



Revista da Sociedade Brasileira de Engenharia de Avaliações

## SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO CONSIDERANDO DEPENDÊNCIA ENTRE VARIÁVEIS EM ANÁLISE DE INVESTIMENTOS IMOBILIÁRIOS

*Monte Carlo simulation considering variable dependency in real estate investments*

**Eduardo Fujiwara Cerávolo**

<http://orcid.org/0000-0000-0000-0000>

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC),  
Florianópolis, Brasil  
eduardo.fujic@gmail.com

**Norberto Hochheim**

<http://orcid.org/0000-0003-4670-4831>

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC),  
Florianópolis, Brasil  
hochheim@gmail.com

### RESUMO

Frente às incertezas provocadas pela instabilidade do mercado brasileiro nos últimos anos e à longa duração e inflexibilidade característicos dos projetos de construção civil, é essencial que seja feita uma análise econômico-financeira adequada considerando os principais fatores internos e externos ao projeto, as suas possíveis variações ao longo do tempo e as consequências disso no resultado do empreendimento. O objetivo deste trabalho é analisar como as correlações que podem existir entre as variáveis consideradas num modelo de simulação de Monte Carlo afetam os resultados de uma análise de investimento imobiliário. Também é apresentada uma forma de considerar a incerteza na taxa de desconto a partir de observações de mercado. Para alcançar estes objetivos são estudados os processos envolvidos na obtenção dos dados e na definição dos parâmetros a serem usados no modelo, delimitando faixas de variação para as principais variáveis do projeto, num estudo de caso desenvolvido para um empreendimento comercial na cidade de Florianópolis. As simulações de Monte Carlo permitiram estudar as probabilidades de concretização das diferentes faixas de resultados, concluindo que, segundo os parâmetros usados, este investimento tem baixo risco e alta probabilidade de ser atrativo ao investidor.

**Palavras-Chave:** Planejamento; Análise de viabilidade; Análise econômico-financeira; Simulação de Monte Carlo.

### ABSTRACT

Considering the uncertainties caused by the Brazilian market instability in recent years and the civil construction projects' characteristic long duration and inflexibility, it is essential that an adequate financial-economic analysis be conducted considering the main internal and external factors, their possible variations over time and the consequences of these in the investments' results. This work seeks to describe the elaboration of cash flow simulation model for a commercial building in Florianópolis and the posterior scenario analysis using numeric methods. In order to achieve this, the processes involved in the obtainment of data and the definition of the parameters used in the model are studied and variation intervals are delimited for the project's main variables. Afterwards, their influence in the formation of the results and the project's capacity to support their variation. Lastly, Monte Carlo simulations will generate thousands of different scenarios with the purpose of studying the materialization probabilities of the possible results. By applying these processes, it was possible to estimate the most probable results and to conclude that, under the assumed parameters, the investment has a low risk and high probability of being attractive to the investor.

**Keywords:** Planning; Feasibility study; Financial-economic analysis; Monte Carlo simulation.

Preenchimento dos Editores

#### INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

Submetido em 15/04/2022  
Publicado em 15/06/2022

Comitê Científico Interinstitucional  
Editor-Responsável: Carlos Augusto Zilli  
(SEER/OJS – Versão 3)



## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil é de extrema importância para a economia brasileira. Segundo a CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC, 2016), o setor é atualmente responsável por cerca de 6,5% do Produto Interno Bruto brasileiro (PIB) e 8% do total de empregos no país. É necessário entender as peculiaridades dessa área para aprimorar seus processos de gestão e planejamento. De acordo com LIMA JUNIOR (2004, p. 58), empreendimentos do setor costumam se desenvolver em horizontes longos, aumentando os riscos do projeto pois há maior chance de ocorrerem erros de desenvolvimento ou mudanças no mercado, além disso esses empreendimentos têm uma “rigidez estrutural” com poucas possibilidades de ajuste de rota, caso seja necessário adaptar o produto a uma nova situação.

As características citadas fazem com que os empreendimentos desse mercado sejam especialmente vulneráveis a variações bruscas na economia. Com a queda recente nos investimentos e a diminuição do poder de compra do consumidor brasileiro, o setor imobiliário sofreu grandes perdas. O PIB nacional decresceu 3,2% durante os três primeiros trimestres de 2015 e essa retração econômica teve grande impacto no mercado. Segundo dados da CBIC (2016), o número de unidades lançadas no mercado imobiliário da cidade de São Paulo no período foi cerca de 28% menor do que no anterior e o Valor Acrescentado Bruto (VAB) da construção civil no Brasil acumulou queda de 5,5% até o fim do primeiro semestre de 2015.

Diante deste cenário e do crescimento constante da concorrência nos níveis local e internacional, é essencial planejar com prudência a fim de otimizar a geração de recursos e entender os riscos, considerando não somente os estruturais ou internos ao desenvolvimento do projeto, mas também os riscos (e oportunidades) provenientes das mudanças nas condições mercadológicas.

Análises de risco de projetos são, de forma geral, baseadas em interpretações do comportamento do mercado para um determinado período e existem inúmeras formas de conduzi-las. Frente ao grande conjunto de incertezas estudado nestas análises, estudos de sensibilidade e métodos numéricos como a Simulação de Monte Carlo podem ser ferramentas valiosas para auxiliar no processo de tomada de decisões.

Inúmeras propostas encontradas na literatura usam a simulação de Monte Carlo considerando total independência entre as variáveis que compõem o fluxo de caixa, o que não proporciona uma real medida do risco envolvido no projeto de investimento.

Assim, o objetivo principal deste trabalho é analisar a viabilidade econômico-financeira de um empreendimento comercial, estudando a influência das principais variáveis internas e externas ao projeto e utilizando a Simulação de Monte Carlo para determinar as probabilidades de ocorrência dos possíveis resultados. Serão consideradas situações de dependência parcial entre as variáveis e análises para situações de total dependência e independência entre elas também serão feitas.

Como objetivo secundário, pretende-se mostrar como medir no mercado a variação que a taxa de desconto pode ter durante o horizonte de tempo usado na análise, considerando-se situação de incerteza.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. CUSTO MÉDIO PONDERADO (CMP) DO CAPITAL

De acordo com a definição de Finnerty (1996), o Custo Médio Ponderado (CMP) é obtido através da média ponderada dos custos do conjunto de financiamentos necessários para que um projeto seja executado, independente da sua constituição e dos tipos de financiamento, sejam eles provenientes de capital próprio ou empréstimos.

Para Crundwell (2008) O CMP é um custo financeiro do capital investido, ou seja, o custo tido ao obter financiamento para começar e manter um negócio. O custo financeiro e o custo econômico de um projeto não devem ser aplicados a um modelo de simulação simultaneamente, mas é interessante que sejam feitas análises considerando separadamente os dois.

