

**XV COBREAP – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE
AVALIAÇÕES E PERÍCIAS – IBAPE/SP – 2009**

**DETERMINAÇÃO DA TAXA DE DESCONTO E AVALIAÇÃO DE
EMPREENHIMENTO UTILIZANDO MODELOS PROBABILÍSTICOS DE RISCO**

Benvenho, Agnaldo Calvi
Eng^o Mecânico – CREA/SP 5061106600
Especialista em Engenharia de Avaliações e Perícias
abenvenho@terra.com.br

Resumo: Este trabalho tem o objetivo de apresentar contribuições a técnica de avaliação econômica de empreendimentos, através da determinação de taxas de desconto que reflitam o risco operacional do mesmo, utilizando para isso, modelos probabilísticos de avaliação do risco.

Palavras chave: Avaliação, Empreendimentos, Risco, Modelos Probabilísticos

1. INTRODUÇÃO

A avaliação econômica de empreendimentos, utilizando-se os modelos de fluxo de caixa descontado, ou discounted cash flow (DCF), desde que adotadas as premissas corretas, é altamente precisa na determinação do Valor de Mercado de um empreendimento.

Todavia, há um grande número de variáveis que compõem a avaliação do fluxo de caixa descontado de um empreendimento. Taxas de crescimento, preços dos produtos, custos de produção e nível de capacidade utilizada, dentre outras, são variáveis de suma importância.

Outro ponto crucial na avaliação de um empreendimento é a correta análise do risco do mesmo, bem como sua adequada quantificação. Isto se deve ao fato de que, aos olhos de um investidor, quanto maior o risco de um investimento, menor a atratividade despertada pelo mesmo e, conseqüentemente, menor o valor que aquele se disporia a desembolsar.

Neste trabalho, temos dois objetivos. O primeiro deles, explícito, é o de quantificar o risco de um empreendimento através de modelos probabilísticos e técnicas de simulação. Mais ainda, analisando os fatores endógenos e exógenos geradores de risco para o mesmo.

O segundo, implícito, é o de expor formas de tratamento estatístico das variáveis chave de um empreendimento, de modo que essas possam corretamente refletir o risco daquele.

2. AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE ATIVOS REAIS

Ativos reais podem ser avaliados através de três métodos básicos: Comparativo, onde o valor do mesmo é obtido através da comparação com outros similares, negociados no mesmo mercado; Custo, no qual o valor daquele é determinado pelo custo de sua reprodução e/ou reedição e, finalmente, Renda, onde o valor é determinado através da capacidade do ativo gerar renda.

Neste estudo, o que nos interessa é o método da renda, pois nosso objeto de estudo, empreendimentos, tem este como principal em sua avaliação.

ABNT (2001) define o método da renda¹ a seguir:

8.2.4 Método da capitalização da renda

Identifica o valor do bem, com base na capitalização presente da sua renda líquida prevista, considerando-se cenários viáveis.

De acordo com CAIRES (2006), o rendimento líquido de um ativo qualquer a um determinado instante de tempo t é $R(t)$. Considerando uma taxa de desconto j constante no tempo e adequada ao ativo, temos que seu valor presente é:

$$e^{-jt}R(t)dt$$

¹ Mais precisamente, de acordo com a sua nomenclatura, método da capitalização da renda.

Ainda seguindo os critérios de CAIRES (2006), se o ativo em questão for operado até o instante T, sendo seu valor residual nesse instante S, o valor do ativo é igual ao fluxo descontado envolvendo as rendas líquidas e o valor residual, o qual é denominado L(T), teremos:

$$L(T) = \int_0^T e^{-jt} R(t) dt + Se^{-jT}$$

Esta expressão define de forma rigorosa o valor presente de um ativo descontado a uma dada taxa j. No entanto, ele é apropriado para fluxos de caixa contínuos. Como na maioria das vezes, trabalhamos com fluxos discretos, ou seja, concentrados em períodos, é interessante rerepresentar a expressão em questão, considerando fluxos discretos.

Conforme GITMAN (2002), o valor de qualquer ativo é o valor presente de todos os fluxos de caixa que se espera gerar durante o período relevante. Isto pode ser resumido na seguinte expressão.

$$V_0 = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t}$$

Onde:

V_0 = valor do ativo na data zero;

FC_t = fluxo de caixa esperado no final do ano t;

k = retorno exigido apropriado (taxa de desconto);

n = período relevante.

Esta é uma expressão geral, considerando fluxos de caixa discretos no tempo, e que nos permite a avaliação de qualquer ativo, seja ele real ou financeiro.

Nosso objetivo é a avaliação de empreendimentos. Antes de entrar propriamente no tema, necessário se faz comentários sobre a avaliação de empresas, devido ao fato de que os modelos atualmente utilizados de fluxo de caixa descontado foram desenvolvidos para estas.

De acordo com DAMODARAN (2001) e COPELAND (2002), há duas formas principais de abordagem na avaliação pelo fluxo de caixa descontado, que são o Valor do Patrimônio Líquido (DCF Patrimonial na nomenclatura de Copeland) e Valor da Empresa (DCF Empresarial na nomenclatura de Copeland).

Segundo DAMODARAN (2001) o valor do patrimônio líquido é obtido descontando-se os fluxos de caixa do acionista esperados, ou seja, os fluxos de caixa residuais após dedução de todas as despesas, bônus fiscais, e pagamento de juros e principal, ao custo do patrimônio líquido, isto é, a taxa de retorno exigida pelos investidores sobre o patrimônio líquido da empresa. Na definição de COPELAND (2002), este modelo desconta os fluxos de caixa para os proprietários do capital social da empresa ao custo do capital social. O modelo é dado pela seguinte expressão:

$$\text{Valor do patrimônio líquido} = \sum_{t=1}^{t=\infty} \frac{\text{CF do acionista}}{(1 + k_e)^t}$$

Onde:

CF do Acionista = Fluxo de Caixa do Acionista esperado no período t

K_e = Custo do Patrimônio Líquido

Por outro lado, seguindo ainda a conceituação de DAMODARAN (2001), o valor da empresa é obtido descontando-se os fluxos de caixa esperados pela empresa, ou seja, os fluxos de caixa residuais após a realização de todas as despesas operacionais e impostos, mas antes do pagamento das dívidas, pelo custo médio ponderado de capital, que é o custo dos diversos componentes de financiamento utilizados pela empresa. A expressão a seguir representa este modelo:

$$\text{Valor do Empresa} = \sum_{t=1}^{t=\infty} \frac{\text{CF da empresa}}{(1 + \text{WACC})^t}$$

Onde:

CF da Empresa = fluxo de caixa da empresa esperado no período t;

WACC = Custo Médio Ponderado de Capital.

Como podemos ver, ambos os modelos levam em conta um período de projeção infinito. Conceitualmente, não há problemas em adotar tal período. Na prática, porém, não faz muito sentido projetar fluxos de caixa indefinidamente. Diante disso COPELAND (2002) propõe que a avaliação pelo fluxo de caixa seja dividida em dois componentes, um de previsões explícitas e um constante, ao final do período do primeiro, de acordo com o seguinte esquema:

$$\text{Valor} = \begin{array}{l} \text{Valor presente do fluxo de} \\ \text{caixa durante o período de} \\ \text{previsão explícita} \end{array} + \begin{array}{l} \text{Valor presente do fluxo de} \\ \text{caixa após período de} \\ \text{previsão explícita} \end{array}$$

A este componente após a previsão explícita é dado o nome de valor contínuo ou valor de perpetuidade. Normalmente é utilizado o fluxo de caixa do último ano do período de previsão explícita dividido pelo custo do capital (taxa de desconto). Assim sendo, a determinação do valor de uma empresa (ou do patrimônio líquido) pode ser expressa conforme a seguir:

$$V = \sum_{t=1}^T \frac{\text{FCF}_t}{(1+k)^t} + \frac{\left(\frac{\text{FCF}_T}{k} \right)}{(1+k)^T}$$

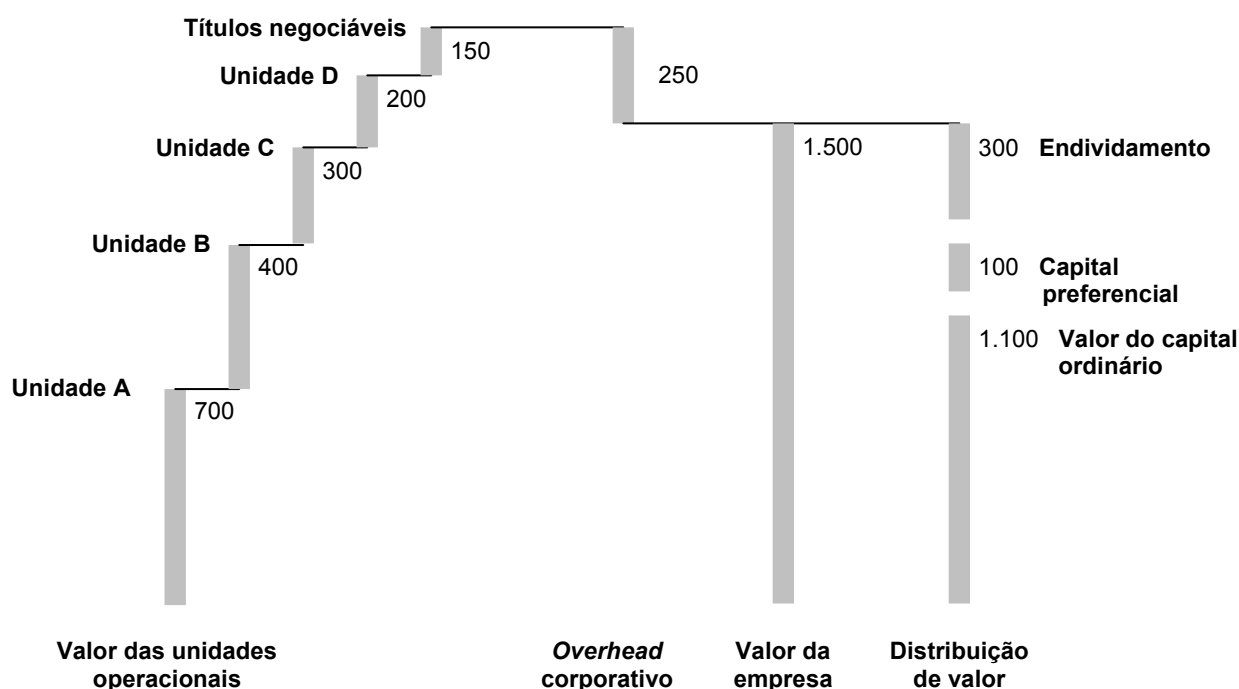
3. AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE EMPREENDIMENTOS

Segundo ABNT (2001), empreendimento é: “Conjunto de bens capaz de produzir receitas por meio da comercialização ou exploração econômica. Pode ser: imobiliário (por exemplo: loteamento, prédios comerciais/residenciais), de base imobiliária (por exemplo: hotel, shopping Center, parques temáticos), industrial ou rural. Ainda, segundo a mesma, empresa é: “Organização por meio da qual se canalizam recursos para produzir bens e serviços, com vista, em geral, à obtenção de lucros, podendo no seu patrimônio conter cotas-parte de outras empresas ou empreendimentos”.

É importante fazer esta diferenciação, pois os modelos de fluxo de caixa descontado de avaliação de empresas devem ser adaptados a avaliação de empreendimentos.

Em primeiro lugar, convém informar que uma empresa pode ser constituída de apenas um empreendimento (uma fábrica, por exemplo) ou por um conjunto de empreendimentos (empresas que atuam em diversos setores, ou que possuem diversos empreendimentos dentro do mesmo setor).

O quadro a seguir, extraído de COPELAND (2002), pode ser usado para explicitar as diferenças entre valor da empresa e valor de empreendimento.



Quadro 1 – Avaliação empresarial de uma empresa de múltiplas divisões

Como podemos ver, o valor da empresa é a soma do valor das unidades operacionais, as quais poderíamos definir como empreendimento, com títulos negociáveis de sua dívida, descontado um *overhead* corporativo.

