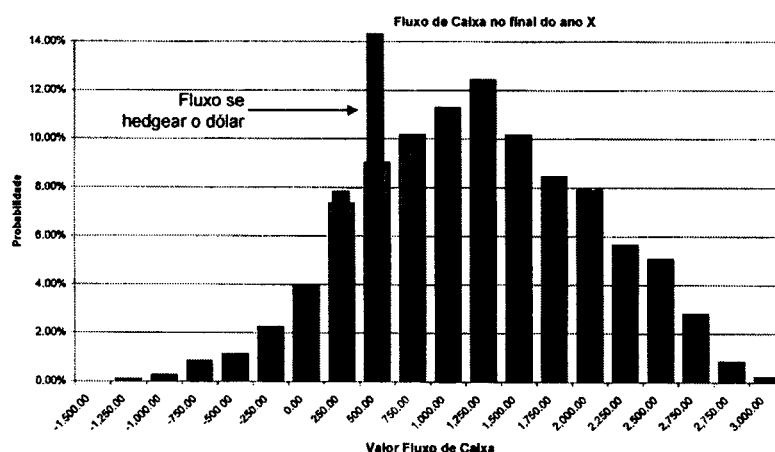
Uma vez feito o mapeamento, o processo a seguir é intensivo em simulação e para que se chegue a uma medida probabilística como o VaR, deve-se gerar um número bastante grande de cenários. Ainda, para garantir precisão, é necessário que se desenvolvam modelos estocásticos de longo prazo confiáveis para as principais variáveis de mercado, quais sejam câmbio, juros e mercadorias. Conforme mencionado anteriormente, a metodologia proposta pelo JPMorgan no documento *CorporateMetrics* (1999) é a utilização de modelos *Vector Autoregressive*. Para o caso brasileiro, essa análise fica prejudicada em função das inúmeras mudanças de regime, e se torna necessária uma metodologia desenvolvida para os nossos mercados. Uma metodologia para geração de cenários probabilísticos através de modelos macro-estruturais é proposta em La Rocque, Lowenkron, Amadeo e Jensen (2003).

A partir daí, cada projeção para valores futuros dos fatores de risco tem seu efeito no fluxo de caixa da empresa dado pela equação de mapeamento e se pode gerar uma visão probabilística de como estará o fluxo de caixa dados os preços e condições de mercado simulado.

5.3.3. Uso do CFaR para fins de hedge

Uma discussão interessante que cabe no conceito do *Cash Flow-at-Risk* é o de sua utilização na implementação de estratégias de hedge para firmas.

Considere que a firma exportadora mencionada possua a distribuição de fluxo de caixa expressa abaixo³⁴, gerada pela metodologia do *Cash Flow-at-Risk*. A avaliação é se se deve ou não contratar hedge cambial para proteção do fluxo.



Pelo gráfico acima, é possível notar que a contratação de hedge diminui consideravelmente a incerteza em relação ao fluxo de caixa esperado, minimizando as chances de maiores prejuízos³⁵.

Na literatura alguns autores já buscaram resposta ao questionamento sobre se as firmas devem ou não fazer hedge. Smithson, Smith e Wilford (1995) trazem uma boa visão sobre o assunto. É intuitivo supor que sem hedge as companhias ficam expostas a situações que podem requerer financiamento quase sempre a custos muito pouco favoráveis. Ou que as

³⁴ Meramente ilustrativa, não corresponde a valores reais.

³⁵ A dispersão na distribuição que resiste após adoção do hedge deve vir de outras fontes de risco que não o cambial como incertezas quanto à quantidade vendida, por exemplo.

companhias deveriam manter alguma quantia de caixa líquido suficiente para enfrentar cenários adversos. Mas fazer hedge tem custo e as firmas deverão considerar se incorrer nesse custo vale ou não a pena em determinado período, para dadas condições de mercado. (Isso fica claro no gráfico anterior: analisando os dois fluxos - com e sem hedge - nota-se claramente que o valor esperado do fluxo foi reduzido com o hedge).

5.4. Earnings-at-Risk

Da teoria de Finanças Corporativas, se depreende que o objetivo das firmas é maximizar seu valor. Pela modelagem de Modigliani e Miller, políticas de financiamento ou de gestão de riscos não influenciam o valor da firma. Mas, de fato, dada a existência de imperfeições de mercado - algumas delas já citadas aqui como os custos de agência, por exemplo – é razoável afirmar que políticas de *risk management* devem agregar valor às firmas³⁶.

Como já discutido, no limite, se o valor da firma é tão somente o valor presente dos seus fluxos de caixa descontados a taxa do WACC, ou seja:

$$V = \sum CF / (1 + WACC)$$

Então, o valor de firma irá aumentar sempre que o somatório dos fluxos de caixa aumentar ou quando (e se) a taxa de desconto cair. Políticas de hedge poderão atuar nos 2 sentidos, tanto ampliando os fluxos esperados quanto mudando o risco percebido da companhia. Fluxos mais estáveis, ou pelo menos mais previsíveis, podem ser descontados a taxas de juros mais baixas, criando valor para a firma. Sempre que se consegue diminuir a volatilidade de resultados ou do negócio, menor será a taxa de desconto e maior será o valor da firma. Políticas de hedge e *risk management* podem diminuir os gastos com juros e permitir que as firmas se alavanquem mais, ampliando seu valor. Por fim, em situações de crise ou de possibilidade de *financial distress*, a gestão de riscos faz com que sejam transferidos recursos de estados da natureza em que a firma está melhor para estados da natureza em que a firma está pior (efeito anticíclico), suavizando seu desempenho ao longo do tempo, diminuindo a volatilidade e a possibilidade de falência e, portanto, aumentando o valor da firma.

³⁶ Lowenkron (2002)

Novamente, as razões que levam as firmas a implementar programas de gestão de riscos são várias e, dependendo delas, uma ou outra métrica de risco se mostrará mais adequada em cada situação. Assim, se o principal motivo pelo qual a firma implantou o gerenciamento de riscos foi reduzir custos *de financial distress*, evitar problemas de sub-investimento ou obter melhores taxas de captação no mercado de crédito é ao CFaR que se deve dar maior ênfase.

Se, entretanto, foram ganhos com impostos, então a firma deverá procurar fazer hedge para seus ganhos (earnings) tributáveis. Notar que a metodologia do *CashFlow-at-Risk* pode tratar qualquer tipo de resultado em risco, tanto fluxo de caixa quanto uma conta de resultado contábil como o lucro, por exemplo. Nesse caso, é comum se utilizar a nomenclatura de *Earnings-at-Risk* (EaR):

➤ **Earnings-at-Risk:** valor mínimo de uma conta de balanço ou de resultado contábil (Ebitda, endividamento líquido, lucro, etc.) ou mesmo de um índice derivado das mesmas (margem Ebitda, por exemplo) numa determinada data futura (T), a um nível de significância $\alpha\%$ (confiança $1-\alpha\%$), avaliado com as informações disponíveis hoje (t)³⁷

Igualmente ao CFaR, se se diz que o EaR a 5% é de 10 milhões de reais, então o lucro contábil da empresa em questão, ao final do ano T, tem probabilidade de 5% de ser menor ou igual a 10 milhões de reais.

Já se pode imaginar a complexidade do cálculo do EaR vis-à-vis o CFaR (e o VaR). Ele envolve a reavaliação de variáveis de estoque e de fluxo no futuro, levando em conta as normas contábeis e tributárias pertinentes. Importante notar que apesar de metodologias correlatas, o EaR e o CFaR podem gerar números com informações diferentes, sendo, portanto, muitas vezes métricas complementares.

³⁷ Equivale ao α -ésimo percentil da distribuição de probabilidade da conta, resultado ou índice na data T futura.

Voltemos ao exemplo da empresa exportadora, com passivo em dólar. Na ocorrência de uma desvalorização cambial, o efeito sobre o fluxo de caixa em função do aumento em reais dos pagamentos com as obrigações (juros em dólar) poderia ser pequeno (imagine, por exemplo, que a dívida é de longo prazo e poderia estar concentrada em prazos maiores que um ano). Entretanto, o balanço da companhia seria bastante afetado dado que a desvalorização incidiria também sobre o estoque de dívida. Assim o CFaR indicaria um tímido risco cambial, enquanto o EaR indicaria um grande risco para o balanço. Seu valor econômico poderia até subir, com as receitas em dólar crescendo, ainda que a empresa apresentasse prejuízo contábil no curto prazo.

Notar que não existe uma métrica “melhor”. A *melhor* métrica a ser utilizada dependerá do que é mais importante para a empresa: se fazer hedge do caixa ou de balanço. Se o foco estiver sendo o fluxo de caixa da companhia, então se tem uma visão mais gerencial e a medida mais relevante seria o CFaR (as questões contábeis são relevadas). Se o foco forem as contas do balanço, a medida mais adequada seria o EaR.

6. ESTUDO EMPÍRICO

O objetivo das seções a seguir neste estudo empírico é tão somente o de apresentar uma discussão do “passo-a-passo” no cálculo do VaR Corporativo e do *Valuation* Probabilístico de uma empresa não financeira, a Aracruz Celulose. Mais do que se ater a um modelo de *valuation* (para a companhia) ou a uma modelagem econométrica (dos fatores de risco) extensa e complexa (objeto talvez para futuros estudos), a essência foi simplificar os cálculos e dedicar os esforços à demonstração dos conceitos apresentados³⁸.

6.1. A Aracruz Celulose

Fundada em Abril de 1972 e com relações comerciais em 30 países, a Aracruz Celulose é líder mundial na produção de celulose branqueada de eucalipto destinada à fabricação de papel de imprimir e escrever, papéis sanitários e papéis especiais de alto valor agregado. A empresa responde atualmente por 24% da oferta global do produto e o Brasil figura como o maior produtor mundial de celulose de eucalipto.

A produção de celulose de eucalipto se tornou significativa a partir do início da década de 70, em Portugal. Até então, a celulose de pinho era a dominante no mercado. No começo era vista como uma fibra secundária e de baixo valor. Gradativamente, entretanto, passou a ser requisitada pela indústria papeleira em função das características da fibra que garantem a produção de papel de alta opacidade, maciez e boa absorção, qualidades ideais para produção de papéis sanitários (absorventes), de imprimir e escrever, e especiais.

O controle acionário da companhia era (até maio de 2008) dividido entre Grupo Safra, Lorentzen e Votorantim Celulose e Papel (VCP) com 28% do capital votante cada um; BNDES com 12,5% e outros acionistas com 3,5%. As ações preferenciais, que compõem 56% do capital total, são hoje negociadas tanto na Bovespa quanto na NYSE e Latibex (Madrid).

³⁸ Naturalmente, com a simplificação na modelagem, aumenta o risco da falta de aderência à realidade.

A empresa possui operações florestais nos estados brasileiros de Espírito Santo, Bahia, Minas Gerais e Rio Grande do Sul com mais de 286mil hectares de plantios renováveis de eucalipto, contratando também a produção de produtores rurais (plantio de eucalipto por terceiros através do Programa Produtor Florestal) nestes estados e no Rio de Janeiro.

Sua capacidade nominal de produção é de aproximadamente 3 milhões de toneladas anuais de celulose branqueada de fibra curta de eucalipto e está distribuída em três unidades: Barra do Riacho/ES (a principal planta, com integração com o porto), Guaíba/RS e Veracel/BA (uma *joint venture* com a Stora Enso, onde cada companhia possui 50% de participação). A empresa possui ainda os mais lucrativos projetos de expansão para celulose no Brasil, quais sejam as expansões das plantas em Guaíba e Veracel. Além de se beneficiarem da infra-estrutura e pessoal já existentes, tais projetos de *brownfield*, quando em plena capacidade, ajudarão a reduzir ainda mais o custo de produção total³⁹ em 14% ou cerca de US\$ 34/ton (dos atuais US\$ 246/ton), conforme estimativas de mercado. Guaíba deverá ter, segundo a empresa, adição de 650mil ton/ano em 2011 e 2012; para 2014 e 2015 é esperada a duplicação da Veracel (250mil ton/ano). Em 2015, a empresa espera alcançar a produção de 5 milhões de toneladas anuais de celulose, um incremento de cerca de 60% sobre a produção atual.

Ainda, em associação com o grupo Weyerhaeuser dos EUA, a Aracruz detém 30% da Aracruz Produtos de Madeira, unidade industrial de alta tecnologia que fornece produtos sólidos de madeira de alta qualidade provenientes de plantios renováveis de eucalipto, destinados às indústrias de móveis e design de interiores, do Brasil e do exterior.

³⁹A Aracruz Celulose já é a empresa de menor custo mundial de produção.

6.1.1. O processo de produção⁴⁰

A celulose produzida pela Aracruz, a partir da madeira do eucalipto, consiste na transformação da madeira em material fibroso que é denominado pasta, polpa ou celulose industrial.

