

ALEXANDRE SOARES FRANCISCO DE CARVALHO

**APLICAÇÃO DO MÉTODO DE MONTE CARLO PARA A ANÁLISE DE RISCOS
FINANCEIROS NA IMPLANTAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre. Área de Concentração: Tecnologia da construção.

Orientador: Prof. MIGUEL LUIZ RIBEIRO FERREIRA, D.Sc.

NITERÓI

2007

ALEXANDRE SOARES FRANCISCO DE CARVALHO

**APLICAÇÃO DO MÉTODO DE MONTE CARLO PARA A ANÁLISE DE RISCOS
FINANCEIROS NA IMPLANTAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre. Área de Concentração: Tecnologia da construção.

Aprovada em maio de 2007.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Miguel Luiz Ribeiro Ferreira , D.Sc. – Orientador
Universidade Federal Fluminense

Prof. José Murilo Ferraz Saraiva, D.Sc.
Universidade Federal Fluminense

Prof.. José Alberto Barroso Castañon, D.Sc.
Universidade Federal de Juiz de Fora

Niterói

2007

DEDICATÓRIA

À minha esposa Cristina, pelo seu amor, companheirismo e apoio.

Aos meus pais Laércio e Coralice pelo seu amor incondicional e exemplo de vida.

À minha avó Eliza, com todo meu carinho e saudades.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Miguel Luiz Ribeiro Ferreira, pelo profissionalismo, amizade e confiança, demonstrados ao longo da execução deste trabalho.

Às minhas irmãs Elissa e Elisa pelo apoio e incentivo.

Aos professores e funcionários do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFF.

Aos Professores José Murilo Ferraz Saraiva e José Alberto Barroso Castañon, pela participação na banca examinadora.

À colega Cássia Morano pela ajuda dispensada.

À Gerência de Desenvolvimento Urbano da Caixa Econômica Federal de Vitória – ES e à CESAN (Companhia Espírito Santense de Saneamento) pela disponibilização de dados para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	05
LISTA DE ABREVIATURAS.....	08
<i>RESUMO.....</i>	09
<i>ABSTRACT.....</i>	10
INTRODUÇÃO.....	11
1.1 APRESENTAÇÃO.....	1
METODOLOGIA DE PESQUISA.....	14
1.2 OBJETIVO.....	4
1.3 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	5
1.4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	5
1.4.1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES.....	5
1.4.2 DETERMINAÇÃO DOS INDICADORES DE VIABILIDADE	

	ECONÔMICA DO EMPREENDIMENTO – TIR e VPL –MEDIANTE UMA ABORDAGEM DETERMINÍSTICA.....	6
1.4.3	DETERMINAÇÃO DOS INDICADORES DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO EMPREENDIMENTO – TIR e VPL –MEDIANTE UMA ABORDAGEM PROBABILÍSTICA.....	9
	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	24
1.5	INTRODUÇÃO.....	4
1.6	SANEAMENTO BÁSICO.....	4
1.6.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	4
1.6.2	SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	9
1.7	AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE EMPREENDIMENTOS.....	1
1.7.1	INTRODUÇÃO.....	1
1.7.2	CLASSIFICAÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS.....	2
1.7.3	METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE INDICADORES DE VIABILIDADE DE EMPREENDIMENTOS.....	4
1.7.3.1	O VALOR DO DINHEIRO NO TEMPO.....	5
1.7.3.2	FLUXO DE CAIXA.....	7

1.7.3.3	MÉTODO DO VALOR PRESENTE LÍQUIDO.....	8
1.7.3.4	MÉTODO DA TAXA INTERNA DE RETORNO.....	8
1.7.3.5	TAXA DE DESCONTO.....	9
1.7.3.6	O EFEITO DA INFLAÇÃO.....	9
1.7.3.7	PROCEDIMENTOS GERAIS.....	0
1.8	GERENCIAMENTO DE RISCOS EM PROJETOS.....	1
1.8.1	DEFINIÇÃO DE RISCOS EM PROJETOS.....	1
1.8.2	FONTES DE RISCOS EMPROJETOS.....	4
1.8.3	ETAPAS DO PROCESSO DE GERENCIAMENTO DE RISCOS.....	5
1.8.3.1	IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS.....	7
1.8.3.2	QUANTIFICAÇÃO DOS RISCOS.....	8
1.8.3.3	DESENVOLVIMENTO DE RESPOSTAS AOS RISCOS.....	1
1.9	MÉTODO DE MONTE CARLO.....	3
1.9.1	SIMULAÇÃO.....	3
1.9.2	SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO.....	7

1.9.2.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	7
1.9.2.2	CONSTRUÇÃO DO MODELO LÓGICO.....	9
1.9.2.3	LEVANTAMENTO DE DADOS REAIS.....	0
1.9.2.4	GERAÇÃO DE NÚMEROS ALEATÓRIOS.....	1
1.9.2.5	MÉTODOS DE AMOSTRAGEM DE DISTRIBUIÇÕES ESPECÍFICAS.....	3
1.9.2.6	PRINCIPAIS TIPOS DE PDF.....	4
1.9.2.7	ESCOLHA DO TIPO DE DISTRIBUIÇÃO.....	5
1.9.2.8	NÚMERO DE SIMULAÇÕES A EXECUTAR.....	8
1.9.2.9	CONSTRUÇÃO DO HISTOGRAMA.....	9
1.9.2.10	CONSTRUÇÃO DA CURVA DE FREQUÊNCIA ACUMULADA.....	0
	RESULTADOS.....	72
1.10	INTRODUÇÃO.....	2
1.11	DETERMINAÇÃO DOS INDICADORES DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO EMPREENDIMENTO – TIR E VPL – MEDIANTE UMA ABORDAGEM DETERMINÍSTICA.....	2
1.11.1	DEFINIÇÃO DO MODELO.....	

		2
1.11.2	DETERMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS DO MODELO.....	3
1.11.2.1	CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	3
1.11.2.2	CUSTOS DE OPERAÇÃO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	4
1.11.2.3	RECEITAS OPERACIONAIS DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	5
1.11.2.4	TAXA DE DESCONTO.....	6
1.11.3	DETERMINAÇÃO DOS INDICADORES DE VIABILIDADE.....	7
1.12	DETERMINAÇÃO DOS INDICADORES DE VIABILIDADE TIR E VPL- MEDIANTE UMA ABORDAGEM PROBABILÍSTICA.....	9
1.12.1	DEFINIÇÃO DO MODELO.....	9
1.12.2	DETERMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS DO MODELO.....	9
1.12.2.1	CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	0
1.12.2.2	CUSTOS DE OPERAÇÃO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	0
1.12.2.3	RECEITAS OPERACIONAIS DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	

	1
1.12.3 DETERMINAÇÃO DOS INDICADORES DE VIABILIDADE.....	3
1.12.3.1 DETERMINAÇÃO DA PDF.....	3
1.12.3.2 GERAÇÃO DAS AMOSTRAS ALEATÓRIAS.....	6
1.12.3.3 VERIFICAÇÃO DO NÚMERO DE SIMULAÇÕES EXECUTADAS.....	8
1.12.3.4 DEFINIÇÃO DA CURVA DE FREQUÊNCIA ACUMULADA E DO HISTOGRAMA PARA INDICADORES TIR E VPL.....	3
ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	99
1.13 RESULTADOS.....	9
1.13.1 ABORDAGEM DETERMINÍSTICA.....	9
1.13.2 ABORDAGEM PROBABILÍSTICA.....	00
1.14 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	01
CONCLUSÕES.....	103
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	05

LISTA DE ABREVIATURAS

TIR – Taxa interna de retorno

VPL – Valor presente líquido

PDF – Função densidade de probabilidade

RESUMO

A análise de riscos em empreendimentos tem como propósito sua quantificação e determinação de seus efeitos sobre os resultados esperados e compõe o processo da avaliação econômica de empreendimentos. Existem duas abordagens a serem utilizadas para execução dessa análise, uma determinística e a outra probabilística. A primeira consiste em definir pontualmente os indicadores de viabilidade econômica do empreendimento, através do acréscimo de uma taxa arbitrada para o risco à taxa de desconto do fluxo de caixa. Na segunda, a avaliação dos riscos se dá através da análise dos resultados estatísticos dos indicadores de viabilidade, obtidos com a combinação dos valores das variáveis do fluxo de caixa proposto, através de técnicas de simulação. O objetivo do trabalho consiste em demonstrar a aplicabilidade do Método de Monte Carlo, que corresponde a um método da abordagem probabilística, para a análise dos riscos financeiros na avaliação econômica de empreendimentos. Para isso foi realizada uma revisão bibliográfica dos temas pertinentes ao assunto e executado um experimento com intuito de verificar-se a viabilidade financeira da implantação de sistemas de abastecimento de água no Espírito Santo, considerando as duas abordagens, a fim de que pudéssemos compará-las. No estudo, a abordagem probabilística mostrou-se superior à abordagem determinística.

Palavras chave: Método de Monte Carlo, análise de riscos, avaliação econômica.

ABSTRACT

The risk analysis in enterprises has, as purpose, quantification and determination of its effects on the expected results and it composes the process of enterprises economical evaluation. There are two approaches to be used for accomplishing that analysis: either deterministic way or a probabilistic way. The first one consists to define punctually the indicators of enterprise economical viability, through an increment of an arbitrated rate for the risk at cash flow discount rate. At the second one, the risk evaluation takes place on the analysis of the statistical results from the viability indicators, obtained from the variable values combination of proposed cash flow, using simulation techniques. The purpose of this work is to demonstrate the applicability of the Monte Carlo's Method, that corresponds to a probabilistic approach method, for financial risk analysis in economical evaluation of enterprises. For that, a bibliographical revision from pertinent themes to the subject was achieved and an experiment was performed with the intention of verifying the financial viability of the implantation of water supply systems in Espírito Santo, considering both approaches, so that we could compare one to another. In this studied case, the probabilistic way was better than deterministic way.

Key Words: Monte Carlo's Method, Risk Analysis, Economical Evaluation.

1 – INTRODUÇÃO

1.1 – APRESENTAÇÃO

O objetivo de todo empreendimento é aumentar o valor da empresa ou organização de quem o implementa. No caso de uma empresa pública ou algum outro órgão público, ainda que o objetivo primordial da implantação de um dado projeto seja o benefício social e não o lucro, o projeto deverá ter sua viabilidade econômica, financeira e técnica atestados.

Para a análise da viabilidade econômica – financeira de um empreendimento, pode-se fazer uso de indicadores de viabilidade como o VPL (valor presente líquido) ou TIR (taxa interna de retorno), dentre outros. O que podemos notar é que geralmente é feita uma abordagem determinística nesta análise, determinando um valor pontual para os indicadores e a partir daí decidir pela execução ou não do empreendimento. Neste caso o risco do empreendimento é levado em consideração, adicionando-se à taxa de desconto a ser aplicada ao fluxo de caixa do empreendimento uma “taxa de risco” arbitrada que objetiva considerar, de forma superficial, os riscos inerentes ao negócio. A própria NBR 14.653 – parte 4, que trata da avaliação de empreendimentos, indica e privilegia o uso de uma abordagem probabilística, na qual os riscos são levados em consideração através de uma análise probabilística, podendo-se utilizar para tanto, a simulação pelo Método de Monte Carlo.

Neste trabalho foi considerada especificamente a análise de viabilidade econômica de empreendimentos com base na implantação de sistemas de abastecimento de água.

A seguir serão descritos o objeto e a seqüência dos capítulos que compõe este trabalho:

Capítulo 2 – Metodologia de pesquisa: São apresentados os objetivos do trabalho, a indicação da pesquisa bibliográfica e a descrição do procedimento experimental.

Capítulo 3 – Revisão bibliográfica: São abordados os assuntos pertinentes ao esclarecimento e desenvolvimento do tema proposto, incluindo teses, dissertações, seminários, periódicos, artigos, livros, normas técnicas, entre outros, sendo priorizados os seguintes assuntos: Método de Monte Carlo, gerenciamento de riscos, avaliação econômica de empreendimentos e sistemas de abastecimento de água.

Capítulo 4 – Resultados: São executados os experimentos com o intuito de determinar-se os indicadores de viabilidade econômica da implantação de empreendimentos baseados em sistemas de abastecimento de água no Estado do Espírito Santo. Os resultados são determinados inicialmente através de uma abordagem determinística, com a consideração dos riscos através da adoção de uma taxa de risco arbitrada que será somada à taxa de desconto a ser aplicada ao fluxo de caixa. Posteriormente são determinados os mesmos indicadores de viabilidade, mas com a utilização da simulação de Monte Carlo para a análise dos riscos inerentes à operação.

Capítulo 5 – Análise dos resultados: É apresentada a análise dos resultados obtidos na determinação dos índices de viabilidade econômica de empreendimentos, a partir do experimento realizado, contemplando as duas abordagens utilizadas, quais sejam, a probabilística, através da simulação de Monte Carlo, bem como a determinística.

Capítulo 6 – Conclusões: São apresentadas as conclusões advindas do trabalho.

2 – METODOLOGIA DE PESQUISA

2.1 – OBJETIVO

Neste projeto pretende-se apresentar, desenvolver e discutir a metodologia para aplicação do Método de Monte Carlo para a análise de riscos financeiros relativos à implantação de empreendimentos, que configura-se como uma abordagem probabilística para a avaliação econômica de empreendimentos. Também será considerada e apresentada uma abordagem determinística dessa avaliação econômica, para que se possa comparar as duas metodologias, determinando seus respectivos pontos positivos e negativos. Será considerada especificamente a análise de viabilidade econômica de empreendimentos com base na implantação de sistemas de abastecimento de água.

Espera-se ao final da dissertação, além da obtenção de uma visão geral sobre avaliação econômica de empreendimentos, gerenciamento de riscos e sistemas de abastecimento de água, obter o domínio sobre a utilização do Método de Monte Carlo para a análise de riscos, cujos resultados poderão ser utilizados nos mais variados tipos de trabalhos de pesquisa, servir como base de desenvolvimento de outros trabalhos na área e ter aplicação imediata para empresas e órgãos governamentais que atuem na implantação e operação de empreendimentos.

2.2 – PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Após a definição do objetivo do trabalho, deu-se início à etapa de revisão bibliográfica, quando foi pesquisada a bibliografia pertinente ao esclarecimento e desenvolvimento do tema proposto, incluindo teses, dissertações, seminários, periódicos, artigos, livros, normas técnicas, entre outros, sendo priorizados os

seguintes assuntos: Método de Monte Carlo, Gerenciamento de Riscos, Avaliação Econômica de Empreendimentos e Saneamento Básico. A realização da pesquisa bibliográfica foi efetuada através de consultas à Biblioteca da UFF, Biblioteca da UFRJ, Biblioteca Central da Caixa Econômica Federal, Banco de dados dos periódicos CAPES, internet e outras fontes.

2.3 – PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

2.3.1 – Considerações preliminares

Pelo fato da dissertação ser um trabalho experimental, a etapa seguinte consistiu na coleta de dados de custos de implantação e operação de sistemas de abastecimento de água, bem como das receitas auferidas, sendo obtidos por pesquisa em arquivos da Gerência de Desenvolvimento Urbano da Caixa Econômica Federal, em Vitória – ES e da CESAN (Companhia Espírito Santense de Saneamento). De posse dos dados coletados foi executado o experimento em si, baseado na pesquisa bibliográfica executada.

2.3.2 – Determinação dos indicadores de viabilidade econômica do empreendimento – TIR (taxa interna de retorno) e VPL (valor presente líquido) – mediante uma abordagem determinística

DETERMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS DO MODELO

Para a montagem do fluxo de caixa do empreendimento foram utilizadas 04 variáveis, quais sejam: O custo de implantação de sistemas de abastecimento de água, os custos operacionais e administrativos de manutenção de sistemas de abastecimento de água, as receitas auferidas com as tarifas referentes ao abastecimento de água e a taxa de desconto do fluxo de caixa, que no caso será composta pelo custo do capital somada uma taxa arbitrada para o risco. Os valores absolutos das variáveis custos e receitas foram divididos pelos volumes de água produzidos pelos respectivos sistemas para que pudéssemos ter a mesma base de comparação entre sistemas de diferentes tamanhos e capacidades produtivas. A taxa de desconto foi expressa em porcentagem.

CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Os custos de implantação de sistemas de abastecimento de água correspondem aos valores reais de construção de todas as unidades constituintes de um sistema, correspondendo às unidades de captação, adução, tratamento, distribuição e estações elevatórias. Pelo fato de praticamente todos os municípios do Estado já contarem com sistemas de abastecimento de água consolidados há vários anos, tornou-se difícil a tarefa de levantamento de custos de implantação de sistemas completos. A maioria das obras referiam-se a ampliações e adequações de sistemas já existentes que não englobavam todas as unidades do sistema. Optou-se por pesquisar nos arquivos da Caixa Econômica Federal custos de obras de implantação de sistemas completos de abastecimento de água financiados pelo Banco nos últimos 10 anos e incorreu-se no mesmo problema, sendo que encontrou-se somente uma obra aprovada e contratada no final do ano de 2006, que apesar de se referir à ampliação de um sistema já existente, era independente deste e contemplava todas as unidades de um sistema completo de abastecimento de água. Os valores das obras dessa implantação serão tomados como médios e adotou-se uma amplitude total de 20% (10% para mais e 10% para menos) na consideração dos valores pessimistas e otimistas respectivamente para a variável.

CUSTOS DE OPERAÇÃO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Os dados de custos de operação de sistemas de abastecimento de água em diversos municípios do Estado do Espírito Santo foram fornecidos pela CESAN e correspondem ao ano de 2006. Pelo fato destes custos referirem-se a sistemas em operação há muitos anos, ocasionando um grande acréscimo de custos referentes a manutenções, ampliações, reparos e de operação, quando comparados a um novo sistema a ser implantado, optou-se por adotar no experimento, valores correspondentes a 50% dos coletados.

RECEITAS OPERACIONAIS DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Os dados referentes às receitas operacionais de sistemas de abastecimento de água de diversos municípios do Estado do Espírito Santo foram fornecidos pela CESAN e correspondem ao ano de 2006.

TAXA DE DESCONTO

A taxa de desconto a ser aplicada ao fluxo de caixa correspondeu ao custo do capital, admitindo-se esta taxa como uma taxa média cobrada em financiamentos específicos para o setor de saneamento atualmente em vigor, correspondendo a juros nominais de 10% a.a. , sofrendo o acréscimo da taxa de risco, arbitrada em 1,7% para o cenário provável, 0,2% para cenário otimista e 2,6% para o cenário pessimista. Como os resultados operacionais serão constantes no tempo, não se computando a inflação, a taxa de juros a ser adotada deverá ser a real.

DEFINIÇÃO DO MODELO

O modelo corresponde a um fluxo de caixa, no qual o investimento inicial corresponde aos custos reais de implantação se sistemas de abastecimento de água divididos pelo volume de água produzido por esses sistemas, os resultados operacionais correspondem à diferença entre as receitas e as despesas operacionais anuais também divididos pelo volume de água produzido pelos respectivos sistemas, o horizonte do projeto tomado como 20 anos e a taxa de desconto composta pelo custo do capital somada a uma taxa de risco arbitrada.