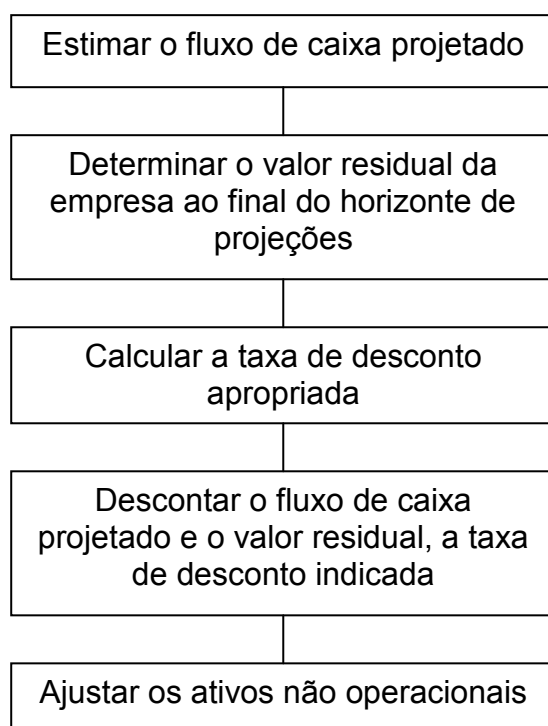
Outro ponto importante que diferencia a avaliação de empreendimentos da de empresas é que o fluxo de caixa do primeiro seria descontado ao custo do seu patrimônio líquido, ou seja, seu custo próprio de capital. Isto se deve ao fato de que, via de regra, o endividamento esteja atrelado à empresa e não ao empreendimento. Todavia, nada impede que se considere o endividamento como parte da estrutura de capital do empreendimento, desde que feitos os devidos ajustes no fluxo de caixa.

Finalmente, a determinação do custo de capital, ou taxa de desconto do empreendimento, a qual deve refletir o risco do mesmo, dificilmente poderá ser feita como em uma empresa, sobretudo uma de capital aberto. Devemos considerar ainda que os modelos de fluxo de caixa descontado foram idealizados para avaliação de empresas de capital aberto.

Empresas de capital fechado e empreendimentos devem ter suas condições analisadas de forma particular, sobretudo no que toca à análise do risco e conseqüente cálculo da taxa de desconto.

A questão da análise de risco de um empreendimento será discutida, de forma aprofundada, na próxima seção.

De acordo com GATTO (2006), a avaliação de um empreendimento utilizando o fluxo de caixa descontado deve ser feita seguindo o fluxograma a seguir.



Quadro 2 – Fluxograma para avaliação pelo método do fluxo de caixa descontado

4. ANÁLISE DE RISCO E DETERMINAÇÃO DA TAXA DE DESCONTO

4.1 CONCEITUAÇÃO

A análise de risco do empreendimento e conseqüente determinação da taxa de desconto são critérios fundamentais na avaliação econômica daquele.

No entanto, antes de qualquer avanço neste trabalho, é preciso apresentar a conceituação de risco e incerteza, pois são associados, e taxa de desconto. Tais definições serão de fundamental importância para o desenvolvimento deste trabalho.

De acordo com a NBR 14.653-4/01, temos as seguintes definições:

3.39 incerteza: *Possíveis oscilações aleatórias nos resultados esperados, quantificáveis ou não por probabilidade*

3.66 risco: *Parte da incerteza que pode ser quantificada por probabilidade*

3.75 taxa de desconto: *Taxa utilizada para calcular o valor presente de um fluxo de caixa*

A definições acima estão relacionadas com as primeiras discussões a respeito da quantificação do risco. De acordo com DAMODARAN (2009), Frank Knight² apresentou as primeiras considerações sobre a diferença entre o risco mensurável de forma objetiva e o risco subjetivo. A seguinte passagem daquele trabalho resume a diferença entre risco e incerteza.

...A Incerteza precisa ser considerada com um sentido radicalmente distinto da noção comumente aceita de Risco, do qual nunca foi adequadamente separada... O aspecto essencial está no fato de "Risco" significar, em alguns casos, uma variável passível de ser medida, enquanto em outros o termo não aceita esse atributo; além disso, há enormes e cruciais diferenças nas conseqüências desses fenômenos, dependendo de qual dos dois esteja realmente presente e operante... Está claro que uma incerteza mensurável, ou o risco propriamente dito, na acepção que utilizaremos, é tão diferente de uma incerteza não-mensurável, que não se trata, de forma alguma, de uma incerteza.

Quanto à taxa de desconto, na avaliação econômica de um empreendimento, esta deve refletir o risco do mesmo.

4.2 O MÉTODO CAPM

A quantificação do risco através de modelos probabilísticos envolve uma série de análises setoriais, conjunturais e do próprio ativo, seja ele uma empresa, empreendimento, projeto de investimento ou um ativo financeiro qualquer.

Neste contexto, o método que vem se destacando ao longo das últimas décadas como o mais utilizado para quantificação de risco é o CAPM, sigla para

² Knight, F.H. *Risk, Uncertainty and Profit*. New York: Hart, Schafner, and Marx, 1921.

Capital Asset Pricing Model ou, traduzido para o português, modelo de formação de preços de ativos de capital.

Este método advém da teoria desenvolvida inicialmente por William F. Sharpe e se baseia na decomposição do risco em duas categorias, risco diversificável, atribuído a incertezas específicas de uma empresa, o qual pode ser eliminado através da diversificação e o risco não-diversificável, devida a fatores de mercado e que não pode ser eliminada através da diversificação.

Segundo GITMAN (2002), qualquer investidor ou empresa deve estar preocupado com o risco não-diversificável, que reflete a contribuição de um ativo ao risco da carteira. A medição do mesmo é de suma importância para análise do risco-retorno de um investimento.

Matematicamente, a equação que descreve o método é a seguinte:

$$k_j = R_f + \beta(k_m - R_f)$$

Onde:

k_j = retorno exigido sobre o ativo j, taxa de desconto;

R_f = taxa de mercado livre de risco;

β = coeficiente beta do ativo, ou coeficiente de risco não diversificável;

k_m = taxa de retorno de Mercado.

A utilização deste modelo no cálculo da taxa de desconto de um empreendimento esbarra em alguns problemas e é de difícil aplicação.

A taxa livre de risco (R_f) pode ser calculada de forma relativamente simples³. A taxa de retorno do mercado (k_m) também pode ser calculada, mas envolve algumas hipóteses considerando o mercado brasileiro⁴.

No entanto, considerando um empreendimento, há uma grande dificuldade no cálculo do β . Com efeito, a expressão a seguir informa como é feito o cálculo do β :

$$\beta = \frac{\text{cov}(k_j, k_m)}{\sigma_m^2}$$

Onde:

β = Coeficiente beta a ser calculado para o ativo j;

$\text{cov}(k_j, k_m)$ = covariância entre os retornos do ativo j e do mercado;

σ_m^2 = variância da taxa de retorno da carteira de mercado.

O coeficiente β deve ser calculado comparando o retorno do ativo avaliando em relação ao retorno do mercado. Em empresas de capital aberto, o cálculo é fácil, uma vez que as mesmas tem ações negociadas no mercado.

³ Calcularemos a taxa livre de risco, mais adiante neste trabalho.

⁴ Em países onde o mercado de ações é dominante, a taxa de retorno de mercado é usualmente atrelada a algum índice de ações (por exemplo, Dow Jones nos EUA). No Brasil, tal situação é um pouco mais complicada, pois o mercado de ações não é dominante dentre os investimentos.

Já no caso de empresas de capital fechado ou de empreendimentos, como é o caso do nosso estudo, o cálculo do β não pode ser feito de maneira tradicional, uma vez que as mesmas não possuem ações ou títulos negociados em mercado.

Existem algumas abordagens alternativas para o cálculo do beta para empreendimentos (ou empresas de capital fechado). Segundo DAMODARAN (2001) e KIVES (2004), pode se calcular o beta de um empreendimento através do uso de betas de empresas de capital aberto do mesmo setor da avalianda. Outra forma seria substituir o retorno do ativo pelas receitas do empreendimento.

Outra alternativa é o uso de retornos de variáveis que teoricamente guardem uma relação de pertinência com o ativo avaliando, as chamadas variáveis *proxy*. MACANHAN (2002) utilizou a taxa de valorização dos imóveis no Rio de Janeiro como taxa de retorno, calculando o beta através da definição.

No entanto, todas estas alternativas, embora passíveis de uso, apresentam limitações e podem distorcer o valor da avaliação. Além disso, há autores questionando a eficiência do CAPM e, mais especificamente, do beta, em mensurar de forma razoavelmente precisa o risco. Entre eles, podemos citar COPELAND (2002) e MANDELROT (2004).

4.3 UMA ABORDAGEM PROBABILÍSTICA DO RISCO

Uma vez constada a imprecisão de modelos de análise de risco e cálculo da taxa de desconto idealizados para empresas de capital aberto, procederemos uma análise conceitual do risco, e como o mesmo pode ser modelado em uma avaliação econômica.

Segundo DAMODARAN (2009), o conceito de risco em finanças é definido em termos da variabilidade dos retornos observados de um investimento em comparação com o retorno esperado do mesmo, mesmo quando aqueles são positivos ou superiores. Neste contexto, o risco apresenta um conceito ambivalente, pois abrange tanto retornos negativos (prejuízos) quanto positivos (lucros). Esta dualidade é muito bem representada pelo ideograma chinês para o termo risco.

危險

O mesmo é uma combinação das palavras perigo (crise) e oportunidade. Esta idéia, concatenada com as definições apresentadas no item 4.1 são bastante esclarecedoras para o entendimento preciso do que vem a ser risco e qual sua abrangência. A grande questão agora é: como quantificá-lo?

MARKOWITZ (1952) analisando a seleção ótima de carteiras de investimento utiliza o critério da média e da variância dos retornos de um ativo como medição numérica do risco. Mais ainda, considera que estas variáveis seguem distribuições normais de probabilidade. Este é o princípio da quantificação do risco.

O texto mais esclarecedor neste sentido é NEVES (1981). De acordo com o mesmo, a medida mais representativa para o risco é a variância da distribuição do valor atual (FCF)⁵, o qual definimos como R. Considerando-se o valor atual como

⁵ A notação original adotada por Neves é VA. Como o sentido é o mesmo, optamos por utilizar o termo FCF, já apresentado neste trabalho.

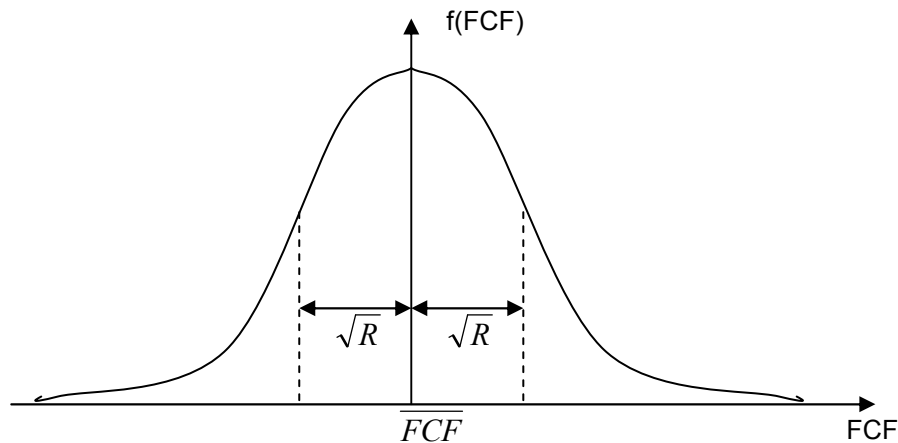
uma variável aleatória, há uma função densidade de probabilidade associada ao mesmo $f(\text{FCF})^6$. O risco do empreendimento pode ser assim descrito.

$$R = \int_{-\infty}^{+\infty} (\text{FCF} - \overline{\text{FCF}}) f(\text{FCF}) d\text{VA}$$

Onde

$$\overline{\text{FCF}} = E(\text{FCF}) = \int_{-\infty}^{+\infty} \text{FCF} f(\text{FCF}) d\text{FCF}$$

Sendo $E(\text{FCF})$ a esperança matemática do valor atual.