Tem início na área de manuseio de madeira onde a matéria-prima é recebida em caminhões que transportam em média um volume de 36ton de madeira cada um, num total de 250 caminhões diários. As toras são recebidas com casca e têm aproximadamente 5,5m de comprimento e diâmetro variando entre 7 e 40cm. As toras são descarregadas e cortadas ao meio e após o corte são processadas em descascadores de tambor rotativo.

Dos descascadores, as toras são conduzidas aos picadores, onde são transformadas em cavacos. Estes são estocados em pilhas e transportados por correias até os silos dos digestores onde se inicia o processo de cozimento.

O cozimento consiste em submeter os cavacos a uma ação química de licor branco forte (soda cáustica mais sulfeto de sódio) e do vapor d'água no digestor a fim de dissociar a lignina existente entre a fibra e a madeira. As fibras liberadas são a celulose industrial. O digestor é um vaso de pressão onde os cavacos e o licor branco são introduzidos continuamente pela parte superior. O tempo total de cozimento da madeira é de 120 minutos e se realiza do topo até o centro do digestor. Do centro até a parte inferior é realizada a operação de lavagem que visa retirar a solução residual – um licor preto fraco que será utilizado como combustível na caldeira de recuperação.

Após a lavagem, a celulose é retirada do digestor e submetida a uma outra lavagem nos difusores, para então ser depurada. A depuração consiste em submeter a celulose

⁴⁰ Fonte: Site da Aracruz Celulose (www.aracruz.com.br)

industrial à ação de peneiramento (durante a lavagem, as impurezas solúveis são removidas, mas para se obter uma celulose de alta qualidade devem ser removidas também as impurezas sólidas).

Após essa operação, a celulose passa por um processo de branqueamento⁴¹, que consiste em tratá-la com peróxido de hidrogênio, dióxido de cloro, oxigênio e soda cáustica com cinco estágios diferentes, com seus filtros lavadores. Após o branqueamento, a celulose é depurada novamente e enviada para a secagem. Nesta operação, a água é retirada da celulose até que se atinja o ponto de equilíbrio com a umidade relativa do ambiente (90% de fibras e 10% de água).

A máquina de secagem é constituída de 3 elementos: mesa plana, prensas e uma máquina secadora. Na parte final da máquina secadora fica a cortadeira, que reduz a folha contínua em outras menores, de formato padrão. Essas folhas formam os fardos com 250 kg de celulose, oito dos quais constituem uma unidade de carga para fins de transporte e carregamento.

⁴¹ O branqueamento é um tratamento para melhorar as propriedades da celulose industrial – alvura, limpeza e pureza química, entre outras.

6.1.2. Valuation

O processo de avaliação do valor econômico da Aracruz Celulose utilizado neste estudo empírico foi o do fluxo de caixa descontado:

METODOLOGIA DO FLUXO DE CAIXA LIVRE

Receitas Líquidas de vendas
(-) Custos do produto vendido
(-) Despesas operacionais
= EBIT (Lucro Operacional)
(+) Despesas Operacionais Não Caixa
(Ex. Depreciação, Amortização, Exaustão, etc.)
= EBITDA
(-) Imposto de Renda/Contribuição Social (%trib. -EBIT)
(=) Geração de Caixa Operacional
(-) Investimentos Permanentes
(+/-) Variação no Capital Circulante Líquido
= FLUXO DE CAIXA LIVRE

∴ VALOR ECONÔMICO = VALOR PRESENTE (FLUXO DE CAIXA LIVRE)

Ou seja, se busca inferir, estando em Dezembro de 2007, os números da empresa ano a ano, fazendo uma projeção anual da mesma para o período de 10 anos à frente. Para tal, foram utilizadas algumas premissas, destacadas a seguir⁴²:

- Taxa de Câmbio Nominal (“Câmbio”): se desvaloriza pela diferença de inflação entre Brasil (5,5% constante) e EUA (2,5% constante);

- Preços de Celulose: sobe até US\$850/ton em 2010. A partir daí, cai para US\$770 e se *perpetua* em US\$680/ton. É fato estilizado o conceito de commodities apresentarem a propriedade de reversão a média. É importante salientar, entretanto, que elas podem seguir também outros processos como reversão a média com saltos (caso do petróleo) ou mesmo movimentos brownianos geométricos (MGB) (caso de alguns produtos petroquímicos). No caso dos preços da celulose utilizados no modelo (preços observados no mercado internacional), vale apontar que os mesmos apresentaram uma valorização relevante

⁴²As premissas utilizadas pela autora se encontram respaldadas em cenários de mercado.

de curto prazo em função dos balanços de oferta e demanda. Uma maneira de pensar tais comportamentos (aparentemente díspares) em conjunto é considerar que o atual “ciclo” da celulose se mostra muito mais duradouro que o apresentado historicamente. Por conta disso, se observadas janelas de tempo estreitas, o comportamento da commodity parecerá não obedecer a ciclicidade;

- Estrutura de Capital: mantida constante ao longo do período (relação dívida/capital próprio);

A outra premissa primordial para o cálculo de qualquer fluxo de caixa é o WACC. Conforme detalhado na seção 4.2, para se chegar ao custo de capital da empresa se deve considerar que:

$$WACC = (1 - D/F) \cdot K_e + (D/F) \cdot (1 - \tau) \cdot K_d$$

Onde:

K_e = custo do capital próprio (*equity*)

K_d = custo de dívida (capital de terceiros)⁴³

D/F = valor da dívida sobre valor da firma (valor da firma = dívida + capital próprio)

τ = alíquota de imposto de renda

Conforme anteriormente colocado, para o custo de *equity* o escolhido será o modelo puramente global de um fator. A opção por esse modelo se deve ao fato da empresa ser essencialmente exportadora e principalmente negociar com muito mais liquidez no mercado americano (NYSE) - razão pela qual também o beta do papel é calculado contra o S&P 500. Por tal modelo, temos que o custo do capital próprio é definido como sendo:

$$K_e = R_{fg} + \beta_{gi} \cdot PRMG + \Delta \text{inflação}$$

Onde:

⁴³ Deverá refletir o custo marginal da dívida. Será considerado o custo de endividamento antes de impostos para a empresa levando em conta suas fontes de financiamento interno e externo e seus respectivos custos associados. Caso não seja possível, dever-se-á arbitrá-lo a partir do *rating* da companhia usando as taxas médias de mercado para o rating e prazo correspondentes.

K_e = custo do capital próprio

R_{fg} = taxa livre de risco em dólar (geralmente uma taxa de longo prazo como a das *Treasuries* de 10 anos)

β_{gi} = beta global

PRMG = prêmio de risco para o mercado global - segundo Graham & Harvey (2006)

Δ inflação = diferencial de inflação entre Brasil (IPCA) e EUA (CPI) - dado que os fluxos de caixa serão expressos em reais na avaliação da empresa por DCF.

E assim, teremos:

$$WACC = (1 - D/F) \cdot K_e + (D/F) \cdot (1 - \tau) \cdot K_d$$

$$WACC = (1 - D/F) \cdot (R_{fg} + \beta_{gi} \cdot PRMG + \Delta \text{inflação}) + (D/F) \cdot (1 - \tau) \cdot K_d$$

Tendo sido considerados os valores como expressos a seguir:

$$D/F = 30\%$$

$$R_{fg} = 4,63\% \text{ (yield do bond de 10 anos (US 10Y) - Fonte: Yahoo Finance)}$$

$$\beta = 1,20 \text{ (média dos betas da ação em relação ao MSWI e S\&P 500)}$$

$$\tau = 25\% \text{ (alíquota de imposto de renda da Aracruz – considera benefícios fiscais)}$$

$$PRMG = 3,50\% \text{ (prospectivo para os próximos 10 anos)}$$

$$\Delta \text{inflação} = 3,00\%$$

Com isso, se chega a um custo de capital próprio da ordem de 11,83% e custo de dívida de 9,00% e WACC para desconto de fluxo de caixa em reais de 10,31%.

Usando as premissas expressas nessa seção, é montado o DRE ano a ano da companhia, ou seja, sua projeção de demonstrativo de resultados para os próximos ‘n’ anos. No DRE, são projetadas receita bruta e líquida, custos de produção e se chega ao *EBIT* ou “*Earnings Before Interest and Taxes*” (lucro antes de impostos e juros). Com as projeções de Ebit, de depreciação dos ativos e de investimentos (incluindo variações de capital de giro),

chega-se ao fluxo de caixa livre anual da firma. Foi escolhido o horizonte de projeção até 2018, ou dez anos (em geral, o mercado monta projeções para empresas em um horizonte de, pelo menos, cinco anos à frente⁴⁴). Os valores projetados até 2018 são trazidos a valor presente pelo WACC.

Importante ressaltar que, a partir desse horizonte de tempo, qualquer projeção para a Aracruz fica prejudicada em função da pouca visibilidade de premissas como os preços de celulose, por exemplo. Analogamente, custos próprios e despesas operacionais, gerais e administrativas incorridas pela companhia, bem como despesas financeiras com investimentos e/ou pagamentos de juros de endividamento ficam cada vez menos confiáveis para projeções muito longas⁴⁵. Na prática, entretanto, o que se faz dado que a empresa não “termina” em 10 anos é fazer o uso de perpetuidade para projeções *ad-infinitum*. Ou seja, é calculado o valor da companhia na perpetuidade que se dá tão somente pela valoração do fluxo do último ano da projeção a uma taxa de crescimento fixa (“g”), descontado por uma taxa que equivale à diferença entre o WACC e o crescimento na perpetuidade. Também esse montante, o valor da empresa na perpetuidade, será trazido a valor presente e somado aos demais valores presentes dos fluxos de caixa livre para avaliação do valor da firma hoje.

Supondo uma taxa de crescimento na perpetuidade de 3,5%, chega-se a um valor de aproximadamente 23,4 bilhões de reais como valor econômico da empresa. Os principais cálculos utilizados para tal mensuração são apresentados a seguir.

⁴⁴ Irá depender também do tipo de empresa ou indústria em análise.

⁴⁵ Talvez se pudesse fazê-lo, em teoria, para empresas ou fluxos operacionais absolutamente constantes no tempo, empresas maduras que não mais investem maciçamente em suas atividades.

DRE

(em mil reais)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Receita Bruta	4,476,570	5,314,149	5,778,398	6,006,987	7,067,921	7,682,532	7,907,387	8,581,390	9,228,074	9,559,920	9,839,722	10,127,714
Deduções da Rec Bruta	(526,707)	(526,707)	(526,707)	(526,707)	(526,707)	(526,707)	(526,707)	(526,707)	(526,706)	(526,705)	(526,704)	(526,703)
% de deduções	-12.00%	-12.00%	-12.00%	-12.00%	-12.00%	-12.00%	-12.00%	-12.00%	-12.00%	-12.00%	-12.00%	-12.00%
Receita Líquida	3,939,381	4,676,451	5,084,990	5,286,157	6,219,771	6,760,628	6,958,500	7,551,623	8,173,505	8,412,729	8,658,956	8,912,388
Celulose	3,824,079	4,542,346	4,940,059	5,135,492	6,045,664	6,598,138	6,791,254	7,379,482	7,996,325	8,230,364	8,471,253	8,719,192
Papel	115,302	134,105	144,931	150,665	174,106	162,490	167,246	172,141	177,179	182,365	187,703	193,196
CPV	(2,333,123)	(2,496,566)	(2,706,111)	(2,782,275)	(3,111,646)	(3,551,759)	(3,658,154)	(4,015,487)	(4,438,544)	(4,589,801)	(4,747,694)	(4,924,439)
CPV (R\$/ton)	(752,38)	(788,31)	(849,11)	(873,01)	(810,96)	(791,57)	(815,28)	(847,69)	(890,02)	(920,35)	(952,01)	(987,46)
Lucro Bruto	1,606,258	2,179,883	2,378,879	2,503,882	3,108,124	3,208,869	3,300,346	3,536,136	3,734,961	3,822,928	3,911,262	3,987,949
Margem Bruta	40.8%	46.6%	46.8%	47.4%	50.0%	47.5%	47.4%	46.8%	45.7%	45.4%	45.2%	44.7%
Desp Operacionais	(532,146)	(559,231)	(419,634)	(426,071)	(490,397)	(542,154)	(548,486)	(580,716)	(613,866)	(621,522)	(629,401)	(637,511)
Com vendas	(164,353)	(167,851)	(168,911)	(168,911)	(203,361)	(237,811)	(237,811)	(251,061)	(264,311)	(264,311)	(264,311)	(264,311)
Gerais & Administrativas	(126,060)	(149,646)	(162,720)	(169,157)	(199,033)	(216,340)	(222,672)	(241,652)	(261,552)	(269,207)	(277,087)	(285,196)
% Rec Liq	-3.20%	-3.20%	-3.20%	-3.20%	-3.20%	-3.20%	-3.20%	-3.20%	-3.20%	-3.20%	-3.20%	-3.20%
Outras Receitas (Desp) Operacionais	(49,393)	(49,393)	(49,393)	(49,393)	(49,393)	(49,393)	(49,393)	(49,393)	(49,393)	(49,393)	(49,393)	(49,393)
EBIT	1,266,452	1,812,983	1,997,855	2,116,421	2,656,337	2,705,325	2,790,470	2,994,030	3,159,704	3,240,016	3,320,471	3,389,049