DETERMINAÇÃO DOS INDICADORES DE VIABILIDADE TIR e VPL

Foram determinados valores para os indicadores TIR e VPL correspondentes aos cenários pessimista, provável e otimista.

Para a variável custo de implantação foi tomado o valor coletado como provável, este valor mais 10% para o cenário pessimista e este mesmo valor menos 10% para o cenário otimista.

Para as variáveis referentes às receitas operacionais e despesas operacionais foram determinados intervalos de confiança com 80% de probabilidade de conter o valor médio populacional. O valor médio correspondeu ao valor do cenário provável, o limite inferior do intervalo correspondeu ao valor da variável para o cenário pessimista e o limite superior do intervalo correspondeu ao valor da variável para o cenário otimista.

A taxa de risco foi tomada como 1,7% a.a para o cenário provável, 0,2% a.a para cenário otimista e 2,6% a.a para o cenário pessimista.

O horizonte do projeto foi fixado em 20 anos.

2.3.3 – Determinação dos indicadores de viabilidade econômica do empreendimento – TIR (taxa interna de retorno) e VPL (valor presente líquido) – mediante uma abordagem probabilística

DETERMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS DO MODELO

Para a montagem do fluxo de caixa do empreendimento foram utilizadas 03 variáveis, quais sejam: O custo de implantação de sistemas de abastecimento de água, os custos operacionais e administrativos de manutenção de sistemas de abastecimento de água e as receitas auferidas com as tarifas referentes ao abastecimento de água. Os valores absolutos das variáveis custos e receitas foram divididos pelo volume de água produzido pelos respectivos sistemas para que pudessemos ter a mesma base de comparação entre sistemas de diferentes tamanhos e capacidades produtivas.

CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Os custos de implantação de sistemas de abastecimento de água correspondem aos valores reais de construção de todas as unidades constituintes de um sistema, correspondendo às unidades de captação, adução, tratamento, distribuição e estações elevatórias. Pelo fato de praticamente todos os municípios do Estado já contarem com sistemas de abastecimento de água consolidados há vários anos, tornou-se difícil a tarefa de levantamento de custos de implantação de sistemas completos. A maioria dos custos de obras constantes no banco de dados da CESAN referiam-se a ampliações e adequações de sistemas já existentes que não englobavam todas as unidades do sistema. Optou-se por pesquisar nos arquivos da Caixa Econômica Federal custos de obras de implantação de sistemas completos de abastecimento de água financiados pelo Banco nos últimos 10 anos e incorreu-se no mesmo problema, sendo que encontrou-se somente uma obra aprovada e contratada no final do ano de 2006, que apesar de se referir à ampliação de um sistema já existente, era independente deste e contemplava todas as

unidades de um sistema completo de abastecimento de água. Os valores das obras dessa implantação foram tomados como médios e adotou-se uma amplitude total de 20% (10% para mais e 10% para menos) na consideração dos valores pessimistas e otimistas respectivamente.

CUSTOS DE OPERAÇÃO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Os dados de custos de operação de sistemas de abastecimento de água em diversos municípios do Estado do Espírito Santo foram fornecidos pela CESAN e correspondem ao ano de 2006. Pelo fato destes custos referirem-se a sistemas em operação há muitos anos, ocasionando um grande acréscimo de custos referentes a manutenções, ampliações, reparos e de operação, quando comparados a um novo sistema a ser implantado, optou-se por adotar no experimento, valores correspondentes a 50% dos coletados

RECEITAS OPERACIONAIS DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Os dados referentes às receitas operacionais de sistemas de abastecimento de água de diversos municípios do Estado do Espírito Santo foram fornecidos pela CESAN e correspondem ao ano de 2006.

DEFINIÇÃO DO MODELO

O modelo corresponde a um fluxo de caixa, no qual o investimento inicial corresponde ao custo real de implantação se sistemas de abastecimento de água divididos pelo volume de água produzido por este sistema, os resultados operacionais correspondem à diferença entre as receitas e as despesas operacionais anuais também divididos pelo volume de água produzido pelos sistemas (podendo ser positivos ou negativos), o horizonte do projeto tomado como 20 anos e a taxa de desconto correspondendo à taxa de juros real de 6,65% a.a.

DETERMINAÇÃO DA PDF (FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE)

A determinação da pdf de cada variável do modelo, através do teste de aderência, consiste em verificar a aderência dos dados coletados de cada variável com distribuições de probabilidade pré-definidas, através do teste QUI-QUADRADO,

para um determinado nível de significância. No trabalho, foi testada a aderência da Distribuição Normal aos dados coletados, para as variáveis Custos de Operação e Receitas Operacionais, a um nível de significância de 5%. Caso houvesse aderência, esta distribuição seria utilizada para geração das amostras aleatórias para as respectivas variáveis. Caso não houvesse aderência, seria utilizada a distribuição uniforme para geração das amostras aleatórias de cada variável. Tal simplificação deve-se ao fato de que estamos utilizando o programa EXCEL para geração dessas amostras, sendo que dentre as distribuições presentes no programa, a Distribuição Normal e a Distribuição Uniforme são as mais citadas na literatura pesquisada para aplicação do Método de Monte Carlo na análise de riscos. Convém citar que a decisão por adotar-se o programa Microsoft EXCEL para a geração das amostras aleatórias deve-se ao fato da sua grande disponibilidade e facilidade de uso.

GERAÇÃO DAS AMOSTRAS ALEATÓRIAS

Para geração das amostras aleatórias foi utilizado o programa Microsoft EXCEL.

Para a variável Custos de Implantação, pelo fato de ter-se coletado apenas 01 dado, não fazia sentido testar sua aderência com a distribuição normal, sendo utilizada a Distribuição Uniforme para geração das amostras aleatórias, com limite inferior igual à média da amostra subtraído em 10% e limite superior igual à média acrescida em 10%.

Para as variáveis Custos Operacionais e Receitas Operacionais foi utilizada a Distribuição Normal, sendo os parâmetros média e desvio padrão calculados das respectivas amostras.

Na 1ª rodada de simulação foi gerada uma amostra aleatória de tamanho $n=100$, para cada variável.

VERIFICAÇÃO DO NÚMERO DE SIMULAÇÕES EXECUTADAS

Foi aplicado novamente o Teste QUI-QUADRADO, desta vez denominado Teste de Ajustamento, com nível de significância de 5%, com o intuito de se verificar

se o tamanho da amostra gerada para cada variável, através da simulação, foi suficiente para representar fidedignamente a função de distribuição de probabilidade adotada.

DEFINIÇÃO DA CURVA DE FREQUÊNCIA ACUMULADA E DO HISTOGRAMA PARA INDICADORES TIR e VPL:

Para cada rodada de simulação, foram gerados valores para os índices TIR e para o VPL. De posse de todos os valores das TIR e VPL, traçou-se o Histograma e a Curva de frequência acumulada para estes 02 índices.

3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 – INTRODUÇÃO

Neste capítulo são abordados os temas pertinentes ao esclarecimento e desenvolvimento do tema proposto, incluindo teses, dissertações, seminários, periódicos, artigos, livros, normas técnicas, entre outros, sendo priorizados os seguintes assuntos: Método de Monte Carlo, gerenciamento de riscos, avaliação econômica de empreendimentos e saneamento básico. Para discorrer-se sobre o tema riscos em empreendimentos, utilizou-se da bibliografia referente ao gerenciamento de riscos em projetos, pelo fato de sua maior disponibilidade e também devido à sua já consolidação no ambiente acadêmico. Já em relação ao item 2.2, saneamento básico, cumpra-nos citar que todo seu conteúdo corresponde a uma compilação bibliográfica da exposição do assunto na obra de Barros et al (1985).

3.2 – SANEAMENTO BÁSICO

3.2.1 – Considerações gerais

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre seu bem estar físico, mental e social.

A oferta de saneamento envolve tanto uma infra-estrutura física como obras e equipamentos, quanto uma estrutura educacional, legal e institucional, abrangendo os seguintes serviços:

- abastecimento de água às populações, com qualidade compatível com a proteção de sua saúde e em quantidade suficiente para a garantia de condições básicas de conforto;
- coleta, tratamento e disposição ambientalmente adequada e sanitariamente segura dos esgotos sanitários, nestes incluídos os rejeitos provenientes das atividades doméstica, comercial, de serviços, industrial e pública;
- coleta, tratamento e disposição ambientalmente adequada e sanitariamente segura dos resíduos sólidos rejeitados pelas mesmas atividades;
- coleta de águas pluviais e controle de empoçamentos e inundações;
- controle de vetores de doenças transmissíveis (insetos, roedores, moluscos, etc).

É público que o saneamento em nosso país atravessa grande crise devido à ausência de investimentos maciços e necessários na área, ensejando as condições precárias a que grande parte da população está exposta.

De acordo com a Constituição Federal, é competência dos municípios organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local. Tal atribuição confere à instância municipal a responsabilidade da gestão dos serviços de saneamento, embora não exclua os níveis estadual e federal de atuar no setor, seja no campo de estabelecimento de diretrizes, seja no da legislação ou da assistência técnica, bem como em algumas situações relacionadas ao saneamento, como as que apresentam caráter supra-local, as que envolvem regiões metropolitanas e as associadas com a gestão de recursos hídricos.

Em diversos aspectos, os municípios brasileiros têm tido dificuldades em assumir seu efetivo papel de responsáveis pela gestão dos serviços de saneamento, em conseqüência de uma herança da realidade histórica implementada na década de 70 com a instituição do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), que teve

como objetivo a organização de uma sistemática de financiamento do setor com recursos do FGTS (fundo de garantia por tempo de serviço) e estabeleceu a prática de concessão dos serviços às companhias estaduais de saneamento. Nesta modalidade de gestão, as companhias estaduais são responsáveis pela implantação, ampliação, operação e manutenção dos sistemas, e em contrapartida, estabelecem as tarifas julgadas necessárias para a sua viabilidade financeira. Cabe ao município o acompanhamento, controle e fiscalização da concessão, com direito ao acesso às informações referentes à prática do saneamento realizada em seu território, de forma a subsidiar o exercício do poder concedente. Por outro lado, os municípios que optaram pela não adesão ao PLANASA, ficaram como responsáveis diretos pelos seus serviços de saneamento, mas sem a possibilidade de acesso a recursos financeiros federais durante cerca de 20 anos após a implementação do PLANASA.

Em vista deste contexto, algumas atitudes têm-se destacado, enquanto proposta de comportamento dos municípios face à gestão dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário:

- a) renegociação da concessão: os municípios exercem seu papel de poder concedente, negociando um convênio ou um aditivo ao contrato de concessão, definindo com maior precisão os direitos e deveres de ambas as partes, incluindo: a previsão de planejamento conjunto das obras, a fixação de critérios para a priorização dos investimentos, o estabelecimento de um cronograma para a ampliação da cobertura populacional, a discussão dos critérios tarifários, a implementação de tarifas sociais para a população carente e a previsão de acesso às informações relativas desde à qualidade dos serviços até às referentes ao desempenho financeiro do sistema. Dessa maneira, através do conhecimento adquirido, será possível uma tomada de posição madura quanto à renovação ou não da concessão, quando do vencimento do contrato correspondente;
- b) rescisão do convênio: existe a opção de rescisão do contrato antes mesmo de seu vencimento. Tal ação, pressupõe amplo processo de discussão e negociação, em especial quanto à necessidade de indenização

dos investimentos realizados, indenização esta que envolve valores de difícil concenso;

c) renovação da concessão: quando do término do contrato de concessão, cabe ao Executivo Municipal, em conjunto com a Câmara de Vereadores, a decisão sobre a conveniência ou não da renovação do contrato e, caso a opção seja pela renovação, em que bases ela ocorrerá. A primeira decisão, a de renovação ou não, deve ser subsidiada por um aprofundado conhecimento técnico, financeiro e administrativo do sistema e pela avaliação da estruturação municipal necessária para responder pelas necessidades operacionais provenientes da assunção do sistema. Caso a opção seja pela renovação, as bases em que isso se verificará devem ser convenientemente formuladas e previstas no contrato;

d) gestão autônoma: para os serviços autônomos e para os que passam a ser autônomos após uma fase de concessão, algumas alternativas de organização de estrutura administrativa para a gestão dos serviços são:

- serviço vinculado à administração direta;

- administração autárquica;

- modelo empresarial.

Além disso, é fundamental que exista uma gestão responsável e moderna dos serviços, com planejamento, formação de equipe adequadamente dimensionada e qualificada, autonomia financeira e integração com as demais políticas municipais, bem como uma visão clara dos efeitos dos serviços sobre a saúde da população e sobre a proteção do meio ambiente;

e) novas concessões: se a decisão for por firmar contrato de concessão dos serviços, deverá haver verificação das bases em que tal situação se verificará, buscando-se sempre resguardar os interesses da população. Caso haja participação de empresa privada, torna-se fundamental uma análise prévia dos riscos inerentes à operação, como a possível marginalização da população sem poder aquisitivo para arcar com as tarifas e a não transferência do conhecimento técnico ao poder público após o término da

concessão. O estabelecimento de um efetivo mecanismo de controle por parte do poder público sobre a concessão mostra-se imprescindível nessa situação.

3.2.2 – Sistemas de abastecimento de água

Um sistema de abastecimento de água é uma solução coletiva para o abastecimento de água de uma comunidade. Caracteriza-se pela retirada de água da natureza, adequação de sua qualidade, transporte até os aglomerados humanos e fornecimento à população em quantidade compatível com suas necessidades. Um sistema de abastecimento de água pode ser concebido para atender a pequenos povoados ou a grandes cidades, variando nas características e no porte de suas instalações.

O Sistema de Abastecimento de Água representa o conjunto de obras, equipamentos e serviços destinados ao abastecimento de água potável de uma comunidade para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos.

A solução coletiva para o abastecimento de água é importante por diversos aspectos como:

- maior facilidade de proteção do manancial que abastece a população;
- maior facilidade na supervisão e manutenção das unidades instaladas;
- maior controle sobre a qualidade da água consumida;
- ganhos de escala (economia de recursos humanos e financeiros).

A importância do sistema de abastecimento de água pode ser considerada nos seguintes aspectos:

1) quanto aos aspectos sanitário e social:

- melhoria da saúde e das condições de vida de uma comunidade;

- diminuição da mortalidade em geral, principalmente da infantil;
- aumento da esperança de vida da população;
- diminuição da incidência de doenças relacionadas com a água;
- implantação de hábitos de higiene na população;
- facilidade na implantação e melhoria da limpeza pública;
- facilidade na implantação e melhoria dos sistemas de esgotos sanitários;
- possibilidade de proporcionar conforto e bem estar;
- melhoria das condições de segurança.

2) quanto ao aspecto econômico:

- aumento da vida produtiva dos indivíduos economicamente ativos;
- diminuição de gastos particulares e públicos com consultas e internações hospitalares;
- facilidade para instalação de indústrias, onde a água é utilizada como matéria prima ou meio de operação;
- incentivo à indústria turística em localidades com potencialidades para seu desenvolvimento.

Um sistema de abastecimento de água é composto pelas seguintes unidades:

- 1) Manancial: fonte de onde se retira a água;

- 2) Captação: conjunto de equipamentos e instalações para a tomada de água do manancial;
- 3) Adução: transporte de água do manancial ou da água tratada;
- 4) Tratamento: melhoria das características qualitativas da água, dos pontos de vista físico, químico, bacteriológico e organoléptico (que se refere às características da água que são percebidas pelos sentidos, como gosto e cheiro) a fim de que se torne própria para o consumo. É feito na chamada ETA (estação de tratamento de água).
- 5) Reservação: armazenamento da água para atender a diversos propósitos, como a variação do consumo e a manutenção da pressão mínima na rede de distribuição.
- 6) Rede de distribuição: condução da água para os edifícios e pontos de consumo, por meio de tubulações instaladas nas vias públicas.
- 7) Estações elevatórias ou de recalque: são necessárias em algumas situações, somando-se às unidades anteriormente citadas. Compõe-se de instalações de bombeamento destinadas a transportar a água a pontos mais distantes ou mais elevados, ou para aumentar a vazão de linhas adutoras.

3.3 – AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE EMPREENDIMENTOS

3.3.1 – Introdução

O objetivo do processo da avaliação econômica de empreendimentos é a identificação do valor do empreendimento e/ou dos indicadores de viabilidade econômica deste empreendimento. De acordo com a NBR 14653- parte 4 (2002), o resultado final das análises de viabilidade econômica pode ser expresso sob a forma

de taxas internas de retorno, valor presente líquido, custo anual, períodos de recuperação (pay-back) e índices de lucratividade. Neste trabalho, como já citado anteriormente, serão focados os métodos do valor presente líquido e taxa interna de retorno. Serão abordados ainda a classificação dos diversos tipos de empreendimentos, bem como a definição da metodologia aplicável no processo de avaliação econômica desses mesmos empreendimentos.

3.3.2 – Classificação dos empreendimentos

De acordo com a NBR 14653 – parte 4 (2002, p. 6), os empreendimentos podem ser classificados conforme o estágio e conforme a base.

Conforme o estágio, classificam-se em:

- concepção ou anteprojeto;
- projeto;
- implantação ou execução;
- pré-operação (start-up ou posto em marcha);
- operação (em marcha);
- paralisado ou embargado;
- desativado;
- desmonte.

Conforme a base, são classificados em:

a) Imobiliários, ou com parcelamento do solo, ou com benfeitorias, ou com ambos, que, quanto ao uso, podem ser:

- residenciais;
- comerciais;
- de serviços;

- industriais;
- rurais;
- mistos;

b) De base imobiliária, com fins de exploração comercial e/ou de serviços, como:

- hotel, motel, resort, apart-hotel;
- shopping center, outlet e centros de compras assemelhados;
- parque temático;
- clube;
- postos de combustíveis;
- teatro, cinema, casa de diversão;
- depósito (por exemplo: armazém, silo fixo, reservatório);
- hospital, clínica, casa de repouso;
- cemitério;
- supermercado;
- estádio, arena;
- estabelecimento de ensino;

c) De base industrial:

- de transformação;
- de construção civil;

d) De base rural:

- agroindústria;
- exploração animal;
- exploração vegetal (extração ou cultivo);
- exploração mista;

e) De base comercial e serviços, como:

- transmissão de dados;
- teleinformática;

f) De base mineral:

- extração;
- beneficiamento;

g) com base em concessões de serviços públicos, como:

- água potável;
- esgoto;
- coleta e tratamento de resíduos sólidos;
- energia elétrica (geração, transmissão e distribuição);
- telecomunicação;
- radiodifusão e televisão;
- gás (distribuição);
- rodovia;
- ferrovia;
- hidrovia;

- terminais de transporte:

- 1) rodoviário;
- 2) hidroviário e marítimo;
- 3) aeroviário;
- 4) ferroviário;
- 5) intermodal;

- transporte coletivo.