O mesmo autor explana que o custo do financiamento varia com o seu tipo. No caso de empréstimos, o custo do financiamento se dá pela incidência dos juros, que é o retorno que os credores esperam, descontando as deduções de imposto aplicáveis. O custo do capital próprio depende de condições mercadológicas e do entendimento dos investidores acerca do risco da empresa relativo ao risco do mercado. Crundwell (2008) apresenta a seguinte fórmula para cálculo do CMP, onde E é o valor do capital

próprio investido, RE representa o custo do capital próprio, D é o valor do débito e RD representa o custo do débito (taxa de juros):

$$CMP = \left( \frac{E}{E + D} \right) * R_E + \left( \frac{D}{E + D} \right) * R_D \quad (1)$$

## 2.2. CAPITAL ASSET PRICING MODEL (CAPM)

O *Capital Asset Pricing Model* (CAPM) é um método para calcular o custo do capital próprio, levando em consideração o risco de investimentos no mercado atual e a valorização esperada para o capital da empresa. Seguindo este método, o custo do capital próprio pode ser calculado pela seguinte expressão, na qual  $R_E$  é o custo do capital próprio,  $R_F$  é a Taxa Livre de Risco,  $\beta$  é o beta da empresa ou mercado em análise e  $(R_M - R_F)$  é o Prêmio de Risco de Mercado:

$$R_E = R_F + \beta(R_M - R_F) \quad (2)$$

Crundwell (2008) diz que, na prática, é costume usar títulos governamentais de 10 anos ou mais porque este é um horizonte de tempo mais parecido com o dos investimentos avaliados.

O beta é um índice de volatilidade, que relaciona o retorno do mercado ao retorno do setor ou empresa em análise. Pode-se obtê-lo fazendo uma regressão linear da variação do mercado em comparação com a variação do preço das ações da empresa (ou empresas do setor).

O Prêmio de Risco de Mercado pode ser calculado comparando valores históricos dos retornos do mercado (no Brasil pode-se usar o Ibovespa) e da Taxa Livre de Risco. Isto é feito calculando-se uma média aritmética ou geométrica das diferenças de retorno entre estas taxas. Apesar disso, Kives (2004) observa que “a estimativa do prêmio de risco em países emergentes através dessa abordagem é problemática, em função do reduzido período de dados confiáveis”, além do fato de estes mercados costumarem ter alta volatilidade.

Há também outros métodos para estimar o Prêmio de Risco de Mercado. Damodaran (2016) calcula este valor para um ‘mercado maduro’ e estima um prêmio de risco adicional, baseado no risco do país em análise. A estimativa do Prêmio de Risco do Mercado ‘maduro’ é normalmente feita para o índice S&P 500, do mercado dos EUA.

O autor, então, toma a diferença entre o *spread* do *Credit Default Swap* (CDS) de um título governamental padrão do país analisado e do ‘mercado maduro’ como o prêmio de risco do país. Caso este dado não esteja disponível, calcula a média das diferenças entre os *spreads* do CDS de países com a mesma classificação e do ‘mercado maduro’, utilizando esta média para todos os países com a mesma classificação.

Por fim, soma-se o valor obtido para o prêmio de risco do país ao Prêmio de Risco de Mercado calculado inicialmente para o ‘mercado maduro’, obtendo assim o Prêmio de Risco do Mercado em análise. Porém, como o próprio autor afirma, é provável que este prêmio, na realidade, seja maior que o *spread* do CDS, especialmente no curto prazo. Em vista disso é recomendado ajustá-lo multiplicando-o por um índice de volatilidade relativa, calculado dividindo o desvio padrão das variações do mercado pelo desvio padrão das variações do título governamental.

## 2.3. SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

Segundo Crundwell (2008), Simulação de Monte Carlo é uma técnica baseada na geração de números aleatórios e na teoria da probabilidade para resolver problemas que normalmente são difíceis de resolver utilizando outras técnicas. Este método pode ser usado, por exemplo, para gerar a distribuição do VPL de um fluxo de caixa cujos componentes são incertos.

Utilizando a técnica, ao invés de gerar um número limitado de resultados a partir dos cenários simulados, os cálculos são repetidos numa quantidade muito maior de cenários escolhidos aleatoriamente, com variáveis dentro de faixas de variação esperada. Inicialmente gera-se valores aleatório para os insumos do modelo através da sua função de distribuição, posteriormente calcula-se os resultados utilizando o modelo e, finalmente, repete-se os passos anteriores até que se gere uma função de distribuição para os resultados.

A distribuição das probabilidades de ocorrência das variáveis utilizadas como insumo no modelo pode ser uniforme, significando que a chance de cada uma acontecer é igual, ou não, assumindo outras formas.

A distribuição final pode ser discreta, caso haja uma quantidade fixa de possibilidades de resultado, ou contínua se houver um número infinito destas. No primeiro caso pode-se calcular a probabilidade do resultado ser igual a um dos valores possíveis. Na segunda deve-se calcular a probabilidade de o resultado estar dentro de uma faixa de possibilidades.

### 3. METODOLOGIA

A estrutura da análise de viabilidade conduzida neste estudo está apresentada na Figura 1 e as etapas indicadas nela estão descritas nos itens subsequentes.

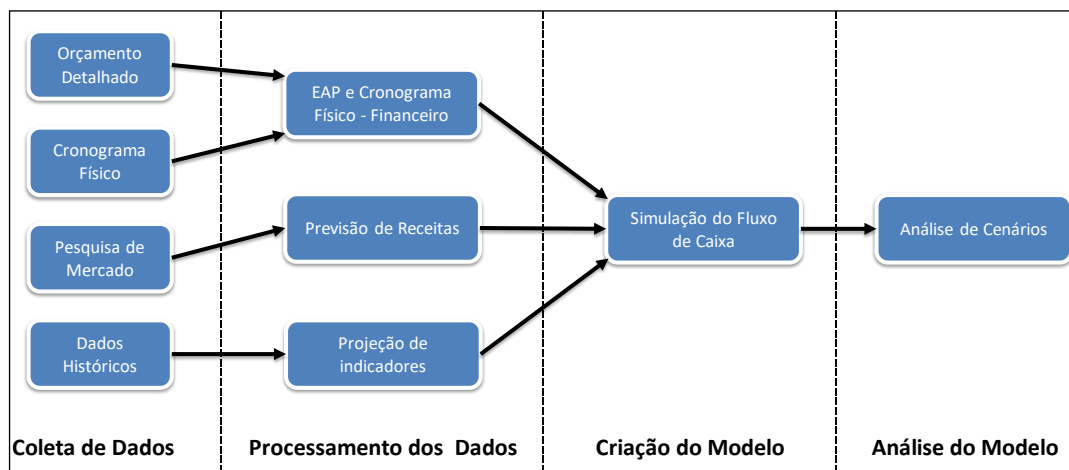


Figura 1 – Fluxograma do Estudo

#### 3.1. COLETA DE DADOS

Nesta etapa foi realizado o levantamento de todos os dados necessários ao desenvolvimento do estudo, incluindo informações acerca do projeto, da empresa que o conduz, do mercado local no qual está inserido e dos indicadores econômicos relevantes.