Cálculo DCF
(em mil reais)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
EBIT	1.266.452	1.812.993	1.997.855	2.116.421	2.656.337	2.705.325	2.790.470	2.994.030	3.159.704	3.240.016	3.320.471	3.389.049
(-) Imposto	(316.613)	(453.248)	(499.464)	(529.105)	(664.084)	(676.331)	(697.617)	(748.507)	(789.926)	(810.004)	(830.118)	(847.262)
Alíquota IR	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
Luc Oper pos IR	949.839	1.359.744	1.498.392	1.587.316	1.992.253	2.028.994	2.092.852	2.245.522	2.369.778	2.430.012	2.490.353	2.541.786
(+) Depreciação	761.838	767.328	747.389	773.853	670.558	752.224	800.977	783.277	821.214	861.022	902.796	960.970
(-) Capex (Invest)	(1.007.400)	(765.399)	(2.013.651)	(1.986.352)	(419.492)	(1.005.350)	(1.186.370)	(568.016)	(582.016)	(596.425)	(611.256)	(794.772)
(-) ΔK de Giro	(52.241)	(74.786)	(82.412)	(87.302)	(109.574)	(111.595)	(115.107)	(123.504)	(130.338)	(133.651)	(136.969)	(139.798)
FCF da firma	652.035	1.286.888	149.718	287.514	2.133.746	1.664.273	1.592.353	2.337.280	2.478.639	2.560.959	2.644.924	2.568.186
Fator de desconto		1.1031	1.1031^2	1.1031^3	1.1031^4	1.1031^5	1.1031^6	1.1031^7	1.1031^8	1.1031^9	1.1031^10	1.1031^11
Valor presente		1.166.653	123.048	214.220	1.441.272	1.019.128	883.984	1.176.296	1.130.889	1.059.279	991.795	873.044
												13.360.175

Cálculo do WACC

Cresc em perpet.	3.5%
Custo de Equity	11.8%
Custo de Dívida	9.0%
Dívida / (D + E)	30.0%
WACC	10.31%

Valor da Firma 23,439,785

Dívida Líquida 1,945,557

Valor de Mercado 21,494,228

Note que, observando o DCF e o Demonstrativo de Resultados, o Fluxo de Caixa para a Firma pode ser calculado a partir da Receita da companhia de tal forma que:

$$FCF_{\text{firma}} = \text{Receita} - \text{Custo do Produto Vendido} - (\text{Despesas com Vendas} + \text{Despesas Gerais e Administrativas}) - \text{Impostos} + \text{Depreciação} - \text{Investimentos (Capex)} + \Delta K \text{ Giro}$$

Como se fará o cálculo do VaR Corporativo e o *Valuation* Probabilístico da companhia, o primeiro passo (como descrito em seções anteriores) consistirá em identificar os fatores de risco e como estes afetam cada parcela da equação acima. Mais que isso, como variações nos fatores de risco considerados influenciam o fluxo de caixa final da firma.

Parece intuitivo considerar que dois dos principais fatores que influenciam na previsão dos futuros fluxos de caixa da Aracruz e mais lhe causam potenciais variações (influem, portanto, no valor econômico final da empresa) sejam os valores do câmbio (real/dólar) e dos preços de celulose no mercado internacional. O primeiro porque afeta diretamente os valores de receita (e alguns custos) da companhia, uma vez ser a mesma exportadora; e o segundo por ser o principal objeto de geração de receita da empresa, que vende celulose a preços internacionais dolarizados⁴⁶.

A seguir, são avaliadas as elasticidades das parcelas que compõem o fluxo de caixa da firma aos fatores de risco considerados, quais sejam taxa de câmbio e preço de celulose:

$$\text{Receita} = \text{Receita}_{\text{papel}} + \text{Receita}_{\text{celulose}} = (\text{Volume}_{\text{papel}} * \text{Preço}_{\text{papelUS}} * \text{Câmbio}_{\text{RS/US}}) + (\text{Volume}_{\text{celulose}} * \text{Preço}_{\text{celuloseUS}} * \text{Câmbio}_{\text{RS/US}})$$

$$\begin{aligned} \text{Custo do Produto Vendido (CPV)} = & \{ \text{Volume}_{\text{celulose}} * [\text{Custo}_{\text{madeira}} + (\text{Custo}_{\text{químicos}} * \text{Câmbio}_{\text{RS/US}}) + \text{Custo}_{\text{manutenção}} + (\text{Custo}_{\text{combustível}} * \text{Câmbio}_{\text{RS/US}}) + \text{Custo}_{\text{pessoal}} + \text{Custo}_{\text{embalagens}}] \} \\ & + (\text{Vendas}_{\text{Veracel}} * \text{Preço}_{\text{celuloseUS}} * \text{Câmbio}_{\text{RS/US}}) - \{ \text{Percentual} * [\% \text{fixo de depreciação} * (\text{Imobilizado} + \text{Investimento}_{\text{capacidadeUS}} * \text{Câmbio}_{\text{RS/US}})] \} + (\text{Custo}_{\text{logísticaRS}} * \text{Volume}_{\text{Tot}} \end{aligned}$$

⁴⁶ A Aracruz Celulose também obtém receita com operações de venda de papel mas numa parcela muito pouco relevante se comparada à celulose.

$$\text{alCelulose}) + \{ \text{Volume}_{\text{papel}} * \text{Preço}_{\text{celuloseUS}} * \text{Câmbio}_{\text{RS/US}} * [1/(1 + \text{MargemBruta}_{\text{papel}})] \} + \\ [\text{Volume}_{\text{TotalCelulose}} * \text{Custos Fixos}]$$

$$\text{Despesas com Vendas} = [\text{Despesa}_{\text{fixaemRS/ton}} * \text{Volume}_{\text{TotalCelulose}}]$$

$$\text{Despesas Gerais e Administrativas} = (\% \text{fixo} * \text{Receita}) = \\ \{ \% \text{fixo} * [(\text{Volume}_{\text{papel}} * \text{Preço}_{\text{papelUS}} * \text{Câmbio}_{\text{RS/US}}) + (\text{Volume}_{\text{celulose}} * \text{Preço}_{\text{celuloseUS}} * \\ \text{Câmbio}_{\text{RS/US}})] \}$$

$$\text{Impostos} = \text{Alíquota} * (\text{Receita} - \text{CPV} - \text{Despesas com Vendas} - \text{Despesas Gerais e Administrativas})$$

$$\text{Depreciação} = \{ \% \text{depreciação} * [\text{Imobilizado} + (\text{Investimento}_{\text{capacidadeUS}} * \text{Câmbio}_{\text{RS/US}})] \} + \text{ÁgioRioCel(fixo)}$$

$$\text{Investimentos (Capex)} = [(\text{Investimento}_{\text{manutençãoemUS}} * \text{Câmbio}_{\text{RS/US}}) + (\text{Compra}_{\text{terrasemUS}} * \text{Câmbio}_{\text{RS/US}}) + (\text{Investimento}_{\text{ExpansãoGuaíbaUS}} * \text{Câmbio}_{\text{RS/US}}) + (\text{Capex}_{\text{Veracel}} * \text{Câmbio}_{\text{RS/US}})]$$

$$\Delta \text{Capital Giro} = (\% \text{fixo do Lucro Operacional pós Impostos})$$

Importante salientar que o modelo que se desenvolve aqui é propositalmente simplificado e, para cálculos desse estudo empírico, o foco recairá em apenas dois fatores de risco: preços internacionais de celulose (em dólares) e taxa nominal de câmbio. Naturalmente, o mais adequado para uma análise acurada seria extrair das equações de mapeamento a exposição dos fluxos a cada um dos fatores. Sendo assim, a título de simplificação, serão mantidos os demais vetores de risco constantes como volumes, investimentos e as operações com papel, por exemplo. Sendo assim, o fluxo de caixa da firma poderá ser expresso, já isolados os fatores de risco, como⁴⁷:

$$\text{FCF}_{\text{firma}} = \sum_{i=1}^{11} \{ (1-f) * (1-\tau) * [(1+\xi) * (\text{VC}_i + \text{VP}_i * d) - (\text{VC}_{\text{ivc}} * j) - (\psi * \text{VP}_i * d)] * \text{Preço}_{\text{iceluloseUS}} * \text{Câmbio}_{\text{iRS/US}} + [(1-f) * (1-\tau) * (\alpha * \beta * \text{IN}_i) - \text{IN}_i * (\beta + 1)] * \text{Câmbio}_{\text{iRS/US}} + K_i \}$$

⁴⁷Observando que neste modelo de *valuation* realizado para a Aracruz, o preço projetado para o papel é função do preço da celulose (ambos expressos em dólares).

Onde:

i = Anos de Projeção (2008 até 2018)

τ = Alíquota de Imposto de Renda

VP = Volume de Papel (fixado no modelo aos valores de 2007, por simplificação)

$\psi = 1/(1 + \text{Margem Bruta}_{\text{papel}})$

ξ = Valor Percentual (fixo)

VC_{ivc} = Volume de Celulose (Veracel)

VC_{isvc} = Volume de Celulose (sem Veracel)

VC_i = Volume Total de Celulose (valores de consenso de mercado - inclui expansões)

$$= VC_{ivc} + VC_{isvc}$$

α = Valor Percentual (fixo)

β = Valor Percentual (fixo)

IN = Investimento em Capacidade (em US\$)

f = Valor Percentual (fixo) / Capital de Giro

d = Valor Percentual (fixo)

j = Valor Percentual (fixo)

K_i = Valores tomados como dados

Simplificando:

$$= \sum_{i=1}^{11} \{h_i * \text{Preço}_{\text{iceluloseUS}} * \text{Câmbio}_{iRS/US} + q_i * \text{Câmbio}_{iRS/US} + K_i\}$$

$$= \sum_{i=1}^{11} \{h_i * PC_i * \tilde{e}_i + q_i * \tilde{e}_i + K_i\}$$

Portanto, dado que o valor econômico de uma empresa é dado pelo valor presente de seus fluxos de caixa descontados a taxa de risco expressa pelo WACC, se tem que:

$$\therefore VE_{Aracruz} = (\sum_{i=1}^{11} \{h_i * PC_i * \tilde{e}_i + q_i * \tilde{e}_i + K_i\}) / (1 + WACC)^i + (Perp / (1 + WACC)^{11})$$

(EQUAÇÃO DE MAPEAMENTO)

Sendo:

$$h_i = (1-f)*(1-\tau)*[(1+\xi)*(VC_i+VP_i*d)-(VC_{ivc}*j)-(\psi*VP_i*d)]$$

$$q_i = (1-f)*(1-\tau)*(\alpha*\beta*IN_i) - [IN_i*(\beta+1)]$$

$$Perp = ((h_{11}*PC_{11}*\tilde{e}_{11} + q_{11}*\tilde{e}_{11} + K_{11})*(1+g))/(WACC - g)$$

g = taxa de crescimento na perpetuidade (constante)

$WACC$ = constante⁴⁸

⁴⁸ Por simplificação.

6.2. Cálculos do Valor em Risco da Aracruz Celulose

Até aqui, foi desenvolvido e apresentado um modelo de avaliação proposto para a Aracruz (sob a ótica de 2007, indo até 2018) e discutidas questões relativas ao mesmo⁴⁹. Chegou-se ainda a uma equação de mapeamento para o valor econômico da companhia, expresso apenas em função dos dois fatores de risco considerados neste estudo. O que se desenvolve adiante são análises destes vetores de incerteza que serão usadas nos cálculos do VaR Corporativo e do *Valuation* Probabilístico, conforme proposto.

Foram utilizadas séries mensais do preço de celulose (em dólares) e da taxa de câmbio nominal (real/dólar)⁵⁰. No caso do câmbio, foram utilizados os preços de fechamento da moeda americana negociada a vista (preços *spot*) na BM&FBOVESPA, no período de Fevereiro de 1999 a Agosto de 2008. A razão para utilização da série somente a partir de 1999 foi evitar os efeitos da mudança de regime cambial no país, ocorrida em meados do mês de Janeiro daquele ano.

Igualmente para celulose foi obtida a série de preços mensais de fechamento, para o mesmo período, da chamada celulose de fibra curta⁵¹. Preços cotados em dólares (USD) por tonelada na Europa (Finlândia) e fornecidos ao mercado pela FOEX Indexes Ltd. Como tais preços só estão disponíveis na moeda americana a partir de Maio de 2000, para dados de Fevereiro de 1999 a Abril de 2000 foram usados os valores comercializados em euros convertidos pela cotação spot dólar/euro de fechamento de cada mês⁵². Os estudos realizados e os *outputs* mostrados nas seções a seguir foram obtidos através do conhecido e muito utilizado pacote Eviews.