3.3.3 – Metodologia para avaliação de indicadores de viabilidade de empreendimentos

3.3.3.1 – O valor do dinheiro no tempo

1) VALOR FUTURO

O conceito de um valor futuro envolve a aplicação de juros compostos sobre um montante atual para obter um montante futuro. A equação geral para determinar o valor futuro ao final do período n , corresponde a:

$$S = P(1 + i)^n$$

Onde S = valor futuro ou o montante ao fim do período n ;

P = o principal inicial

i = taxa de juros

n = número de períodos de capitalização

2) VALOR ATUAL

O processo que envolve a determinação dos valores atuais, ou fluxos de caixa descontados é o inverso do valor futuro. Nele, determina-se o valor presente através do desconto, a uma determinada taxa, de um montante futuro. A equação geral para determinar o valor atual corresponde a:

$$P = \frac{S}{(1+i)^n}$$

Onde S = valor futuro ou o montante ao fim do período n;

P = valor atual

i = taxa de juros

n = número de períodos de capitalização

3) MONTANTE DE UMA SÉRIE DE PAGAMENTOS

Corresponde ao montante futuro formado pela aplicação de uma série de pagamentos, com determinada periodicidade, a uma determinada taxa, durante certo período. A equação geral para determinação desse montante corresponde a:

$$S = R \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right]$$

Onde S = montante de uma série de pagamentos;

R = prestação

i = taxa de juros

n = número de períodos de capitalização

4) VALOR ATUAL DE UMA SÉRIE DE PAGAMENTOS

Corresponde ao valor atual de uma série de pagamentos, com determinada periodicidade, a uma determinada taxa, durante certo período. A equação geral para determinação desse valor corresponde a:

$$P = R \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

Onde P = valor atual de uma série de pagamentos;

R = prestação

i = taxa de juros

n = número de períodos de capitalização

5) FATOR DE FORMAÇÃO DE CAPITAL

Corresponde ao valor da prestação necessária, para que ao final de um período n, esse valor aplicado a uma taxa i, forme um montante S. A equação geral para determinação desse montante corresponde a:

$$R = S \left[\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right]$$

Onde R = fator de formação de capital;

S = montante

i = taxa de juros

n = número de períodos de capitalização

6) FATOR DE RECUPERAÇÃO DE CAPITAL

Corresponde ao valor da prestação necessária, que trazida para o valor presente a uma taxa i , durante um período n , corresponda a um valor atual P . A equação geral para determinação desse fator corresponde a:

$$R = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

Onde R = fator de recuperação de capital;

P = valor presente

i = taxa de juros

n = número de períodos de capitalização

3.3.3.2 – Fluxo de caixa

O fluxo de caixa é a representação gráfica dos fluxos de entrada e saída de recursos de um determinado projeto. Sua correta determinação é primordial na efetiva análise de viabilidade de empreendimentos, já que todos os métodos usualmente aplicáveis baseiam-se nesse fluxo. Convencionalmente as saídas de recursos são representadas por setas com sentido para baixo e as entradas por setas com sentido para cima. A esquematização a seguir representa um projeto dito convencional:

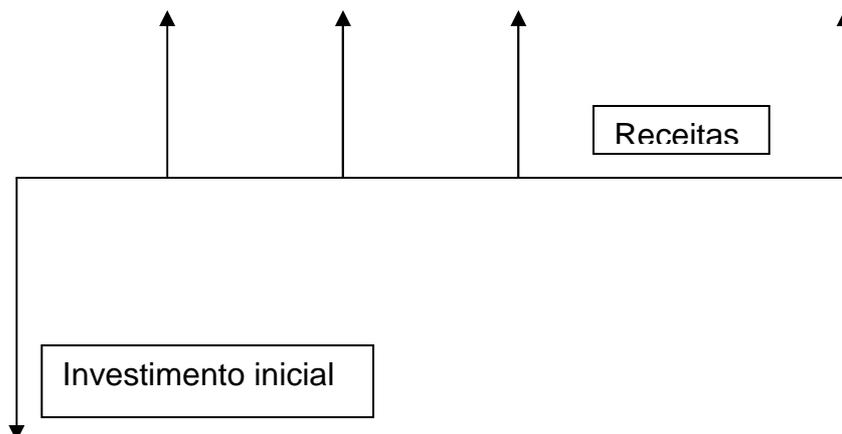


Figura 3.1 – Representação de um fluxo de caixa convencional

Fonte: Autor

3.3.3.3 – Método do valor presente líquido

O valor presente líquido é obtido, subtraindo-se o investimento inicial de um projeto do valor atual das entradas de caixa à taxa mínima de atratividade ou custo ponderado do capital. Somente se todos os fluxos de caixa, tanto entradas quanto saídas, forem medidos na mesma base monetária, é que se farão comparações válidas entre si. O projeto é considerado viável ou atraente caso o valor presente líquido seja maior que zero. Caso contrário, ou seja, se o valor presente líquido for menor que zero, o projeto é tido como inviável.

3.3.3.4 – Método da taxa interna de retorno

O método de cálculo da taxa interna de retorno (TIR) consiste em definir a taxa de desconto que leva o valor atual das entradas de caixa a se igualarem ao investimento inicial de um projeto, constituindo-se, portanto na taxa que leva o valor atual líquido de um investimento a igualar-se a zero. Se a TIR for maior ou igual à taxa mínima de atratividade, implica na viabilidade do projeto. Caso contrário, se a TIR for menor que a taxa mínima de atratividade, o projeto deverá ser classificado como inviável.

3.3.3.5 – Taxa de desconto

A NBR 14653 – parte 4 (2002) define que a taxa de desconto a ser adotada no fluxo de caixa projetado pode ser determinada pelo custo ponderado de capital, pela taxa mínima de atratividade do empreendimento, dentre outros, considerando-se o nível de risco do empreendimento. Nos modelos determinísticos, a taxa de desconto é uma composição da taxa livre de risco e um prêmio de risco. Nos modelos probabilísticos, o risco do empreendimento é calculado por meio da análise de risco, considerando-se a taxa de desconto igual à taxa livre de risco. Recomenda ainda que na identificação do valor econômico, sejam adotados modelos probabilísticos que dispensam a utilização de prêmio de risco.

3.3.3.6 – O efeito da inflação

De acordo com Pizzolato (2003), em princípio, há duas opções para tratar a inflação:

- a) Trabalha-se com estimativas de preços correntes que incorporam a inflação futura, utilizando a taxa corrente (que incorpora a inflação);
- b) Trabalha-se a preços constantes e à taxa real de atratividade;

A NBR 14653 – parte 4 (2002) cita que os valores são projetados, em geral, em moeda constante, não se computando a taxa de inflação.

3.3.3.7 – Procedimentos gerais

A NBR 14653 – parte 4 (2002) indica as atividades básicas para a determinação dos indicadores de viabilidade econômica de um empreendimento, dentre as quais, destacam-se:

- 1) Análise de documentação, por exemplo: projetos, orçamentos, cronogramas físico-financeiros, planos de expansão, fluxo operacional do empreendimento, relatórios gerenciais e projeções de desempenho;

2) Coleta de dados, por exemplo: legislação tributária aplicável, pesquisas e estudos de mercado, previsões de cenários econômicos globais e setoriais, taxas de juros de mercado e variáveis específicas, conforme a tipologia do empreendimento;

3) Análise operacional do empreendimento, envolvendo a verificação da adequabilidade técnica do projeto, capacidade instalada, condições de manutenção e renovação, viabilidade de crescimento e indicadores de produção, bem como a análise das séries históricas do empreendimento que devem explicitar o desempenho operacional, econômico e financeiro ao longo do tempo, especialmente ao que tange às variáveis-chave.

3.4 - GERENCIAMENTO DE RISCOS EM PROJETOS

3.4.1 – Definição de riscos em projetos

Antes de apresentar a definição de riscos em projetos, é indispensável apresentar a definição do que vem a ser um projeto. De acordo com o PMBOK-PMI (2000, p.4),

“projeto é um empreendimento temporário com o objetivo de criar um produto ou serviço único. Temporário significa que cada projeto tem um começo e um fim bem definidos. Único significa que o produto ou serviço é de alguma forma, diferente de todos os outros produtos ou serviços semelhantes.”

Já Limmer (1997, p.9) define projeto como

“um empreendimento singular, com objetivo ou objetivos bem definidos, a ser materializado segundo um plano preestabelecido e dentro de condições de prazo, custo, qualidade e risco previamente definidos.”

Na literatura pesquisada existem duas correntes sobre o que vem a ser riscos em projetos. A primeira corrente defende que o risco corresponde à possibilidade do resultado de um determinado evento desviar-se do que estava originalmente programado, sendo que esta divergência pode ser benéfica ou prejudicial ao projeto.

A segunda corrente defende que o risco corresponde à possibilidade do resultado de um determinado evento desviar-se do que estava originalmente programado, só que no sentido de ser somente prejudicial ao resultado do projeto. Como exemplo de definições de risco citadas por diversos autores, será apresentado o quadro resumo a seguir.

N	AUTOR	DEFINIÇÃO DE RISCO
1	(BIRCH apud AKINTOYE & MACLEOD, 1997, p.32)	“Risco pode ser descrito como a combinação da ameaça que ocorre quando duas situações se sobrepõe. A ameaça consiste em que alguma coisa tenha efeito adverso das atividades da organização.”
2	(BUFAIED apud AKINTOYE & MACLEOD, 1997, p.31)	“Descreve o risco em relação à construção, como sendo a variação no processo do projeto da construção, cuja variação dos resultados causa incerteza tanto para o custo final, duração e qualidade do projeto.”
3	(CHAPMAN apud RAFTERY, 1994, p.6)	“Risco pode ser definido como uma possível exposição econômica de perda ou ganho financeiro, prejuízo ou dano físico, ou atraso como consequência da incerteza associada ao curso da ação de um determinado evento.”
4	(JAAFARI, 2001, p.89)	“Risco é definido como a exposição à perda ou ganho, ou a probabilidade da ocorrência de perda ou ganho multiplicada por sua respectiva magnitude.”
5	(KERZNER, 1998, p.869)	“Risco é a medição da probabilidade e das suas consequências, quando os objetivos do projeto não forem alcançados.”
6	(LAPPONI, 2000, p.322)	“Riscos próprios são provenientes da dispersão e/ou dos erros das estimativas do projeto ou de outras causas que não foram antecipadas na construção do fluxo de caixa. O risco próprio afeta somente o projeto de investimento.”
7	(LIMMER, 1997, p.141)	“Risco pode ser definido como a perda potencial resultante de um incidente futuro, sendo geralmente subestimado antes da sua ocorrência e superestimado depois.”
8	(MASON & MOAVENZADEH apud AKINTOYE & MACLEOD, 1997, p.31)	“Consideram o risco somente com relação à exposição às perdas.”
9	(PMBOK Guide PMI – PROJECT MANAGEMENT	“Risco é definido como um evento ou condição incerta que, se ocorrer, terá efeitos positivos ou

	BODY OF KNOWLEDGE, 2000,p.127)	negativos no objetivo do projeto.”
10	(PORTER, HEALEY, PERRY, HAYES apud AKINTOYE & MACLEOD, 1997, p.31)	“Risco é definido como a exposição econômica de perda ou ganho originária do envolvimento dos processos de construção.”
11	(PRITCHARD, 1997, p.7)	“Risco é definido como a probabilidade da ocorrência de um evento indesejado e a significância da consequência dessa ocorrência (um evento com a sua probabilidade e o seu impacto).”
12	(RAFTERY, 1994, P.5)	“O risco e incerteza caracterizam situações onde existe a possibilidade do resultado real de um evento em particular, desviar-se do valor previsto e estimado.”
13	(VALERIANO, 2001, p. 264)	“É a possibilidade de ocorrência de um resultado indesejável, como consequência de um evento qualquer.”
14	(WIDEMAN, 1992, p. I-3)	“Risco do projeto é a consequência acumulada da possibilidade da ocorrência incerta que afeta de maneira adversa os objetivos do projeto.”

Quadro 3.1 - Definições de Risco em Projetos

Fonte (MORANO, 2003, p.35)

3.4.2 – FONTES DE RISCOS EM PROJETOS

Os riscos em projetos podem ser classificados em internos e externos. Riscos externos podem ser previsíveis ou imprevisíveis, mas de qualquer forma, não podem ser controlados. Já os riscos internos são aqueles considerados como previsíveis e controláveis. São riscos potenciais em empreendimentos:

- Tamanho, complexidade e tipo do empreendimento;
- Velocidade de execução das obras;
- Forma de contratação adotada;
- Questões jurídicas;
- Deficiência no processo de orçamentação, planejamento e controle das obras;

- Extrapolação de custos e prazos em relação ao inicialmente previsto;
- Falhas de projeto básico e detalhado em relação às especificações e design;
- Falhas na comunicação entre os projetistas de áreas distintas;
- Alterações dos projetos no decorrer das obras;
- Deficiência nos processos de levantamento topográfico e prospecção do subsolo;
- Mudanças na equipe de projeto;
- Disponibilidade de mão de obra capacitada, no que diz respeito à produtividade e especialização;
- Falta de padronização técnica para atender requisitos de qualidade e segurança;
- Interferências e danos ao meio ambiente;
- Disponibilidade dos insumos requeridos;
- Condições climáticas;
- Desastres naturais;
- Inflação;
- Mudança de alíquota e na forma de cobrança de impostos;
- Alterações imprevistas no fluxo de caixa;
- Vandalismo e sabotagem;
- Instabilidade social, política e econômica;
- Alterações na demanda projetada;
- Restrições construtivas não previstas inicialmente;

- Elevação dos custos de manutenção acima do previsto durante a fase operacional do empreendimento;
- Queda do poder aquisitivo dos clientes potenciais;
- Inadimplência.

3.4.3 – ETAPAS DO PROCESSO DE GERENCIAMENTO DE RISCOS

Dentre a bibliografia pesquisada, vários autores citam diversas etapas que compõe o processo do gerenciamento dos riscos do projeto. Uns citam um processo mais detalhado com muitas subdivisões, outros defendem uma estrutura mais reduzida. De qualquer forma, com mais ou menos subprocessos o processo global do gerenciamento de riscos em projetos é bastante semelhante em todos os casos.

Segundo Thevenfran & Mawdesley (2003) há um consenso na literatura corrente no campo do gerenciamento do risco, no que diz respeito aos seus principais passos, quais sejam: Identificação do risco, análise do risco, respostas aos riscos e monitoramento dos riscos. Cita ainda que o processo de gerenciamento de riscos deve ser formal e integrado, com monitoramento contínuo para definir objetivos, identificar fontes de incertezas e formular respostas gerenciais para produzir um balanço aceitável entre riscos e oportunidades e que os construtores tendem a avaliar seus riscos nos estágios iniciais dos projetos, sendo entretanto, o gerenciamento do risco melhor aplicado em todos os estágios do projeto, num processo cíclico, pois vários riscos aparecem no curso do projeto, sendo imperativo realizar o processo de uma forma dinâmica e não estática.

De acordo com o PMBOK-PMI (2000), a gerência de risco do projeto, inclui os processos envolvidos na identificação, análise e resposta aos riscos do projeto e que esses, embora aparentem elementos discretos com interfaces bem definidas, na prática, podem se sobrepor e interagir de outras maneiras, ocorrendo geralmente pelo menos uma vez em cada fase do projeto. Cita ainda que a identificação e a quantificação dos riscos às vezes são tratadas como um processo único, resultante num processo conhecido como análise de riscos ou avaliação de riscos.

De acordo com Haimes (1999), o processo de gerenciamento de riscos consiste nas seguintes perguntas a serem respondidas: O que pode dar errado?

Qual a probabilidade de algo dar errado? Quais as conseqüências? O que pode ser feito e quais opções estão disponíveis? Quais são as respostas em termos de todos os custos, benefícios e riscos? Quais os impactos das decisões do gerenciamento atual no futuro? O autor ainda avalia que as respostas a estas questões ajudam o analista de riscos a identificar, medir, quantificar e avaliar os riscos, suas conseqüências e impactos.

Hillson (1999) cita como fases do processo de gerência de riscos: definição dos objetivos do processo de gerenciamento de riscos; identificação de todos os riscos; julgamento do seu significado; planejamento de respostas apropriadas e gerenciamento destas respostas para alcançar-se os resultados requeridos.

3.4.3.1 – Identificação dos riscos

De acordo com Chapman (1998), o processo de identificação de riscos pode ocorrer de 3 modos, quais sejam:

- Processo comandado pelo analista de riscos que se baseia em sua experiência, conhecimento e habilidade, levando em consideração o ciclo de vida do projeto e os dados históricos da organização;
- Processo comandado pelo analista de riscos que elabora entrevista com um ou mais membros da equipe de projeto, baseando-se no conhecimento e experiência dos profissionais entrevistados, bem como levando em conta também o ciclo de vida do projeto e os dados históricos da organização;
- Processo comandado pelo analista de riscos que lidera um ou mais grupos de trabalho.

Segundo o PMBOK-PMI (2000), o processo de identificação dos riscos consiste em determinar os riscos mais prováveis de afetar o projeto, documentando as características de todos eles, tanto os internos quanto os externos, sendo que o processo de identificação não é um evento pontual, devendo ser realizado de forma regular durante toda execução do projeto. Cita ainda que a identificação dos riscos pode ser obtida a partir da identificação das causas-e-efeitos (o que pode acontecer e o que acontecerá depois) ou efeitos-e-causas (que resultados devem ser evitados ou encorajados e como cada um deve acontecer).

De acordo com Ward (1999), face ao grande número de fontes de riscos e à impraticabilidade de gerenciar todos esses riscos, a tendência natural é de se buscar identificá-los a fim de estabelecer uma priorização. O método mais comum para isso é usar um resumo de registro de riscos que liste os riscos dos projetos e suas respectivas informações, com o propósito de auxiliar o time de projeto na revisão dos riscos de projeto de uma maneira regular durante sua execução. Cita que é frequentemente dito que os reais riscos de um projeto são aqueles que não foram identificados e que deveria ser dada ênfase à geração de uma lista de riscos compreensiva ao invés de buscar prematuramente identificar um conjunto limitado de riscos chave. Cita também que durante a identificação dos riscos, há uma tendência natural de simplificação, omitindo o registro de riscos pelo fato de seus impactos serem considerados de natureza menor, o que pode acarretar o perigo de que riscos aparentemente menores que não tenham respostas efetivas poderem tornar-se grandes e que o efeito combinado de um grande número de riscos aparentemente menores poder ser subestimado.

3.4.3.2 – Quantificação dos riscos

O PMBOK-PMI (2000) informa que a quantificação dos riscos envolve sua avaliação e suas interações para previsão do espectro de prováveis resultados do projeto, focando principalmente na determinação dos eventos de risco que justificam uma resposta. Tal determinação pode ser prejudicada por uma série de fatores, dentre os quais destacam-se a falsa impressão de precisão e confiabilidade criadas pelas técnicas matemáticas utilizadas, os múltiplos efeitos causados por um único evento de risco e formas não previstas de interação entre as oportunidades e ameaças. Cita ainda que a principal saída do processo de quantificação dos riscos é a lista de oportunidades que devem ser perseguidas e de ameaças que requerem atenção, bem como as fontes de riscos e os eventos de riscos que a equipe do projeto resolveu conscientemente aceitar ou ignorar, registrando quem tomou a decisão.