##### 3.1.1. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O empreendimento sobre o qual será feita a análise situa-se na cidade de Florianópolis (SC). Trata-se de um edifício comercial de alto padrão com salas em 12 pavimentos, vagas de garagem para todas as salas, duas lojas no pavimento térreo e um estacionamento rotativo nos subsolos. O empreendimento está localizado em uma área nobre e em expansão, de fácil acesso viário e conexão com as demais áreas da cidade.

O projeto possui um investidor privado único e não há intenção de se financiar parte dele por meio de empréstimos. Parte dos custos será abatida com transações envolvendo permuta de unidades e haverá oferta de várias delas a preço de custo com o objetivo de melhorar as condições financeiras ao longo do desenvolvimento do empreendimento, mas não são previstas ofertas de participação nos lucros ou quaisquer tipos de sociedade.

##### 3.1.2. ORÇAMENTO

Visto que o empreendimento encontrava-se em desenvolvimento, os projetos, orçamento e planejamento estavam concluídos e foram disponibilizados para este estudo. O empreendimento conta com um orçamento com 5 níveis de detalhamento, tendo sido elaborado por empresa terceirizada com base nos projetos detalhados.

Este orçamento é composto por 2659 itens. Na Tabela 1 pode-se verificar o orçamento com apenas o primeiro nível de detalhamento e os custos de cada item.

Tabela 1 – Orçamento Resumido

Código	Descrição	Preço	% do Total
1	DESPESAS INICIAIS	R\$ 11,463,119.72	31.84%
2	SERVIÇOS TÉCNICOS	R\$ 211,027.85	0.59%
3	INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS E EQUIPAMENTOS	R\$ 419,929.36	1.17%
4	SERVIÇOS PRELIMINARES	R\$ 44,512.01	0.12%
5	SERVIÇOS EM TERRA	R\$ 747,368.05	2.08%
6	FUNDAÇÕES	R\$ 3,468,398.07	9.63%
7	ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	R\$ 5,176,909.63	14.38%
8	ESTRUTURAS	R\$ 128,478.31	0.36%
10	PAREDES	R\$ 1,534,869.88	4.26%
12	IMPERMEABILIZAÇÕES	R\$ 301,272.38	0.84%
13	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS (ALIMENT. E QUADROS)	R\$ 524,897.96	1.46%
14	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS, TELECOM E PREVENTIVO	R\$ 1,734,004.40	4.82%
15	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS - ÁGUA FRIA	R\$ 23,354.50	0.06%
16	SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO E EXAUSTÃO	R\$ 259,526.75	0.72%
17	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS - ESGOTO + PLUVIAL	R\$ 150,071.40	0.42%
18	REVESTIMENTOS FORROS	R\$ 283,291.22	0.79%
19	REVESTIMENTO PAREDES	R\$ 1,183,300.96	3.29%
20	ESQUADRIAS METÁLICAS	R\$ 2,374,130.42	6.59%
21	ESQUADRIAS DE MADEIRA	R\$ 290,667.32	0.81%
23	REVESTIMENTOS E PAVIMENTAÇÕES	R\$ 1,716,133.77	4.77%
24	PINTURAS	R\$ 1,389,343.00	3.86%
25	LOUÇAS E METAIS	R\$ 86,528.92	0.24%
26	MOBILIÁRIO	R\$ 250,150.75	0.69%
27	SERVIÇOS COMPLEMENTARES (INCLUI ELEVADORES)	R\$ 1,855,088.13	5.15%
30	ENTREGA DE OBRA	R\$ 54,586.23	0.15%
32	CUSTOS ADMINISTRATIVOS DIRETOS E INDIRETOS	R\$ 91,300.00	0.25%
33	COMPLEMENTAÇÃO DE ORÇAMENTO	R\$ 238,342.61	0.66%
<b>Total</b>		<b>R\$36,000,603.58</b>	<b>100%</b>

### 3.1.3. CRONOGRAMA FÍSICO

Foi disponibilizado para este estudo o cronograma físico do empreendimento, contendo a duração de cada atividade e suas datas de início e fim. Atividades já concluídas estão descritas no cronograma conforme a sua duração real e não a previsão inicial.

A duração total prevista para a construção é de 44 períodos ou 3 anos e 8 meses.

### 3.1.4. DADOS HISTÓRICOS

#### 3.1.4.1. VARIAÇÃO DO CUB E INFLAÇÃO

As variações mensais do CUB foram obtidas na página da internet do Sindicato da Indústria da Construção Civil (SINDUSCON, 2016) da Grande Florianópolis e as variações do IPCA da página do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016). Foram consideradas as variações mensais desde janeiro de 2008.

Durante este período, nota-se que o CUB cresceu cerca de 17% a mais do que o IPCA. Enquanto a média de variação mensal deste foi de 0,53%, a média de variação daquele foi de 0,63%. Devido a esta discrepância entre a inflação e a variação do CUB, foi considerada uma taxa de 0,1% ao mês para correção dos custos e receitas do empreendimento.

#### 3.1.4.2. RENTABILIDADE DO MERCADO E APLICAÇÕES DE BAIXO RISCO

A rentabilidade do mercado foi estudada por meio da variação do Ibovespa, os dados históricos relativos à variação do índice podem ser encontrados na página da BM&F Bovespa (2016) na internet. A análise do título do tesouro público prefixado de 10 anos é interessante pois seu valor agrega a expectativa do governo de evolução da inflação nos próximos anos, enquanto investimentos indexados omitem estas estimativas.

Assim, a comparação foi feita entre a variação do Ibovespa e a rentabilidade do primeiro título. As taxas de rentabilidade do tesouro prefixado de 10 anos foram obtidas através do site Investing (2016). A Tabela 2 apresenta as taxas anuais do mercado e do título público.

Ano	Tesouro Pref. 10 anos	Ibovespa
2006	12.57%	32.93%
2007	13.08%	43.65%
2008	12.97%	-41.22%
2009	12.79%	82.66%
2010	12.43%	1.04%
2011	11.23%	-18.11%
2012	9.55%	7.40%
2013	13.40%	-15.50%
2014	11.97%	-2.91%
2015	16.00%	-13.31%

Tabela 2 – Rentabilidades do Mercado e Título Público

Enquanto a rentabilidade do título público teve média de 12,6% a.a. e chegou a um valor máximo de 16% no período, o Ibovespa teve média de 7,66% a.a. e atingiu 82,66% de valorização em 2009. Além disso, o primeiro teve rentabilidade positiva em todos os anos e o Ibovespa decresceu 41,22% em 2008.