⁴⁹ Erros de modelagem incorridos ao longo deste trabalho podem influenciar os resultados finais obtidos.

⁵⁰ Fonte: Bloomberg

⁵¹ No mercado podem ser obtidos preços tanto de celulose de fibra curta como de fibra longa (de madeiras macias como os pinheiros). A escolha dos preços da celulose de fibra curta neste estudo se dá não só por ser um *benchmark* utilizado no setor como ainda pelo fato da Aracruz não produzir celulose de fibra longa.

⁵² Fonte: Bloomberg - para dados de preços de celulose e cotações mensais de USD/EUR.

6.2.1. Modelagem das Séries de Celulose e de Câmbio

Foi observado que o valor da taxa de câmbio e os preços de celulose são dois dos principais fatores⁵³ que influenciam hoje os possíveis valores econômicos da Aracruz Celulose e seus fluxos de caixa esperados. Suas séries serão, portanto, os objetos de análise para o cálculo do VaR Corporativo e do *Valuation* Probabilístico. Em realidade, as variáveis em questão nos cálculos estocásticos não serão os preços mas os retornos das séries de câmbio e celulose (estacionários), medidos como a diferença dos logaritmos dos preços. Assim:

$$\text{Retorno} = \text{Ln}(\text{Preço}_t) - \text{Ln}(\text{Preço}_{t-1})$$

Pelo fato de não haver disponíveis em mercado, com facilidade, cenários estocásticos futuros para as variáveis de estudo, optou-se pela modelagem das mesmas. Antes, entretanto, de montar as equações de projeção de câmbio e celulose, se buscou verificar se as variáveis apresentavam efeitos conjuntos entre si. Ou seja, tentou-se constatar se preços de câmbio e celulose podem ser explicados por seus valores defasados e suas interações, ou não. O primeiro teste foi analisar a matriz de correlação entre ambos. A falta de correlação entre as variáveis ficou óbvia pelo coeficiente de correlação obtido, da ordem de -0,050922.

A seguir, foi gerado um modelo de regressão de vetores autoregressivos (VAR) para que fossem testados também os efeitos defasados de uma variável na outra. Uma questão a se considerar aqui é a dos lags a serem utilizados nas estimativas da regressão. Para responder a tal pergunta, foi observado o critério de seleção de lags do Eviews com a inclusão de 8 lags⁵⁴. Por todos os critérios apresentados, o lag ótimo a ser escolhido deveria ser 1, conforme se verifica na tabela abaixo.

⁵³ Como já mencionado, há outros fatores que influenciam o cálculo do valor econômico da empresa. Por simplificação, foi feita a escolha de apenas dois deles (câmbio e preços de celulose) como fatores de risco neste trabalho, sendo mantidos os demais constantes.

⁵⁴ Default do software.

Tabela 1 – Critério de seleção para lag do Modelo VAR

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
1	394.0569	NA	2.34e-06*	-7.290783*	-7.190864*	-7.250278*
2	396.4839	4.672508	2.41e-06	-7.261381	-7.061543	-7.180370
3	400.8150	8.176444	2.39e-06	-7.267570	-6.967813	-7.146052
4	402.9534	3.957081	2.48e-06	-7.232774	-6.833098	-7.070751
5	406.7325	6.851843	2.49e-06	-7.228645	-6.729051	-7.026116
6	407.7627	1.829246	2.63e-06	-7.173134	-6.573621	-6.930099
7	415.1652	12.86794*	2.47e-06	-7.236732	-6.537301	-6.953192
8	415.6788	0.873694	2.65e-06	-7.171567	-6.372216	-6.847521

*indica o lag selecionado pelo critério em questão.

Em função disso, foi rodado o modelo VAR com 1 lag de defasagem para as variáveis dos retornos de celulose e câmbio. O resultado, apresentado a seguir, mostra que os retornos não apresentam relação direta um sobre o outro – o que, de certa forma, se apresenta como um resultado intuitivo⁵⁵.

Cabe aqui uma pequena observação: os nomes das variáveis mostrados neste trabalho a partir deste ponto se referem a:

“BRL_RETURN” = Série de Retornos de Preços do Câmbio

BRL_RETURN (-x) = BRL_RETURN defasado de “x” períodos

“PULP_RETURN” = Série de Retornos de Preços de Celulose

PULP_RETURN (-x) = PULP_RETURN defasado de “x” períodos

Ainda, optou-se por deixar nas Tabelas a seguir os nomes utilizados nos cálculos econométricos para as respectivas séries, extraídos do pacote Eviews.

⁵⁵ Seria pouco razoável argumentar que o preço de celulose afeta a taxa de câmbio nominal no Brasil. Poder-se-ia questionar sobre a causalidade inversa mas os preços de celulose em dólares cotados no mercado internacional têm pouca ligação com o valor de compra relativo da moeda local brasileira, na visão da autora.

Tabela 2 – Modelo VAR

	BRL_RETURN	PULP_RETURN
BRL_RETURN (-1)	-0.102550 (0.09435) [-1.08693]	-0.070332 (0.05367) [-1.31033]
PULP_RETURN (-1)	-0.041711 (0.13502) [-0.30893]	0.564870 (0.07681) [7.35402]
R-squared	0.009618	0.315480
Adj. R-squared	0.000775	0.309368
Sum sq. resids	0.311918	0.100950
S.E. equation	0.052773	0.030022
F-statistic	1.087670	51.61820
Log likelihood	174.6101	238.9128
Akaike AIC	-3.028248	-4.156364
Schwarz SC	-2.980244	-4.108361
Mean dependent	-0.001947	0.006568
S.D. dependent	0.052793	0.036126
Determinant resid covariance (dof adj.)		2.50E-06
Determinant resid covariance		2.41E-06
Log likelihood		413.7846
Akaike information criterion		-7.189203
Schwarz criterion		-7.093196

Mais relevante do que a correlação, não obstante, é a possível causalidade entre as variáveis. Para examinar tal efeito, foi rodado um teste de causalidade de Granger, também apresentado a seguir. O *lag* utilizado no teste foi de 4 períodos dado ter sido esse o intervalo de tempo considerado razoável para determinar o quanto uma variável poderia influenciar na predição da outra (o equivalente a pouco mais de um trimestre para câmbio e celulose – efeitos da influência “cruzada” deveriam ser observados neste período).

Tabela 3 – Testes de Causalidade de Granger

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Probability
PULP_RETURN does not Granger Cause BRL_RETURN	111	0.12533	0.97302
BRL_RETURN does not Granger Cause PULP_RETURN		1.75813	0.14310

A análise do teste sugere que não se pode rejeitar nenhuma das duas hipóteses nulas, quais sejam, de que os retornos de celulose não têm efeito de causalidade sobre os retornos de câmbio nominal e vice-versa. Isso irá tornar os cálculos a frente bem menos complexos.

Nas próximas duas seções serão apresentadas as modelagens das séries de câmbio e celulose individualmente, com a descrição dos processos utilizados para a obtenção das mesmas bem como as equações de previsão sugeridas. Nas seções seguintes, são apresentados os cálculos do VaR Corporativo e do *Valuation* Probabilístico da Aracruz Celulose.

6.2.1.1. Série de Retornos de Celulose

Para os retornos dos preços de celulose foram utilizados modelos auto-regressivos, após análises de modelos alternativos (como ARMA, por exemplo). A razão da escolha de um modelo AR(1) foi por apresentar os melhores critérios de informação medidos tanto pelo Akaike quanto pelo critério Schwarz. Os resultados da regressão são mostrados na tabela 4, bem como a equação para previsão dos retornos extraída do modelo sugerido⁵⁶.

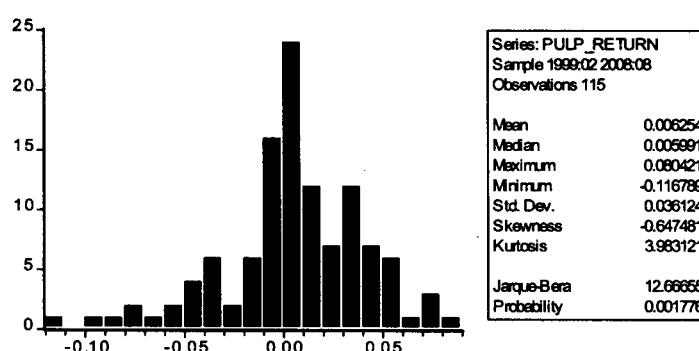


Tabela 4 – Resultado da Regressão dos Retornos de Celulose (Modelo AR(1))

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(1)	0.570573	0.087391	6.528966	0.0000
R-squared	0.304986	Mean dependent var		0.006568
Adjusted R-squared	0.304986	S.D. dependent var		0.036126
S.E. of regression	0.030117	Akaike info criterion		-4.158694
Sum squared resid	0.102498	Schwarz criterion		-4.134692
Log likelihood	238.0456	Durbin-Watson stat		1.991320
Inverted AR Roots	.57			

Estimation Equation:

$$\text{PULP_RETURN} = 0 + [\text{AR}(1)=0.5705732907]$$

Como forma de assegurar a não existência de heterocedasticidade residual, foi rodado um teste ARCH LM cujo output é mostrado a seguir. Como se pode conferir nos resultados

⁵⁶ Importante voltar a salientar sobre possíveis erros de modelagem, que afetam os resultados finais.

apresentados, não se pode rejeitar a hipótese nula de que não há ARCH de primeira ordem nos resíduos.

Tabela 5 – Teste ARCH

F-statistic	0.201222	Probability	0.654611
Obs*R-squared	0.204477	Probability	0.651131

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.000846	0.000183	4.626402	0.0000
RESID^2(-1)	0.042317	0.075490	0.560562	0.5762

R-squared	0.001810	Mean dependent var	0.000884
Adjusted R-squared	-0.007183	S.D. dependent var	0.001312
S.E. of regression	0.001317	Akaike info criterion	-10.40908
Sum squared resid	0.000193	Schwarz criterion	-10.36080
Log likelihood	590.1128	F-statistic	0.201222
Durbin-Watson stat	2.009097	Prob(F-statistic)	0.654611

Assim, se pode, a partir da modelagem observada para a série de retornos da celulose (um modelo autoregressivo de ordem 1), inferir suas medidas de média e variância de longo prazo, conforme segue.

Dado um processo AR(1) qualquer, descrito como:

$$Y_t = c + \phi Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Onde $E(\varepsilon_t) = 0$, $E(\varepsilon_k \varepsilon_j) = 0$ ($\forall k \neq j$) e $E(\varepsilon_t^2) = \sigma^2$, a média (μ) e variância (γ) são dadas por:

$$\mu = E(Y_t) = c + \phi E(Y_{t-1}) + E(\varepsilon_t) \quad (\text{notar que } \mu = E(Y_t) = E(Y_{t-1}))$$

$$\therefore \mu = c + \phi \mu + 0$$

$$\therefore \mu = c/(1 - \phi)$$

$$\gamma = E(Y_t - \mu)^2 = \phi^2 E(Y_{t-1} - \mu)^2 + 2\phi E[(Y_{t-1} - \mu) \varepsilon_t] + E(\varepsilon_t^2)$$

$$\therefore \gamma = \phi^2 \gamma + 0 + \sigma^2 \quad (\text{dado que os erros são não correlacionados entre si e, portanto, a } [Y_{t-1} - \mu])$$

$$\therefore \gamma = \sigma^2/(1 - \phi^2)$$

Substituindo na equação de previsão para celulose, se chega a:

$$\mu = 0$$

$$(0.036126)^2 = \sigma^2 / (1 - (0.570573)^2) \therefore \sigma^2 = 0,00088^{57}$$

Mas foi visto na seção 6.1.2, os fluxos de caixa projetados da companhia para os próximos 10 anos são fluxos anuais e não mensais. No caso da presente modelagem, interessa calcular retornos e estrutura a termo das volatilidades dos retornos mensais de celulose para os 10 anos a frente, para que então se possa auferir o valor econômico em risco da Aracruz Celulose. Assim, se pode escrever que:

$$Y_t = c + \phi Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad \text{onde } c = 0, \phi = 0,570573 \text{ e } t = 12$$

Rekursivamente, se tem que:

$$\begin{aligned} Y_1 &= 0 + \phi * Y_0 + \varepsilon_1 \\ Y_2 &= 0 + \phi * Y_1 + \varepsilon_2 = \phi * \varepsilon_1 + \varepsilon_2 \\ Y_3 &= 0 + \phi * Y_2 + \varepsilon_3 = \phi^2 * \varepsilon_1 + \phi * \varepsilon_2 + \varepsilon_3 \\ Y_4 &= 0 + \phi * Y_3 + \varepsilon_4 = \phi^3 * \varepsilon_1 + \phi^2 * \varepsilon_2 + \phi * \varepsilon_3 + \varepsilon_4 \\ Y_5 &= 0 + \phi * Y_4 + \varepsilon_5 = \phi^4 * \varepsilon_1 + \phi^3 * \varepsilon_2 + \phi^2 * \varepsilon_3 + \phi * \varepsilon_4 + \varepsilon_5 \\ &\dots \\ \therefore Y_{12} &= 0 + \phi Y_{11} + \varepsilon_{12} \\ \therefore Y_{12} &= \phi^{12} Y_0 + \phi^{11} \varepsilon_1 + \phi^{10} \varepsilon_2 + \phi^9 \varepsilon_3 + \phi^8 \varepsilon_4 + \phi^7 \varepsilon_5 + \phi^6 \varepsilon_6 + \phi^5 \varepsilon_7 + \phi^4 \varepsilon_8 + \phi^3 \varepsilon_9 + \phi^2 \varepsilon_{10} + \phi \varepsilon_{11} + \varepsilon_{12} \end{aligned}$$

Onde Y_i representam os valores dos retornos considerados e ε_i os erros residuais. Se está interessado, entretanto, não no valor do retorno Y_{12} (o equivalente ao retorno de novembro para dezembro de 2008⁵⁸), mas sim no valor do retorno esperado em t e em $(t + 1\text{mês})$ para os próximos doze meses. Isso significa dizer que o retorno de Dezembro de 2007 a Dezembro 2008, ou seja, de 12 meses a frente, será dado pelo somatório dos retornos expressos acima.