De acordo com Diekmann (1992), um problema presente nos procedimentos de análise de riscos é que os procedimentos que são simples o suficiente para o uso de uma pessoa normal que lida com projetos é muito simplista para capturar as sutilezas das situações de risco e aqueles que são completos o suficiente para

capturar estas sutilezas de situações de riscos são muito complexos e requerem um especialista para operá-los.

Morano (2003) constatou três tipos de abordagens das técnicas de análise de riscos que correspondem à análise de risco considerando os aspectos relacionados à confiabilidade da instalação, análise de risco considerando os aspectos relacionados à gestão de prazo do empreendimento e análise de risco considerando os aspectos relacionados ao retorno sobre o investimento. Cita ainda que Stavrianidis & Bhimavarapu definem as técnicas de análise de riscos em:

- Técnicas qualitativas: baseadas na experiência e no conhecimento dos membros da organização e de especialistas na área, identificando os eventos de riscos e avaliando suas probabilidades e conseqüências;
- Técnicas quantitativas: baseadas na identificação e quantificação dos riscos associados ao seu impacto e estimando a probabilidade da sua ocorrência;
- Técnicas qualitativas e quantitativas: baseadas não só na experiência, mas também na análise quantitativa dos dados obtidos.

O quadro a seguir discrimina as técnicas de análise de riscos utilizadas atualmente e classifica-as em qualitativas, quantitativas e qualitativas / quantitativas bem como se aplicadas na análise de riscos considerando aspectos relacionados à confiabilidade da instalação, aspectos relacionados à gestão de prazo do empreendimento ou os aspectos relacionados ao retorno sobre o investimento.

TÉCNICAS DE ANÁLISE DE RISCOS	CLASSIFICAÇÃO	APLICAÇÃO
Análise histórica	Qualitativa	CI / GP / RSI
Análise de perigo (Harzard analysis)	Qualitativa	CI
Análise preliminar de riscos – PHA	Qualitativa	CI
Série riscos	Qualitativa	CI
Técnica de incidentes críticos	Qualitativa	CI
What-If / Checklist – WIC	Qualitativa	CI / GP
Hazop	Qualitativa	CI
Análise de sensibilidade	Quantitativa	CI / GP / RSI
Análise de decisão	Qualitativa/quantit.	CI / GP / RSI
Análise multicritério	Qualitativa	CI / GP / RSI
Árvore das causas	Qualitativa	CI / GP
Árvore de eventos	Qualitativa/quantit	CI
Árvore de decisão	Quantitativa	CI / GP / RSI
Árvore de falhas	Qualitativa/quantit	CI
Análise de modos de falhas e efeitos–FMEA	Qualitativa/quantit	CI
Análise de modos, efeitos e criticalidade das falhas – FMECA	Qualitativa/quantit	CI
Análise da probabilidade	Quantitativa	CI / GP / RSI
Análise de conseqüências	Quantitativa	CI
Pert – Risco	Quantitativa	GP
Simulação de Monte Carlo	Quantitativa	CI / GP / RSI
Valor Monetário Esperado	Quantitativa	RSI
Valor presente líquido	Quantitativa	RSI
Método de payback	Quantitativa	RSI
Método da taxa interna de retorno	Quantitativa	RSI
Fuzzi	Qualitativa	CI / GP / RSI

Quadro 3.2 – Técnicas de análise de riscos

Fonte : Adaptado Morano (2003)

Legenda: CI – Confiabilidade das instalações

GP – Gestão de prazos

RSI – Retorno sobre investimento

Convém lembrar que são objeto deste trabalho as técnicas de Simulação de Monte Carlo, VPL (valor presente líquido) e TIR (taxa interna de retorno).

3.4.3.3 – Desenvolvimento de respostas aos riscos

De acordo com o PMBOK, o desenvolvimento de respostas aos riscos consiste na definição dos passos necessários para o aproveitamento das oportunidades e respostas às ameaças, sendo que estas últimas se enquadram em uma das três categorias:

- Evitar: eliminação de uma ameaça específica, normalmente eliminando sua causa;
- Mitigar: redução do valor monetário esperado de um evento de risco, através da redução da probabilidade de ocorrência de um determinado evento, ou redução do valor do evento de risco, ou ambos;
- Aceitar: aceitação das conseqüências, podendo ser ativa ou passiva. A ativa consistiria no desenvolvimento de um plano de contingência a ser executado no caso da ocorrência de um evento de risco e a passiva seria, por exemplo, a aceitação de um lucro menor no caso da ocorrência de um evento de risco.

Cita ainda como ferramentas e técnicas para o desenvolvimento das respostas aos riscos, os processos de:

- Aquisição: aquisição de bens e serviços de fora da organização que desenvolve o projeto;
- Planejamento de contingência: definição dos passos a serem seguidos no caso da ocorrência de um evento de risco identificado;

- Estratégias alternativas: focar em atividades alternativas que reduzam a probabilidade de ocorrência de determinado evento;
- Seguro: contratação de seguro para lidar com algumas categorias de riscos;

Lembra também que nem a mais cuidadosa e completa análise, não pode identificar todos os riscos e probabilidades corretamente, assim o controle e as interações são sempre necessários. O controle das respostas aos riscos deve ser desenvolvido no decorrer do projeto a fim de responder aos eventos de risco, sendo que quando as mudanças ocorrem, o ciclo de identificação, quantificação e resposta se repetem.

Segundo Baccarini & Archer (2001), a maioria das organizações tem recursos limitados para gerenciar todos os riscos de uma maneira igual em todos os projetos. Para superar este problema, a organização pode julgar e priorizar o nível de risco de cada projeto, então, um determinado nível de esforço poderia ser aplicado para o gerenciamento daqueles projetos. Em particular, recursos seriam direcionados para aqueles projetos com um alto nível de risco.

3.5 – MÉTODO DE MONTE CARLO

3.5.1 – Simulação

Segundo Shimizu (1975) simulação é uma modalidade experimental de pesquisa que procura tirar conclusões através de exercícios com modelos que representam a realidade, sendo, portanto um processo de imitar a realidade. Tais modelos podem conservar ou não as características do sistema real que está sendo imitado. Caso tais características sejam conservadas teremos uma miniaturização do sistema real e caso não ocorra teremos a simulação simbólica, onde equações matemáticas expressam a parte lógica do sistema real. Cita ainda que a simulação simbólica muitas vezes é chamada de método de Monte Carlo e que a simulação de problemas probabilísticos ou estocásticos abrange os processos mais comuns e importantes da simulação, pois faz uso de métodos matemáticos para resolver problemas de natureza probabilística.

De acordo com Naylor et al (1971, p.11) :

“ simulação é uma técnica numérica para realizar experiências em um computador digital, as quais envolvem certos tipos de modelos lógicos que descrevem o comportamento de um sistema econômico ou de negócios (ou de um aspecto parcial de um deles) sobre extensos intervalos de tempo”.

Segundo Shubik apud Naylor et al (1971, p.909):

“a simulação de um sistema ou organismo é a operação de um modelo (ou simulador) que representa este modelo ou organismo. O modelo é passível de manipulações que seriam difíceis de levar a cabo na entidade que ele representa, quer pelo preço, quer pela impraticabilidade ou impossibilidade de fazê-los. As propriedades concernentes ao comportamento de um sistema ou subsistema podem ser inferidas estudando-se a operação do modelo”.

Rubstein (1981) informa que simulação é uma técnica de execução de amostragens experimentais sobre o modelo de um determinado sistema, baseado numa distribuição de probabilidade. Pelo fato da amostragem de uma distribuição particular envolver o uso de números randômicos, a simulação estocástica é algumas vezes chamada de simulação de Monte Carlo. Historicamente o método de Monte Carlo é considerado como uma técnica que faz uso de números randômicos ou pseudo randômicos para a solução de um modelo. Números randômicos são essencialmente variáveis randômicas, independentes e uniformemente distribuídas no intervalo [0,1]. A simulação por computador nos permite replicar um experimento. Replicação significa reexecutar um experimento com a seleção de mudanças nos parâmetros de entrada feitas pelo analista, bem como executar a análise estatística dos resultados do procedimento.

Franco (1993, p.11) cita que:

“amostragem em simulação é o processo de geração de grupos de valores (amostras), segundo padrões de distribuição de probabilidades. Em uma simulação, este processo de geração repete-se um grande número de vezes, sendo a cada iteração obtida uma amostra para cada distribuição de probabilidade associada a uma variável de entrada. À medida em que se aumenta o número de iterações, os valores amostrais representam com melhor fidedignidade o modelo teórico das distribuições de probabilidade das variáveis de entrada. Da mesma forma, as estatísticas da amostra (média, desvio padrão, etc.) , também se aproximam dos valores teóricos dos respectivos parâmetros das variáveis de entrada”.

Costa e Azevedo apud Bruni et al (98, p.68) citam que:

“ O método de Monte Carlo é uma técnica de amostragem artificial empregada para operar numericamente sistemas complexos que tenham componentes aleatórios.... São realizadas diversas simulações onde, em cada uma delas, são gerados valores aleatórios para o conjunto de variáveis de entrada e parâmetros do modelo que estão sujeitos à incerteza. Tais valores aleatórios gerados seguem distribuições de probabilidade específicas que devem ser identificadas ou estimadas previamente”.

De acordo com Naylor et al (1971, p.11), existem ainda outras razões para a utilização da simulação:

- 1) Possibilidade de estudar e experimentar complexas interações internas dentro de um dado sistema;
- 2) Possibilidade de estudar os efeitos das variações da organização ou de seu meio externo observando o efeito dessas variações;
- 3) As observações realizadas conduzem a um maior entendimento do sistema de uma maneira geral;
- 4) Seu caráter pedagógico, por ensinar habilidades básicas de sistemas decisórios;
- 5) Estímulo ao interesse e compreensão do sistema em estudo;
- 6) O conhecimento adquirido durante o estudo da simulação pode sugerir variações no sistema que está sendo simulado;
- 7) Determinação das variáveis mais importantes do sistema e como elas se interagem;
- 8) Utilização para experiências que envolvam novas situações a fim de que haja uma preparação para o que pode acontecer;
- 9) Determinação de novas políticas de decisão para a operação de um sistema antes de experimentá-las no sistema real;
- 10) Divisão de um sistema complexo em subsistemas mais gerenciáveis;

11) Para problemas onde a sequência de eventos tem importância significativa, a simulação pode ser a única maneira satisfatória de prover as informações necessárias;

12) A simulação pode ser utilizada para verificar soluções analíticas;

13) A simulação permite o estudo de sistemas dinâmicos em tempo real, reduzido ou prolongado;

14) Previsão das áreas afetadas pela introdução de novos componentes;

15) Apreciação e entendimento de todas as fases do processo reduzindo a influência de inclinações particulares.

Segundo Rubstein (1981) a simulação é uma ferramenta utilizada naqueles problemas onde técnicas analíticas são inadequadas. Entretanto não significa que a simulação seja uma técnica ideal, pois por fornecer somente estimativas estatísticas ao invés de resultados exatos, constitui-se numa técnica imprecisa, além do fato de apenas comparar possíveis alternativas ao invés de gerar o resultado ótimo.

De acordo com Williams (1999), as simulações têm como intenção, não somente a obtenção da distribuição de probabilidade da variável de estudo, como também, determinar a importância relativa das atividades. Cita ainda que os modelos propostos, geralmente não conseguem refletir as ações do gerenciamento durante o decorrer do projeto, pelo fato da dificuldade de inclusão dessas ações nos modelos, mas que estes dão indicações dos efeitos que poderiam afetar o projeto.

Segundo Gitman (1987, p.459) :

“a simulação é uma abordagem sofisticada baseada em estatística para tratar o risco. Sua aplicação em investimento de capital requer a formação de fluxos de caixa usando distribuições probabilísticas pré-determinadas e números aleatórios. Pode ser desenvolvida uma distribuição probabilística dos retornos do projeto, reunindo os vários componentes do fluxo de caixa e repetindo o processo por várias vezes”.

3.5.2 – Simulação de MONTE CARLO

3.5.2.1 – Considerações gerais

Segundo Groenendaal & Kleijnen (1997), uma das razões para a introdução da Simulação de Monte Carlo é a possibilidade de avaliar o risco econômico de projetos na presença de vários fatores (variáveis de entrada, parâmetros, etc). Outro importante argumento é que a Simulação de Monte Carlo leva em consideração a interação entre os diversos fatores, isto é, afere o que acontece quando vários fatores variam simultaneamente. Na prática, segundo o autor, mudando um fator de cada vez, temos a análise de sensibilidade.

Segundo Flanagan & Norman (1993), informações sobre a probabilidade de ocorrência de atividades futuras ou condições existentes são geralmente apresentadas na forma de uma função de distribuição de probabilidade. Assim pode-se ter uma visão não tendenciosa das probabilidades.

De acordo com Castillo et al (1999), a análise de riscos envolve dois tipos básicos de incertezas. O primeiro é referente à aleatoriedade do fenômeno e às variáveis escolhidas para o modelo. O segundo refere-se à imprecisão do modelo e da insuficiência de dados. A simulação de Monte Carlo nos permite lidar com uma variável randômica através de um complexo, mas conhecido relacionamento.

Existem alguns aspectos importantes que devem ser levados em consideração quando da utilização do Método de Monte Carlo:

- Construção do modelo lógico;
- Levantamento de dados reais;
- Geração de números aleatórios;
- Métodos de amostragem de distribuições específicas;
- Principais tipos de pdf (funções de densidade de probabilidade);
- Escolha do tipo de distribuição;

- Número de simulações a executar;
- Construção do histograma;
- Construção da curva de frequência acumulada;
- Análise dos resultados obtidos.

3.5.2.2 – Construção do modelo lógico

De acordo com Monetti (1996), a qualidade de um modelo não se traduz a partir do volume de informações manipuladas, mas pela capacidade de geração de indicadores próximos àqueles que ocorreriam na realidade do empreendimento. Cita ainda que a capacidade de alimentar o modelo com as informações necessárias à sua operação induzirá seu nível de detalhamento ou simplificação, seja pela disponibilidade de informações, seja pelo grau de confiabilidade a elas atribuído.

Segundo Rosembueth & Wiener apud Naylor (1971) nenhuma parte substancial do universo é tão simples que possa ser compreendida e controlada sem abstração. A abstração consiste em substituir a parte do universo em estudo por um modelo semelhante, porém de estrutura mais simples. Os modelos constituem, portanto uma necessidade primordial de qualquer procedimento científico.

Segundo Shimizu (1975), como não há técnicas bem definidas para construção de modelos, faz-se necessário desenvolverem-se critérios para julgar se o modelo é representativo do sistema real. Basicamente, o modelo deve ser:

- suficientemente simples para permitir sua manipulação e entendimento;
- representativo do sistema dentro de uma precisão desejada;
- suficientemente complexo para permitir extrapolação de conclusões.

Naylor (1971) sugere um processo que envolve as nove etapas seguintes:

- formulação do problema;
- coleta e processamento de dados reais;

- formulação de um modelo matemático;
- estimativa de parâmetros para as características operacionais, através de dados reais;
- avaliação do modelo;
- formulação de um programa de computador;
- validação;
- projetos de experiências de simulação;
- análise dos dados obtidos na simulação.

Segundo Rubstein (1981), simulações não requerem um formato particular para o modelo formulado, possibilitando um considerável grau de liberdade para elaborar-se o modelo de acordo com o sistema que está sendo estudado. Os resultados obtidos de uma simulação são parecidos com as observações feitas no sistema real.

Diekmann (1992), cita que o problema maior na formulação de modelos é a inclusão de todas as variáveis de impacto no risco e que é importante que se inclua nesse modelo os efeitos das correlações entre as variáveis.

3.5.2.3 – Levantamento de dados reais

Após a definição das variáveis que comporão o modelo matemático proposto, o próximo passo consiste no levantamento de dados reais que servirão de base para todos os estudos estatísticos posteriores. Os dados deveriam ser obtidos de empreendimentos que possuíssem determinadas características em comum e levassem em consideração diferenças regionais, diferenças nos preços das obras, nos seus tamanhos, no grau de complexidade de construção, na construtibilidade dos projetos, no grau de inovações requerido, ou seja, todos os fatores que buscassem garantir a maior homogeneidade possível dos dados coletados, permitindo desta forma uma maior confiabilidade aos resultados obtidos. Além dos dados referentes às obras, deverão ser obtidos dados referentes a todos os parâmetros constantes no modelo.

Pode-se dizer também que todo o processo de simulação para obtenção da variável de interesse depende fundamentalmente dos dados obtidos. Mesmo que todo o processo da simulação seja bem conduzido, não se conseguirá obter resultados confiáveis se estes dados forem de baixa qualidade, se o tamanho da amostra for reduzido, bem como se não forem homogêneos.

Segundo Flanagan & Norman (1993) alguns fatores interagem e influem neste processo:

- extensão das informações de projeto disponíveis;
- disponibilidade de dados históricos de preços relacionados ao tipo de projeto considerado;
- familiaridade entre o tipo do projeto em estudo e projetos de natureza similar.

3.5.2.4 – Geração de números aleatórios

Segundo Franco (1993), o processo de amostragem requer uma fonte de aleatoriedade, proveniente do uso de números aleatórios. Ao simular-se um evento de natureza probabilística, deve-se fazer uso de pelo menos um número aleatório para cada valor amostral gerado. Portanto, para simular-se várias interações, deve-se gerar uma sequência de números aleatórios.

O método de Monte Carlo faz uso desses números aleatórios para substituir a aleatoriedade das variáveis presentes no modelo formulado para simulação. Estes números aleatórios ou randômicos podem estar disponíveis através de tabelas ou serem gerados através de diversas maneiras como roletas, cartões numerados, ou então através de métodos matemáticos pelo computador. Quando usamos esses números aleatórios para representar os eventos aleatórios deve-se ter certeza que estes números são realmente aleatórios, sendo utilizados para isso testes estatísticos com o objetivo de garantir esta aleatoriedade. O problema é que seriam necessários infinitos testes para poder-se afirmar com absoluta certeza sobre o fato. Visto isso, não podemos afirmar que os números gerados sejam aleatórios genuínos, mas sim números pseudo-aleatórios ou quase-aleatórios.

Naylor (1971) cita alguns métodos alternativos para a geração de seqüências randômicas:

- Métodos manuais;
- Tábuas de números randômicos;
- Métodos de computadores .

Devido ao fato de que neste trabalho será usado o processo de geração de números aleatórios presente no programa Excel não entrar-se-á em detalhes destes processos. Para maiores informações, consultar Shimizu (1971).

Segundo Franco (1993) uma seqüência aleatória deve apresentar certas propriedades estatísticas, como por exemplo, uniformidade, independência serial e não repetitividade (ausência de ciclos), bem como determinadas propriedades computacionais como velocidade de processamento e facilidade de uso. Além destas propriedades, para fins experimentais, a seqüência deveria ser reproduzível.

De acordo com Ehrlich apud Bruni et al (1998), existem alguns critérios de aleatoriedade dos números pseudo-aleatórios gerados em computador, que seriam:

- a) uniformemente distribuídos;
- b) estatisticamente independentes;
- c) reproduzíveis, afim de permitir comparações entre programas;
- d) não repetibilidade da série no intervalo de interesse;
- e) velocidade de geração;
- f) utilização de memória mínima do computador na geração.