Sabe-se que a economia brasileira esteve bastante volátil nos últimos anos, apresentando grande crescimento até 2008, ano da “Crise do Subprime”, mas tendo resultados fracos desde então. O mercado da construção civil foi especialmente afetado, tanto pelos períodos ruins quanto pelos de crescimento.

A Tabela 3 apresenta as variações das ações de cinco empresas do ramo imobiliário e da construção civil, bem como a média aritmética destas no ano. Estes dados foram obtidos através da página da Revista Exame (2016) na internet.

Ano	Cyrela	Brasil Brokers	Tecnisa	Gafisa	MRV	Média
2008	-61.93%	-87.25%	-69.73%	-68.23%	-74.16%	-72.26%
2009	170.11%	294.78%	213.85%	172.34%	338.58%	237.93%
2010	-8.77%	52.20%	8.82%	-13.82%	13.73%	10.43%
2011	-30.70%	-40.38%	-7.32%	-64.93%	-30.62%	-34.79%
2012	22.85%	27.67%	-17.13%	14.33%	16.50%	12.84%
2013	-17.21%	-10.08%	11.14%	-18.31%	-27.15%	-12.32%
2014	-20.72%	-46.51%	-54.35%	-36.28%	-6.97%	-32.97%
2015	-29.78%	-48.22%	-26.59%	10.65%	21.33%	-14.52%

Tabela 3 – Variação das ações de empresas do ramo imobiliário e de construção civil

### 3.2. PROCESSAMENTO DE DADOS

A partir das informações contidas no orçamento e no cronograma físico, associou-se aos custos levantados os períodos nos quais tais custos incidirão no fluxo de caixa do projeto.

O cronograma físico-financeiro do projeto engloba todos os custos discriminados na Estrutura Analítica do Projeto (EAP) e também os custos indiretos ou que não estão relacionados a alguma atividade da construção do empreendimento, como por exemplo o custo do terreno. Nesta etapa foram geradas as Curvas S de custos da construção e do projeto.

A quantidade de vendas por período e o valor das unidades foram estimados com base nas informações obtidas durante a pesquisa de mercado, as características do projeto e dados fornecidos pela empresa. Além disso, a quantidade de vendas por período foi constante à partir do início das vendas.

Para facilitar a análise, todas as salas foram consideradas iguais e o seu valor igual à média dos valores das salas reais, descontando comissões, descontos da negociação e impostos. Eventuais permutas foram incluídas no modelo como vendas com o preço ajustado. As condições de pagamento das salas também foram iguais e divididas em um número fixo de parcelas.

#### 3.2.1. CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO

Criou-se, à partir do cronograma físico a Estrutura Analítica do Projeto (EAP). Em seguida, cada um dos custos do orçamento detalhado de cinco níveis foi manualmente associado a atividades da EAP.

Certos itens do orçamento não puderam ser atribuídos a nenhuma atividade especificada na EAP, como os gastos com vizinhos, segurança de obra, publicidade, compra de terreno e outros. Para estes, foram criadas novas 'atividades' e a sua duração foi estimada separadamente.

Esta EAP contém 863 itens considerados como atividades de construção do empreendimento e outros 12 itens que descrevem custos extras, necessários ao projeto mas que não estão diretamente relacionados à construção. Como alguns destes custos devem ocorrer antes do início da obra, os períodos de início e fim das demais atividades tiveram de ser reajustados. Os 12 itens mencionados podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4 – Atividades Externas

n	Código	Atividade	Custo (R\$)	Início	Fim
1	EXT.01	Compra do Terreno e Formação da Sociedade	\$ 4,706,986.79	0	0
2	EXT.02	Projetos	\$ 655,935.70	1	7
3	EXT.03	Alvarás, Licenças, Renovações e Registro	\$ 31,464.06	1	7
4	EXT.04	Custos Indiretos	\$ 6,013,733.18	8	51
5	EXT.05	Publicidade	\$ 115,000.00	8	51
6	EXT.06	Gastos com Vizinhos	\$ 86,261.40	8	51
7	EXT.07	Consultoria e Assessoria Técnica	\$ 59,890.07	8	51
8	EXT.08	Segurança de Obra	\$ 26,400.00	8	51
9	EXT.09	Equipamentos de Proteção de Obra	\$ 185,682.38	8	51
10	EXT.10	Despesas Gerais	\$ 149,230.58	8	51
11	EXT.11	Entrega de Obra	\$ 253,150.75	51	51
12	EXT.12	Pós-obra	\$ 238,342.61	52	111

A previsão dos custos foi feita com base nestes dados. Nesta previsão, o custo de uma atividade foi dividido igualmente entre os períodos nos quais ela se desenvolve. Assim foi obtido o cronograma físico-financeiro do projeto.

A Figura 2 representa a Curva S de todos os custos do projeto, incluindo os itens que não estão diretamente ligados a atividades de construção. Como estes estão, em sua maior parte, distribuídos uniformemente ao longo do projeto eles contribuem para que o crescimento da curva seja mais uniforme também. Neste gráfico não foram representados os custos relativos ao pós-obra.

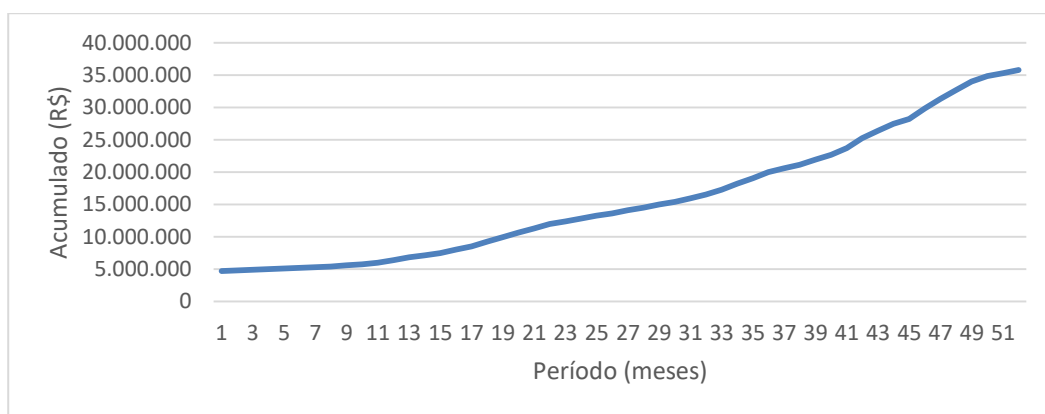


Figura 2 – Curva S dos Custos do Projeto

### 3.2.2. PREVISÃO DAS RECEITAS

Há um total de 138 salas, cujos valores variam entre R\$220.000,00 e R\$2.840.000,00 na tabela de preços do empreendimento, sendo a média igual a R\$487.728,62. O valor de venda para uma das lojas no térreo do empreendimento é de R\$2.400.000,00, a outra foi vendida no início do projeto. Por ser maior e estar em uma localização mais privilegiada, estima-se que o valor desta seja 25% mais alto. O estacionamento rotativo foi vendido no fim do primeiro ano do projeto por um valor de R\$1.430.000,00, atualizado conforme a média da inflação nos últimos anos.