Quadro 3 – Gráfico da função de distribuição de probabilidade de VA e desvio padrão representado pela raiz quadrada da variância em torno do valor mais provável

No presente caso, o desvio padrão (raiz quadrada da variância R) representa a diferenciação do valor esperado $\overline{\text{FCF}}$ em relação à função densidade de probabilidade de FCF ($f(\text{FCF})$).

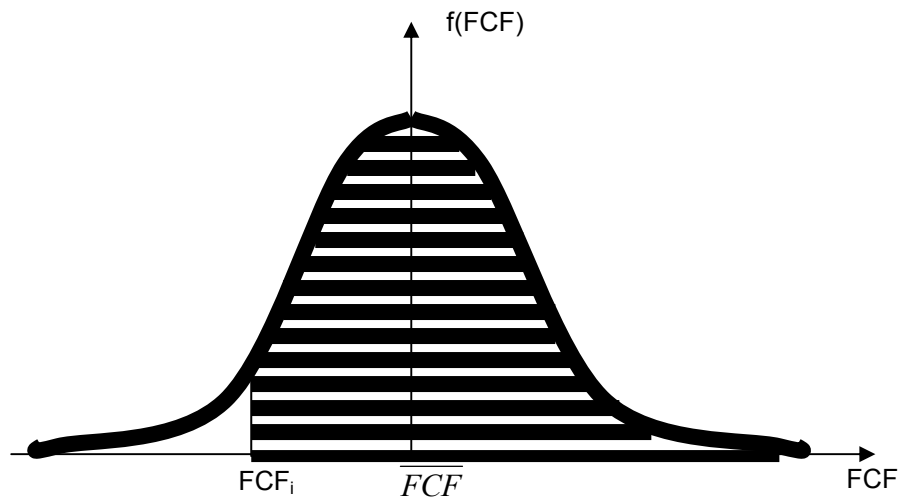
Neste caso, os valores a direita de $\overline{\text{FCF}}$ são superiores ao valor esperado, ou seja, constituem benefício (sobrevvalor econômico). Os valores a esquerda daquele representam o risco negativo do empreendimento, ou seja, valores inferiores ao FCF esperado.

Destarte, buscamos uma taxa de desconto que nos forneça um FCF superior a um FCF_i arbitrário, a esquerda do valor esperado, que proporcione cobertura significativa ao risco do empreendimento.

Considerando-se uma distribuição normal, com média ($\overline{\text{FCF}}$) e desvio padrão (\sqrt{R}) conhecidos, devemos determinar a probabilidade de que $\text{FCF} \geq \text{FCF}_i$ ou prob

⁶ Note-se que já estamos definindo o risco de forma probabilística.

$|FCF \geq FCF_i|$ ⁷. Visualizando graficamente, a área hachurada seria aquela onde o risco está devidamente coberto.



Quadro 4 – Gráfico da função de distribuição de probabilidade de FCF e desvio padrão representado pela raiz quadrada da variância em torno do valor mais provável

A questão neste ponto é calcular este valor FCF_i e associar uma taxa de retorno que faça com que o valor FCF seja maior que a mesma, ou cubra o risco do empreendimento. Esta taxa é a taxa de desconto para os fluxos de caixa do empreendimento, compensando os riscos do mesmo.

Considerando que FCF é função de uma série de variáveis v_1, v_2, \dots, v_i , teremos então, em notação matemática.

$$FCF = f(v_1, v_2, \dots, v_i)$$

Podemos considerar que algumas, ou todas as variáveis dependentes, são aleatórias, ou seja, a cada uma delas está associada uma função densidade de probabilidade $f(v_1), f(v_2), \dots, f(v_i)$. Através do cotejamento delas, conseguimos obter uma função densidade de probabilidade associada ao FCF, ou $f(FCF)$.

Neste momento, é importante apresentar uma definição variável aleatória, bem como de densidade de probabilidade.

Segundo ABNT (1988):

3.1.1 Variável aleatória

Variável que pode assumir qualquer dos valores de um conjunto especificado de valores e com o qual está associada uma distribuição de probabilidade.

Subsidiariamente, temos a definição de distribuição de probabilidade:

⁷ Nesta situação, estamos considerando apenas a cobertura ao risco negativo. Como se pode ver, deixamos de lado a definição mais abrangente de risco negativo e positivo. Com efeito, esta é a situação importante para a avaliação econômica de um empreendimento.

3.1.4 Distribuição de probabilidade de uma variável aleatória
Função que determina a probabilidade de uma variável aleatória assumir qualquer valor dado ou pertencer a um determinado conjunto de valores.

4.4 ENFOQUES PROBABILÍSTICOS PARA ANÁLISE DO RISCO

De acordo com DAMODARAN (2006), há três formas de analisar probabilisticamente o risco: análise de cenários, árvores de decisão e simulação.

A análise de cenários envolve a seleção das variáveis mais importantes do fluxo de caixa (variáveis chave) e atribuir valores coerentes⁸ às mesmas.

Para cada variação, temos um diferente valor FCF_i, que é associado a um cenário. Calculados os *i* cenários e seus FCF correspondentes, é possível associar aos mesmos uma função densidade de probabilidade, preferencialmente a normal, calculando a média e o desvio padrão.

Tendo estes parâmetros, basta determinar o risco a que se quer proteger e calcular a taxa de desconto adequada. Neste método, quanto maior o número de cenários, mais precisos são os resultados.

Em ABNT (2001) esta abordagem é conceituada como Método das Variações Paramétricas, devidamente descrito em MIRANDA (1999).

Na árvore de decisão, são atribuídas probabilidades de o FCF esperado acontecer ou não para cada período de tempo (*p* e *1-p*), que podem ser os mesmos ou variarem nos períodos. A probabilidade composta de não ocorrência do FCF esperado, considerando-se que a mesma permaneça constante ao longo do tempo é $(1-p)^n$, e é o risco a ser coberto.

As duas abordagens apresentadas acima são apropriadas para análise discreta do risco.

Por fim, há a simulação, própria para a análise de risco contínuo, é a técnica a ser usado no presente trabalho.

A utilização da simulação na análise de risco foi pioneiramente apresentada por HERTZ (1968). Neste clássico trabalho, o autor afirmava que o risco de um projeto de investimento era mais facilmente quantificado através da utilização de distribuições de probabilidades associadas às variáveis mais importantes do que o emprego dos valores mais prováveis para as mesmas.

Este trabalho focou, basicamente, na Taxa Interna de Retorno (TIR). Mas as considerações podem ser facilmente derivadas para o uso com o Valor Presente Líquido (VPL).

4.5 TÉCNICAS DE SIMULAÇÃO

De acordo com FREITAS F^o (2001), a simulação implica na modelagem de um processo ou sistema, de tal forma que o modelo imite as respostas do sistema real numa sucessão de eventos que ocorrem ao longo do tempo. Com efeito, num processo de simulação, busca-se obter respostas de um sistema estudado através de entradas escolhidas ou aleatórias.

As simulações inicialmente eram bastante limitadas, devido ao grande número de cálculos a serem feitos. Hoje, ela já é considerada uma técnica

⁸ Tais valores podem advir de estudos estatísticos, séries históricas, projeções de especialistas ou distribuições de probabilidade.

computacional. Com efeito, RUBENSTEIN E KROESE (2008) verificam que a simulação é uma técnica numérica para efetuar experimentos em um computador digital, o qual envolve certos tipos de modelos matemáticos e lógicos que descrevem o comportamento de sistemas econômicos ou financeiros (ou outros componentes) sobre longos períodos de tempo.

Quando a simulação envolve números aleatórios e processos estocásticos⁹, estamos diante de uma técnica específica chamada Método de Monte Carlo.

O Método de Monte Carlo trata-se da revisão de uma técnica matemática conhecida desde o início do século passado. Este método foi utilizado, em um artigo escrito por Lorde Kelvin, para analisar a equação de Boltzman¹⁰. Ela também foi utilizada por Student para estimar os coeficientes de correlação da conhecida distribuição “t”.

Na década de 1940, durante o Projeto Manhattan, onde foi projetada a bomba atômica, Ulam, Von Newman e Fermi utilizaram o mesmo para simular o coeficiente de difusão de nêutrons em certas superfícies. Nesta época o método recebeu o codinome de Monte Carlo, relacionado ao cassino existente em Mônaco.

A aplicação desta técnica consiste na geração de dados artificiais através de um gerador de números aleatórios¹¹ (GNA) e de uma distribuição de frequências da variável conveniente.

Algumas vezes, os próprios números aleatórios podem ser empregados na simulação. Na maioria dos casos, no entanto, é necessário transformar estes números em variáveis aleatórias que seguem distribuições diferentes da distribuição uniforme¹² e que são mais convenientes ao fenômeno que se quer estudar.

Neste caso, existem algoritmos específicos, conhecidos como Funções Geradoras de Variáveis Aleatórias (FGVA). Para cada tipo de distribuição teórica de probabilidades, existe uma FGVA específica.

De acordo com RUBINSTEIN e KROESE (2008), os principais métodos para gerar variáveis aleatórias são os seguintes:

1. Método da Transformação inversa;
2. Método Alias;
3. Método da Composição;
4. Método da Aceitação-Rejeição;

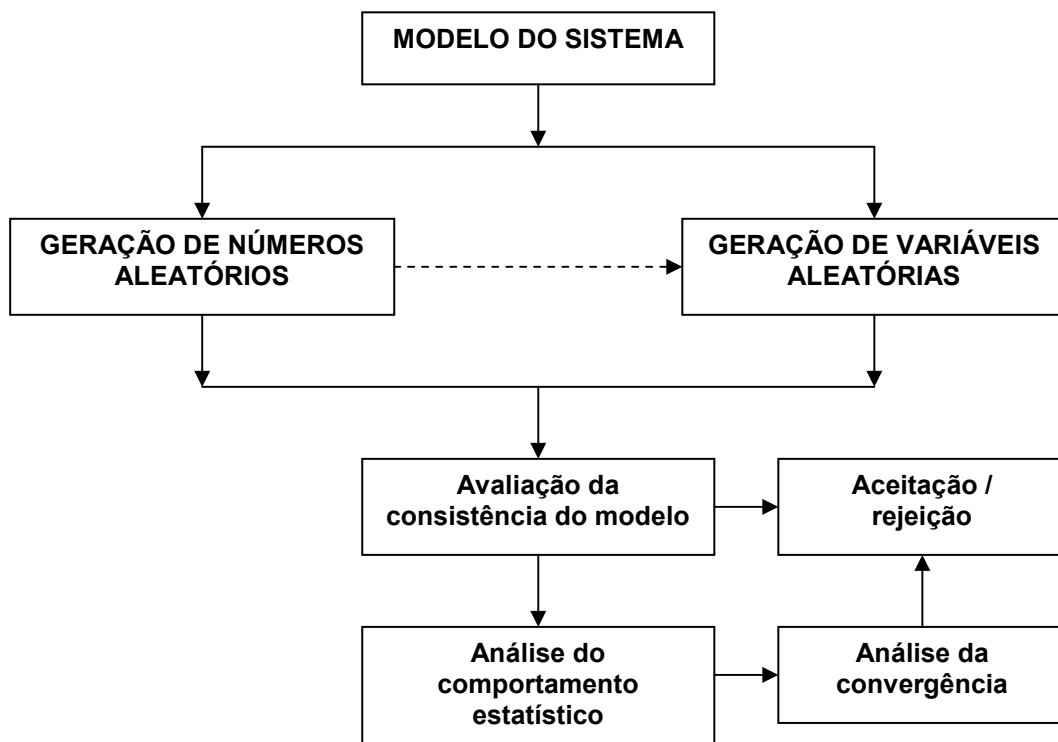
BARBOSA (2005) apresenta o seguinte fluxograma para a aplicação do Método de Monte Carlo:

⁹ Diz-se um processo estocástico quando o seu comportamento é não determinístico, no sentido de que cada estado desse processo não determina completamente qual será o próximo.