3.5.2.5 – Métodos de amostragem de distribuições específicas

Os processos de geração de números randômicos apresentam via de regra uma distribuição uniforme, isto é, igual probabilidade para que cada número ocorra. Acontece que muitas vezes faz-se necessária a obtenção de números aleatórios que

satisfaçam a uma determinada função de distribuição de probabilidade. Segundo Shimizu (1975), isso é feito, via de regra, tomando-se números aleatórios distribuídos uniformemente e transformando-os de algum modo. Os principais métodos conhecidos para efetuar, a partir de uma distribuição uniforme, transformações para que obtenhamos distribuições de probabilidade que satisfaçam nosso propósito são:

- a) Método direto;
- b) Técnica de rejeição;
- c) Método da composição.

De uma maneira geral, utiliza-se o método direto devido à sua simplicidade e facilidade. Os outros dois métodos são aplicáveis quando não conhecemos a função de distribuição acumulada da variável em estudo. Devido a esse fato nos concentraremos no Método direto.

Este método consiste em fazer a transformação inversa da função de distribuição de probabilidade acumulada de uma determinada variável.

Por exemplo,

Se $F = a + bx$,

onde F = função de distribuição acumulada,

então $X_i = (F - a) / b$,

onde F varia no intervalo $(0, 1)$.

Neste caso X_i significa o valor que variável de interesse (x) assumirá para cada valor do número aleatório gerado no intervalo $(0, 1)$, através da distribuição uniforme. O tipo de F variará dependendo do tipo de pdf (função densidade de probabilidade) assumido ou obtido. Para cada pdf existe uma F (função de distribuição acumulada).

Os outros métodos são menos freqüentemente utilizados, e somente o são quando não for possível definir a equação de F.

3.5.2.6 – Principais tipos de PDF (Função densidade de probabilidade)

Segundo os autores pesquisados qualquer tipo de distribuição de probabilidade pode ser usado no método de Monte Carlo, tanto as distribuições discretas, como as contínuas. Pode-se citar como tipos clássicos de distribuição de probabilidade: Uniforme; Triangular; Normal; Poisson; Binomial; Lognormal; Exponencial; Geométrica; Hipergeométrica; Beta e Weibull.

Ainda segundo Flanagan & Norman (1993) as distribuições deveriam apresentar as seguintes propriedades:

- Deveriam ser facilmente identificadas;
- Deveriam ser facilmente atualizáveis quando da necessidade de introduzirem-se novos dados;
- Deveriam ser flexíveis e serem capazes de assumir várias formas.

Convém notar que a escolha de qual tipo de distribuição adotar não é um ponto de consenso entre os autores atuantes na área de gestão de riscos.

3.5.2.7 – Escolha do tipo de distribuição

Um dos principais pontos a serem verificados para a utilização do Método de Monte Carlo na análise de riscos financeiros é a escolha do tipo de função densidade de probabilidade de cada variável presente no modelo lógico proposto. Esta escolha determinará se o modelo representará fidedignamente ou não as características do sistema real.

Alguns autores citam os tipos de distribuição que eles julgam ser os mais apropriados. Morano (2003), em seu trabalho, cita algumas obras onde os autores assumem preferência por determinados tipos de distribuição: Limmer (1997) afirma que a distribuição Normal é a mais utilizada; são mencionadas ainda as distribuições Uniforme e Triangular. Ferson & Ginzburg (1996) dizem que na ausência de informações específicas sobre cada parâmetro deve-se adotar a distribuição

uniforme. No site Risk Analysis Overview (2002) sugere-se a utilização das distribuições: Normal, Triangular, Uniforme e Lognormal. Grey (1995) assume que a distribuição Triangular seria a ideal. Goodpasture (1999) menciona que as distribuições mais utilizadas são a Triangular e a Beta. Bruni, Fama & Siqueira (1998) assumem como ideal a distribuição Normal. Pritchard (1997) estabelece que as principais distribuições são a Uniforme, Triangular e a Beta. Flanagan & Norman (1993) cita que os tipos de distribuição mais comuns utilizados são: Uniforme, Triangular, Normal, Poisson, Binomial, Lognormal, Exponencial, Geométrica, Hipergeométrica, Beta e Weibull.

O teste utilizado para verificar a forma geral da distribuição dos dados pesquisados denomina-se teste de aderência e o mais utilizado é o “teste qui-quadrado”.

O teste qui-quadrado consiste :

- 1) Dividir os elementos amostrais em intervalos de classe. De acordo com Meyer (1980) nenhum intervalo deverá ter menos de 5 elementos. Morano (2003), em seu trabalho , cita que não há consenso na literatura sobre os critérios de determinação do número de intervalos, bem como suas amplitudes, porém recomenda a “regra de sturges” para essa determinação que consiste em:

$K = 1 + 3,22 \log N$, onde k corresponde ao número de classes e N ao número de elementos da amostra.

- 2) Na determinação da variável aleatória D^2 :

$$D^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(N_o - N_e)^2}{N_e}$$

Onde:

$N_o = n^o$ de elementos observados em cada intervalo;

$N_e = n^o$ de elementos esperados para os intervalos, considerando-se a PDF adotada;

3) Realização do teste de hipóteses, onde:

H0 (Hipótese principal) – Os dados estão compatíveis com a PDF (função de distribuição de probabilidade) adotada;

H1 (Hipótese secundária) – Os dados não estão compatíveis com a PDF adotada;

3.1) Determinação do nível de significância do teste: Por exemplo, se determinarmos $\alpha=5\%$, implica em definirmos que existe 5% de probabilidade de rejeitarmos a hipótese principal (de que a PDF escolhida e dados estarem compatíveis) e ela ser verdadeira, o que se chama de erro tipo I.

3.2) Para determinação do número de graus de liberdade, deve-se distinguir duas situações. Uma onde seja especificada para a variável em estudo, um tipo de distribuição bem como seus parâmetros de identificação. Nesse caso o número de graus de liberdade corresponde a $K-1$, onde $K= n^o$ de intervalos de classe. Caso seja definido um tipo de distribuição, mas com a necessidade de cálculo dos parâmetros de identificação (por exemplo, para a distribuição normal, os parâmetros seriam a média e a variância), será perdido um grau de liberdade para cada parâmetro estimado.

3.3) Cálculo de D^2 crítico, entrando-se na tabela da distribuição Qui-quadrado com o número de graus de liberdade e nível de significância.

3.4) Caso D^2 seja maior que D^2 crítico, rejeita-se a hipótese principal e conclui-se que o tipo de distribuição de probabilidade adotada não tem aderência com os dados levantados. Caso D^2 seja menor que D^2 crítico, aceita-se a hipótese principal e conclui-se que o tipo de distribuição de probabilidade adotado corresponde à amostra de elementos em estudo.

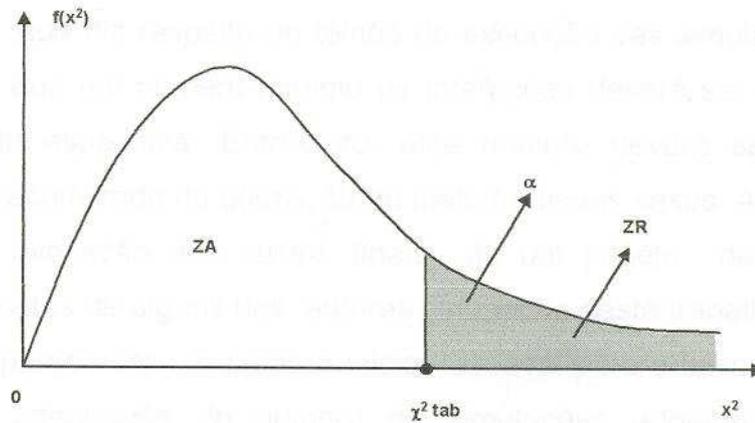


Figura 3.2 - Gráfico da distribuição Qui-Quadrado

Fonte: (FONSECA & MARTINS, 1987)

3.5.2.8 – Número de simulações a executar

Como visto anteriormente, pelo método da transformação inversa, é determinado um valor da variável de interesse através da utilização de um número randômico gerado relacionado com a inversa da função da distribuição acumulada desta variável. Quanto mais números randômicos forem gerados melhor será a aderência dos valores gerados da variável de interesse com a curva escolhida. Visto isto, faz-se necessário definirem-se testes que garantam que o número de simulações executadas sejam suficientes para representar fidedignamente a função de distribuição de probabilidade adotada ou escolhida.

Os testes que possuem esta finalidade são chamados de Testes de ajustamento e um dos testes mais utilizados para esta finalidade é também o Teste Qui –quadrado, que é executado de forma análoga ao demonstrado no item anterior. Deverão ser verificadas todas as variáveis do modelo. De acordo com a bibliografia pesquisada, o número de 100 simulações parece adequado para o primeiro teste de ajustamento.

3.5.2.9 – Construção do histograma

A partir do modelo matemático adotado e dos valores dos parâmetros de entrada obtidos através da simulação, determinam-se os valores da variável dependente, elencando-os em ordem crescente. Divide-se a mostra em intervalos de classe, conforme já citado anteriormente e executa-se o histograma, do qual pode-se obter a informação de quais intervalos de classe ocorrem com maior frequência. Como exemplo, descrevemos o histograma apresentado por FLANAGAN & NORMAN (1993), referente à variável custo de construção por m². Do histograma constata-se que a maior probabilidade de ocorrência para o custo do m² situa-se no intervalo compreendido entre 470 e 496.

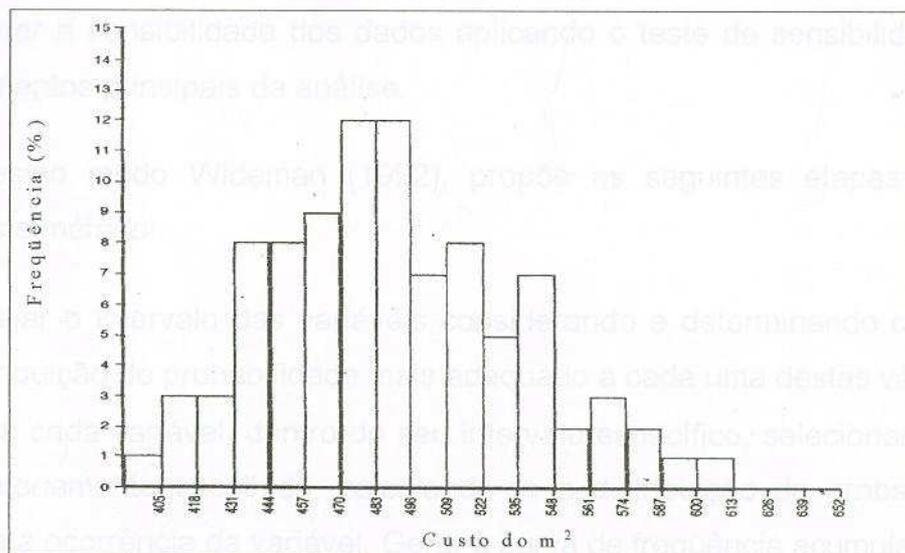


Figura 3.3 - Histograma do custo do m²

Fonte: (FLANAGAN & NORMAN,1993, p.175)

3.5.2.10 – Construção da curva de frequência acumulada

Da mesma forma que na construção do histograma, a partir do modelo matemático adotado e dos valores dos parâmetros de entrada obtidos através da simulação, determinam-se os valores da variável dependente, elencando-os em

ordem crescente cumulativamente, gerando a curva de freqüência acumulada. Como exemplo, descrevemos a curva de freqüência acumulada, apresentada por FLANAGAN & NORMAN (1993), referente a 500 simulações relativas à variável custo de construção por m². Da curva de freqüência acumulada pode-se constatar, dentre outras coisas, que existe 80% de probabilidade (400 / 500) do custo do m² ser inferior a 531 ou que existe 50% de probabilidade (250 / 500) do custo ser inferior a 481.

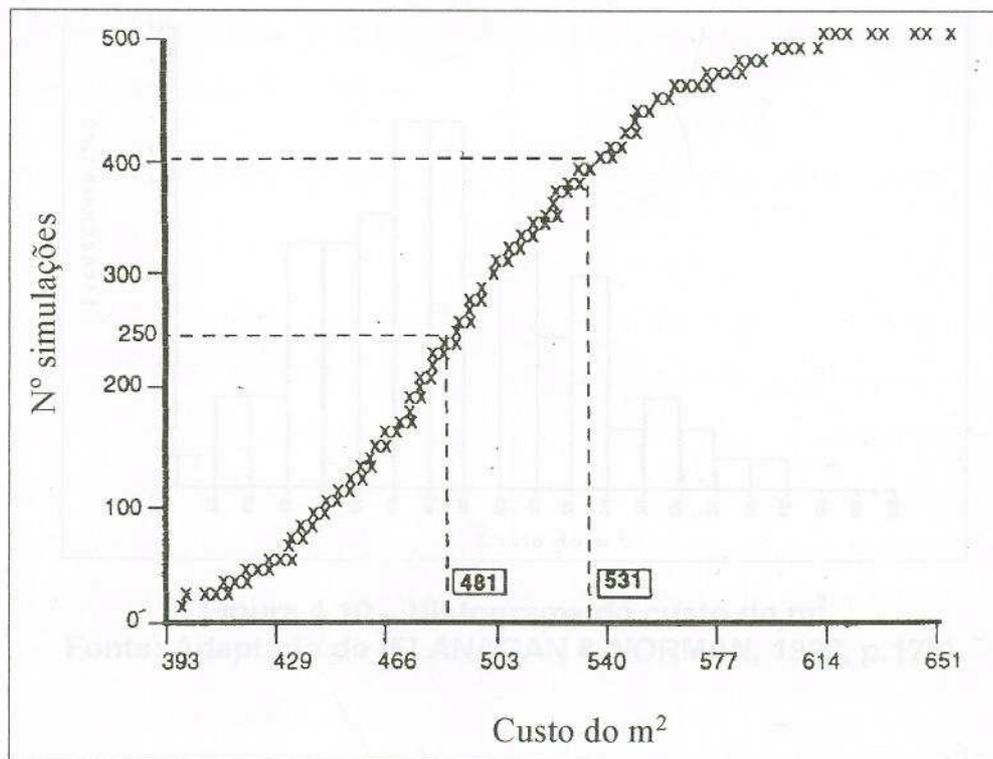


Figura 3.4 - Curva de freqüência acumulada

Fonte: (FLANAGAN & NORMAN,1993, p.174)

4 – RESULTADOS

4.1 – INTRODUÇÃO

Neste capítulo foram executados os experimentos com o intuito de determinar-se os indicadores de viabilidade econômica da implantação de empreendimentos baseados em sistemas de abastecimento de água no Estado do Espírito Santo. Estes indicadores foram determinados inicialmente através de uma abordagem determinística, com a consideração dos riscos através da adoção de uma taxa de risco arbitrada que foi somada à taxa de desconto aplicada ao fluxo de caixa. Posteriormente foram determinados os mesmos indicadores de viabilidade, mas com a utilização da simulação de Monte Carlo para a análise dos riscos inerentes à operação.

4.2 – DETERMINAÇÃO DOS INDICADORES DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO EMPREENDIMENTO – TIR (taxa interna de retorno) e VPL (valor presente líquido) – MEDIANTE UMA ABORDAGEM DETERMINÍSTICA

4.2.1 – Definição do modelo

O modelo corresponde a um fluxo de caixa, no qual o investimento inicial corresponde aos custos reais de implantação de sistemas de abastecimento de água divididos pelo volume de água produzido por esses sistemas, os resultados operacionais correspondem à diferença entre as receitas e as despesas operacionais anuais também divididos pelo volume de água produzido pelos respectivos sistemas, podendo ser positivos ou negativos, o horizonte do projeto tomado como 20 anos e a taxa de desconto composta pelo custo do capital somada a uma taxa de risco arbitrada.

4.2.2 – Determinação das variáveis do modelo

- Custos de implantação de sistemas de abastecimento de água;
- Custos operacionais e administrativos de manutenção de sistemas de abastecimento de água;
- Receitas auferidas com as tarifas referentes ao serviço de abastecimento de água;
- Taxa de desconto do fluxo de caixa.

4.2.2.1 – Custos de implantação de sistemas de abastecimento de água

CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO -MUNICÍPIO DE VENDA NOVA DO IMIGRANTE	
CAPTAÇÃO / ADUÇÃO	R\$731.620,51
ELEVATÓRIA	R\$114.061,86
TRATAMENTO	R\$129.474,93
RESERVAÇÃO	R\$322.820,03
DISTRIBUIÇÃO	R\$500.875,43
TOTAL	R\$1.798.852,76
VOLUME PRODUZIDO (m ³ / ano)	267.225
TOTAL MIN. / VOLUME PRODUZIDO	6,0584
TOTAL MEDIO / VOLUME PRODUZIDO	6,7316
TOTAL MAX. / VOLUME PRODUZIDO	7,4048

Quadro 4.1 – Custos de implantação de sistemas de abastecimento de água.

Fonte: Autor

4.2.2.2 – Custos de operação de sistemas de abastecimento de água

MUNICÍPIO – ES	VOLUME PRODUZIDO (m ³ / ano)	DESPESAS DE OPERAÇÃO ANUAIS (R\$)	DESPESAS DE OPERAÇÃO ANUAIS/ VOLUME
Pedro Canário	931.457	756.853,00	0,81
Montanha	622.856	465.004,00	0,75
Conceição da Barra	895.288	808.776,00	0,90
Pinheiros	993.948	736.927,00	0,74
Ecoporanga	838.893	521.987,00	0,62
Barra de São Francisco	1.831.253	1.196.856,00	0,65
Nova Venécia	2.223.716	1.687.812,00	0,76
São Gabriel da Palha	1.576.529	820.703,00	0,52
Santa Teresa	609.765	445.126,00	0,73
Ibatiba	636.842	335.700,00	0,53
Afonso Cláudio	918.910	582.790,00	0,63
Iúna	1.034.043	439.589,00	0,43
Conceição de Castelo	393.360	147.309,00	0,37
Venda Nova	706.364	415.333,00	0,59
Castelo	2.026.284	904.162,00	0,45
Rio Novo do Sul	566.481	284.463,00	0,50
Atílio Vivácqua	310.386	150.745,00	0,49
Muqui	565.889	327.521,00	0,58
São José do calçado	451.123	321.406,00	0,71
Bom Jesus do Norte	732.160	160.264,00	0,22

Quadro 4.2 – Custos de operação de sistemas de abastecimento de água.