No cenário referencial serão consideradas 6 vendas de sala por período à partir do início das vendas. O início das vendas se dará na metade da construção do empreendimento, ou seja, no período 29. Sobre o valor de venda das salas será descontado inicialmente 5% do total, relativo à margem de negociação. Em

seguida há um desconto de mais 5%, relativo à comissão dos vendedores. Por fim, paga-se uma taxa de 4% do faturamento como imposto de renda, considerando que a empresa opta pelo Patrimônio de Afetação sob Regime Especial de Tributação. Os valores finais podem ser observados na Tabela 5.

Todas as unidades negociadas antes deste período serão consideradas vendas antecipadas, as quais serão vendidas com desconto visto que o objetivo destas não é gerar lucro e sim reduzir a necessidade de injeção de capital. Este preço foi arbitrado como sendo 60% do valor de venda. O valor descontado, considerado para as vendas antecipadas, será assim igual a R\$292.637,17, subtraindo-se o mesmo imposto considerado para as outras salas o valor obtido é igual a R\$280.931,69.

Sabe-se que a loja 2, o estacionamento rotativo e algumas salas foram vendidas no início do projeto, antes do período 29. Além disso, parte do custo do terreno foi negociado como permuta. Nas simulações, será considerado que dez salas serão vendidas no período inicial, o que abaterá uma parcela do custo de aquisição do terreno como em uma permuta. Cinco salas serão vendidas após a finalização dos projetos, uma por período e a partir do oitavo período, assim como a loja 2.

Considerando o mesmo desconto das salas para estimar o valor da primeira loja, também vendida antecipadamente, obtém-se R\$1.728.000,00. Os valores de todas as receitas do projeto, já descontados os impostos, estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 5 – Desconto, Comissão e Impostos

Média	\$	487,728.62
Desconto e comissão	\$	47,553.54
Imposto	\$	19,509.14
<b>Valor final</b>	<b>\$</b>	<b>420,665.94</b>

Tabela 6 – Valores das Receitas

<b>Estacionamento</b>	<b>\$</b>	<b>1,372,800.00</b>
<b>Loja 1</b>	<b>\$</b>	<b>2,079,360.00</b>
<b>Loja 2</b>	<b>\$</b>	<b>1,728,000.00</b>
<b>Salas</b>	<b>\$</b>	<b>420,665.94</b>

O pagamento de ambas as lojas, do estacionamento rotativo e das salas com venda antecipada será feito com uma entrada de um terço do valor total seguido de dez parcelas iguais sem juros, considerando reajustes conforme a inflação e a variação do CUB. O estacionamento rotativo será vendido após o primeiro ano do projeto, no período 13.

### 3.3. CRIAÇÃO DO MODELO

O fluxo de caixa do projeto foi construído de maneira a facilitar a análise de diferentes cenários, construídos à partir da modificação das variáveis estudadas. Ele apresenta os influxos e efluxos de capital ao longo da duração do empreendimento, bem como explicita a movimentação de caixa nos períodos. Assim, foi capaz de simular os efeitos de cada um dos fatores estudados nos resultados do empreendimento.

Visto que o projeto sob avaliação tem longa duração, é fundamental, para que o modelo apresente resultados coerentes, que a taxa de desconto seja definida de forma prudente, pois esta tem grande influência em projetos com esta característica.

Pode-se usar como taxa de desconto o custo de oportunidade ou o Custo Médio Ponderado do Capital. Assim, pode-se definir a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de uma empresa com base nas outras possibilidades de investimento disponíveis ou adotar a taxa de rendimento de uma aplicação de baixo risco e posteriormente ajustá-la para refletir o risco do projeto.

Visto que este estudo não abrange os demais projetos dos investidores deste empreendimento e que o cálculo do CMP é feito, segundo os métodos apresentados, à partir de uma Taxa Livre de Risco, espera-se que o valor da última taxa seja mais alta que a primeira. Portanto, as taxas de desconto consideradas na análise são definidas pelo CMP.

#### 3.3.1. ELABORAÇÃO DO FLUXO DE CAIXA

O modelo foi elaborado de forma a evidenciar o influxo e efluxo de capital em cada período, facilitando a obtenção dos indicadores de qualidade do projeto (TIR, VPL e tempo de retorno). O nível de detalhamento dos custos foi reduzido significativamente, sendo a maioria destes alocada no item “Custos de Obra” com a finalidade de simplificar o layout do modelo.

Os influxos foram divididos de acordo com a fonte do recurso em “Salas”, “Lojas”, “Estacionamento” ou “Financiamento”. Como foi previamente definido que não haveria empréstimos na realização do projeto, o



valor do último item foi igual a zero em todos os períodos mas, caso haja necessidade, uma simulação que inclua este item pode ser prontamente conduzida.

### 3.3.2. DEFINIÇÃO DA TAXA DE DESCONTO

A taxa de desconto a ser usada na análise será o Custo Médio Ponderado do Capital (CMP). Como neste caso não há financiamento, o custo é representado somente pela taxa de custo do capital próprio, o qual pode ser calculado segundo o método CAPM pela expressão apresentada:

$$R_E = R_F + \beta(R_M - R_F) \quad (3)$$

A Taxa Livre de Risco (RF) utilizada será igual ao rendimento do título do tesouro público de 10 anos. Visto que o modelo desconsidera as variações provocadas pela inflação, o título escolhido é aquele indexado pela variação do IPCA. Segundo a página do Ministério da Fazenda (2016) na internet, esta taxa, em junho de 2016, foi igual a 6,11% ao ano.

O cálculo do beta requer uma comparação entre a variação do valor de mercado da empresa ou do setor e a rentabilidade dos títulos públicos. Foram encontradas dificuldades para se estabelecer um histórico do valor de mercado da empresa em análise pelo fato de esta não ser de capital aberto e o seu patrimônio ter variado muito nos últimos anos devido, inclusive, ao empreendimento em estudo.

Em vista disso, calculou-se um beta representativo para o setor imobiliário e de construção civil baseado na média das variações dos preços das ações das cinco empresas de capital aberto apresentadas na Tabela 3. Observando esta e a Tabela 2, nota-se que os anos de 2008 e 2009 foram bastante atípicos, exibindo variações excessivamente mais acentuadas que nos demais anos. Dessa forma optou-se por utilizar, no cenário referencial, o beta calculado com base nos dados dos últimos 6 anos, à partir de 2010.