Matematicamente, seria:

⁵⁷ Estimativa da variância dos resíduos. Em linha com o output do Eviews para o desvio padrão dos resíduos, expresso pela variável *S.E da regressão* = 0,030117 $\sim \sqrt{0,00088}$

⁵⁸ Lembrar que todos os cálculos são feitos sob o ponto de vista de Dezembro de 2007.

$$\begin{aligned}
Y_{\text{dez08/dez07}} &= Y_{12/12} = \sum_{i=1}^{12} Y_i \\
&= \varepsilon_1 + \phi * \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \phi^2 * \varepsilon_1 + \phi \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \phi^3 * \varepsilon_1 + \phi^2 * \varepsilon_2 + \phi * \varepsilon_3 + \varepsilon_4 + \dots + \phi^{12} + \\
&\phi^{11} \varepsilon_1 + \phi^{10} \varepsilon_2 + \phi^9 \varepsilon_3 + \phi^8 \varepsilon_4 + \phi^7 \varepsilon_5 + \phi^6 \varepsilon_6 + \phi^5 \varepsilon_7 + \phi^4 \varepsilon_8 + \phi^3 \varepsilon_9 + \phi^2 \varepsilon_{10} + \phi \varepsilon_{11} + \varepsilon_{12}
\end{aligned}$$

O que pode ser descrito como um somatório nos erros tal que:

$$\begin{aligned}
Y_{\text{dez08/dez07}} &= \varepsilon_1(1 + \phi + \phi^2 + \phi^3 + \phi^4 + \phi^5 + \phi^6 + \phi^7 + \phi^8 + \phi^9 + \phi^{10} + \phi^{11}) + \varepsilon_2(1 + \phi + \phi^2 + \phi^3 \\
&+ \phi^4 + \phi^5 + \phi^6 + \phi^7 + \phi^8 + \phi^9 + \phi^{10}) + \varepsilon_3(1 + \phi + \phi^2 + \phi^3 + \phi^4 + \phi^5 + \phi^6 + \phi^7 + \phi^8 + \phi^9) + \dots + \varepsilon_{12}
\end{aligned}$$

Notar, todavia, que o valor esperado dos erros $\varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4, \dots, \varepsilon_{12}$ após a passagem de um mês continuará sendo zero e, sendo assim, só irá interessar calcular o valor do polinômio em ε_1 acima, cuja variância será dada por:

$$\gamma_{Y_{12/12}} = E(Y_{12/12} - \mu_{Y_{12/12}})^2$$

$$\begin{aligned}
\therefore \gamma_{Y_{12/12}} &= E[(\phi^{11} + \phi^{10} + \phi^9 + \phi^8 + \phi^7 + \phi^6 + \phi^5 + \phi^4 + \phi^3 + \phi^2 + \phi + 1) * \varepsilon_1]^2 \\
&= (\phi^{11} + \phi^{10} + \phi^9 + \phi^8 + \phi^7 + \phi^6 + \phi^5 + \phi^4 + \phi^3 + \phi^2 + \phi + 1)^2 * \sigma^2
\end{aligned}$$

Da soma de uma PG finita:
$$S_n = \frac{a_n \cdot q - a_1}{q - 1} = S_n = a_1 \cdot \frac{q^n - 1}{q - 1}$$

Assim, substituindo $a_1 = 1$, $n = 12$ e $q = \phi$, se pode escrever que:

$$\begin{aligned}
\therefore \gamma_{Y_{12/12}} &= ((\phi^{12} - 1) / (\phi - 1))^2 * \sigma^2 \\
&= (-0,998809486 / -0,429427)^2 * \sigma^2 = 5,4099 * (0.030117)^2 = 0,00490693
\end{aligned}$$

O que equivale a uma volatilidade mensal de $\sqrt{0,00490693} = 7,0049\%$ a.m.

Fazendo cálculos semelhantes para os próximos 10 anos, ou 120 meses, se tem que:

$$\therefore \gamma_{Y24} = ((\phi^{24} - 1) / (\phi - 1))^2 * \sigma^2$$

$$\therefore \gamma_{Y36} = ((\phi^{36} - 1) / (\phi - 1))^2 * \sigma^2$$

$$\therefore \gamma_{Y48} = ((\phi^{48} - 1) / (\phi - 1))^2 * \sigma^2$$

$$\therefore \gamma_{Y60} = ((\phi^{60} - 1) / (\phi - 1))^2 * \sigma^2$$

$$\therefore \gamma_{Y72} = ((\phi^{72} - 1) / (\phi - 1))^2 * \sigma^2$$

$$\therefore \gamma_{Y84} = ((\phi^{84} - 1) / (\phi - 1))^2 * \sigma^2$$

$$\therefore \gamma_{Y96} = ((\phi^{96} - 1) / (\phi - 1))^2 * \sigma^2$$

$$\therefore \gamma_{Y108} = ((\phi^{108} - 1) / (\phi - 1))^2 * \sigma^2$$

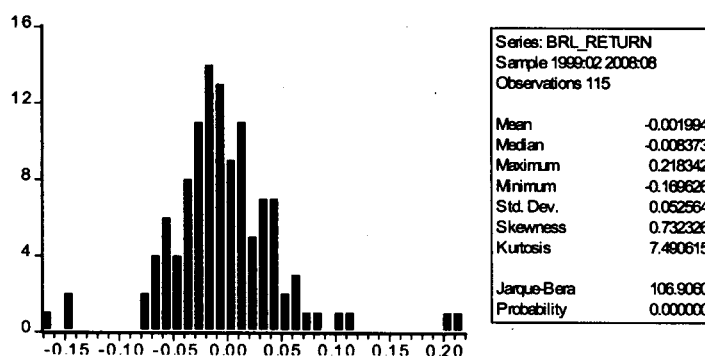
$$\therefore \gamma_{Y120} = ((\phi^{120} - 1) / (\phi - 1))^2 * \sigma^2$$

$$\therefore \gamma_{Y132} = ((\phi^{132} - 1) / (\phi - 1))^2 * \sigma^2$$

Lembrando que $|\phi| < 1$, não é difícil perceber que a volatilidade dos retornos da celulose é (praticamente) constante e igual a 7,01% a.m.

6.2.1.2. Série de Retornos do Câmbio

Para a modelagem dos retornos do câmbio nominal foram testados modelos AR e modelos ARMA (com autocorrelação e reversão a média) e comparados seus outputs – seus R^2 , a significância dos coeficientes da regressão e os critérios de informação.



Inicialmente, foram examinados modelos ARMA(1,2) e ARMA(2,2). Os dois modelos apresentaram resultados semelhantes: R^2 baixos e coeficientes estatisticamente pouco significativos⁵⁹, se mostrando como *pobres* na previsão da série de retornos do câmbio nominal.

Tendo em vista a pouca relevância dos modelos ARMA para previsão do câmbio, partiu-se para um modelo simples AR(1). Além de também apresentar coeficientes estatisticamente pouco relevantes, demonstrou R^2 extremamente baixo, o que torna os resultados não significantes. Os resultados da regressão podem ser observados na Tabela 6, a seguir⁶⁰.

⁵⁹ Ou seja, não se pode rejeitar a hipótese nula (H_0) dos coeficientes serem nulos.

⁶⁰ Importante voltar a salientar sobre possíveis erros de modelagem, que afetam os resultados finais.

Tabela 6 – Resultado da Regressão dos Retornos de Câmbio (Modelo AR(1))

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(1)	-0.100898	0.133287	-0.756999	0.4506
R-squared	0.008774	Mean dependent var		-0.001947
Adjusted R-squared	0.008774	S.D. dependent var		0.052793
S.E. of regression	0.052561	Akaike info criterion		-3.044940
Sum squared resid	0.312184	Schwarz criterion		-3.020938
Log likelihood	174.5616	Durbin-Watson stat		1.872961
Inverted AR Roots	-.10			

Estimation Equation:

$$\text{BRL_RETURN} = 0 + [\text{AR}(1) = -0.1008982827]$$

No caso proposto, os dados apontam para um modelo onde os resíduos são estacionários com média zero e variância constante, e onde se observa que:

✓ a estatística de Durbin-Watson sendo próxima de 2 assinala a ausência de correlação serial de primeira ordem dos resíduos;

✓ o R^2 próximo de zero demonstra a pouca relevância das variáveis explicativas escolhidas na tentativa de prever o comportamento da variável dependente;

✓ os retornos parecem seguir o comportamento de um processo de *Markov* no sentido dos retornos futuros não serem afetados pelos valores passados ou por qualquer outra informação, sendo somente dependentes de seus valores atuais;

Foi ainda rodado um teste para determinar a percepção de qualquer autocorrelação dos resíduos. Pela estatística F obtida, e dado o R^2 observado no teste LM mostrado na

Tabela 7, fica confirmada a não existência de qualquer efeito de autocorrelação residual na amostra.

Tabela 7 – Teste LM de Correlação Serial

F-statistic	2.442702	Probability	0.120894
Obs*R-squared	2.238490	Probability	0.134612

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(1)	-1.425852	0.917054	-1.554818	0.1228
RESID(-1)	1.440333	0.921569	1.562915	0.1209

R-squared	0.019636	Mean dependent var	-0.002185
Adjusted R-squared	0.010883	S.D. dependent var	0.052515
S.E. of regression	0.052229	Akaike info criterion	-3.048971
Sum squared resid	0.305521	Schwarz criterion	-3.000968
Log likelihood	175.7914	Durbin-Watson stat	1.896347

Tal comportamento da série dos retornos do câmbio nominal levanta a hipótese de que os mesmos sigam um movimento aleatório (o bastante conhecido “*random-walk model*”), como o observado em processos de ruídos brancos⁶¹. O teste LM anterior só corrobora essa hipótese.

Os processos descritos como ruídos brancos são caracterizados por possuírem:

$$E(\varepsilon_t) = 0 \qquad E(\varepsilon_t^2) = \sigma^2 \qquad E(\varepsilon_t \varepsilon_\tau) = 0 \quad (\forall t \neq \tau)$$

Todas essas características observadas na série de retornos do câmbio nominal. Nesse caso, a volatilidade de 12 meses a frente da regressão será dada por:

$$\therefore \gamma_{Y12} = (0,05256 \cdot \sqrt{12})^2 = (0,18207)^2 = 0,033151$$

⁶¹ Hamilton, Cap. 3, pg. 47

O que equivale a uma volatilidade mensal de $\sqrt{0,033151} = 18,2073\%$ a.m.