Fonte: Autor

4.2.2.3 – Receitas operacionais de sistemas de abastecimento de água

MUNICÍPIO - ES	VOLUME PRODUZIDO (m ³ /ano)	RECEITAS OPERACIONAIS ANUAIS (R\$)	RECEITAS OPERACIONAIS ANUAIS/VOLUME
Pedro Canário	931.457	1.203.055,00	1,29
Montanha	622.856	879.366,00	1,41
Conceição da Barra	895.288	1.579.717,00	1,76
Pinheiros	993.948	1.306.737,00	1,31
Ecoporanga	838.893	1.118.083,00	1,33
Barra de São Francisco	1.831.253	2.425.372	1,32
Nova Venécia	2.223.716	2.705.568,00	1,22
São Gabriel da Palha	1.576.529	1.711.633,00	1,09
Santa Teresa	609.765	785.030,00	1,29
Ibatiba	636.842	880.251,00	1,38
Afonso Cláudio	918.910	1.338.295,00	1,46
Iúna	1.034.043	1.266.697,00	1,23
Conceição de castelo	393.360	384.106,00	0,98
Venda Nova	706.364	881.000,00	1,25
Castelo	2.026.284	1.434.386,00	0,71
Rio Novo do Sul	566.481	636.599,00	1,12
Atílio Vivácqua	310.386	427.683,00	1,38
Muqui	565.889	792.735,00	1,40
São José do calçado	451.123	712.898,00	1,58
Bom Jesus do Norte	732.160	778.021,00	1,06

Quadro 4.3 – Receitas operacionais de sistemas de abastecimento de água.

Fonte: Autor

4.2.2.4 – Taxa de desconto

Taxa de juros	10,00%
Inflação (IPCA 2006)	3,14%
Taxa real de juros	6,65%
Risco pessimista	2,60%
Risco provável	1,70%
Risco otimista	0,20%

Quadro 4.4 – Taxas de desconto do fluxo de caixa.

Fonte: Autor

4.2.3 – DETERMINAÇÃO DOS INDICADORES DE VIABILIDADE TIR e VPL

CENÁRIO PROVÁVEL

Custos de implantação	6,7316
Custos operacionais anuais	0,5990
Receitas operacionais anuais	1,2785
Resultados operacionais anuais	0,6795
Taxa de desconto anual (%)	8,46
Horizonte do projeto (anos)	20
TIR	7,88
VPL (R\$ / m ³ .ano)	-0,2825

Quadro 4.5 – Indicadores de viabilidade para cenário provável.

Fonte: Autor

CENÁRIO OTIMISTA

Custos de implantação	6,0584
Custos operacionais anuais	0,5500
Receitas operacionais anuais	1,3446
Resultados operacionais anuais	0,7946
Taxa de desconto anual (%)	6,86
Horizonte do projeto (anos)	20
TIR	11,67
VPL (R\$ / m ³ .ano)	2,4520

Quadro 4.6 – Indicadores de viabilidade para cenário otimista.

Fonte: Autor

CENÁRIO PESSIMISTA

Custos de implantação	7,4048
Custos operacionais anuais	0,6480
Receitas operacionais anuais	1,2124
Resultados operacionais anuais	0,5644
Taxa de desconto anual (%)	9,42
Horizonte do projeto (anos)	20
TIR	4,4014
VPL (R\$ / m ³ .ano)	-2,4032

Quadro 4.7 – Indicadores de viabilidade para cenário pessimista.

Fonte: Autor

4.3 – DETERMINAÇÃO DOS INDICADORES DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO EMPREENDIMENTO – TIR (taxa interna de retorno) e VPL (valor presente líquido) – MEDIANTE UMA ABORDAGEM PROBABILÍSTICA

4.3.1 – DEFINIÇÃO DO MODELO

O modelo corresponde a um fluxo de caixa, no qual o investimento inicial corresponde ao custo real de implantação se sistemas de abastecimento de água divididos pelo volume de água produzido por este sistema, os resultados operacionais correspondem à diferença entre as receitas e as despesas operacionais anuais também divididos pelo volume de água produzido pelos sistemas, o horizonte do projeto tomado como 20 anos e a taxa de desconto correspondendo à taxa de juros real de 6,65% a.a.

4.3.2 – DETERMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS DO MODELO

- Custos de implantação de sistemas de abastecimento de água;
- Custos operacionais e administrativos de manutenção de sistemas de abastecimento de água;
- Receitas auferidas com as tarifas referentes ao serviço de abastecimento de água.

4.3.2.1 - CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

MUNICÍPIO DE VENDA NOVA DO IMIGRANTE – ES	
CAPTAÇÃO / ADUÇÃO	R\$731.620,51
ELEVATÓRIA	R\$114.061,86
TRATAMENTO	R\$129.474,93
RESERVAÇÃO	R\$322.820,03
DISTRIBUIÇÃO	R\$500.875,43
TOTAL	R\$1.798.852,76
VOLUME PRODUZIDO (m ³ / ano)	267.225
TOTAL MEDIO / VOLUME PRODUZIDO	6,7316

Quadro 4.8 – Custos de implantação de sistemas de abastecimento de água.

Fonte: Autor

4.3.2.2 – CUSTOS DE OPERAÇÃO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

MUNICÍPIO – ES	VOLUME PRODUZIDO (m ³ / ano)	DESPESAS DE OPERAÇÃO ANUAIS (R\$)	DESPESAS DE OPERAÇÃO ANUAIS/ VOLUME
Pedro Canário	931.457	756.853,00	0,81
Montanha	622.856	465.004,00	0,75
Conceição da Barra	895.288	808.776,00	0,90
Pinheiros	993.948	736.927,00	0,74
Ecoporanga	838.893	521.987,00	0,62
Barra de São	1.831.253	1.196.856,0	0,65

Francisco		0	
Nova Venécia	2.223.716	1.687.812,0 0	0,76
São Gabriel da Palha	1.576.529	820.703,00	0,52
Santa Teresa	609.765	445.126,00	0,73
Ibatiba	636.842	335.700,00	0,53
Afonso Cláudio	918.910	582.790,00	0,63
Iúna	1.034.043	439.589,00	0,43
Conceição de Castelo	393.360	147.309,00	0,37
Venda Nova	706.364	415.333,00	0,59
Castelo	2.026.284	904.162,00	0,45
Rio Novo do Sul	566.481	284.463,00	0,50
Atílio Vivácqua	310.386	150.745,00	0,49
Muqui	565.889	327.521,00	0,58

São José do calçado	451.123	321.406,00	0,71
Bom Jesus do Norte	732.160	160.264,00	0,22

Quadro 4.9 – Custos de operação de sistemas de abastecimento de água.

Fonte: Autor

4.3.2.3 – RECEITAS OPERACIONAIS DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

MUNICÍPIO - ES	VOLUME PRODUZIDO (m ³ /ano)	RECEITAS OPERACIONAIS ANUAIS (R\$)	RECEITAS OPERACIONAIS ANUAIS/ VOLUME
-------------------	--	--	---

Pedro Canário	931.457	1.203.055,0 0	1,29
Montanha	622.856	879.366,00	1,41
Conceição da Barra	895.288	1.579.717,0 0	1,76
Pinheiros	993.948	1.306.737,0 0	1,31
Ecoporanga	838.893	1.118.083,0 0	1,33
Barra de São Francisco	1.831.253	2.425.372	1,32
Nova Venécia	2.223.716	2.705.568,0 0	1,22
São Gabriel da Palha	1.576.529	1.711.633,0 0	1,09
Santa Teresa	609.765	785.030,00	1,29
Ibatiba	636.842	880.251,00	1,38

Afonso Cláudio	918.910	1.338.295,0 0	1,46
Lúna	1.034.043	1.266.697,0 0	1,23
Conceição de castelo	393.360	384.106,00	0,98
Venda Nova	706.364	881.000,00	1,25
Castelo	2.026.284	1.434.386,0 0	0,71
Rio Novo do Sul	566.481	636.599,00	1,12
Atílio Vivácqua	310.386	427.683,00	1,38
Muqui	565.889	792.735,00	1,40
São José do calçado	451.123	712.898,00	1,58
Bom Jesus do Norte	732.160	778.021,00	1,06

Quadro 4.10 – Receitas operacionais de sistemas de abastecimento de água.

Fonte: Autor

4.3.3 – DETERMINAÇÃO DOS INDICADORES DE VIABILIDADE TIR e VPL

4.3.3.1 – DETERMINAÇÃO DA PDF (FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE

CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO

Pelo fato de ter-se coletado apenas um dado, não foi executado teste de aderência para esta variável, sendo utilizada a distribuição uniforme para geração das amostras desta variável.

CUSTOS OPERACIONAIS

O teste de aderência dos dados em relação à distribuição normal foi realizado a partir dos 20 dados coletados para a variável.

1) Determinação do número de intervalos:

$K = 1 + 3,22 \cdot \log N$, onde $K = n^{\circ}$ de intervalos e $N =$ tamanho da amostra

$$K = 1 + 3,22 \cdot \log 20 = 05 \text{ intervalos}$$

2) Determinação do número de dados observados para cada intervalo:

$$A1: X < 0,30 \dots\dots\dots n1 = 01$$

$$A2: 0,30 \leq X < 0,50 \dots\dots\dots n2 = 04$$

$$A3: 0,50 \leq X < 0,70 \dots\dots\dots n3 = 08$$

$$A4: 0,70 \leq X < 0,90 \dots\dots\dots n4 = 06$$

$$A5: X \geq 0,90 \dots\dots\dots n5 = 01$$

3) Determinação do número de dados esperados para cada intervalo, correspondente à probabilidade de ocorrência multiplicada pelo tamanho da amostra:

$$P1 = P(X < 0,30) = 0,0350 \times 20 = 0,700$$

$$P2 = P(0,30 \leq X < 0,50) = 0,2393 \times 20 = 4,786$$

$$P3 = P(0,50 \leq X < 0,70) = 0,4555 \times 20 = 9,11$$

$$P4 = P(0,70 \leq X < 0,90) = 0,2362 \times 20 = 4,724$$

$$P5 = P(X \geq 0,90) = 0,0341 \times 20 = 0,682$$

4) Teste qui-quadrado

$$D^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(N_o - N_e)^2}{N_e}$$

Onde:

D^2 representa a distribuição QUI-QUADRADO;

$N_o = n^o$ de elementos observados em cada intervalo;

$N_e = n^o$ de elementos esperados para os intervalos, considerando-se a distribuição Normal como representativa dos dados coletados;

$$D^2 = \frac{(1-0,700)^2}{0,700} + \frac{(4-4,786)^2}{4,786} + \frac{(8-9,110)^2}{9,110} + \frac{(6-4,724)^2}{4,724} + \frac{(1-0,682)^2}{0,682} = 0,89$$

Da tabela da distribuição qui-quadrado para nível de significância de 5% e 2 graus de liberdade (K-1-2), temos $D^2 \text{ crit.} = 5,99$

Como $D^2 < D^2 \text{ crit}$ conclui-se que a distribuição normal tem aderência aos dados coletados para a variável custos operacionais.

RECEITAS OPERACIONAIS

O teste de aderência dos dados à distribuição normal foi realizado a partir dos 20 dados coletados para a variável.

1) Determinação do número de intervalos:

$K = 1 + 3,22 \cdot \log N$, onde $K = n^\circ$ de intervalos e $N =$ tamanho da amostra

$K = 1 + 3,22 \cdot \log 20 = 05$ intervalos

2) Determinação do número de dados observados para cada intervalo:

A1: $X < 0,98$ $n_1 = 01$

A2: $0,98 \leq X < 1,18$ $n_2 = 04$

A3: $1,18 \leq X < 1,38$ $n_3 = 08$

A4: $1,38 \leq X < 1,58$ $n_4 = 05$

A5: $X \geq 1,58$ $n_5 = 02$

3) Determinação do número de dados esperados para cada intervalo correspondente à probabilidade de ocorrência multiplicada pelo tamanho da amostra:

$P_1 = P(X < 0,98) = 0,0889 \times 20 = 1,778$

$P_2 = P(0,98 \leq X < 1,18) = 0,2378 \times 20 = 4,756$

$$P3 = P(1,18 \leq X < 1,38) = 0,3467 \times 20 = 6,934$$

$$P4 = P(1,38 \leq X < 1,58) = 0,2378 \times 20 = 4,756$$

$$P5 = P(X \geq 1,58) = 0,0889 \times 20 = 1,778$$

4) Teste qui-quadrado

$$D^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(No - Ne)^2}{Ne}$$

Onde:

No = nº de elementos observados em cada intervalo;

Ne = nº de elementos esperados para os intervalos, considerando-se a distribuição Normal como representativa dos dados coletados;

$$D^2 = \frac{(1-1,778)^2}{1,778} + \frac{(4-4,756)^2}{4,756} + \frac{(8-6,934)^2}{6,934} + \frac{(5-4,756)^2}{4,756} + \frac{(2-1,778)^2}{1,778} = 0,66$$

Da tabela da distribuição qui-quadrado para nível de significância de 5% e 2 graus de liberdade (K-1-2), temos $D^2 \text{ crit.} = 5,99$

Como $D^2 < D^2 \text{ crit}$ conclui-se que a distribuição normal tem aderência aos dados coletados para a variável receitas operacionais.

4.3.3.2 – GERAÇÃO DAS AMOSTRAS ALEATÓRIAS

Na 1ª rodada de simulação foram geradas 100 amostras aleatórias para cada variável.

CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO

6 ,06	6 ,82	6 ,32	7 ,15	6 ,85	6 ,70	6 ,53	7 ,26	7 ,17	7 ,06
6 ,29	7 ,21	7 ,02	6 ,75	6 ,47	6 ,08	6 ,18	6 ,55	6 ,26	6 ,28
7 ,39	6 ,66	6 ,22	6 ,06	6 ,07	6 ,57	6 ,77	6 ,83	6 ,87	6 ,88
6 ,28	6 ,95	6 ,67	6 ,53	6 ,14	6 ,88	7 ,11	7 ,14	6 ,76	6 ,46
7 ,24	7 ,04	7 ,35	7 ,30	6 ,78	6 ,25	6 ,68	6 ,38	7 ,22	6 ,34
7 ,11	7 ,19	7 ,40	7 ,40	6 ,88	6 ,59	6 ,42	6 ,46	7 ,19	6 ,09
6 ,56	6 ,18	6 ,97	6 ,13	6 ,07	7 ,30	6 ,43	6 ,43	6 ,85	6 ,99
7 ,19	7 ,04	6 ,71	6 ,33	7 ,06	6 ,69	6 ,67	7 ,34	7 ,06	6 ,20

6	6	7	6	6	6	6	6	6	7
,86	,58	,05	,88	,83	,54	,26	,36	,63	,14
6	7	7	6	6	6	6	6	7	6
,75	,39	,07	,52	,29	,94	,72	,14	,00	,74

Quadro 4.11 – Valores gerados para a variável custos de implantação.

Fonte: Autor.

CUSTOS OPERACIONAIS

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
,10	,63	,46	,74	,63	,59	,54	,81	,75	,71
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
,44	,78	,69	,60	,51	,24	,38	,54	,43	,44
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
,97	,58	,40	,17	,21	,55	,61	,63	,64	,64
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
,44	,67	,58	,54	,34	,64	,73	,74	,61	,51
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
,79	,70	,88	,84	,62	,42	,58	,48	,78	,47
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
,73	,77	,05	,16	,65	,55	,50	,51	,76	,27
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
,55	,38	,67	,34	,21	,83	,50	,50	,64	,68

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
,76	,70	,59	,46	,71	,59	,58	,87	,71	,40
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
,64	,55	,70	,64	,63	,54	,43	,47	,57	,74
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
,61	,98	,71	,53	,44	,67	,60	,35	,69	,60

Quadro 4.12 – Valores gerados para a variável custos operacionais.

Fonte: Autor.

RECEITAS OPERACIONAIS

0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
,61	,32	,09	,47	,33	,27	,19	,56	,49	,43
1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
,07	,52	,40	,29	,17	,80	,98	,20	,05	,06
1	1	1	0	0	1	1	1	1	1
,79	,25	,02	,70	,75	,21	,30	,32	,34	,34
1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
,06	,37	,25	,20	,93	,34	,45	,47	,29	,16
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
,54	,41	,66	,60	,30	,04	,26	,12	,52	,10
1	1	1	2	1	1	1	1	1	0

,45	,50	,89	,04	,34	,22	,14	,16	,50	,84
1	0	1	0	0	1	1	1	1	1
,21	,99	,38	,93	,75	,59	,15	,15	,33	,39
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
,50	,41	,27	,10	,43	,26	,26	,64	,43	,00
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
,34	,22	,42	,34	,32	,20	,05	,11	,24	,47
1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
,29	,80	,43	,19	,07	,37	,28	,94	,40	,28

Quadro 4.13 – Valores gerados para a variável receitas operacionais.

Fonte: Autor.

4.3.3.3 – VERIFICAÇÃO DO NÚMERO DE SIMULAÇÕES EXECUTADAS

CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO

O teste de ajustamento foi realizado a partir dos 100 elementos gerados aleatoriamente, tendo como base a distribuição uniforme, para a variável em questão.

1) Determinação do número de intervalos:

$K = 1 + 3,22 \cdot \log N$, onde $K = n^{\circ}$ de intervalos e $N =$ tamanho da amostra

$K = 1 + 3,22 \cdot \log 100 = 07$ intervalos

2) Determinação do número de dados observados para cada intervalo:

A1: $6,00 \leq X < 6,20 \dots\dots\dots n_1 = 11$

A2: $6,20 \leq X < 6,40 \dots\dots\dots n_2 = 14$

A3: $6,40 \leq X < 6,60 \dots\dots\dots n_3 = 15$

A4: $6,60 \leq X < 6,80 \dots\dots\dots n_4 = 15$

A5: $6,80 \leq X < 7,00 \dots\dots\dots n_5 = 15$

A6: $7,00 \leq X < 7,20 \dots\dots\dots n_6 = 18$

A7: $7,20 \leq X \leq 7,40 \dots\dots\dots n_7 = 12$

3) Determinação do número de dados esperados para cada intervalo, correspondente à probabilidade de ocorrência multiplicada pelo tamanho da amostra:

$P_1 = P(6,00 \leq X < 6,20) = 0,1429 \times 100 = 14,29$

$P_2 = P(6,20 \leq X < 6,40) = 0,1429 \times 100 = 14,29$

$P_3 = P(6,40 \leq X < 6,60) = 0,1429 \times 100 = 14,29$

$$P4 = P(6,60 \leq X < 6,80) = 0,1429 \times 100 = 14,29$$

$$P5 = P(6,80 \leq X < 7,00) = 0,1429 \times 100 = 14,29$$

$$P6 = P(7,00 \leq X < 7,20) = 0,1429 \times 100 = 14,29$$

$$P7 = P(7,20 \leq X \leq 7,40) = 0,1429 \times 100 = 14,29$$

4) Teste qui-quadrado

$$D^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(No - Ne)^2}{Ne}$$

Onde:

No = nº de elementos observados em cada intervalo;

Ne = nº de elementos esperados para os intervalos, considerando-se a distribuição uniforme como representativa dos dados coletados;

$$D^2 = 2,19$$

Da tabela da distribuição qui-quadrado para nível de significância de 5% e 6 graus de liberdade (K-1), temos $D^2 \text{ crit.} = 12,6$

Como $D^2 < D^2_{crit}$ conclui-se que o número de simulações executadas para a variável foram suficientes para representar a distribuição uniforme.

CUSTOS DE OPERAÇÃO

O teste de ajustamento foi realizado a partir dos 100 elementos gerados aleatoriamente, tendo como base a distribuição normal, para a variável em questão.