A Figura 3 apresenta a relação entre estas médias e a rentabilidade do título prefixado de 10 anos. Nota-se que na equação da reta gerada por regressão linear, a inclinação desta é representada por 1,3815, sendo este o valor do beta calculado para esta amostra.

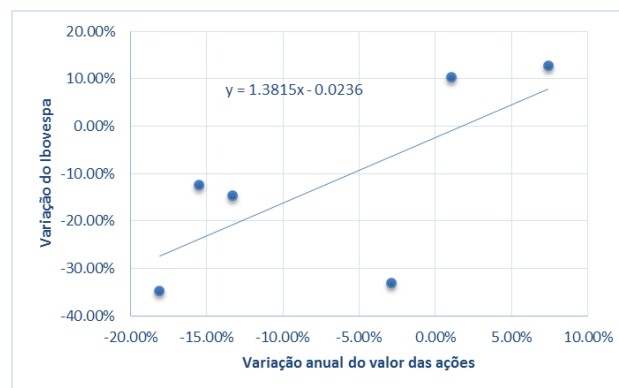


Figura 3- Variação do valor das ações x variação do Ibovespa

A última expressão a ser calculada para a estimativa do custo do capital próprio é o Prêmio de Risco do Mercado (RM – RF). Ao calcular a taxa da forma sugerida por Crundwell (2008), através da média aritmética da diferença de rentabilidade entre o Ibovespa e o título público prefixado de 10 anos desde 2006 obtém-se valores negativos. Nesta expressão, eles significam que, no período analisado, foi mais vantajoso investir em títulos públicos do que no mercado e que não vale a pena correr risco com estes investimentos.

Sabe-se, porém, que o desempenho econômico de um país não é linear, especialmente em períodos considerados 'de crise'. Adotar um Prêmio de Risco de Mercado negativo seria incorreto, pois tornaria o modelo de simulação inválido ao produzir uma taxa de desconto baixa demais, cuja consequência seria a obtenção de resultados excessivamente positivos e incoerentes.

Portanto, o método a ser utilizado na estimativa do Prêmio de Risco do Mercado será aquele baseado no spread do CDS de países com a mesma classificação de risco do Brasil, segundo a agência MOODY'S. Conforme publicado no site da agência, a classificação atual do Brasil é Ba2, de acordo com dados atualizados em fevereiro de 2016 por Damodaran (2016), a média do spread do CDS dos países com esta classificação é igual a 3,33%. Multiplicando-o por um índice de volatilidade relativa calculado para países

emergentes de 1,34 e somando o Prêmio de Risco do mercado americano obtém-se uma taxa de 10,71% ao ano para o Prêmio de Risco de Mercado no Brasil.

Utilizando os valores obtidos na expressão para cálculo do custo do capital próprio obtém-se uma taxa de 20,89% ao ano ou 1,59% ao mês, conforme demonstrado abaixo:

$$R_E = 6.11 + 1.38 * (10.71) = 20.89 \quad (4)$$

### 3.3.3. DEFINIÇÃO DAS VARIAÇÕES MÁXIMAS

Conforme cálculo apresentado no item anterior, o valor referencial do CMP, a ser utilizado como taxa de desconto do projeto, é de 1,59% ao mês. Este valor foi obtido considerando um beta cujo cálculo é baseado nas variações de mercado dos últimos 6 anos para o cenário referencial. Caso esta análise seja feita com as variações somente dos últimos 4 anos, a volatilidade estimada para o setor é relativamente menor do que a do mercado em geral, o que significa que o beta pode ter valor menor que 1 (0,87 neste caso), representando um cenário mais otimista (Figura 4, esquerda).

Por outro lado, foram excluídos da análise os anos 2008 e 2009 por apresentarem variações muito altas, mas observando o gráfico na Figura 4 (direita), observa-se que o ano de 2009 causa uma influência muito maior na amostra do que o ano de 2008. Nele, o ponto vermelho representa 2009 e a equação apresentada é a resultado da regressão linear dos demais pontos, considerando 2008. Desta forma, obteríamos um beta com o valor de 1,63, mais alto que o usado no cenário referencial.

Além disso, o Prêmio de Risco do mercado brasileiro foi calculado utilizando uma média do spread do CDS de países com a classificação Ba2 (e não o valor do brasileiro, que é cerca de 5,2%), por se entender que a agência Moody's classificou o país julgando que seu risco é parecido com os demais nesta categoria. Isto significaria que o risco do Brasil atualmente não é bem representado somente pelo spread do CDS, de acordo com a agência. Entretanto, este valor poderia ser adotado no cálculo do Prêmio de Risco do mercado brasileiro ignorando a classificação de risco do país, o que causaria um aumento da taxa de desconto calculada.

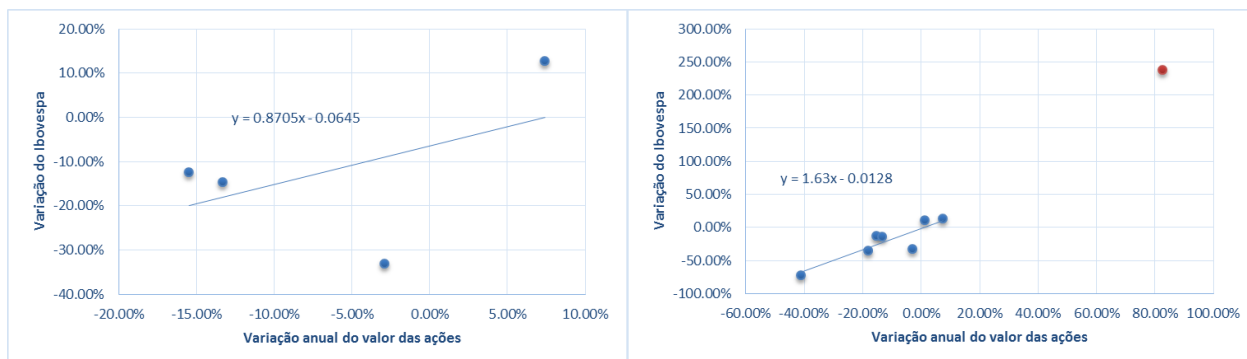


Figura 4 - Cálculo de beta analisando 4 (esq.) e 8 (dir.) anos

No cenário pessimista a taxa de desconto será calculada considerando o ano de 2008 no cálculo do beta e o spread do CDS dos títulos governamentais brasileiros para cálculo do Prêmio de Risco do mercado com o método de Damodaran.