¹⁰ Parte analítica de um modelo matemático da teoria cinética dos gases que descreve a evolução, no espaço e no tempo, de um gás monoatômico composto por moléculas idênticas.

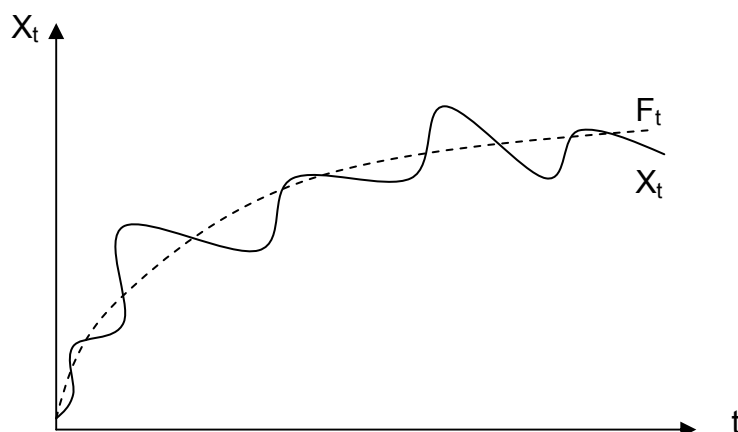
¹¹ Na verdade, tratam-se de números pseudoaleatórios, pois a raiz do mesmo é determinística. No entanto, devido às condições do emprego do método, isto não compromete o resultado, de modo que não faremos distinções.

¹² Por definição, um GNA é um algoritmo capaz de gerar valores aleatórios independentes e uniformemente distribuídos.



Quadro 5 – Fluxograma de aplicação do Método de Monte Carlo

Uma das discussões é a capacidade do método Monte Carlo em aproximar as distribuições esperadas, por exemplo $F_t(x)$, com as distribuições aleatoriamente geradas, $X_t(x)$. Em tese, a lei forte dos grandes números nos garante essa assertiva. RUBENSTEIN E KROESE (2008), apresentam o comportamento teórico de uma função de probabilidade gerada aleatoriamente em relação a verdadeira função de probabilidade, ao longo do tempo.



Quadro 6 – Aproximação das distribuições de probabilidade verdadeira e simulada com o tempo (adaptado de RUBENSTEIN E KROESE, 2008)

4.5 QUANTIFICAÇÃO DO RISCO ATRAVÉS DO MÉTODO DE MONTE CARLO

De acordo com a seção 4.3 deste trabalho, aceita-se usualmente como medida de risco o desvio padrão em torno do valor mais provável do FCF. Logo, a simulação de Monte Carlo deve gerar uma função de densidade de probabilidade que siga a distribuição normal, com média FCF e desvio padrão R.

Como também apresentado na seção 4.3, o FCF é função de uma série de variáveis v_1, v_2, \dots, v_i , sendo que algumas ou todas elas são aleatórias.

Para a simplificação do estudo, consideraremos apenas as variáveis mais importantes, ou variáveis chave, como aleatórias.

A cada uma dessas variáveis, associa-se uma função de densidade de probabilidade adequada ($f_{dp}(v_1), f_{dp}(v_2), \dots, f_{dp}(v_n)$), sendo n o número de variáveis aleatórias.

As distribuições de probabilidade associadas a cada variável aleatória devem ser feitas, sempre que possível, usando técnicas estatísticas. Existem testes, tais como Anderson-Darling, Kolmogorov-Smirnov e Chi Quadrado, que possibilitam a determinação da distribuição que melhor ajusta os dados.

Apresentaremos uma descrição simplificada do teste de Anderson-Darling, pois o mesmo foi utilizado para o ajuste das distribuições envolvidas neste trabalho.

O teste em questão leva o nome de seus idealizadores, Thomas Wilbur Anderson Jr. e Donald A. Darling, que o conceberam em 1952. O mesmo trata-se de um método de estimação de distâncias mínimas e uma das mais poderosas estatísticas para identificar desvios em relação à distribuição normal.

A fórmula para o teste estatístico A que visa determinar se um determinado conjunto de dados ($y_1 < y_2 < \dots < y_N$)¹³ é aderente a uma distribuição de probabilidade qualquer F é:

$$A^2 = -N - S$$

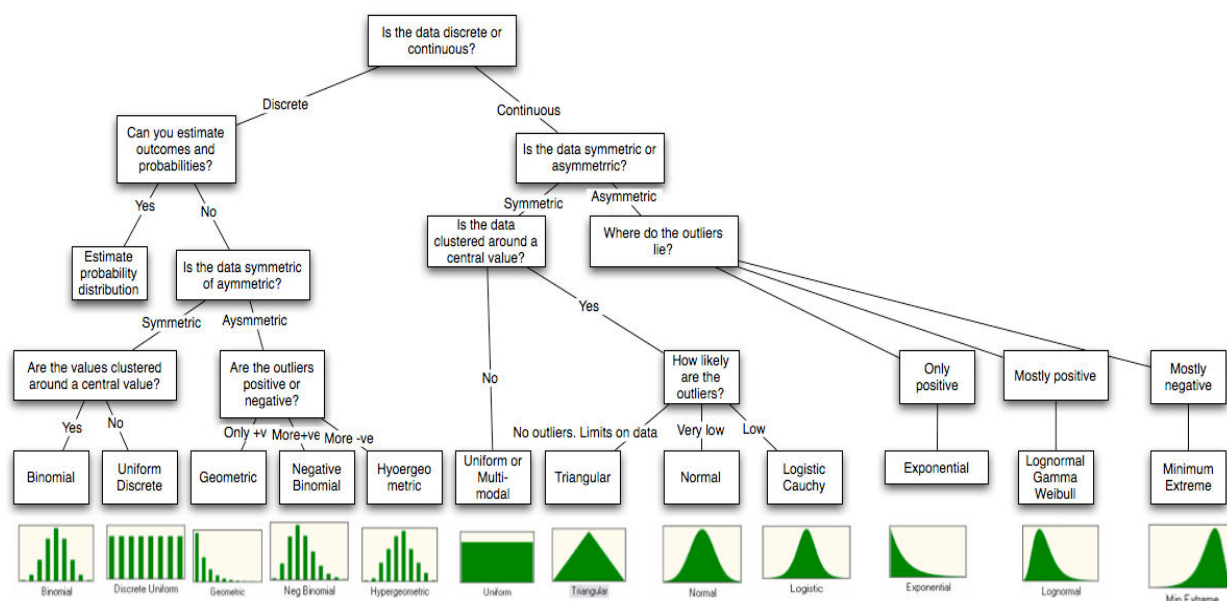
Onde:

$$S = \sum_{k=1}^N \frac{2k-1}{N} [\ln F(Y_k) + \ln(1-F(Y_{N+1-k}))]$$

A estatística A calculada pode então ser comparada com os valores críticos da distribuição teórica, de modo a determinar a aderência dos dados amostrados à distribuição de probabilidade testada.

Naturalmente, é necessário possuir dados para utilizar técnicas estatísticas. Na falta de séries mais detalhadas, DAMODARAN (2006) sugere um fluxograma para aproximar distribuições de probabilidade.

¹³ Note-se que os dados devem estar ordenados de forma crescente



Quadro 7 – Fluxograma de associação de distribuição de probabilidades a variáveis aleatórias do modelo

Na inexistência de dados que permitam associar uma distribuição de probabilidade a variável aleatória por meio de técnicas estatísticas, o avaliador deve lançar mão de outros meios para a determinação dos mesmos.

Projeções e análises de especialistas, dados de ativos que possam ter correlação com os mesmos ou o bom senso do avaliador podem ser necessários.

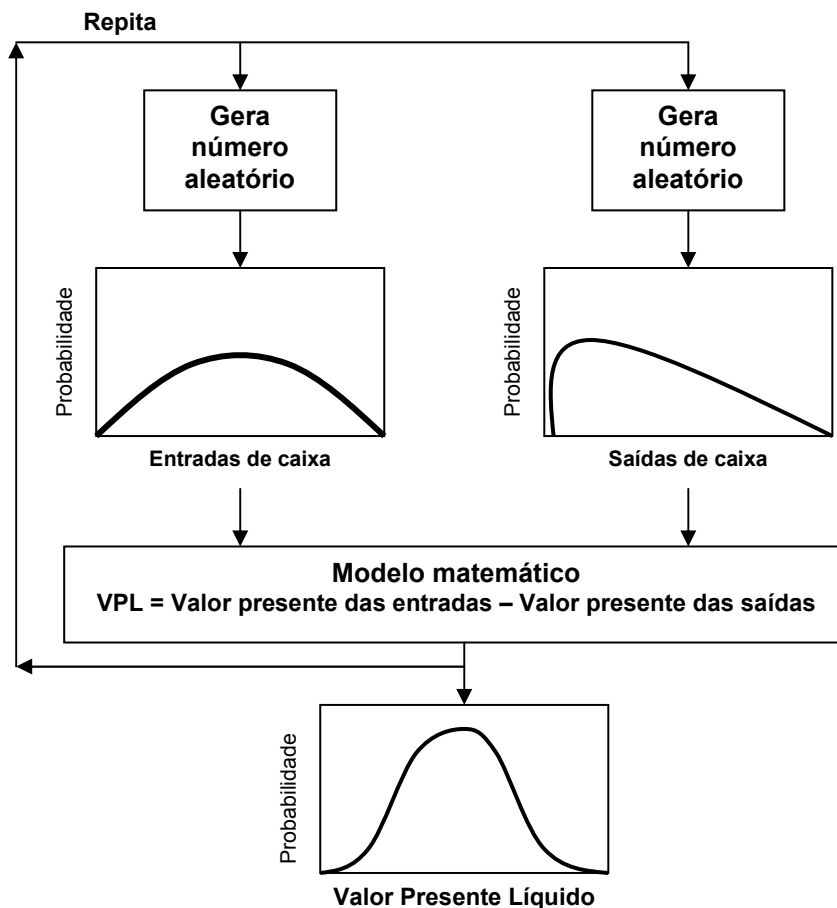
Estando devidamente associadas as variáveis aleatórias às suas distribuições de probabilidade, o próximo passo é analisar a eventual existência de correlações entre elas. Por exemplo, se avaliarmos uma fecularia e considerando que entre as variáveis aleatórias estão o preço da raiz e o preço da fécula, constataremos que as duas estão correlacionados.

Logo, este fato deve ser levado em consideração durante a simulação. Isto porque estas variáveis não oscilarão estocasticamente entre si. Destarte, devemos buscar determinar ou aproximar um coeficiente de correlação entre elas. Na existência de um conjunto de dados, a determinação do coeficiente de correlação é relativamente simples, através de métodos estatísticos. Na inexistência de dados, o bom senso e a capacidade de julgamento do avaliador devem prevalecer, de modo a que o mesmo consiga estabelecer numericamente estas correlações¹⁴.

Vencidas estas etapas, utiliza-se um *software* para rodar a simulação. Um dos mais conhecidos e que será usado no exemplo deste trabalho é o Crystal Ball, da Oracle. Também há, entre outros, o @Risk e o Arena. Por fim, com um pouco de trabalho, o método pode ser implementado utilizando os recursos do Microsoft Excel.

O fluxograma a seguir, extraído de GITMAN (2002), ilustra a obtenção da distribuição de probabilidade do FCF pelo Método de Monte Carlo.

¹⁴ É necessária atenção quanto a determinação da correlação entre variáveis aleatórias do modelo. Por questões simplificadoras, as mesmas usualmente são consideradas lineares. Neste caso o uso do coeficiente de correlação ordenada de Spearman (Vide Vose, 2008) é uma medida bastante razoável para estas correlações. No entanto, estudos mais detalhados podem levar a conclusão de que a aproximação por uma relação linear distorce os resultados, sendo necessário o uso de técnicas mais sofisticadas.