1) Determinação do número de intervalos:

$K = 1 + 3,22 \cdot \log N$, onde $K = n^o$ de intervalos e $N =$ tamanho da amostra

$K = 1 + 3,22 \cdot \log 100 = 07$ intervalos

2) Determinação do número de dados observados para cada intervalo:

A1: $X < 0,20$n1 = 02

A2: $0,20 \leq X < 0,36$n2 = 07

A3: $0,36 \leq X < 0,52$n3 = 22

A4: $0,52 \leq X < 0,68$n4 = 38

A5: $0,68 \leq X < 0,84$n5 = 24

A6: $0,84 \leq X < 1,00$n6 = 05

$$A7: X \geq 1,00 \dots \dots \dots n7 = 02$$

3) Determinação do número de dados esperados para cada intervalo, correspondente à probabilidade de ocorrência multiplicada pelo tamanho da amostra:

$$P1 = P (X < 0,20) = 0,0156 \times 100 = 1,56$$

$$P2 = P (0,20 \leq X < 0,36) = 0,0863 \times 100 = 8,63$$

$$P3 = P (0,36 \leq X < 0,52) = 0,2476 \times 100 = 24,76$$

$$P4 = P (0,52 \leq X < 0,68) = 0,3410 \times 100 = 34,10$$

$$P5 = P (0,68 \leq X < 0,84) = 0,2259 \times 100 = 22,59$$

$$P6 = P (0,84 \leq X < 1,00) = 0,0719 \times 100 = 7,19$$

$$P7 = P (X \geq 1,00) = 0,0118 \times 100 = 1,18$$

4) Teste qui-quadrado

$$D^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(No - Ne)^2}{Ne}$$

Onde:

No = nº de elementos observados em cada intervalo;

$N_e = n^0$ de elementos esperados para os intervalos, considerando-se a distribuição Normal como representativa dos dados coletados;

$$D^2 = 2,51$$

Da tabela da distribuição qui-quadrado para nível de significância de 5% e 4 graus de liberdade ($K-1-2$), temos $D^2 \text{ crit.} = 9,49$

Como $D^2 < D^2 \text{ crit}$ conclui-se que o número de simulações executadas para a variável foram suficientes para representar a distribuição normal.

RECEITAS OPERACIONAIS

O teste de ajustamento foi realizado a partir dos 100 elementos gerados aleatoriamente, tendo como base a distribuição normal, para a variável em questão.

1) Determinação do número de intervalos:

$$K = 1 + 3,22 \cdot \log N, \text{ onde } K = n^0 \text{ de intervalos e } N = \text{tamanho da amostra}$$

$$K = 1 + 3,22 \cdot \log 100 = 07 \text{ intervalos}$$

2) Determinação do número de dados observados para cada intervalo:

$$A1: X < 0,77 \dots\dots\dots n1 = 04$$

$$A2: 0,77 \leq X < 0,97 \dots\dots\dots n2 = 05$$

$$A3: 0,97 \leq X < 1,17 \dots\dots\dots n3 = 21$$

$$A4: 1,17 \leq X < 1,37 \dots\dots\dots n4 = 36$$

$$A5: 1,37 \leq X < 1,57 \dots\dots\dots n5 = 26$$

$$A6: 1,57 \leq X < 1,77 \dots\dots\dots n6 = 04$$

$$A7: X \geq 1,77 \dots\dots\dots n7 = 04$$

3) Determinação do número de dados esperados para cada intervalo, correspondente à probabilidade de ocorrência multiplicada pelo tamanho da amostra:

$$P1 = P (X < 0,77) = 0,0206 \times 100 = 2,06$$

$$P2 = P (0,77 \leq X < 0,97) = 0,0897 \times 100 = 8,97$$

$$P3 = P (0,97 \leq X < 1,17) = 0,2312 \times 100 = 23,12$$

$$P4 = P (1,17 \leq X < 1,37) = 0,3168 \times 100 = 31,68$$

$$P5 = P (1,37 \leq X < 1,57) = 0,2312 \times 100 = 23,12$$

$$P6 = P (1,57 \leq X < 1,77) = 0,0897 \times 100 = 8,97$$

$$P7 = P (X \geq 1,77) = 0,0206 \times 100 = 2,06$$

4) Teste qui-quadrado

$$D^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(N_o - N_e)^2}{N_e}$$

Onde:

N_o = nº de elementos observados em cada intervalo;

N_e = nº de elementos esperados para os intervalos, considerando-se a distribuição Normal como representativa dos dados coletados;

$$D^2 = 9,31$$

Da tabela da distribuição qui-quadrado para nível de significância de 5% e 4 graus de liberdade (K-1-2), temos $D^2 \text{ crit.} = 9,49$

Como $D^2 < D^2 \text{ crit}$ conclui-se que o número de simulações executadas para a variável foram suficientes para representar a distribuição normal.

4.3.3.4 – DEFINIÇÃO DA CURVA DE FREQUÊNCIA ACUMULADA E DO HISTOGRAMA PARA INDICADORES TIR e VPL:

de Custos Custos Receitas Resultados Taxa Horizonte

implantação	de operação	operacionais	operacionais	de desconto	
6,06	0,10	0,61	0,51	6,65%	20
6,82	0,63	1,32	0,69	6,65%	20
6,32	0,46	1,09	0,63	6,65%	20
7,15	0,74	1,47	0,73	6,65%	20
6,85	0,63	1,33	0,69	6,65%	20
6,70	0,59	1,27	0,68	6,65%	20
6,53	0,54	1,19	0,66	6,65%	20
7,26	0,81	1,56	0,75	6,65%	20
7,17	0,75	1,49	0,73	6,65%	20
7,06	0,71	1,43	0,72	6,65%	20
6,29	0,44	1,07	0,63	6,65%	20
7,21	0,78	1,52	0,74	6,65%	20
7,02	0,69	1,40	0,71	6,65%	20
6,75	0,60	1,29	0,68	6,65%	20
6,47	0,51	1,17	0,65	6,65%	20
6,08	0,24	0,80	0,56	6,65%	20
6,18	0,38	0,98	0,60	6,65%	20

6,55	0,54	1,20	0,66	6,65%	20
6,26	0,43	1,05	0,62	6,65%	20
6,28	0,44	1,06	0,63	6,65%	20
7,39	0,97	1,79	0,81	6,65%	20
6,66	0,58	1,25	0,67	6,65%	20
6,22	0,40	1,02	0,61	6,65%	20
6,06	0,17	0,70	0,53	6,65%	20
6,07	0,21	0,75	0,54	6,65%	20
6,57	0,55	1,21	0,66	6,65%	20
6,77	0,61	1,30	0,69	6,65%	20
6,83	0,63	1,32	0,69	6,65%	20
6,87	0,64	1,34	0,70	6,65%	20
6,88	0,64	1,34	0,70	6,65%	20
6,28	0,44	1,06	0,63	6,65%	20
6,95	0,67	1,37	0,71	6,65%	20
6,67	0,58	1,25	0,67	6,65%	20
6,53	0,54	1,20	0,66	6,65%	20
6,14	0,34	0,93	0,59	6,65%	20

6,88	0,64	1,34	0,70	6,65%	20
7,11	0,73	1,45	0,73	6,65%	20
7,14	0,74	1,47	0,73	6,65%	20
6,76	0,61	1,29	0,68	6,65%	20
6,46	0,51	1,16	0,65	6,65%	20
7,24	0,79	1,54	0,75	6,65%	20
7,04	0,70	1,41	0,72	6,65%	20
7,35	0,88	1,66	0,78	6,65%	20
7,30	0,84	1,60	0,76	6,65%	20
6,78	0,62	1,30	0,69	6,65%	20
6,25	0,42	1,04	0,62	6,65%	20
6,68	0,58	1,26	0,68	6,65%	20
6,38	0,48	1,12	0,64	6,65%	20
7,22	0,78	1,52	0,74	6,65%	20
6,34	0,47	1,10	0,63	6,65%	20
7,11	0,73	1,45	0,73	6,65%	20
7,19	0,77	1,50	0,74	6,65%	20
7,40	1,05	1,89	0,84	6,65%	20
7,40	1,16	2,04	0,88	6,65%	20

6,88	0,65	1,34	0,70	6,65%	20
6,59	0,55	1,22	0,67	6,65%	20
6,42	0,50	1,14	0,65	6,65%	20
6,46	0,51	1,16	0,65	6,65%	20
7,19	0,76	1,50	0,74	6,65%	20
6,09	0,27	0,84	0,57	6,65%	20
6,56	0,55	1,21	0,66	6,65%	20
6,18	0,38	0,99	0,60	6,65%	20
6,97	0,67	1,38	0,71	6,65%	20
6,13	0,34	0,93	0,59	6,65%	20
6,07	0,21	0,75	0,54	6,65%	20
7,30	0,83	1,59	0,76	6,65%	20
6,43	0,50	1,15	0,65	6,65%	20
6,43	0,50	1,15	0,65	6,65%	20
6,85	0,64	1,33	0,69	6,65%	20
6,99	0,68	1,39	0,71	6,65%	20
7,19	0,76	1,50	0,74	6,65%	20
7,04	0,70	1,41	0,72	6,65%	20
6,71	0,59	1,27	0,68	6,65%	20

6,33	0,46	1,10	0,63	6,65%	20
7,06	0,71	1,43	0,72	6,65%	20
6,69	0,59	1,26	0,68	6,65%	20
6,67	0,58	1,26	0,67	6,65%	20
7,34	0,87	1,64	0,78	6,65%	20
7,06	0,71	1,43	0,72	6,65%	20
6,20	0,40	1,00	0,61	6,65%	20
6,86	0,64	1,34	0,70	6,65%	20
6,58	0,55	1,22	0,66	6,65%	20
7,05	0,70	1,42	0,72	6,65%	20
6,88	0,64	1,34	0,70	6,65%	20
6,83	0,63	1,32	0,69	6,65%	20
6,54	0,54	1,20	0,66	6,65%	20
6,26	0,43	1,05	0,62	6,65%	20
6,36	0,47	1,11	0,64	6,65%	20
6,63	0,57	1,24	0,67	6,65%	20
7,14	0,74	1,47	0,73	6,65%	20
6,75	0,61	1,29	0,68	6,65%	20
7,39	0,98	1,80	0,81	6,65%	20

7,07	0,71	1,43	0,72	6,65%	20
6,52	0,53	1,19	0,66	6,65%	20
6,29	0,44	1,07	0,63	6,65%	20
6,94	0,67	1,37	0,70	6,65%	20
6,72	0,60	1,28	0,68	6,65%	20
6,14	0,35	0,94	0,59	6,65%	20
7,00	0,69	1,40	0,71	6,65%	20
6,74	0,60	1,28	0,68	6,65%	20

Quadro 4.14 – Valores de TIR e VPL.

Fonte: Autor.

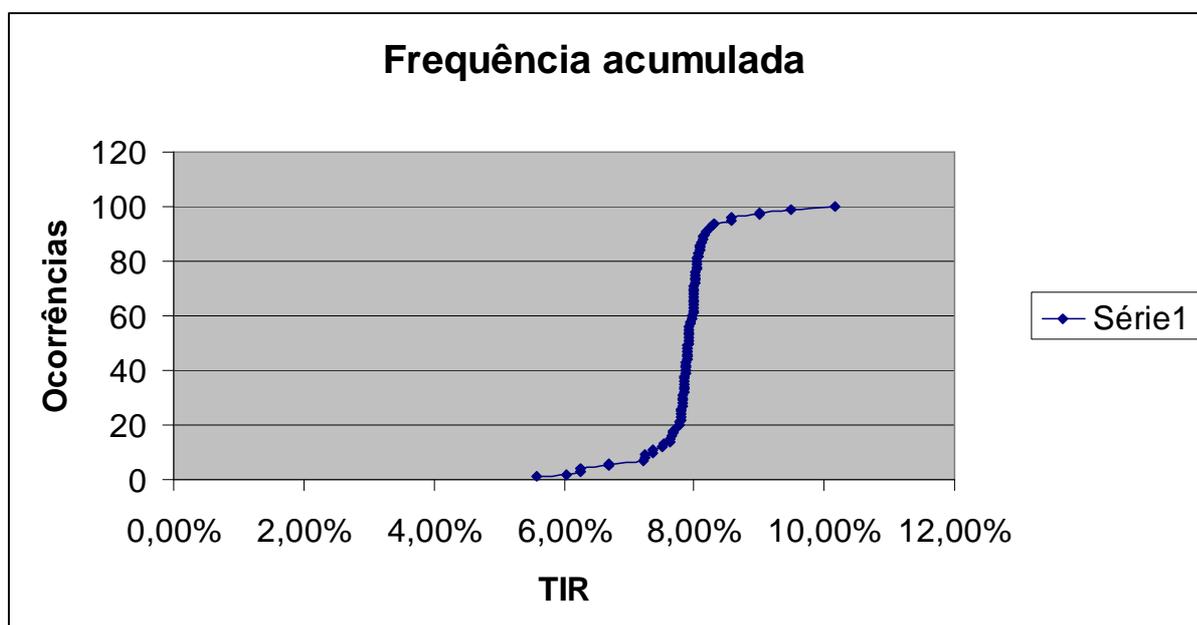


Figura 4.1 – curva de freqüência acumulada para a variável TIR.

Fonte: Autor.

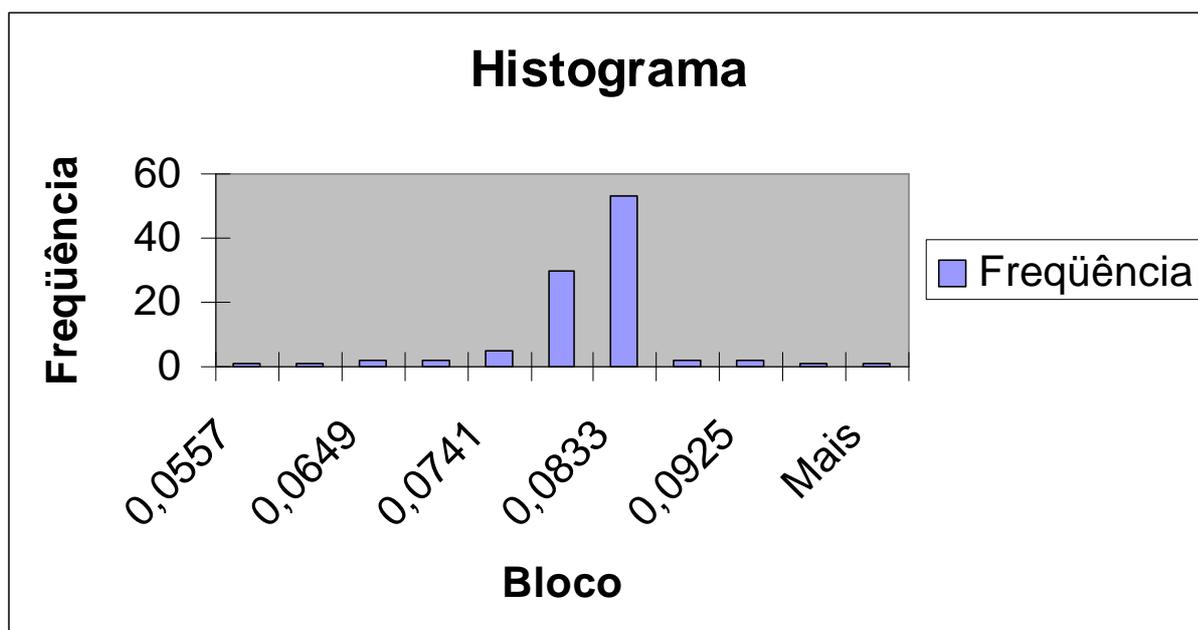


Figura 4.2 – Histograma para a variável TIR.

Fonte: Autor.

<i>Bloco</i>	<i>Freqüência</i>
0,0557	1
0,0603	1
0,0649	2

0,0695	2
0,0741	5
0,0787	30
0,0833	53
0,0879	2
0,0925	2
0,0971	1
Mais	1

Figura 4.3 – Distribuição das ocorrências para a variável TIR.

Fonte: Autor.

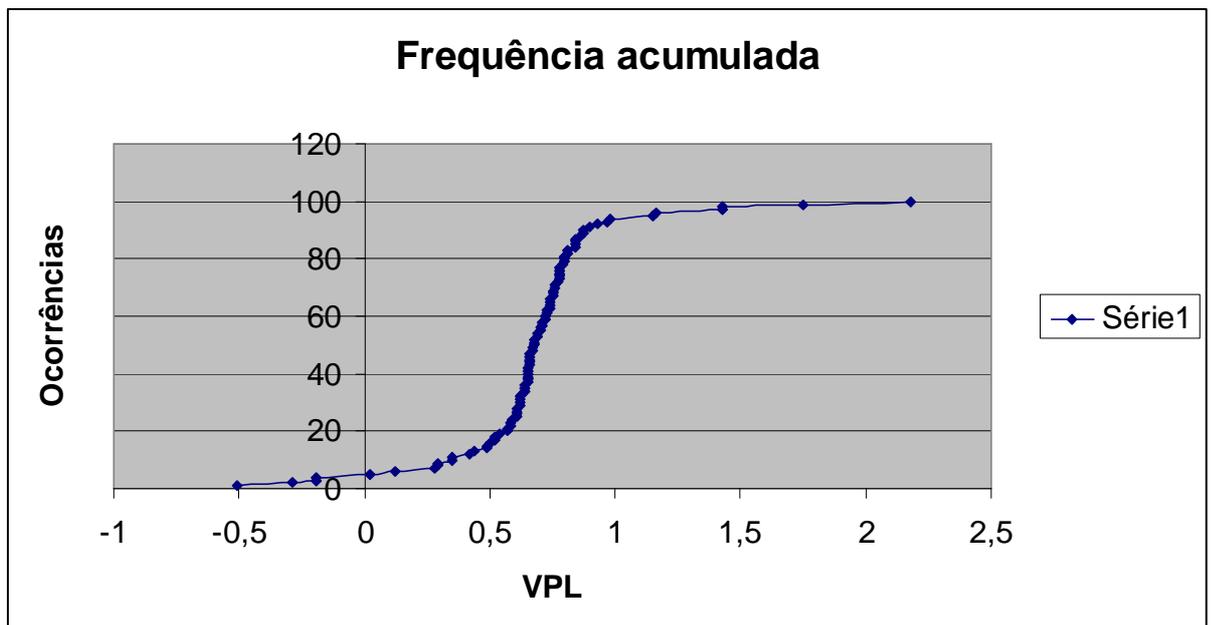


Figura 4.4 – Curva de frequência acumulada para a variável VPL.

Fonte: Autor.