Conforme descrito anteriormente, no cenário referencial haverá venda de 6 salas por período. Este valor pode variar muito dependendo do mercado, dos investimentos em promoção e das condições de pagamento entre outros fatores. A variação do preço das salas também costuma estar diretamente relacionada à quantidade de vendas: caso haja boa velocidade de vendas pode-se pensar em aumentar o preço do imóvel e, em um cenário de poucas vendas, um preço mais baixo pode atrair mais compradores. Assim, num cenário pessimista será considerado metade das vendas do cenário referencial por período e um preço 10% mais baixo, enquanto no cenário otimista as vendas serão duas vezes mais rápidas e o preço de venda 10% maior.

Assim como o valor de venda pode variar, também podem os custos do projeto. Segundo Ávila et al. (2003) orçamentos detalhados costumam ter margens de erro entre 5% e 10%, assim, será considerada uma variação de 10% nos custos do cenário pessimista e de -10% no otimista.

Tabela 7 – Valores usados nos cenários

	Cenário Pessimista	Cenário Referencial	Cenário Otimista
Taxa de Desconto	2.05%	1.59%	1.20%
Vendas / período	3	6	12
Var. do preço	-10.00%	0.00%	10.00%
Var. dos custos	10.00%	0.00%	-10.00%

A Tabela 7 apresenta os valores a serem usados em cada um dos cenários. Em todos os casos o número de parcelas será 120, havendo uma entrada de 10% e juros de 1% ao mês corrigidos de acordo com a inflação.

### 3.4. ANÁLISE DO MODELO

Nesta etapa do projeto são avaliados os indicadores de qualidade do empreendimento obtidos através de simulações sob diferentes circunstâncias. Os principais indicadores analisados foram a Taxa Interna de Retorno (TIR), o Valor Presente Líquido (VPL) e o Tempo de Retorno (Payback). As principais variáveis estudadas foram a taxa de desconto, representada neste caso pelo CMP, a quantidade de vendas por período, a variação no preço de venda das salas e a variação nos custos do projeto.

#### 3.4.1. ANÁLISE DO CENÁRIO DE REFERÊNCIA

A Figura 5 mostra o fluxo de caixa anual e os resultados obtidos na análise do cenário de referência. Observa-se que a TIR do projeto é maior que a taxa de desconto usada com uma boa margem de segurança, indicando viabilidade econômica do empreendimento sob estas condições, o que pode ser constatado também pelo fato de o VPL ser positivo. Apesar disso o longo Tempo de Retorno, de 77 meses, indica uma desvantagem deste investimento.

Simulação 1	Cenário Referencial								
	Período	0	1	2	3	4	5	10	14
		TIR*: 39.86%		VPL: \$8,698,969.60		T de Retorno: 7			
Influxos	\$4,267,927.79	\$ 2,342,120.57	\$ 3,033,630.14	\$10,013,675.14	\$ 9,431,492.76	\$ 8,702,800.29	\$6,389,084.92	\$ 44,299.42	
Financiamento	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Salas	\$ 3,515,643.48	\$ 264,017.28	\$ 2,337,128.52	\$ 8,460,351.95	\$ 9,431,492.76	\$ 8,702,800.29	\$6,389,084.92	\$ 44,299.42	
Estacionamento	\$ -	\$ 1,352,616.18	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Lojas	\$ 752,284.31	\$ 725,487.12	\$ 696,501.63	\$ 1,553,323.19	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Efluxos não-financeiros	\$6,596,494.85	\$ 4,202,167.11	\$ 6,670,457.18	\$12,003,843.95	\$ 3,423,836.84	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Terreno e Sociedade	\$ 4,706,986.79	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Projetos e Licenças	\$ 648,233.46	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Custos Indiretos	\$ 488,990.28	\$ 1,576,897.49	\$ 1,595,924.68	\$ 1,615,181.46	\$ 577,392.33	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Custos de Obra	\$ 752,284.31	\$ 2,625,269.62	\$ 5,074,532.50	\$10,388,662.49	\$ 2,356,662.55	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Entrega de Obra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 254,076.38	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pós-obra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 235,705.59	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Movimentação	\$2,328,567.05	\$1,860,046.54	\$2,626,837.03	\$1,950,158.91	\$6,007,655.91	\$8,702,800.29	\$6,389,084.92	\$44,299.42	
Valor Presente	\$2,328,567.05	\$1,339,261.07	\$2,490,574.05	\$1,127,860.39	\$2,817,467.76	\$3,377,546.98	\$962,328.66	\$3,129.22	
V.P. Acumulado	\$2,328,567.05	\$2,867,828.14	\$4,358,402.98	\$7,486,263.36	\$8,603,721.12	\$1,291,248.63	\$7,270,427.26	\$8,698,969.60	
Taxa de desconto	20.840%	20.840%	20.840%	20.840%	20.840%	20.840%	20.840%	20.840%	

Figura 5 – Cenário Referencial: fluxo anual e resultados

Nota-se que os valores das salas e os custos de projeto são atualizados pela taxa de 0,1%, obtido à partir da diferença entre as variações do CUB e do IPCA. Como esperado, o valor presente acumulado nos primeiros períodos é negativo, ainda que haja influxos devido a vendas antecipadas e permutas.

#### 3.4.2. SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

O objetivo aqui foi calcular as probabilidades de ocorrência dos possíveis VPLs para o empreendimento. Para isto foram feitas análises nas quais se estimou as distribuições de probabilidade para cada uma das 4 principais variáveis estudadas e diferentes níveis de correlação entre elas. Isto foi feito procurando aproximar as condições simuladas da realidade. Espera-se que a probabilidade de uma variável assumir um valor próximo ao do cenário referencial seja mais alta que de um valor extremo. Além disso, é suposto que, estando conectadas a um mesmo cenário econômico, haja uma relação entre estas variáveis.

As análises foram realizadas utilizando o modelo de simulação de fluxo de caixa já elaborado. Como a TIR pode assumir mais de um valor dependendo das movimentações financeiras ao longo do projeto, foi utilizado como indicador de qualidade do projeto somente o VPL.

### 3.4.2.1. ELABORAÇÃO DAS SIMULAÇÕES DE MONTE CARLO COM VISUAL BASIC

Foi criado um código no software Visual Basic para conduzir diversas simulações no modelo desenvolvido no Microsoft Excel utilizando valores gerados aleatoriamente para as variáveis. Posteriormente, foram feitos testes para observar os efeitos nos resultados de se correlacionar as variáveis de diferentes formas e alterar a sua distribuição de probabilidades.

Foram realizados testes considerando as variáveis independentes, parcialmente dependentes e totalmente dependentes. Com exceção daquele com variáveis dependentes e distribuição uniforme, foram realizadas 10.000 simulações para cada teste. As probabilidades foram simuladas usando distribuição uniforme ou normal, na qual um valor próximo da média tem mais chance de ser gerado do que um mais distante. Para obter esta distribuição é necessário que seja definida uma média e um desvio padrão para a amostra.