Quadro 8 – Fluxograma do cálculo do VPL pelo Método de Monte Carlo

Como vemos, as simulações resultam numa distribuição de probabilidades para a variável aleatória FCF (no caso do fluxograma, representada por valor presente líquido). Também já vimos que a quantificação do risco é feita através do desvio padrão. Destarte, a quantificação correta do risco demanda a necessidade de que a referida variável aleatória de saída siga a distribuição normal¹⁵.

Seria necessário, após realizar as simulações, efetuar um teste para verificar a aderência da distribuição obtida à distribuição normal. No entanto, é razoável supor que os resultados da simulação sigam a distribuição normal, devido a dois conceitos estatísticos, a Lei Forte dos Grandes Números e o Teorema do Limite Central. Segundo VOSE (2008), quanto maior for o número de amostras (ou iterações, no caso de uma simulação), mais próxima a distribuição de probabilidades resultantes do experimento terá de sua distribuição teórica (isto é, a distribuição exata da saída do modelo se ela pudesse ser derivada analiticamente). Ainda segundo VOSE (2008), a distribuição amostral das médias (\bar{X}) de amostras

¹⁵ Na verdade, esta exigência não é tão rigorosa, desde que a distribuição obtida não se afaste significativamente das características da normal. Com efeito, ABNT (1989) faz a seguinte consideração sobre interpretação de médias e variâncias: "...A distribuição da variável observada é assumida como normal em cada população. Entretanto, se a distribuição não se desviar muito da normal, as técnicas descritas permanecem aproximadamente válidas para a maioria das aplicações práticas..."

aleatórias simples retiradas de uma população, que não segue necessariamente a distribuição normal, com média μ e variância σ^2 finita ($-\infty < \sigma^2 < +\infty$), aproxima-se de uma distribuição normal com média μ e variância σ^2/n , a medida que o número de elementos da amostra (n) cresce¹⁶.

Assim sendo, a medida de risco extraída da simulação é o desvio padrão R em torno do valor médio FCF.

4.6 CÁLCULO DA TAXA DE DESCONTO

O item anterior nos mostra de uma forma bastante rigorosa a quantificação do risco através das simulações. No entanto, como procedemos para quantificar o risco, com vistas a determinar a taxa de desconto, utilizando as técnicas de simulação aqui apresentadas?

A quantificação numérica do risco para um fluxo de caixa descontado pode ser feita, de acordo com VOSE (2008), por dois caminhos:

- Descontar o fluxo de caixa a taxa livre de risco, considerando as distribuições de probabilidade para as variáveis. Isto geraria uma distribuição de valores para o FCF¹⁷, no qual a dispersão dos valores seria a medida do risco;
- Descontar o valor esperado de cada fluxo de caixa a uma taxa de desconto previamente ajustada ao risco. Neste caso, teríamos distribuições para os diversos fluxos de caixa. O desconto dos mesmos a taxa de desconto ajustada ao risco traria uma estimativa pontual do FCF.

O primeiro caminho tem a vantagem de não contar o risco em dobro, bem como de apresentar uma distribuição de probabilidades bem estabelecida do FCF. Para a análise de investimentos, este é um caminho bastante interessante. Entretanto, na avaliação de um empreendimento, há desvantagens bastante expressivas. A principal delas é a de que, teoricamente, o valor do empreendimento seria o valor médio da distribuição dos FCFs. Isto equivale dizer que o empreendimento teria sido avaliado a taxa livre de risco, o que não corresponderia a um efetivo valor que qualquer investidor estaria disposto a desembolsar.

O segundo caminho tem como vantagem a apresentação do FCF dos fluxos de caixa já descontados a taxa ajustada ao risco. Também leva em consideração as distribuições probabilísticas das variáveis-chave. Ocorre que a determinação prévia da taxa de desconto ajustada ao risco acaba sendo feita de forma determinística. Mesmo sendo feita de forma justificada, ela acaba não contemplando as variações probabilísticas das variáveis-chave.

Para calcular a taxa de desconto, inicialmente, os fluxos de caixa são descontados a taxa livre de risco, utilizando a simulação pelo Método Monte Carlo, gerando assim uma distribuição de probabilidades para o FCF.

¹⁶ A rigor, a definição é aplicável para cada variável aleatória isoladamente. No entanto, a extensão para uma série de variáveis é direta, desde que as mesmas sejam linearmente independentes ou apresentem dependência constante.

¹⁷ VPL – Valor Presente Líquido, no original.

A seguir, utilizando os conceitos de risco apresentados ao longo deste trabalho, sobretudo a medida da variância (desvio-padrão), para ajustar uma taxa de desconto ao risco a que se quer prevenir. Como vemos, nossa opção foi adotar o primeiro caminho apresentado na quantificação do risco.

Seria possível calcular a taxa de desconto pelo segundo caminho, mas aí haveria necessidade de se efetuar um processo recursivo, onde as taxas de desconto seriam ajustadas, a cada simulação, pelas probabilidades das variáveis chave.

Conceitualmente, as metodologias são equivalentes. No entanto, como vemos a seguir, na descrição do cálculo da taxa de desconto considerando uma distribuição de FCFs descontados a taxa livre de risco, é mais simples.

Partindo daí, o ponto principal para o cálculo da taxa de desconto é a determinação de quanto do risco se quer proteger. Supondo a distribuição obtida pela simulação, teremos $FCF \pm n.R$. Os valores a que se soma $n.R$ não nos interessam, pois significam um retorno superior ao esperado.

O quadro 3 nos mostra a situação que devemos considerar para o cálculo da taxa de desconto que reflita o risco. Com efeito, deveremos ter $FCF - FCF_i > 0$. Conseqüentemente, queremos uma taxa de desconto que nos garanta que $\text{prob} |FCF - FCF_i > 0|$. Como podemos escrever FCF_i em função de $n.R$, temos então que $FCF_i = n.R$. A fundamentação teórica para esta abordagem vem de KEYNES (1982), onde esta taxa específica é definida como a eficiência marginal do capital, que segundo as palavras do mesmo é a taxa de desconto que tornaria o valor presente dos fluxos de anuidades das rendas esperadas deste capital, durante toda a sua existência, exatamente igual ao seu preço de oferta.

Logo, buscamos uma taxa que nos garanta $\text{prob} |FCF - n.R > 0|$, ou, em termos algébricos, uma taxa para que $FCF - n.R > 0$. Como o R é o desvio padrão e a distribuição é normal, é simples calcular estas probabilidades. A tabela a seguir apresenta as mesmas:

RISCO (DESVIO PADRÃO)	PROBABILIDADE
0,00	50,00%
0,25	59,87%
0,50	69,15%
1,00	84,13%
1,50	93,32%
2,00	97,72%
2,50	99,38%

Quadro 9 – Tabela relacionando probabilidades normais ao desvio padrão

Em linhas gerais, para 0 desvios padrão, a probabilidade de que FCF seja maior igual ao valor esperado é de 50%. No caso de 1 desvio padrão, teremos uma probabilidade de 84,13% e de 2 desvios padrão de 93,32%.

Assim sendo, determinamos a probabilidade de risco que desejamos cobrir (0,5, 1, 1,5, 2 ou mais desvios padrão) e calculamos a taxa de desconto que nos leve a situação limite $FCF - n.R = 0$.

Se quisermos ter uma probabilidade de 97,72% de que FCF será maior ou igual ao esperado, calcularemos uma taxa que zere o fluxo FCF – 2R.

Neste caso em particular, acreditamos que valores entre 1 e 1,5 desvios padrão (probabilidades entre 84,13% e 93,32%) sejam bastante razoáveis para refletir o risco do empreendimento avaliando.

5 CASO PRÁTICO

5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Nesta seção, efetuaremos a avaliação de um empreendimento industrial utilizando a metodologia de análise e quantificação de risco apresentada ao longo deste trabalho.

O empreendimento avaliando trata-se de Usina de Açúcar e Alcool, localizada no estado de São Paulo, com capacidade de moagem de 2.700.000 toneladas por safra, produzindo açúcar VHP, álcool hidratado carburante e álcool anidro carburante.

Esta é uma avaliação ilustrativa. O empreendimento avaliando trata-se de uma oferta existente na internet (www.pio.com.br). Do anúncio foram tirados os dados básicos do empreendimento.

Dados complementares foram obtidos através de estimativas relativas a outras unidades já avaliadas, informações disponíveis sobre o setor e o mercado, bem como baseado em trabalhos feitos na área de avaliações industriais do setor sucroalcooleiro.

5.2 CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO AVALIANDO

Capacidade de moagem: 2.700.000 ton/safra
Moagem da última safra: 2.400.000 toneladas
Linha de moagem: Cinco ternos – um terno 42 pol x 78 pol e 4 ternos 37 pol x 78 pol
Mix de produção: 60% álcool – 40% açúcar
Capacidade de produção de álcool: 450.000 litros anidro e 210.000 litros hidratado ou 750.000 litros hidratado (por dia)
Capacidade de produção de açúcar: 750 toneladas/dia
Armazenagem de açúcar: 700.000 sacas
Armazenagem de álcool: 25.000.000 litros
Eficiência industrial: 133,47 kg açúcar / ton cana e 95,20 litros de álcool por tonelada de cana

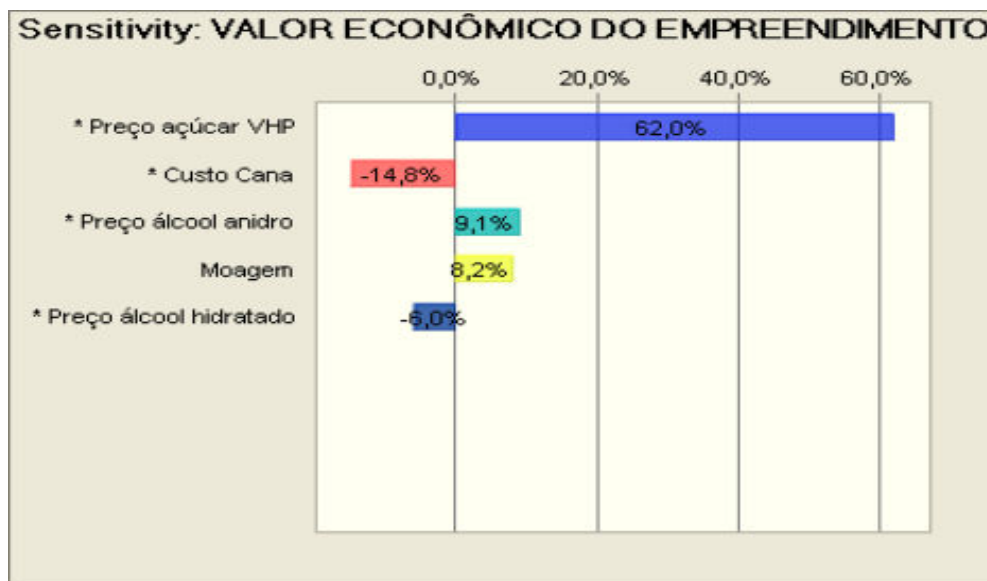
5.3 PREMISSAS PARA O CÁLCULO DO FLUXO DE CAIXA

5.3.1 Variáveis chave

Através de testes de simulação, determinamos as variáveis mais importantes para o cálculo do FCF. As mesmas são:

- Preço do álcool hidratado;
- Preço do álcool anidro;
- Preço do açúcar VHP;
- Custo da cana;
- Moagem.

O seguinte gráfico de sensibilidade mostra a influência das variáveis no resultado final da simulação.



Quadro 10 – Gráfico de sensibilidade das variáveis chave

Ressaltamos que pode haver outras variáveis importantes que poderiam ser consideradas variáveis chave. Adotamos apenas as mesmas, pois eram as únicas as quais dispúnhamos de dados históricos e ou práticos para poder realizar as simulações com um mínimo de certeza.

Variáveis intrínsecas e extrínsecas poderiam ter sido consideradas. Uma possível variável, por exemplo, é a taxa de ATR por tonelada de cana. Ela pode variar de acordo com o índice pluviométrico. No entanto, como não havia dados neste sentido, assim como de outras variáveis, optamos por considerá-las determinísticas.