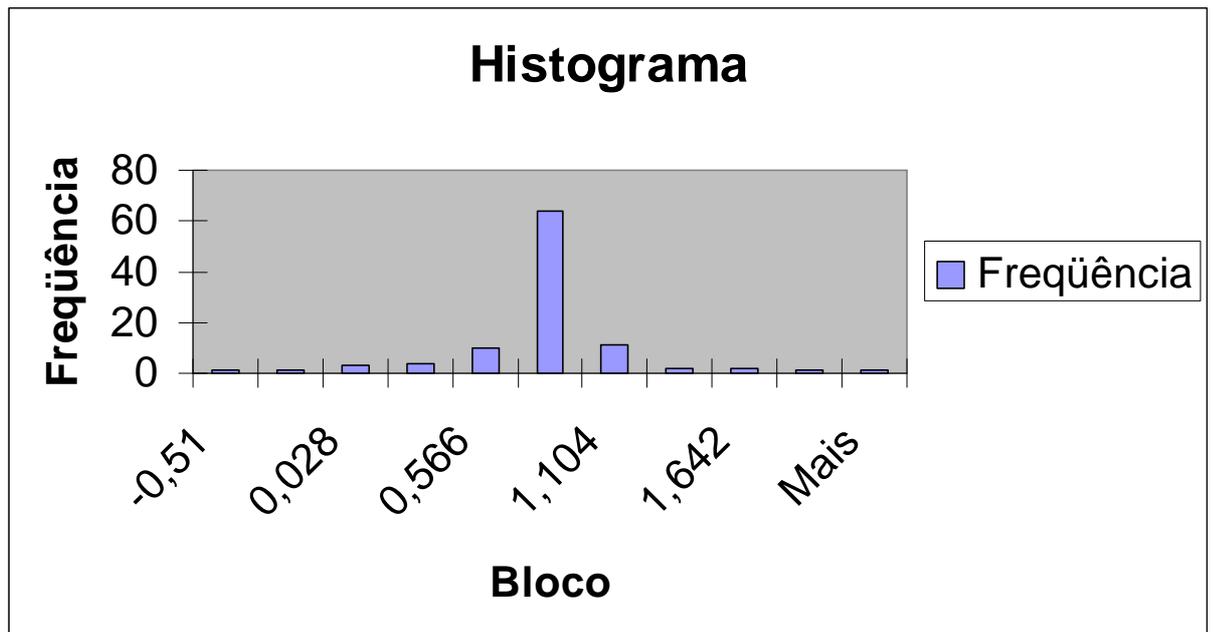


Figura 4.5 – Histograma para a variável VPL.

Fonte: Autor.

<i>Bloco</i>	<i>Frequência</i>
-0,51	1
-	1
0,241	1
0,028	3

0,297	4
0,566	10
0,835	64
1,104	11
1,373	2
1,642	2
1,911	1
Mais	1

Figura 4.6 – Distribuição das ocorrências para a variável VPL.

Fonte: Autor.

5 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 – RESULTADOS

Serão apresentados a seguir os resultados obtidos na determinação dos índices de viabilidade econômica de empreendimentos, a partir do experimento realizado, contemplando as duas abordagens utilizadas, quais sejam, a probabilística, através do Método de Monte Carlo, bem como a determinística.

5.1.1 – ABORDAGEM DETERMINÍSTICA

CENÁRIO	TMA (%)	TIR (%)	VPL (R\$ / m ³ . ano)
PESSIMISTA	9,42	4,40	- 2,4032
PROVÁVEL	8,46	7,88	- 0,2825
OTIMISTA	6,86	11,67	2,4520

Quadro 5.1 – Resultados dos indicadores de viabilidade.

Fonte: Autor.

5.1.2 – ABORDAGEM PROBABILÍSTICA

Dos histogramas referentes à TIR (taxa interna de retorno) e ao VPL (valor presente líquido), pôde-se constatar que:

- A TIR mais provável de ocorrer corresponde a 8,33 %;
- O VPL mais provável de ocorrer corresponde a R\$0,8350 / m³ . ano.

Das curvas de frequência acumulada referentes à TIR (taxa interna de retorno) e ao VPL (valor presente líquido), pôde-se constatar, dentre outras informações, que:

TIR

- Existe 75% de probabilidade da $TIR \leq 8,15 \%$
- Existe 50% de probabilidade da $TIR \leq 7,97 \%$
- Existe 25% de probabilidade da $TIR \leq 7,83 \%$
- Existe 4,09% de probabilidade da $TIR \leq 6,65 \%$

VPL

- Existe 75% de probabilidade do $VPL \leq R\$0,87 / m^3 \cdot ano$
- Existe 50% de probabilidade do $VPL \leq R\$0,72 / m^3 \cdot ano$
- Existe 25% de probabilidade do $VPL \leq R\$0,62 / m^3 \cdot ano$
- Existe 4,09% de probabilidade do $VPL \leq R\$0,00 / m^3 \cdot ano$

Por exemplo, para análise de viabilidade de um sistema de abastecimento de água com capacidade de produção de 100.000 m³ de água por ano, chegaríamos ao resultado de que existe 25% de probabilidade de que a TIR seja menor que 7,83%

ou de que existe a mesma probabilidade de 25% para que o VPL seja menor que R\$62.000,00.

5.2 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

Dos índices apresentados no item anterior, pode-se constatar que:

- 1) A abordagem determinística define valores pontuais para os índices pesquisados, apresentando tão somente 03 cenários para subsidiar a tomada de decisão pela execução ou não do empreendimento. Para o nosso caso em questão, para os cenários provável e pessimista, o VPL alcançou resultado negativo e o valor da TIR foi inferior à TMA, o que implicaria na não aceitação do projeto de investimento;
- 2) Já a abordagem probabilística, com a utilização do Método de Monte Carlo, determina intervalos prováveis dos valores pesquisados, que auxiliam em muito na tomada de decisão, pelos gestores, da execução ou não dos projetos de investimento. No nosso estudo específico, chegou-se à conclusão de que existe apenas 4,09% de probabilidade de um empreendimento baseado na implantação de um sistema de abastecimento de água, nas condições assumidas em nosso estudo, ser economicamente inviável, o que diverge da conclusão encontrada no item anterior e implica na aceitação da implantação do empreendimento.

- 3) O principal motivo para encontrarmos diferenças de resultados que implicariam até na decisão a ser tomada quanto à aceitação ou não do projeto reside no fato que na abordagem determinística foi somado à taxa de desconto uma taxa de risco arbitrada que reduz valores de TIR e VPL, enquanto que na abordagem probabilística a análise de risco é efetuada através da análise do processo estatístico sem se considerar o acréscimo de qualquer taxa à taxa normal de desconto do fluxo de caixa.

6 - CONCLUSÕES

De acordo com a proposta inicialmente traçada, o objetivo do trabalho consistiu em apresentar, desenvolver e discutir a metodologia para aplicação do Método de Monte Carlo para a análise de riscos financeiros relativos à implantação de empreendimentos, considerando especificamente a análise de viabilidade econômica de empreendimentos com base na implantação de sistemas de abastecimento de água.

Os procedimentos constantes nas referências bibliográficas pesquisadas mostraram-se totalmente pertinentes e aplicáveis à situação em estudo e serviram de base para todo o desenvolvimento do procedimento experimental realizado e análise dos resultados encontrados.

A abordagem probabilística da análise de riscos no processo de avaliação econômica de empreendimentos baseados na implantação de sistemas de abastecimento de água, através da aplicação do Método de Monte Carlo, mostrou-se superior à abordagem determinística para a mesma avaliação pelo fato de definirem-se probabilidades de ocorrência dos resultados e não fornecer estimativas pontuais para os índices procurados, além da redução da subjetividade pela ausência da necessidade de se arbitrar uma taxa de risco. Com isso, auxilia-se em muito, a tomada de decisão pela implantação ou não desses empreendimentos.

O ponto negativo em relação à utilização do Método de Monte Carlo na análise de riscos é a necessidade de um grande número de dados relativos às variáveis do modelo.

Sugerimos o desenvolvimento de outros trabalhos nessa linha de pesquisa, como por exemplo com a utilização de outros programas de computador e outras distribuições de probabilidade para geração das amostras aleatórias, bem como pelo estudo da análise de viabilidade de outros tipos de empreendimentos, o que seria de grande utilidade para instituições públicas ou privadas que atuem na análise e execução de empreendimentos dos mais variados tipos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADLER, A. S. **A racionalidade da gestão de riscos em empresas não – financeiras: Estudo de caso na Companhia Vale do Rio Doce.** Rio de Janeiro, 2002. Dissertação (Mestrado em administração) COPPEAD – Instituto de Pós-graduação em administração – UFRJ.

AKINTOYE, A. S.; MACLEOD, M. J. Risk analysis and management in construction. **International journal of project management.** V.15, N.1, P. 31-38, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653 – Parte 4: Avaliação de empreendimentos.** Rio de Janeiro, 2003.

AZEVEDO, A. C. S. **Introdução à engenharia de custos, fase investimento.** 2. ed. São Paulo: Pini, 1985.

BACCARINI, D.; ARCHER, R. The risk ranking of projects: a methodology. **International Journal of Project Management.** V 19, N 3, p. 139 – 145. 2001.

BALOI, D.; PRICE, A. D. F. Modelling global risk factors affecting construction cost performance. **International journal of project manegement**. V.21, N.4, P 261-269. 2003.

BARNES, M. Construction project manegement. **International journal of project manegement**. V.6, N.2, P 69-79 . 1998.

BARROS, R. T. de V. et al. **Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios. Volume 2 – Saneamento**. Belo Horizonte: Escola de engenharia da UFMG. 1995.

BRATLEY, P.; FOX, B. L.; SCHRAGE, L. E. **A guide to simulation**. New york: Springer – Verlag. 1987.

BRUNI, A. L.; FAMÁ, R.; SIQUEIRA, J. O. **Análise do risco na avaliação de projetos de investimento: Uma aplicação do método de Monte Carlo**. Caderno de pesquisas em administração. São Paulo, V.1, N.6, 1º Trim./98.

BRANDÃO JÚNIOR, J. C. **Análise de riscos na construção, quanto aos fatores tempo e custo**. Niterói, 1992. Dissertação (Mestrado em engenharia civil). Centro Tecnológico da Universidade Federal Fluminense.

BRITO, P. **Análise e viabilidade de projetos de investimento**. São Paulo: Editora Atlas, 2003.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Concessão de serviços públicos**. Brasília, 1996.

CASTILLO, E.; SARABIA, J. M.; SOLARES, C.; GÓMEZ, P. Uncertainty analyses in fault trees and Bayesian networks using FORM/ SORM methods. **Reliability Engineer and System Safety**. V 65, p. 29 – 40. 1999.

CHAPMAN, C. Project risk analysis and management – PRAM the generic process. **International Journal of Project Management**. V 15, N 5, p. 273 – 281. 1997.

CHAPMAN, R. J. The controlling influences on effective risk identification and assessment for construction design management. **International Journal of Project Management**. V 19, N 3, p. 147 – 160 . 2001.

CHAPMAN, R. J. The effectiveness of working group risk identification and assessment techniques. **International journal of project Management**. V16, N 6, p. 333 – 343. 1998.

DE ALMEIDA, E. P. **Técnicas de análise de risco aplicadas ao planejamento e programação de obras de construção civil**. Niterói, 2005. Dissertação (Mestrado em engenharia civil). Centro Tecnológico da Universidade Federal Fluminense.

DE SOUZA, A. A.; LIGO, A.; MOYA, R. W. **Gerenciamento, avaliação e quantificação do risco de projetos**. Caderno de pesquisas em administração. São Paulo. V.2, N.5, 2º Sem./97.

DE SOUZA JÚNIOR, D. I. **Confiabilidade industrial**. Niterói: UFF-TPC. 2003.
(Notas de aula do curso de mestrado em engenharia civil).

DIAS, P.R. V. **Engenharia de custos: Uma metodologia de orçamentação para obras civis**. 4 ed . Curitiba: Copiare duplicadora. 2003.

DIEKMANN, J. E. Risk analysis : lessons from artificial intelligence. **International Journal of Project Management**. V 10, N 2, p. 75 – 80. 1992.

FERREIRA, M . L. R. **Gestão de riscos**. Niterói: UFF-TPC. 2003.

(Notas de aula do curso de mestrado em engenharia civil).

FERREIRA, M. L. R.; ROGERSON, J. H. The quality management role of the owner in different types of construction contract for process plant. **Total Quality Management**. V 10, p. 401 – 411 .1999.

FLANAGAN, R.; NORMAN, G. **Risk management and construction**. London: Blackwell Science Ltd. 1993.

FONSECA, J. S. DA ; MARTINS G. DE A. ; **Curso de Estatística**. 3 ed. São Paulo: Atlas. 1987.

FRANCO, L. C. F. **SIMULCALC – Planilha eletrônica de simulação.** Dissertação (Mestrado em administração). Rio de Janeiro: COPPEAD – Instituto de Pós-graduação em administração – UFRJ. 1993.

FREUND, J. E.; SIMON, G. A. **Estatística aplicada: Economia, administração e contabilidade.** 9 ed. Porto Alegre: Bookman. 2000.

GITMAN, L. J. **Princípios de Administração Financeira.** 3 ed. São Paulo: Editora Harbra Ltda. 1987.

GOLDMAN, P. **Introdução ao Planejamento e Controle de Custos na Construção Civil Brasileira.** 3 ed. São Paulo: Pini, 1997.

GOMES, J, S. **Contabilidade para MBA.** São Paulo: Editora Campos. 2000.

GOODPASTURE, J. C. Adding probability to your “ Swiss Army Knife “. **30 th Annual Project Management Institute Seminars & Symposium.** Philadelphia, Pennsylvania, USA. 1999.

GROENENDAAL, W. J. H. V.; KLEIJNEN, J. P. C. On the assessment of economic risk: factorial design versus Monte Carlo methods. **Reliability Engineer and System Safety.** V 57, p. 91 – 102. 1997.

HAIMES, Y. Y. Risk Analysis, Systems Analysis, and Covey's Seven Habits. **30 th Annual Project Management Institute Seminars & Symposium.** Philadelphia, Pennsylvania, USA. 1999.

HILLSON, D. Developing Effective Risk Responses. **30 th Annual Project Management Institute Seminars & Symposium.** Philadelphia, Pennsylvania, USA. 1999.

KERZNER, H. Project Management – **A Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling.** Toronto, Canada: John Wiley & Sons, 1998.

KNEPELL, P. L.; ARANGNO, D. C. **Simulation validation : a confidence assessment methodology.** Califórnia : IEEE Computer Society Press. 1993.

KOPITKE, B. H.; HARTMENT, B. **Análise de investimentos: Matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão e estratégia empresarial.** São Paulo: Editora Atlas. 2000.

LIMA, A. A.; **Avaliando retorno, incerteza e risco em projetos de investimento. O caso: empreendimento imobiliário baseado em shopping center.** Niterói, 2000. Dissertação (Mestrado em engenharia de produção). Centro Tecnológico da Universidade Federal Fluminense.

LIMA JÚNIOR, J. R. **Formação de taxa de retorno em empreendimentos de base imobiliária.** Boletim técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo: Escola Politécnica da USP. Departamento de engenharia de construção civil. 1998.

LIMMER, C. V. **Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos e Obras**. Rio de Janeiro: Livros e Técnicos e Científicos, 1997.

LYONS, T.; SKITMORE, M. Project risk management in the Queensland engineering construction industry : a survey. **International Journal of Project Management**. Article in press. Disponível em 29/09/2003. P. 01 – 11. 2003.

MARSEGUERRA, M.; ZIO, E. Monte Carlo approach to PSA for dynamic process systems. **Reliability Engineer and System Safety**. V 52, p. 227 – 241. 1996.

MEYER, P. M. **Probabilidade e suas aplicações à estatística**. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos. Editora S.A. 1980.

MONETTI, E. **Análise de riscos do investimento em shopping centers**. São Paulo, 1996. Tese (Doutorado em engenharia civil). Escola Politécnica da USP.

MORANO, C. A . R. **Aplicação das técnicas de análise de risco em projetos de construção**. Niterói, 2003. Dissertação (Mestrado em engenharia civil). Centro Tecnológico da Universidade Federal Fluminense.

MOREIRA, A. L. **Princípios da engenharia de avaliações**. São Paulo: Editora Pini. 2001.

NAYLOR, T. H.; BALINTFY, J. L.; BURDICK, CHU, K. **Técnicas de simulação em computadores**. São Paulo: Editora Vozes Ltda. Tradução autorizada de John Wiley & Sons. 1971.

PAPADRAKAKIS, M.; PAPADOPOULOS, V. Robust and efficient methods for stochastic finite element analysis using Monte Carlo Simulation. **Computer methods in applied mechanics and engineering**. V 134, p. 341 – 350 .1996.

PILÃO, N. E.; HUMMEL, P. R. V. **Matemática financeira e engenharia econômica: A teoria e prática da análise de investimentos**. São Paulo: Editora Pioneira Tompson. 2000.

PIZZOLATO, N. D. **Planejamento Econômico**. Niterói: UFF-TPC. 2003.

(Notas de aula do curso de mestrado em engenharia civil) .

Project Management Institute. **PMBOK – Project Management Body of Knowledge**. Trad. Project Management Institute – Minas Gerais Chapter. Belo Horizonte, Project Management Institute – Minas Gerais Chapter, 2000.

RAFTERY, J. **Risk Analysis in Project Management**. London: E & FN SPON, 1994.

RAZ, T.; MICHAEL, E. Use and benefits of tools for project risk management. **International Journal of Project Management**. V 19,N 1, p. 9 – 17 . 2001.

RODRIGUES, V. V. **Modelo de Análise de Risco Aplicado a Estudos de Viabilidade para Construção e Incorporação de Prédios Residenciais**. Niterói, 2001. Dissertação (Mestrado em engenharia civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal Fluminense.

RUBISTEIN, R. Y. **Simulation and the Monte Carlo Method**. USA: John Wiley & Sons. 1981.

SALIBY, E. **Os dados e sua natureza**. Rio de Janeiro: Série Relatórios COPPEAD/ UFRJ - nº 181. 21p. 1987.

SALIBY, E. **Aplicação da amostragem descritiva na análise de risco**. Rio de Janeiro: Série Relatórios COPPEAD/ UFRJ - nº 185. 16p. 1987.

SALIBY, E. **Amostragem descritiva: Uma nova abordagem em simulação**. Rio de Janeiro: Série Relatórios COPPEAD/ UFRJ - nº 191. 37p. 1987.

SARAIVA, J. M. F. **Matemática aplicada à engenharia civil**. Niterói: UFF-TPC. 2002 . (Notas de aula do curso do mestrado em engenharia civil) .

Shimizu, T. **Simulação em computador digital**. São Paulo: Editora Edgard Blucher. 1975.

SILVA, C. M. **Aplicação do modelo de project finance em projetos de infra-estrutura**. Brasília, 2001. Monografia (MBA em administração financeira). FGV.

THEVENDRAN, V.; MAWDESLEY, M. J. Perception of human risk factors in construction projects : an exploratory study. *International Journal of Project Management*. Article in Press. Disponível em 29/09/2003. P. 1 – 7. 2003.

VALERIANO, D. L. **Gerência em projetos: Pesquisa, desenvolvimento e engenharia**. São Paulo: Makron Books. 1998.

WARD, S. C. Assessing and managing important risks. *International Journal of Project Management*. V 17, N 6 , P. 331 – 336. 1999.

WARD, S. C.; CHAPMAN, C. Transforming project risk into project uncertainty management. ***International Journal of Project Management***. V 21. N 2 . P. 97 – 105. 2003.

WILLIAMS, Y. Towards realism in network simulation. ***The International Journal of Management Science***. V 27, p. 305 – 314 . 1999.