Da mesma forma, calculam-se as variâncias para os próximos 10 anos:

$\therefore \gamma_{Y24} = (0,05256 \cdot \sqrt{24})^2 = (0,25749)^2 = 0,066301$	$\therefore \text{Vol}_{Y24} = 25,7490\% \text{ a.m.}$
$\therefore \gamma_{Y36} = (0,05256 \cdot \sqrt{36})^2 = (0,31536)^2 = 0,099452$	$\therefore \text{Vol}_{Y36} = 31,5360\% \text{ a.m.}$
$\therefore \gamma_{Y48} = (0,05256 \cdot \sqrt{48})^2 = (0,36415)^2 = 0,132603$	$\therefore \text{Vol}_{Y48} = 36,4146\% \text{ a.m.}$
$\therefore \gamma_{Y60} = (0,05256 \cdot \sqrt{60})^2 = (0,40713)^2 = 0,165753$	$\therefore \text{Vol}_{Y60} = 40,7128\% \text{ a.m.}$
$\therefore \gamma_{Y72} = (0,05256 \cdot \sqrt{72})^2 = (0,44599)^2 = 0,198904$	$\therefore \text{Vol}_{Y72} = 44,5986\% \text{ a.m.}$
$\therefore \gamma_{Y84} = (0,05256 \cdot \sqrt{84})^2 = (0,48172)^2 = 0,232055$	$\therefore \text{Vol}_{Y84} = 48,1720\% \text{ a.m.}$
$\therefore \gamma_{Y96} = (0,05256 \cdot \sqrt{96})^2 = (0,51498)^2 = 0,265205$	$\therefore \text{Vol}_{Y96} = 51,4981\% \text{ a.m.}$
$\therefore \gamma_{Y108} = (0,05256 \cdot \sqrt{108})^2 = (0,54622)^2 = 0,298356$	$\therefore \text{Vol}_{Y108} = 54,6220\% \text{ a.m.}$
$\therefore \gamma_{Y120} = (0,05256 \cdot \sqrt{120})^2 = (0,57577)^2 = 0,331506$	$\therefore \text{Vol}_{Y120} = 57,5766\% \text{ a.m.}$
$\therefore \gamma_{Y132} = (0,05256 \cdot \sqrt{132})^2 = (0,60387)^2 = 0,364657$	$\therefore \text{Vol}_{Y132} = 60,3868\% \text{ a.m.}$

E fica assim determinada a estrutura a termo de volatilidade do câmbio nominal segundo o modelo proposto de *random walk* para os retornos.

6.2.2. VaR Corporativo da Aracruz Celulose

Como foi visto na seção 4.2, o cálculo do VaR Corporativo da Aracruz Celulose envolve antes de mais nada a modelagem dos efeitos dos fatores de riscos considerados como determinantes para o *valuation* da empresa.

Conforme assinalado em seções anteriores, um ponto essencial quando do cálculo do VaR de empresas e instituições financeiras é o horizonte de investimento⁶². Os horizontes dos investimentos de cada um desses agentes, conforme visto, difere muito entre si e são apreçados de forma diversa também. Em instrumentos financeiros como portfólios ou *books* de tesouraria, os ativos em geral apresentam alta liquidez e podem ser transformados em recursos livres com relativa facilidade. Em função disso e da própria natureza do negócio financeiro, o gestor/executivo estará interessado na variação do valor econômico de sua carteira para o prazo de um dia e deverá acompanhar sua evolução (junto a casos de *stress*) diariamente. Terá, assim, uma boa noção do risco incorrido em sua carteira de ativos.

Entretanto, para empresas não financeiras, o horizonte de investimento muda e interessa aos executivos ou aos donos das companhias acompanhar seu desempenho para prazos mais largos que os prazos observados no dinâmico mundo financeiro. Nesse caso nem sempre os “ativos da carteira” são líquidos ou podem ser transformados em recursos com agilidade. Mais que isso, muitas vezes não é esse objetivo, mas sim o de ampliar ao máximo a possibilidade de investimento e de produção dos ativos atuais da companhia.

⁶² O horizonte de investimento é relevante na própria consideração de risco de um ativo. Um título do Governo pós-fixado (atrelado a taxa básica de juros – Selic) pode ser considerado de pouco risco (baixa volatilidade) no horizonte de um ano. Mas se essa taxa varia no tempo de forma relevante, o mesmo título irá apresentar volatilidade não desprezível quando observados horizontes de tempo mais extensos.

No caso do estudo empírico da Aracruz Celulose estar-se-á medindo o VaR mensal da empresa. A escolha é justificada tendo em vista a frequência do aprelçamento da celulose no mercado⁶³, bem como dos seus custos de produção (salários, por exemplo). A escolha de cálculo mensal do VaR Corporativo pareceu mais adequada pois evita a volatilidade natural mas (por vezes) excessiva de dados semanais, e fornece uma medida mais acurada do que dados de menor frequência como trimestrais ou anuais, por exemplo.

Os dados e as previsões obtidos no capítulo 6.2.1.1 e 6.2.1.2 têm periodicidade mensal. Os fluxos de caixa da empresa, entretanto, se apresentam em frequência anual e é com eles que se irá calcular o valor econômico da companhia. Portanto, dado que se faz uso de dados mensais, interessa medir o valor do retorno para períodos sempre 12 meses a frente, a começar pelo final do ano de 2007 indo até o ano 2018 (último fluxo de caixa projetado no *valuation* da companhia, conforme verificado na seção 6.1.2).

É sabido das seções anteriores que a modelagem dos retornos da celulose sugere um processo autoregressivo de primeira ordem (AR(1)) e os retornos do câmbio podem ser classificados como um passeio aleatório (MGB⁶⁴). De posse desses dados, também como já expresso anteriormente, chega-se aos valores de média e às estruturas a termo das variâncias para as séries dos fatores de risco tal que:

Para celulose

$$\mu_{PC} = 0$$

$$\gamma_{Y12/12} = 0,00490693$$

$$\gamma_{Y24} = 0,00491862$$

⁶³ Existem aprelçamentos até semanais para alguns tipos de celulose divulgados ao mercado financeiro mas a autora julgou que tal frequência adicionaria volatilidade excessiva para este estudo simplificado.

⁶⁴ Ver Apêndice.

$$\gamma_{Y36} = \gamma_{Y48} = \gamma_{Y60} = \gamma_{Y72} = \gamma_{Y84} = \gamma_{Y96} = \gamma_{Y108} = \gamma_{Y120} = \gamma_{Y132} = 0,00491864$$

Para câmbio

$$\mu_{e^*} = 0$$

$$\gamma_{Y12} = 0,033151$$

$$\gamma_{Y84} = 0,232055$$

$$\gamma_{Y24} = 0,066301$$

$$\gamma_{Y96} = 0,265205$$

$$\gamma_{Y36} = 0,099452$$

$$\gamma_{Y108} = 0,298356$$

$$\gamma_{Y48} = 0,132603$$

$$\gamma_{Y120} = 0,331506$$

$$\gamma_{Y60} = 0,165753$$

$$\gamma_{Y132} = 0,364657$$

$$\gamma_{Y72} = 0,198904$$

Sendo assim, de posse da **equação de mapeamento** obtida na seção 6.1.2...

$$\therefore VE_{Aracruz} = (\sum_{i=1}^{11} \{h_i * PC_i^* \tilde{e}_i + q_i * \tilde{e}_i + K_i\}) / (1 + WACC)^i + (Perp / (1 + WACC)^{11})$$

Onde:

h_i = constante

q_i = constante

K_i = constante

PC_i^* = preço de celulose

\tilde{e}_i = taxa de câmbio nominal

$$Perp = ((h_{11} * PC_{11}^* \tilde{e}_{11} + q_{11} * \tilde{e}_{11} + K_{11}) * (1+g)) / (WACC - g)$$

g = taxa de crescimento na perpetuidade (constante)

$WACC$ = constante

... Que pode também ser escrita como:

$$\therefore VE_{Aracruz} = (\sum_{i=1}^{10} \{h_i * PC_i^* \tilde{e}_i + q_i * \tilde{e}_i + K_i\}) / (1+WACC)^i + (FC_{11} * [(1+g) + (WACC-g)] / (WACC-g)) / (1+WACC)^{11}$$

$$\text{Sendo: } FC_{11} = (h_{11} * PC_{11} * e_{11} + q_{11} * e_{11} + K_{11})$$

Notar que as duas únicas métricas estocásticas são os fatores de risco. Portanto, se pode chegar aos valores de média e variância para o valor econômico da Aracruz Celulose tais que:

$$\mu_{VEAracruz} = E(VE_{Aracruz}) = R\$ 23,4bi \rightarrow \text{uma vez que as médias dos retornos de } PC_i * e_i \text{ são zero;}$$

$$\begin{aligned} \gamma_{VEAracruz} &= E(VE_{Aracruz} - \mu_{VEAracruz})^2 = \\ &= E((\sum_{i=1}^{10} \{h_i * PC_i * e_i + q_i * e_i + K_i\}) / (1+WACC)^i + (FC_{11} * [(1+g) + (WACC-g)]) / (WACC-g)) / (1+WACC)^{11})^2 = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= E\{(h_1 * PC_1 * e_1 + q_1 * e_1 + K_1) / (1+WACC) + (h_2 * PC_2 * e_2 + q_2 * e_2 + K_2) / (1+WACC)^2 + \\ &(h_3 * PC_3 * e_3 + q_3 * e_3 + K_3) / (1+WACC)^3 + (h_4 * PC_4 * e_4 + q_4 * e_4 + K_4) / (1+WACC)^4 + (h_5 * PC_5 * e_5 + q_5 * e_5 + K_5) / (1+WACC)^5 + \\ &(h_6 * PC_6 * e_6 + q_6 * e_6 + K_6) / (1+WACC)^6 + (h_7 * PC_7 * e_7 + q_7 * e_7 + K_7) / (1+WACC)^7 + \\ &(h_8 * PC_8 * e_8 + q_8 * e_8 + K_8) / (1+WACC)^8 + (h_9 * PC_9 * e_9 + q_9 * e_9 + K_9) / (1+WACC)^9 + (h_{10} * PC_{10} * e_{10} + q_{10} * e_{10} + K_{10}) / (1+WACC)^{10} + \\ &[(h_{11} * PC_{11} * e_{11} + q_{11} * e_{11} + K_{11}) / (1+WACC)^{11}] * [(1+g) + (WACC-g)] / (WACC-g)) / (1+WACC)^{11})^2 = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= E\{(h'_1 * PC_1 * e_1 + q'_1 * e_1 + K'_1) + (h'_2 * PC_2 * e_2 + q'_2 * e_2 + K'_2) + (h'_3 * PC_3 * e_3 + q'_3 * e_3 + K'_3) + \\ &(h'_4 * PC_4 * e_4 + q'_4 * e_4 + K'_4) + (h'_5 * PC_5 * e_5 + q'_5 * e_5 + K'_5) + (h'_6 * PC_6 * e_6 + q'_6 * e_6 + K'_6) + \\ &(h'_7 * PC_7 * e_7 + q'_7 * e_7 + K'_7) + (h'_8 * PC_8 * e_8 + q'_8 * e_8 + K'_8) + (h'_9 * PC_9 * e_9 + q'_9 * e_9 + K'_9) + \\ &(h'_{10} * PC_{10} * e_{10} + q'_{10} * e_{10} + K'_{10}) + [(h'_{11} * PC_{11} * e_{11} + q'_{11} * e_{11} + K'_{11})] * [(1+g) + (WACC-g)] / (WACC-g)) / (1+WACC)^{11})^2 = \end{aligned}$$

Uma tabela com os respectivos valores de h'_i , q'_i e K'_i é mostrada abaixo:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
h'_i	1.581	1.444	1.309	1.457	1.564	1.418	1.310	1.211	1.098	995	902
q'_i	-333.590	-773.005	-671.625	-124.930	-276.294	-287.175	-121.104	-109.296	-98.650	-89.051	-101.984
K'_i	-710.164	-792.359	-725.388	-861.997	-968.491	-889.464	-839.835	-792.745	-736.717	-685.004	-637.254

Conforme constatado, os retornos de celulose e câmbio são independentes, não correlacionados e não apresentam relação mútua de causalidade. Portanto, o VaR do Valor Econômico da Aracruz (que depende de ambos) será dado pela soma das variâncias das variáveis explicativas.

$$\therefore \text{VaR} = \text{RAIZ}[\text{Variância(Câmbio)} + \text{Variância(Celulose)}]$$

Onde:

$$\begin{aligned} \text{VAR(Câmbio)} &= \\ &= E((\sum_{i=1}^{10} \{h_i * PC_i * \tilde{e}_i + q_i * \tilde{e}_i + K_i\}) / (1+WACC)^i + (FC_{11} * [(1+g) + (WACC-g)] / (WACC-g)) / (1+WACC)^{11})^2, \text{ e } PC_i \text{ constante} \\ &= \sum_{i=1}^{11} [(h_i'^2 * PC_i'^2 + q_i'^2) * \gamma(e_i)] + ((h_{11}'^2 * PC_{11}'^2 + q_{11}'^2) * \gamma(e_{11}) * [(1+g)/(WACC-g)]^2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{VAR(Celulose)} &= \\ &= E((\sum_{i=1}^{10} \{h_i * PC_i * \tilde{e}_i + q_i * \tilde{e}_i + K_i\}) / (1+WACC)^i + (FC_{11} * [(1+g) + (WACC-g)] / (WACC-g)) / (1+WACC)^{11})^2, \text{ e } e_i \text{ constante} \\ &= \sum_{i=1}^{11} [(h_i'^2 * e_i'^2 * \gamma(\text{pulp}_i)] + ([h_{11}'^2 * e_{11}'^2 * \gamma(\text{pulp}_{11})] * [(1+g)/(WACC-g)]^2) \end{aligned}$$

$$\therefore \text{VaR Corporativo} = \text{RAIZ}[43,989,104,602,101 \times 10^6] = \mathbf{6,632,428,000 \text{ reais}}$$

6.2.3. *Valuation* Probabilístico

Uma vez estimadas as equações de previsão dos retornos da celulose e câmbio, o próximo passo na determinação do *Valuation* Probabilístico trata de, através destas, estimar trajetórias futuras para os fatores de risco. Isso pode ser feito com o uso de um gerador de números aleatórios que, quando aplicados nas equações de previsão, sensibilizam retornos e fornecem os valores (preços) de câmbio e celulose.