5.3.2 Ajuste de distribuições de probabilidade às variáveis chave

Preço do álcool hidratado: foi pesquisada a série de preços semanal do álcool hidratado no ano de 2008.

Através destes dados, estimamos um valor médio de R\$ 0,7180 / litro.

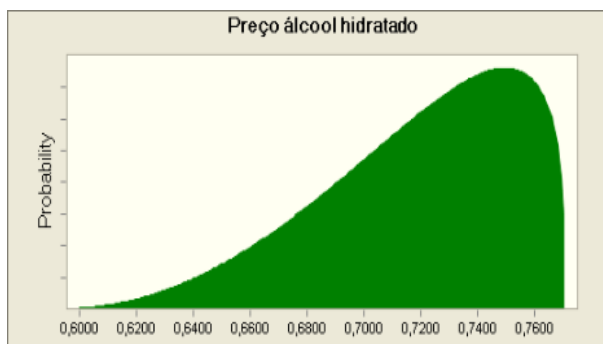
A distribuição ajustada foi a Beta, com os seguintes parâmetros:

Mínimo: 0,5908

Máximo: 0,7703

Alfa: 3,2170
Beta: 1,2903

O gráfico a seguir ilustra o formato da distribuição.



Quadro 11 – Gráfico da distribuição de probabilidade da variável Preço álcool hidratado

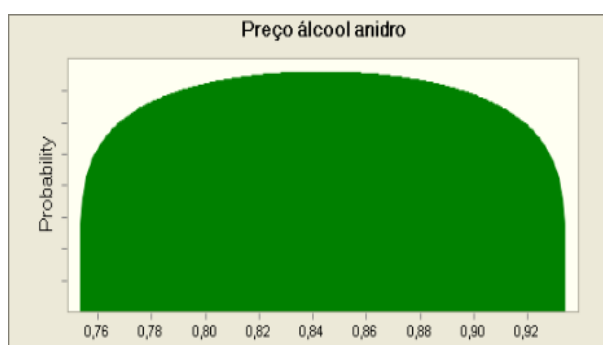
Preço do álcool anidro: foi pesquisada a série de preços semanal do álcool hidratado no ano de 2008.

Através destes dados, estimamos um valor médio de R\$ 0,8562 / litro.

A distribuição ajustada foi a Beta, com os seguintes parâmetros:

Mínimo: 0,75
Máximo: 0,93
Alfa: 1,1992
Beta: 1,2022

O gráfico a seguir ilustra o formato da distribuição.



Quadro 12 – Gráfico da distribuição de probabilidade da variável Preço álcool anidro

Preço do açúcar VHP: foi pesquisada a série de preços mensais do açúcar VHP entre janeiro de 2007 e novembro de 2008.

Através destes dados, estimamos um valor médio de R\$ 20,04 / saca.

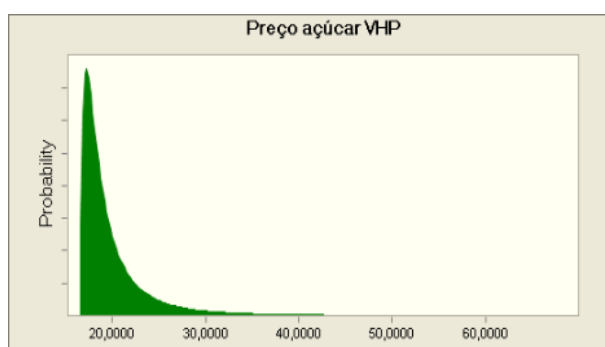
A distribuição ajustada foi a Lognormal, com os seguintes parâmetros:

Local: 16,4507

Média: 20,1235

Desvio padrão: 5,0499

O gráfico a seguir ilustra o formato da distribuição.



Quadro 13 – Gráfico da distribuição de probabilidade da variável Preço açúcar VHP

Custo da cana: foi pesquisada a série de preços mensal do ATR (Açúcares Totais Recuperáveis) publicada pela CONSECANA entre maio de 2007 e novembro de 2008. Consideramos a quantidade de ATR em 140,08 kg/ton.

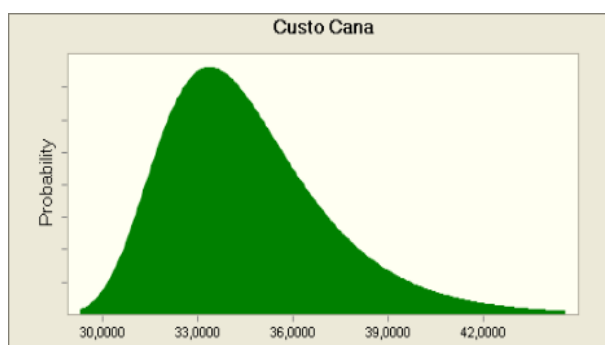
Através destes dados, estimamos um valor médio de R\$ 34,6110 / ton.

A distribuição ajustada foi a Extrema Máxima, com os seguintes parâmetros:

Mais provável: 33,3747

Escala: 2,1123

O gráfico a seguir ilustra o formato da distribuição.



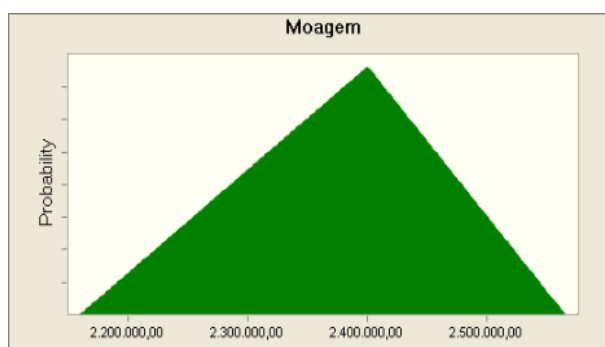
Quadro 14 – Gráfico da distribuição de probabilidade da variável Custo cana

Nesta variável, há uma particularidade. O valor do ATR é calculado de acordo com os produtos da cana (álcool hidratado, álcool anidro e açúcar). Diante disso, atribuímos uma correlação entre esta variável e as demais. Os coeficientes foram calculados através da comparação das séries. Os valores são os seguintes:

Preço álcool hidratado : 0,07
Preço álcool anidro : 0,48
Preço açúcar VHP : 0,81

Moagem: Não possuíamos séries históricas da moagem da usina. Optamos por uma distribuição triangular. O valor mais provável foi de 2.400.000 toneladas, moagem da última safra. O valor máximo foi de 2.560.000 toneladas. Que corresponde a uma indisponibilidade de 5%, de acordo com dados da ABRAMAN¹⁸, considerando-se uma capacidade nominal de 2.700.000. Também considerando tal capacidade, atribuímos o valor mínimo em 2.160.000 toneladas, estimativa de disponibilidade de 80%.

O gráfico a seguir ilustra o formato da distribuição.



Quadro 15 – Gráfico da distribuição de probabilidade da variável Moagem

5.3.3 Custo de manutenção

Para a determinação do custo de manutenção, utilizamos o conceito de criticidade e custo da falha mecânica, proposto por BARBOSA e ZENI (1995).

Como havia a necessidade de inventariar a indústria, para determinação do valor do investimento nas instalações industriais, coisa esta impossível, adotamos custos de falha e índices de criticidade de outras unidades avaliadas, correlacionando com sua capacidade de moagem. Chegamos ao seguinte valor:

Custo de manutenção **R\$ 13.393.381,00**

¹⁸ Associação Brasileira de Manutenção (www.abraman.org.br)

5.3.4 Depreciação contábil

Novamente, foi feita uma estimativa, baseada em unidades avaliadas, pois a determinação da mesma era impossível, diante da impossibilidade de levantamento dos bens. Estimamos os valores para os componentes depreciáveis, bem como as depreciações baseadas em taxas contábeis conforme tabela a seguir:

Item	Valor	Vida útil	Taxa de depreciação	Depreciação contábil
Máquinas e equipamentos	124.234.990,00	10	10%	12.423.499,00
Benfeitorias	14.555.775,00	25	4%	582.231,00

Quadro 16 – Tabela com os valores da depreciação contábil anual, valores depreciáveis e vidas úteis

Logo, chegamos aos seguintes valores de depreciação contábil (DC):

DC = R\$ 13.005.730,00 até o 10º ano
DC = R\$ 582.231,00 do 11º ano até o 25º

5.3.5 Outras variáveis

Utilizamos trabalhos já publicados, relativos à avaliação de usinas, por parte de MELLO (1997), YOSHIMURA (2001) e GONÇALVES e MARTIM (2006) para estimativa de outras variáveis importantes.

Logo, partindo destes, teremos:

Deduções da receita bruta:	5,00% da receita bruta
Mão de obra	3,66% do custo da cana
Demais custos diretos	4,70% do custo da cana
Despesas administrativas	2,40% do custo da cana
Demais despesas	3,66% do custo da cana
Capital de giro (apenas 1º ano – investimento)	4,70% do faturamento bruto

Além desses, os impostos sobre o lucro tributável:

Imposto de renda	34% sobre lucro tributável
CSLL	09% sobre lucro tributável

5.3.6 Taxa de crescimento

Consideramos que não haverá expansão no faturamento, bem como nos custos, da usina.

Trata-se de hipótese simplificadora, mas coerente com a atual realidade mercadológica, onde vemos uma grande oferta de álcool e uma demanda que não consegue absorver toda a produção.

Acreditamos que, mantidas as condições atuais, haverá um número razoável de quebras no setor. Neste momento, poderá haver a expansão nas receitas.

5.4 SIMULAÇÃO

5.4.1 Modelagem

O objetivo do trabalho é determinar o Valor Presente Líquido de uma série de fluxos de caixa do empreendimento avaliando, com o risco devidamente considerado.

Partimos de um cenário básico, com o VPL calculado através dos valores mais prováveis das variáveis aleatórias consideradas, descontadas a taxa livre de risco.

5.4.2 Horizonte de projeção

Adotamos um horizonte de projeção de 20 anos mais um valor de perpetuidade.

5.4.3 Taxa de desconto livre de risco

Na simulação referenciada no cenário base, os fluxos de caixa serão descontados a uma taxa livre de risco, que denominamos R_f .

Conforme DAMODARAN (2001) e COPELAND (2002), a taxa livre de risco para uma empresa operando em um mercado emergente, como no caso do Brasil, deve considerar a taxa livre de risco americana combinada com o risco país ou risco soberano médio.

Quanto ao valor para a taxa livre de risco americana, foi adotada a taxa de retorno dos títulos do governo americano com vencimento em 30 anos (US T-Bondy 30 anos). A taxa apurada é de 4,92%.

O risco soberano brasileiro foi obtido através do *spread* entre as taxas remuneradas pelas US T-Bondies 30 anos e títulos do governo brasileiro com vencimento em prazo equivalente. Neste caso, apuramos uma taxa de 1,69%.

Diante disso, podemos compor a taxa livre de risco:

$$R_f = (1+0,0492) \times (1+0,0169) - 1$$

$$R_f = 6,69\%$$

5.4.4 Valor de perpetuidade

Consideraremos, como valor de perpetuidade, o fluxo de caixa do último ano de projeção dividido pela taxa de desconto livre de risco. Logo:

$$V_p = \frac{FCF_{20}}{R_f}$$

5.5 ANÁLISE DO RISCO PARA O EMPREENDIMENTO AVALIANDO

5.5.1 Simulação do fluxo de caixa

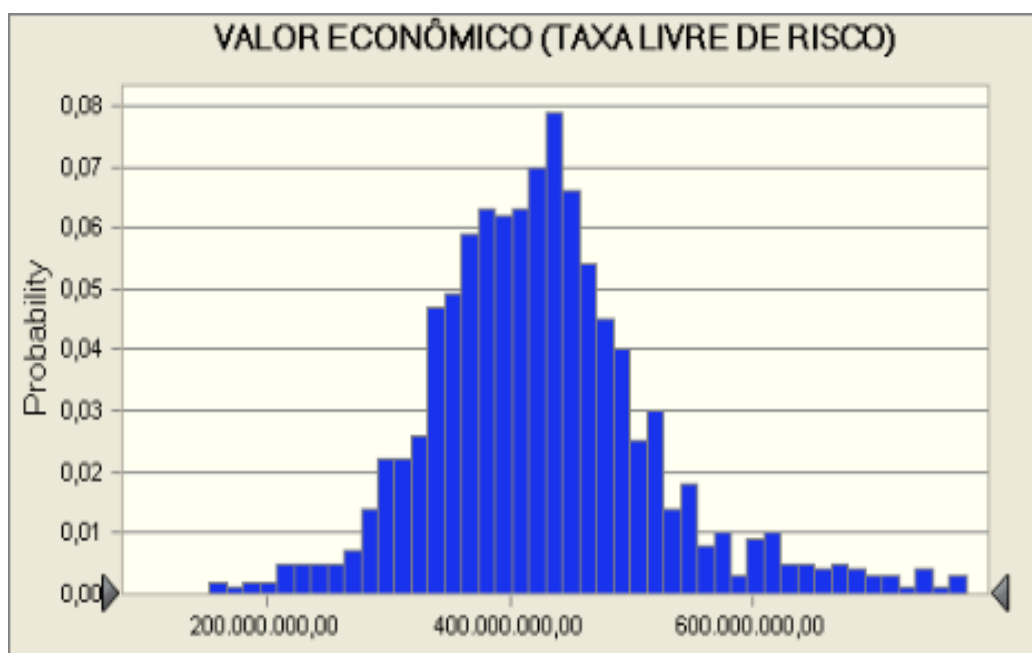
Inicialmente, efetuamos uma simulação pelo método Monte Carlo. Utilizamos a versão *shareware* do *software* Oracle Crystal Ball.

Foram efetuadas 1.000 simulações, número padrão do programa utilizado.

Tal simulação nos levou a uma distribuição com as seguintes estatísticas:

Média	436.538.051,50
Mediana	424.140.227,99
Moda	Não especificada
Desvio padrão	121.111.594,92
Variância	14.668.018.424.994.400,00
Coefficiente de variação	0,2774
Erro padrão médio	3.829.884,91

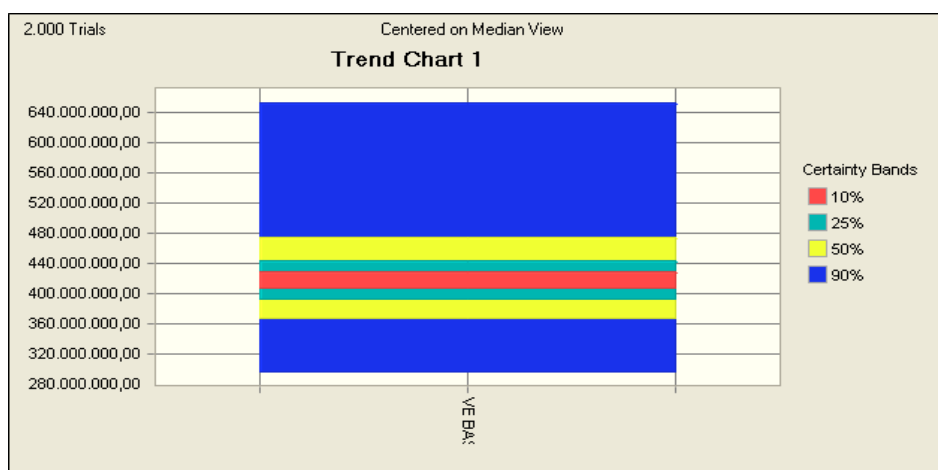
A seguir, apresentamos o gráfico que expõe a distribuição encontrada para o fluxo de caixa pelas simulações¹⁹.



Quadro 17 – Distribuição de probabilidades para o fluxo de caixa descontado a taxa livre de risco

O gráfico a seguir, também gerado pelo Crystal Ball ilustra os intervalos de confiança para vários níveis de significância ao redor da média.

¹⁹ Note-se que a distribuição visualizada no gráfico é bastante próxima de uma normal, conforme previsto teoricamente. O aumento do número de iterações aproximaria ainda mais a distribuição de uma normal teórica (Lei Forte dos Grandes Números).



Quadro 18 – Visualização gráfica dos intervalos de confiança em torno da média para diversos níveis de significância

5.5.2 Determinação da taxa de desconto com risco associado

Tendo a distribuição de probabilidades do FCF, que segundo o Teorema do Limite Central, pode ser aproximada a uma distribuição normal, e conhecendo a média e o desvio padrão da mesma, podemos determinar uma taxa de desconto que reflita o risco do empreendimento.

Esta taxa será calculada com base no desvio padrão e nas probabilidades de sucesso do empreendimento, considerando as condições analisadas na simulação.

Conforme item 4.6 e quadro 6, a cada fração do desvio padrão está associada uma probabilidade de sucesso (e conseqüentemente, de fracasso). Para cada uma dessas probabilidades, haverá uma taxa de desconto que as reflita, na forma de risco do empreendimento. Para os dados calculados, teremos as seguintes taxas:

DESVIO PADRÃO	PROBABILIDADE	TAXA
0,00	50,00%	7,08%
0,50	69,15%	8,83%
1,00	84,13%	11,13%
1,50	93,32%	14,39%
2,00	97,72%	19,64%
3,00	99,87%	68,57%

Quadro 19 – Taxas de desconto associadas aos desvios padrão

Como podemos ver, se considerarmos um desvio padrão 0, teremos uma probabilidade de sucesso de 50%. Neste nível, a taxa de desconto será de 7,08%, praticamente igual a taxa de desconto livre de risco (há uma pequena diferença – 0,36% - devido a questões de cálculo numérico e arredondamento).

A determinação da taxa é feita através da determinação de qual o risco máximo de insucesso a se cobrir. Acreditamos que taxas abaixo de um ou acima de dois desvios padrão não são convenientes. A primeira, por subestimar o risco. A segunda, por superestimá-lo.

Entendemos que um risco de 1,5 desvios padrão, correspondente a uma probabilidade de sucesso de 93,32% é adequada ao empreendimento. Logo, nossa taxa de desconto com o risco refletido será:

$$k_i = 14,39\%$$

5.6 AVALIAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

Partindo-se do cenário base montado anteriormente e descontando-se os fluxos de caixa a taxa de desconto determinada no item anterior, efetuamos a avaliação do empreendimento.

A seguir, uma imagem parcial da planilha com os fluxos de caixa.

Receita Bruta	158.140.392,96	158.140.392,96	...	158.140.392,96
Álcool hidratado	32.809.728,00	32.809.728,00	...	32.809.728,00
Álcool anidro	73.975.680,00	73.975.680,00	...	73.975.680,00
Áçúcar VHP	51.354.984,96	51.354.984,96	...	51.354.984,96
(-) Deduções da receita bruta	7.907.019,65	7.907.019,65	...	7.116.317,68
(=) Receita líquida	150.233.373,31	150.233.373,31	...	150.233.373,31
(-) Custo direto	90.004.440,27	90.004.440,27	...	90.004.440,27
Cana	83.066.400,00	83.066.400,00	...	83.066.400,00
Mão de obra	3.041.332,72	3.041.332,72	...	3.041.332,72
Demais custos diretos	3.896.707,55	3.896.707,55	...	3.896.707,55
(=) Resultado bruto	60.228.933,04	60.228.933,04	...	60.228.933,04
(-) Custos indiretos	5.037.207,32	5.037.207,32	...	5.037.207,32
Despesas administrativas	1.995.874,60	1.995.874,60	...	1.995.874,60
Demais despesas	3.041.332,72	3.041.332,72	...	3.041.332,72
(-) Custo de manutenção	13.393.381,00	13.393.381,00	...	13.393.381,00
(=) Resultado operacional	41.798.344,71	41.798.344,71	...	41.798.344,71
(+) Resultado não operacional	1.204.578,66	1.204.578,66	...	1.204.578,66
Receitas não operacionais	1.204.578,66	1.204.578,66	...	1.204.578,66
Despesas não operacionais	0,00	0,00	...	0,00
(=) Resultado antes da tributação	43.002.923,38	43.002.923,38	...	43.002.923,38
(-) Deduções da base tributária	13.005.730,00	13.005.730,00	...	582.231,00
Depreciação contábil do ativo imobilizado	13.005.730,00	13.005.730,00	...	582.231,00
Outras deduções de base tributária	0,00	0,00	...	0,00
(=) Lucro tributável	29.997.193,38	29.997.193,38	...	42.420.692,38
(-) Impostos e contribuições	10.199.045,75	10.199.045,75	...	14.423.035,41
Imposto de renda	7.499.298,34	7.499.298,34	...	10.605.173,09
Contribuição social sobre lucro tributável	2.699.747,40	2.699.747,40	...	3.817.862,31
(=) Resultado após tributação	19.798.147,63	19.798.147,63	...	27.997.656,97
(+) Depreciação contábil do ativo imobilizado	13.005.730,00	13.005.730,00	...	582.231,00
(=) Fluxo de caixa operacional líquido	32.803.877,63	32.803.877,63	...	28.579.887,97
(-) Investimentos	7.397.625,23	0,00	...	0,00
Investimentos em ativo fixo	0,00	0,00	...	0,00
Capital de giro	7.397.625,23	0,00	...	0,00
(=) FCLE - Fluxo de caixa livre da empresa	25.406.252,40	32.803.877,63	...	28.579.887,97

Quadro 19 – Planilha com os fluxos de caixa do empreendimento

Descontando-se os fluxos de caixa apontados acima, teremos o valor econômico do empreendimento.

VALOR ECONÔMICO = R\$ 213.843.878,11

Além disso, podemos calcular a vida econômica do empreendimento, conforme proposto por BARBOSA e ZENI (1995), através da expressão:

$$VE = \frac{\ln(100)}{\ln(1+k_i)}$$

Efetuada-se as contas e o arredondamento, teremos o valor econômico e a vida útil econômica do empreendimento:

- **VALOR ECONÔMICO** **R\$ 214.000.000,00**
- **VIDA ECONÔMICA** **34 anos**

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Ao longo deste trabalho, buscamos demonstrar o uso de métodos probabilísticos e técnicas de simulação para quantificar, da forma mais precisa possível, o risco associado a um determinado empreendimento e, sobretudo, como levá-lo em consideração na avaliação econômica.

Esperamos que a fundamentação teórica sobre a qual se alicerça a metodologia apresentada sirva de base para novos trabalhos e para o aperfeiçoamento da quantificação de risco na avaliação econômica de empreendimentos.

Cabe salientar que, em uma avaliação econômica, há uma série de fatores geradores de risco. Na prática, é impossível quantificar todos eles. É importante a análise das variáveis que possam causar o maior impacto no valor final da avaliação. Também é importante buscar, sempre que possível, a maior quantidade de dados relativos a estas variáveis, de modo que as mesmas possam ser analisadas quantitativamente.

Quanto ao exemplo apresentado, consideramos apenas algumas variáveis como responsáveis pelo risco. Outras variáveis poderiam ter sido analisadas. Análises das séries históricas do empreendimento, sempre que possível, fornecem uma grande quantidade de dados que podem ser utilizados na mensuração do risco.

Sugerimos, para futuros trabalhos, em relação aos métodos probabilísticos da avaliação de risco, a utilização da análise de cenários e simulações utilizando métodos diferentes do Monte Carlo.

Quanto à avaliação de usinas sucroalcooleiras, como no exemplo apresentado, análises mais detalhadas sobre a moagem efetiva, tempos de parada e indisponibilidade industrial forneceriam uma maior precisão na avaliação. Análises

de outras variáveis, tais como a quantidade de ATR por tonelada de cana, que pode ter alterações em função dos índices pluviométricos, enriqueceriam a avaliação.

No exemplo apresentado, consideramos toda a cana utilizada na usina como adquirida junto a fornecedores. A realidade atual é diferente, pois grande parte da cana é plantada pela própria usina, seja em arrendamentos, seja em terras próprias. No caso da presente avaliação, isto pode distorcer o preço para baixo.