Foram estimadas 100 trajetórias distintas para os retornos de celulose e câmbio a partir do final de 2007. Como os dados até Agosto de 2008 já são conhecidos, eles foram utilizados diretamente. O processo de obtenção dos valores econômicos correspondentes para a Aracruz Celulose é descrito detalhadamente a seguir.

Inicialmente, é interessante voltar às equações de formação propostas para as séries de retornos da celulose e câmbio, mostradas abaixo:

$$FÓRMULA GERAL: Y_t = \phi * Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$Y_1 = \phi * Y_0 + \varepsilon_1$$

$$Y_2 = \phi * Y_1 + \varepsilon_2 = \phi * \varepsilon_1 + \varepsilon_2$$

$$Y_3 = \phi * Y_2 + \varepsilon_3 = \phi^2 * \varepsilon_1 + \phi * \varepsilon_2 + \varepsilon_3$$

$$Y_4 = \phi * Y_3 + \varepsilon_4 = \phi^3 * \varepsilon_1 + \phi^2 * \varepsilon_2 + \phi * \varepsilon_3 + \varepsilon_4$$

$$Y_5 = \phi * Y_4 + \varepsilon_5 = \phi^4 * \varepsilon_1 + \phi^3 * \varepsilon_2 + \phi^2 * \varepsilon_3 + \phi * \varepsilon_4 + \varepsilon_5$$

$$Y_6 = \phi * Y_5 + \varepsilon_6 = \phi^5 * \varepsilon_1 + \phi^4 * \varepsilon_2 + \phi^3 * \varepsilon_3 + \phi^2 * \varepsilon_4 + \phi * \varepsilon_5 + \varepsilon_6$$

$$Y_{12} = \phi * Y_{11} + \varepsilon_{12} = \phi^{11} * \varepsilon_1 + \phi^{10} * \varepsilon_2 + \phi^9 * \varepsilon_3 + \phi^8 * \varepsilon_4 + \phi^7 * \varepsilon_5 + \phi^6 * \varepsilon_6 + \phi^5 * \varepsilon_7 + \phi^4 * \varepsilon_8 + \phi^3 * \varepsilon_9 + \phi^2 * \varepsilon_{10} + \phi * \varepsilon_{11} + \varepsilon_{12}$$

Para os erros ε_t foram gerados números aleatórios que seguem uma distribuição Normal de média zero e variância dada por cada série ($\mathcal{N}(0, \sigma)$). Uma vez obtidos os 132 erros até Dezembro de 2018 para cada um dos 100 cenários propostos, foram calculados os retornos correspondentes. Notar que a equação de formação de retornos apresentada vale para a série de celulose e para a de câmbio, variando apenas os valores de ϕ :

Retornos Celulose: $\phi = 0,570573$

Retornos Câmbio: $\phi = 0$

Uma vez calculados os retornos, aplica-se exponencial nos números obtidos para se chegar aos preços equivalentes de tal forma que:

$$Y_t = \phi * Y_{t-1} + \varepsilon_t = \text{Ln}(P_t/P_{t-1}) \Rightarrow \text{Exp}(Y_t) = P_t/P_{t-1} \therefore P_t = P_{t-1} * \text{Exp}(Y_t)$$

$$\therefore P_1 = P_0 * \text{Exp}(Y_1)$$

$$\therefore P_2 = P_1 * \text{Exp}(Y_2) = P_0 * \text{Exp}(Y_1) * \text{Exp}(Y_2)$$

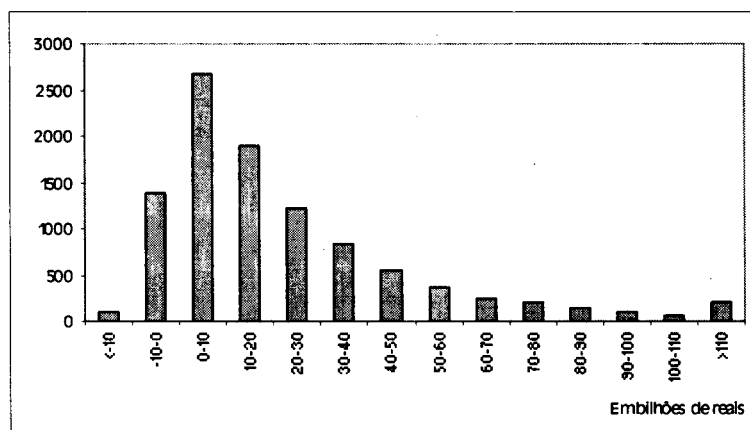
$$\therefore P_3 = P_2 * \text{Exp}(Y_3) = P_0 * \text{Exp}(Y_1) * \text{Exp}(Y_2) * \text{Exp}(Y_3)$$

... o que torna possível expressar todos os preços futuros em função de retornos e de P_0 . Sendo Y_1 o retorno de Janeiro₂₀₀₈/Dezembro₂₀₀₇, P_0 é representado pelos preços de celulose e câmbio em Dezembro de 2007, respectivamente \$775,23 e 1,78 reais/dólares.

A partir de então, num processo intenso de simulação, foram avaliados 10mil valores econômicos para a Aracruz, resultantes das combinações entre si das 100 trajetórias futuras dos fatores de risco. Importante salientar que, como descrito na seção 5.2, os valores econômicos foram obtidos descontando os fluxos de caixa da companhia

de 2008 a 2018 pela taxa livre de risco⁶⁵ de modo a não haver dupla penalização pelo risco. Os valores finais encontrados variaram de (12,3) a 366,6 bilhões de reais, sendo então rankeados e organizados por frequência em intervalos de valor.

Notar que, não estranhamente, foram obtidos alguns valores negativos no processo de avaliação. Isso se deve ao fato de se ter usado um modelo bastante simplificado e estático para análise da empresa. No modelo, foram escolhidos apenas dois fatores de risco e todas as demais variáveis foram mantidas constantes, inclusive custos, investimentos e quantidades. É bastante intuitivo pensar que, no “mundo real” as quantidades dependerão dos preços e das condições de mercado, num processo de ajuste dinâmico constante. Para capturar esse efeito, um estudo da elasticidade-preço da demanda de celulose deveria ser considerado. Assim, quando de seu planejamento 10 anos à frente, a companhia estará permanentemente preocupada em modelar a taxa de câmbio e o preço de celulose, e buscará ajustar seus investimentos e expansões (postergando ou até cancelando alguns deles), além de calibrar as quantidades produzidas em função dos cenários traçados. O gráfico a seguir mostra o histograma equivalente dos valores econômicos obtidos⁶⁶.



⁶⁵ Expressa no título federal prefixado NTN-F no valor de 13,23% aa em 31/12/2007. Fonte: Site Andima.

⁶⁶ Outra possibilidade de erro nos modelos de previsão propostos (que afetariam os valores econômicos) diz respeito à *heterocedasticidade*, ou seja, a variações ao longo do tempo das volatilidades dos resíduos (e logo, dos retornos), aqui não consideradas.

7. CONCLUSÃO

Crescentemente, a importância da acurada mensuração de risco por parte de empresas não financeiras tem despertado o interesse e se tornado relevante no dia a dia operacional das mesmas. Algo até então muito comum e restrito ao âmbito dos bancos, fundos de investimento e instituições financeiras que utilizam o VaR como um dos principais componentes dos seus sistemas de *risk management*.

O trabalho aqui descrito procura mostrar as particularidades quando da abordagem de mensuração de riscos ao mundo corporativo. No caso das corporações, antes de qualquer coisa, deve-se procurar abordar risco sob uma visão integrada que leve em consideração não somente o caixa da empresa, mas também as políticas de *hedge*, seus fluxos operacionais e seu endividamento.

Ademais, fatores como o horizonte de investimento escolhido será relevante e certamente diferente quando se considera corporações. Se para as empresas financeiras o conceito de variação de um dia a outro do valor da carteira é o que interessa, para companhias não financeiras esse conceito trará pouca ou nenhuma informação.

Além de tocar nos principais pontos de dúvidas e conflitos, e de procurar demonstrar a complexidade no processo de análise de riscos de empresas não financeiras (vis-à-vis o de empresas financeiras), o que se busca apontar neste trabalho é o fato de não haver consenso quanto a uma melhor definição para mensuração do risco em corporações. De fato, será necessário analisar o ponto-de-vista de quem mensura risco para se chegar à métrica mais adequada a cada situação.

Talvez a maior diferença na abordagem de risco entre o mundo corporativo e o financeiro (no que tange a mensuração de riscos de mercado) é o fato das empresas, acionistas, credores, analistas e empresários estarem em geral mais preocupados com o fluxo (de valor) do que com o estoque (valor financeiro ou econômico estático), uma dimensão absolutamente não capturada pelo VaR. A tais agentes o objeto de interesse será a mensuração dos fluxos de caixa da companhia, sua manutenção e a análise das possibilidades de interrupção dos mesmos. Uma análise sob incerteza poderá ser obtida com uma metodologia muito usada na prática e que aqui se chamou de *Valuation Probabilístico*. Através dela, se desenham cenários (tantos mais quanto possível) que considerem premissas das mais diversas e se avalia o valor da firma hoje. A métrica a se utilizar, portanto, mais uma vez dependerá dos objetivos da mensuração; não existe uma métrica “melhor”. Se, por exemplo, o foco de consideração estiver sendo o fluxo de caixa da companhia, então se tem uma visão mais gerencial e a medida mais conveniente será o CFaR (as questões contábeis são relevadas). Se o foco forem as contas do balanço, o medida mais adequada seria o EaR.

Nesse sentido, é sugerida a taxonomia aqui apresentada. Classificação essa que parece fazer mais sentido para as corporações, aproximando o conceito utilizado no universo de instituições financeiras ao das não-financeiras.

O estudo empírico descrito na seção final, ainda que bastante simplificado⁶⁷, busca aplicar dois dos conceitos propostos, detalhando os passos para obtenção do VaR Corporativo e do *Valuation Probabilístico* de uma empresa exportadora, a Aracruz Celulose. Empresa essa que recentemente reportou perdas bilionárias com operações de derivativos de câmbio numa clara desconsideração ou falha no processo de *risk management*.

⁶⁷ E, portanto, sujeito a erros de modelagem.

8. BIBLIOGRAFIA

BARBOSA, G. T. (2003), “Cuidando de uma trajetória segura” em Gestão de Riscos no Brasil.

COPELAND, T. and M. COPELAND (1999) "Managing FX Risk - A Value Maximizing Approach" Financial Management Vol. 28 No 3 pg 68-75

CULP, C. L., The ART of Risk Management, Wiley, 2002.

DIXIT, AVINASH e PINDYCK, Robert. Investment Under Uncertainty. Princeton University Press, 2.a Edição, 1994

DOTHAN, Michael U. Prices in Financial Markets. Oxford University Press, 1990

FERREIRA, I. R. (2005), “Earnings At Risk para as Instituições Não Financeiras e as Exigências da Lei Americana Sarbanes-Oxley”, Dissertação (Mestrado Profissional em Finanças e Economia Empresarial) - EPGE/FGV-RJ

FONSECA, Daniel Almeida Domingues. Avaliação de Projetos de Investimento com Opções Reais: Cálculo do Valor de Opção de Espera de uma Unidade Separadora de Propeno. Dissertação de Mestrado em Finanças e Economia Empresarial, EPGE/FGV, 2008.

HULL, J. (2007), Risk Management and Financial Institutions, first edition

HULL, J. (2006), Options, Futures and Other Derivatives (6a.ed), Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

JORION: Value-at-Risk: A nova fonte de referência para a gestão do risco financeiro, BM&F, 2003

J.P. MORGAN, "Risk Metrics Technical Document", 1995, Fourth Edition., New York.

KARATZAS, Ionnais e SHREVE, Steven. Methods of Mathematical Finance. Springer, Nova York, 1998

KLOEDEN, Peter E. e PLATEN, Eckhard. Numerical Solution of Stochastic Differential Equations". Springer-Verlag, 1992, 636 pp, 1992.