Dispondo de dados mais precisos sobre o empreendimento, tais como custos do arrendamento, tratos culturais e transporte, bem como a proporção da cana consumida, poderiam ser feitas análises quantitativas que levariam a resultados mais precisos do ponto de vista do empreendimento avaliando.

7. BIBLIOGRAFIA

- (01) ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14653-1/01. Avaliação de Bens. Parte 1: Procedimentos Gerais.** Rio de Janeiro: ABNT, 2001;
- (02) ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14653-2/04. Avaliação de Bens. Parte 2: Imóveis urbanos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2004;
- (03) ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14653-4/01. Avaliação de Bens. Parte 4: Empreendimentos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2001;
- (04) ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14653-5/06. Avaliação de Bens. Parte 5: Máquinas, equipamentos, instalações e bens industriais em geral.** Rio de Janeiro: ABNT, 2006;
- (05) ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.536. Estatística. Terminologia.** Rio de Janeiro: ABNT, 1988;
- (06) ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 11.154. Interpretação estatística de dados – Técnicas de estimação e testes relacionados às médias e variâncias.** Rio de Janeiro: ABNT, 1989;
- (07) ALBUQUERQUE, José Paulo de Almeida e; FORTES, José Mauro Pedro e FINAMORE, Weiler Alves. **Probabilidade, Variáveis Aleatórias e Processos Estocásticos.** Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2008;
- (08) ASSAF NETO, Alexandre. **Estrutura e Análise de Balanços.** São Paulo: Editora Atlas, 2001;
- (09) BARBOSA, João Carlos Alves e ZENI, André. *Avaliação Industriais – Novos Rumos.* In V CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS, 1995. **Anais...** Florianópolis: IBAPE/SC, 1995. p. 173-195;
- (10) BARBOSA, João Carlos Alves. **Curso de Avaliações Industriais (Apostila).** Curitiba: IBAPE/PR, 2005;
- (11) CAIRES, Hélio R. R. de. **Técnicas Especiais em Avaliação in Engenharia de Avaliações.** São Paulo: Editora Pini, 2007;
- (12) CAMM, Jeffrey D. e EVANS, James R. **Management Science and Decision Technology.** Mason: South-Western College Publishing, 2000;
- (13) COPELAND, Tom; KOLLER, Tim e MURRIN, Jack. **Avaliação de Empresas. Valuation.** São Paulo: Makron Books, 2002;

- (14) DAMODARAN, Aswath. **Avaliação de Ativos**. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2001;
- (15) DAMODARAN, Aswath. *Probabilistic Approaches to Risk*. Damodaran On Line. Nova Iorque: New York University, 2006, Working Papers Series. Disponível em <<http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>> Acesso em 21.dez.2008;
- (16) DAMODARAN, Aswath. **Gestão Estratégica do Risco**. Porto Alegre: Bookman, 2009;
- (17) DANTAS, Rubens Alves. **Engenharia de Avaliações – Uma Introdução a Metodologia Científica**. São Paulo: Ed. PINI, 1999;
- (18) GATTO, Osório Accioly. **Engenharia Econômica in Engenharia de Avaliações**. São Paulo: Editora Pini, 2007;
- (19) GITMAN, Lawrence. **Princípios de Administração Financeira**. São Paulo: Editora Harba, 2002;
- (20) GONÇALVES, Celso José e MARTIN, Nilton Carmo. *Taxa de Desconto para Avaliação de Empresas de Capital Fechado pelo Método do Fluxo de Caixa Descontado*. In XXIV ENEGEP – ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABRAP, 2006;
- (21) GUJARATI, Damodar N. **Econometria Básica**. São Paulo: Makron Books, 2000;
- (22) FALCINI, Primo. **Avaliação Econômica de Empresas**. São Paulo: Editora Atlas, 1995;
- (23) FREITAS Fº, Paulo José de. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas**. Florianópolis: Visual Books, 2001;
- (24) HERTZ, David B. *Risk Analysis in Capital Investment*. In Harvard Business Review, setembro/outubro, 1968;
- (25) HÜHNE, Leda Miranda (organizadora). **Metodologia Científica. Caderno de Textos e Técnicas**. Rio de Janeiro: Agir, 2002;
- (26) KEYNES, John Maynard. **Teoria Geral do Emprego, do Juro e da Moeda**. São Paulo: Ed. Atlas, 1982;
- (27) KIVES, Raul. **Avaliação Econômica de Empreendimentos de Base Industrial de Capital Fechado**. 2004, 189 páginas. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina;
- (28) KMENTA, Jan. **Elementos de Econometria**. São Paulo: Ed. Atlas, 1978;

- (29) KUPFER, David e HASENCLEVER, Lia (organizadores). **Economia Industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2002;
- (30) MACANHAN, Vanessa Bawden de Pádua. **A Avaliação de Imóveis pelos Métodos Econômico-Financeiros**. 2002, 99 páginas. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Itajubá;
- (31) MANDELBROT, Benoit. **Mercados Financeiros Fora de Controle**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004;
- (32) MARION, José Carlos. **Contabilidade Empresarial**. São Paulo: Editora Atlas, 1986;
- (33) MARKOWITZ, Harry M. *Portfolio Selection*. **The Journal of Finance**. Vol. 7, No. 1, (Março, 1952), pp. 77-91;
- (34) MELLO, Brício. *A Reengenharia nas Avaliações Industriais – Álcool e Açúcar no N-NE*. In IX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS, 1997. **Anais...** São Paulo: IBAPE/SP, 1997. p. 304-314;
- (35) MIRANDA, Roberto Vianna de. **Manual de Decisões Financeiras e Análise de Negócios**. Rio de Janeiro: Editora Record, 1999;
- (36) MOREIRA, Alberto Lélío. **Princípios da Engenharia de Avaliações**. São Paulo: Ed. PINI, 1997;
- (37) NEVES, Cesar das. **Análise de Investimentos. Projetos Industriais e Engenharia Econômica**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1981;
- (38) ROTTMAN, Eduardo. **A Análise de Investimentos e a Avaliação das Propriedades Imobiliárias in Engenharia de Avaliações**. São Paulo: Editora Pini, 2007;
- (39) RUBINSTEIN, Reuven R. e KROESE, Dirk. **Simulation and the Monte Carlo Method**. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc, 2008;
- (40) VOSE, David. **Risk Analysis. A Quantitative Guide**. West Sussex: John Wiley & Sons, 2008;
- (41) YOSHIMURA, Eduardo Koiti. *Avaliações Industriais – Aplicação Prática da Avaliação de uma Usina Sucroalcooleira Paulista*. In XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS, 1997. **Anais...** Vitória: IBAPE/ES, 2001.

APÊNDICE I

GERAÇÃO DE NÚMEROS E VARIÁVEIS ALEATÓRIOS

I.1 PROPÓSITO

O propósito deste apêndice é apresentar um processo de geração de números aleatórios e de variáveis aleatórias para distribuições de probabilidade conhecidas. As considerações aqui apresentadas são referentes à RUBINSTEIN E KROESE (2008).

I.2 GERAÇÃO DE NÚMEROS ALEATÓRIOS

Inicialmente, números aleatórios eram gerados através de métodos mecânicos, tais como a roleta, arremesso de dados e outros. Posteriormente, utilizaram-se os ruídos de contador *geiger*.

Com o advento da computação, o processo de geração de números aleatórios se tornou muito mais fácil. Foram criados algoritmos para a geração de números aleatórios. Apresentamos o mais comum:

$$X_{t+1} = aX_t + c \pmod{m}$$

onde

X_0 é a semente;
 a é o multiplicador;
 c é o incremento;
 m é a operação módulo.

A operação módulo significa que $aX_t + c$ é dividido por m e o resto da divisão é o valor de X_{t+1} .

Esta seqüência se aproxima de uma seqüência de números aleatórios. Uma das críticas é a de que estes números sejam pseudoaleatórios. No entanto, com a massiva necessidade de geração de números aleatórios, devido aos modelos complexos simulados, a geração por meios mecânicos tornaria a mesma inviável.

Além disso, a seqüência pseudoaleatória tem propriedades muito próximas de uma seqüência estritamente aleatória.

I.3 GERAÇÃO DE VARIÁVEIS ALEATÓRIAS

O caso da geração de variáveis aleatórias, derivadas de distribuições de probabilidades conhecidas é mais complexo. Todavia, ele é fundamental na simulação Monte Carlo.

Apresentaremos um exemplo de geração de variável aleatória para uma distribuição exponencial.

Considerando-se que $X \sim \text{Exp}(\lambda)$

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda x}, \quad x \geq 0$$

solucionando $u = F(x)$ em termos de x , teremos

$$F^{-1}(u) = -\frac{1}{\lambda} \ln(1-u)$$

considerando que $U \sim U(0,1)$, teremos os seguintes passos:

1. Gera-se um número aleatório $U \sim U(0,1)$;
2. Obtém-se $X = -\frac{1}{\lambda} \ln U$ como uma variável aleatória de $\text{Exp}(\lambda)$

Este é o método da transformação inversa. Todos os métodos de geração de variáveis aleatórias seguem este padrão. Gera-se um número aleatório, seguindo-se o algoritmo aplicado a função distribuição de probabilidade para gerar a variável aleatória.

APÊNDICE II

COMPROVAÇÃO DO RESULTADO DO FLUXO DE CAIXA DEVIDO ÀS SIMULAÇÕES COMO DISTRIBUIÇÃO NORMAL

II.1 PROPÓSITO

Uma das hipóteses básicas para a análise do risco é de que a distribuição final de resultados siga uma distribuição normal (ou pelo menos, aproximada). Uma vez que estamos trabalhando com diversas distribuições distintas, há a necessidade matemática da comprovação de que o resultado do fluxo de caixas após as simulações seja uma distribuição normal.

II.2 TEOREMA DO LIMITE CENTRAL

De acordo com VOSE (2008), o teorema do limite central garante que a distribuição amostral das médias (\bar{X}) de amostras aleatórias simples retiradas de uma população, que não segue necessariamente a distribuição normal, com média μ e variância σ^2 finita ($-\infty < \sigma^2 < +\infty$), aproxima-se de uma distribuição normal com média μ e variância σ^2/n , a medida que o número de elementos da amostra (n) cresce.

II.3 O CASO DO FLUXO DE CAIXA DESCONTADO

Em nosso estudo, temos um fluxo de caixa com 5 variáveis aleatórias:

- Preço do álcool hidratado;
- Preço do álcool anidro;
- Preço do açúcar VHP;
- Custo da cana;
- Moagem.

Nenhuma delas segue a distribuição normal. Apresentaremos uma demonstração simples de que as iterações destas variáveis aleatórias durante às simulações nos apresentarão uma distribuição de probabilidades normal.

Com efeito, a simulação representa cenários. Cada iteração corresponde a um cenário diferente.

Seguimos o seguinte procedimento: deixamos apenas uma variável variar aleatoriamente, fixando as demais. Por exemplo:

Preço do álcool hidratado $\sim F(\mu, \sigma^2)$ não normal.

Pelo teorema do limite central, com $n \rightarrow \infty$, teremos que Preço do álcool hidratado $\sim N(\mu, \sigma^2/n)$.

O mesmo vale para as outras variáveis aleatórias, ou seja, teremos 5 variáveis aleatórias seguindo as distribuições $N_1(\mu_1, \sigma_1^2/n)$, $N_2(\mu_2, \sigma_2^2/n)$, $N_3(\mu_3, \sigma_3^2/n)$, $N_4(\mu_4, \sigma_4^2/n)$ e $N_5(\mu_5, \sigma_5^2/n)$.

Logo, caímos numa soma de distribuições normais. De acordo com VOSE (2008), a soma de várias variáveis aleatórias com distribuição normal implicará no resultado de uma variável aleatória com distribuição normal:

$N(\mu_i, \sigma_i^2)$, onde μ_i e σ_i^2 dependem das médias e variâncias das distribuições somadas.