LA ROCQUE, E. e LOWENKRON, A. (2003), "Risk Management e Governança Corporativa", Artigos RiskControl-Lista de Riscos n. 3

LA ROCQUE, E. e LOWENKRON, A. (2004), "Métricas e particularidades da Gestão de Risco em corporações", Artigos RiskControl-Lista de Riscos n. 5

LOWENKRON, A. (2002), "Potencialização do Valor da Firma através do Risk Management Corporativo", Artigos RiskControl-Lista de Riscos n. 1

LOWENKRON, A. (2003), "Gestão Integrada de Riscos & A Estratégia Ótima de Hedge", Artigos RiskControl-Lista de Riscos n. 2;

LOWENKRON et al (2003), "Geração de Cenários Probabilísticos", mimeo, RiskControl/Tendências

LUND, Diderick e B. Oksendal (eds.). Stochastic Models and Option Values: with Applications to Resources, Environment, and Investment Problems. North Holland, Amsterdam, 1991

PEROBELLI, F. F. C. (2007), “Fluxo de Caixa em Risco: Diferentes Métodos de Estimação testados no setor siderúrgico brasileiro”, Revista Brasileira de Finanças

Risk Metrics Group: Corporate Metrics, Long Run Technical Document;

STEIN, USHER e LAGATTUTA (2001), “A Comparables Approach to Measuring Cashflow-At-Risk For Non-Financial Firms”, Journal of Applied Corporate Finance, volume 13 number 4 – winter 2001

STULZ, R. (1996), “Rethinking Risk Management”, Journal of Applied Corporate Finance 9, 8-24;

WERLANG, S. e LA ROCQUE, E., “Riscos de Mercado” in Coelho, F., Manual de Riscos, mimeo.

WINSTON, Wayne L. Financial Models using Simulation and Optimization. Palisade Co., Eds., 1998, 500 pp, 1998

Apêndice I – Demonstração da obtenção da equação discreta de simulação de preço

Pelo Lema de Ito, uma função $F(P,t)$ com apenas uma variável estocástica de preço P , tem a seguinte expansão:

$$dF = \frac{\partial F}{\partial P} dP + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 F}{\partial P^2} (dP)^2 + \frac{\partial F}{\partial t} dt$$

Onde $(dP)^2$ é uma função do tipo $f(P, t) dt$ que depende do processo estocástico escolhido para P . Se essa variável estocástica P seguir um movimento aleatório (browniano) tal que:

$$dP = \alpha P dt + \sigma P dz$$

Então, o termo $(dP)^2$ será igual a:

$$(dP)^2 = \alpha^2 P^2 (dt)^2 + 2\alpha\sigma P^2 dt dz + \sigma^2 P^2 (dz)^2$$

Como os termos de ordem $(dt)^2$ e $(dt)^{3/2}$ (como $dt dz$) são desprezíveis frente a dt e como se pode provar que a variação quadrática do movimento Browniano é finita, determinística e igual ao intervalo de tempo, isto é, $(dz)^2 = dt$, tem-se que:

$$(dP)^2 = \sigma^2 P^2 dt$$

Que é uma função no formato $f(P,t) dt$. Uma vez em posse destes resultados, aplicando o Lema de Ito para a transformação logarítmica em P , uma função apenas de P , vem:

$$F(P) = p = \ln(P)$$

As derivadas parciais a serem aplicadas no Lema de Ito são as seguintes:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = 0 ; \frac{\partial p}{\partial P} = \frac{1}{P} ; \frac{\partial^2 p}{\partial P^2} = -\frac{1}{P^2}$$

Aplicando o Lema de Ito para $p(P)$:

$$dp = \left(\frac{1}{P} \right) dP - 0,5 \left(\frac{1}{P^2} \right) (dP)^2$$

$$dp = \alpha dt + \sigma dz - 0,5\sigma^2 dt$$

$$dp = (\alpha - 0,5\sigma^2)dt + \sigma dz$$

Recordando que $dz = \varepsilon_{(t)} \cdot \sqrt{dt}$

$$dp = (\alpha - 0,5\sigma^2)dt + \sigma \varepsilon_{(t)} \cdot \sqrt{dt}$$

Onde dp é a taxa de variação no logaritmo do preço entre o instante zero e um instante futuro $0 + dt$, isto é, $dp = \ln P_{dt} - \ln P_0 = \ln(P_{dt}/P_0)$. Assim, o logaritmo dos preços segue um Movimento Aritmético Browniano (MAB) e tem solução explícita e dada por⁶⁸:

$$\ln(P_t / P_0) = (\alpha - 0,5\sigma^2)\Delta t + \sigma \varepsilon_{(t)} \cdot \sqrt{\Delta t}$$

Como para $\Delta t = t - 0 = t$:

$$\ln(P_t / P_0) = (\alpha - 0,5\sigma^2)t + \sigma \varepsilon_{(t)} \cdot \sqrt{t}$$

Aplicando o operador exponencial para recuperar a operacionalidade da simulação, atuando diretamente nos valores dos preços observados, obtem-se a equação desejada:

$$P_t = P_0 \cdot \exp\{(\alpha - 0,5\sigma^2)t + \sigma \cdot N(0,1) \cdot \sqrt{t}\}$$

⁶⁸ Vale para grandes intervalos de tempo.

Apêndice II – Movimento Browniano

O processo estocástico mais usado e conhecido na Literatura de Finanças é o Movimento Browniano, ou processo de Wiener, que é contínuo e apresenta três importantes propriedades:

1. É um processo de Markov no sentido da distribuição de probabilidade dos valores futuros não ser afetada pelos valores passados ou por qualquer outra informação, sendo somente dependente do seu valor atual. Esta propriedade está relacionada à hipótese fraca de eficiência do mercado, já que a distribuição de probabilidades dos preços futuros está condicionada única e exclusivamente às informações atuais (Dixit & Pindyck, 1994; Dothan, 1990; Karatzas & Shreve, 1998);
2. Possui incrementos independentes, ou seja, a distribuição de probabilidades da variação do processo em um intervalo de tempo é independente de qualquer outro intervalo de tempo;
3. As variações de um processo, em um intervalo de tempo finito, seguem uma distribuição Normal, com variância que cresce linearmente com o intervalo de tempo.

Dado $Z_{(t)}$, um processo de Wiener, Δz uma variação de $Z_{(t)}$ e Δt um intervalo de tempo qualquer, temos:

$$\Delta z = \varepsilon_{(t)} \cdot \sqrt{\Delta t}, \text{ onde } \varepsilon_{(t)} \text{ tem distribuição Normal padrão } N(0,1) \text{ e não tem correlação serial, i. é, correlação de } \varepsilon_t, \varepsilon_s = 0 \text{ para } t \neq s.$$

Em um intervalo de tempo Δt infinitesimalmente pequeno, podemos representar a variação de um processo de Wiener, dz , em tempo contínuo como:

$$dz = \varepsilon_{(t)} \cdot \sqrt{dt}$$

No processo descrito acima, geralmente acrescenta-se um termo de tendência, sendo representado pela seguinte equação estocástica para uma variável estocástica x :

$$dx = \gamma \cdot dt + \nu \cdot dz$$

Onde γ é o parâmetro de tendência e ν é o parâmetro de variância. Este é um processo conhecido como Movimento Aritmético Browniano (MAB) com tendência.

Em qualquer intervalo de tempo Δt , a variação em x possui distribuição Normal, com valor esperado $E[\Delta x] = \gamma \cdot \Delta t$ e variância $Var[\Delta x] = \nu^2 \cdot \Delta t$. Como x no futuro tem distribuição Normal, esse modelo permite valores negativos para x e por isso não é usado para preços. Mas é muito usado para modelar o logaritmo de preços e para modelar *spreads* (diferenças) entre preços.

Movimento Geométrico Browniano com Simulação de Monte Carlo

Um caso especial do movimento browniano é o Movimento Browniano Geométrico (MGB) com tendência. Ao contrário do MAB, o MGB não admite valores negativos e por isso é o processo mais popular para modelar preços de ações e ativos financeiros. O preço x de um ativo pode seguir um MGB, de acordo com a equação estocástica definida abaixo:

$$dx = \alpha \cdot x \cdot dt + \sigma \cdot x \cdot dz$$

Onde dz é um processo incremental de Wiener ($dz = \varepsilon_{(t)} \cdot \sqrt{dt}$), α é a tendência (“*drift*”) do preço, e σ é a sua volatilidade, os dois últimos tipicamente com unidade de % ao ano.

Na equação acima, “x” é o valor corrente da variável estocástica (valor conhecido). Os termos estocásticos na equação acima são dx e dz . A volatilidade pode ser interpretada como o desvio-padrão da taxa de variação dx/x .

Pode-se determinar o valor esperado de uma variável V que segue um MGB em um tempo t , $E[V_t]$, como sendo:

$$E[V_t] = V_0 \exp(\alpha t)$$

Onde V_0 é o valor inicial. Da mesma forma, a variância no período t , $\text{Var}[V_t]$, é igual a:

$$\text{Var}[V_t] = V_0^2 \exp(2\alpha t) [\exp(\sigma^2 t) - 1]$$

Inicialmente, o objetivo é simular a dinâmica dos preços. Utilizando-se uma transformação logarítmica em conjunto com o Lema de Ito, chega-se à equação discreta de simulação de preço⁶⁹. Dessa forma, em um instante t qualquer, o preço $P_{(t)}$ será dado por:

$$P_{(t)} = P_0 \cdot \exp\{(\alpha - 0,5 \cdot \sigma^2) \cdot \Delta t + \sigma \cdot N(0,1) \cdot \sqrt{\Delta t}\}$$

Essa discretização é exata no sentido de que independe de Δt , ou seja, podem-se usar intervalos de tempo grandes sem introduzir nenhum erro numérico adicional na simulação. A simulação de Monte Carlo com essa equação passa pela amostragem de valores aleatórios da distribuição Normal padrão ($N(0,1)$), obtendo-se os valores correspondentes do preço $P_{(t)}$.

A equação discreta acima pode ser escrita na versão neutra ao risco, onde se substitui a tendência real α pela tendência neutra ao risco $r - \delta$. Com isso, obtém-se:

$$P_{(t)} = P_0 \cdot \exp\{(r - \delta - 0,5 \cdot \sigma^2) \cdot \Delta t + \sigma \cdot N(0,1) \cdot \sqrt{\Delta t}\}$$

⁶⁹ Vide Apêndice I para demonstração da obtenção da fórmula.

Onde r é taxa livre de risco e δ é o chamado *dividend yield*, ou a taxa de pagamento dos dividendos gerados pelo ativo. (No caso de *commodities*, δ é a taxa de conveniência ou “*convenience yield*”)

Na simulação neutra ao risco, o valor esperado e a variância de V passam a ser:

$$E[V_t] = V_0 \exp(r - \delta)t$$

$$Var[V_t] = V_0^2 \exp 2(r - \delta)t [\exp(\sigma^2 t) - 1]$$

Além disso, na simulação neutra ao risco, a taxa de desconto de V é, por uma questão de coerência, a taxa livre de risco.

Cálculos de Tendência e Volatilidade

Seja P_t o preço no instante t . Primeiramente, a partir de uma série de preços do ativo, calculam-se seus logaritmos, gerando $\ln(P_t)$. Em um processo MGB, o coeficiente de $\ln(P_{t-1})$ na equação abaixo deve ser igual a 1.

$$\ln(P_t) = a + b \ln(P_{t-1}) + \varepsilon_t$$

Essa equação pode ser escrita de forma mais adequada para a regressão como:

$$\ln(P_t) - \ln(P_{t-1}) = a + (b - 1) \ln(P_{t-1}) + \varepsilon_t \quad (*)$$

Com ε_t i.i.d.⁷⁰ \sim Normal $(0, \sigma^2/N)$. Para testar se a equação acima segue um MGB, realiza-se um teste de hipótese do coeficiente b ser igual a 1 (ou $b - 1 = 0$). Este teste também é chamado do teste de raiz unitária de Dickey-Fuller (1979).

Uma vez confirmada a hipótese do coeficiente b ser igual a 1, são estimados os parâmetros α e σ do processo estocástico descrito anteriormente. Se P segue um MGB, então se prova com o Lema de Ito que o $\ln(P)$ segue o seguinte MAB:

$$d(\ln(P)) = (\alpha - \frac{1}{2} \sigma^2) dt + \sigma dz \Rightarrow \ln(P_t) - \ln(P_{t-1}) = (\alpha - \frac{1}{2} \sigma^2) + \sigma N(0, 1)$$

Para um período à frente, $\Delta t = 1$. Comparando a equação acima com a eq.(*) é fácil ver que as seguintes fórmulas permitem estimar os parâmetros do MGB:

$$Var[\ln(P_t) - \ln(P_{t-1})] = Var[\varepsilon_t] = \frac{\sigma^2}{N}; \text{ implicando em } \sigma^2 = N \cdot Var[\ln(P_t) - \ln(P_{t-1})]$$

$$\alpha = N \left\{ Média[\ln(P_t) - \ln(P_{t-1})] + 0,5 \frac{\sigma^2}{N} \right\}$$

Onde N é um fator de correção que iguala os períodos dos dados amostrados com o do processo utilizado (por exemplo, se os dados são mensais e se quer valores anualizados, $N = 12$).

⁷⁰ Isto é, erros independentes e identicamente distribuídos.