A média adotada é igual à mediana do intervalo entre os cenários otimista e pessimista e o desvio padrão foi arbitrado como sendo igual a metade da diferença entre esta média e os valores extremos das faixas de variação. Assumir estes parâmetros para a distribuição normal significa que a probabilidade de o valor gerado se encontrar dentro dos limites predefinidos é cerca de 95%. Além disso, assumindo uma média igual à mediana, os resultados são ligeiramente mais otimistas, mas os valores gerados terão maior probabilidade de estar entre o intervalo predefinido do que teriam caso fosse adotada uma média igual ao valor da variável no cenário referencial.

Em todos os testes com variáveis cujas distribuições são normais, excluiu-se da análise as simulações nas quais o valor gerado para as “vendas por período” foi menor que 1, evitando assim um número negativo ou nulo para as vendas. Assim, foram também desconsideradas as simulações nas quais este valor é maior que 15.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 DISTRIBUIÇÃO UNIFORME: VARIÁVEIS INDEPENDENTES E COMPLETAMENTE DEPENDENTES

O primeiro grupo de simulações foi feito considerando uma distribuição de probabilidades uniforme para todos os possíveis valores das quatro variáveis analisadas, ou seja, cada valor tem a mesma probabilidade de acontecer. Não foi assumida aqui nenhuma correlação entre as variáveis. O histograma obtido está apresentado na (Figura 6, esquerda)

Nota-se que a inclinação é maior em um dos lados da curva formada, isto se deve ao fato constatado nas análises de sensibilidade, que o efeito da taxa de descontos e das vendas por período afetam o VPL de forma não linear. O gráfico mostra que alterações no valor das variáveis têm mais impacto no resultado quando o VPL tem valores relativamente baixos.

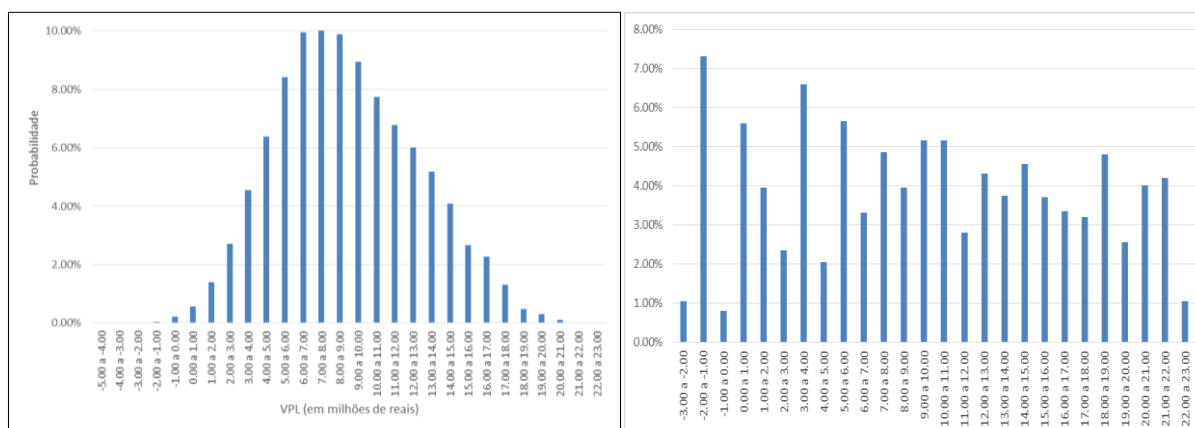


Figura 6 – Distribuição uniforme: variáveis independentes (esquerda) e dependentes (direita)

No segundo grupo de simulações foi considerado que a distribuição de probabilidades é uniforme e as variáveis são completamente dependentes entre si, variando de forma proporcional dentro de suas respectivas faixas de variação. Assim, quando uma das variáveis estiver no seu limite mais pessimista todas as outras estarão também e assim por diante.

Excepcionalmente neste caso, foram realizadas apenas 2.000 simulações pois, como as variáveis estão correlacionadas, há menos combinações possíveis entre elas. O histograma obtido está apresentado na Figura 6 (direita).

Constata-se que há um espalhamento com maior uniformidade do que nos resultados anteriores. Isto acontece porque a probabilidade de que um número próximo aos extremos das faixas de variação seja gerado é igual à de um número intermediário. Como há forte dependência entre as variáveis, os efeitos delas se somam tornando muito mais provável que um VPL relativamente alto ou baixo seja obtido.

#### 4.2 DISTRIBUIÇÃO NORMAL: VARIÁVEIS INDEPENDENTES E COMPLETAMENTE DEPENDENTES

Na situação de variáveis independentes não há correlação entre as variáveis. A figura 7 (esquerda) apresenta o histograma obtido. Nota-se que a distribuição dos resultados aproxima-se de uma distribuição normal e, como esperado, há mais resultados próximos da média do que nas simulações com distribuição uniforme. O histograma para a situação onde as variáveis são completamente dependentes obtido está apresentado na figura 7 (direita).

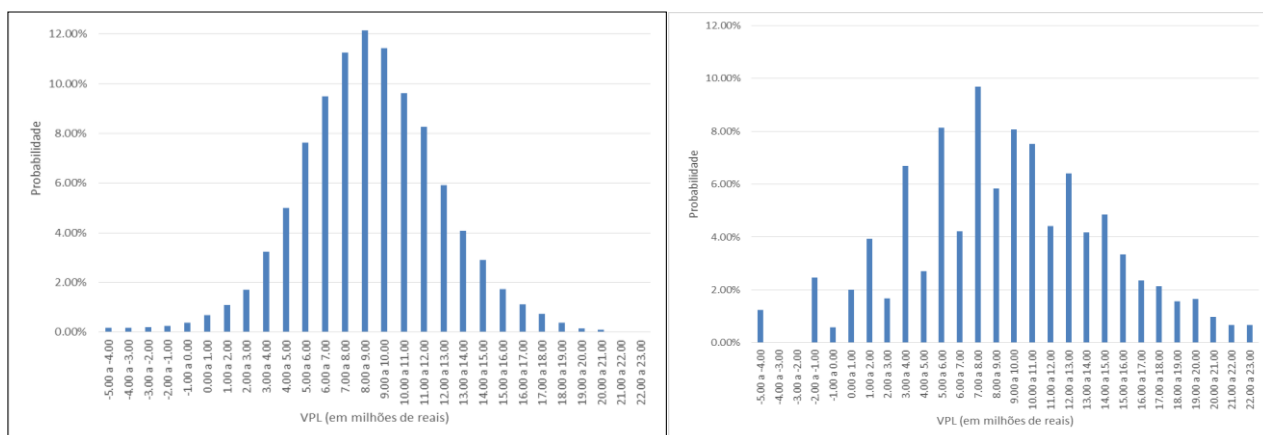


Figura 7 – Distribuição normal: variáveis independentes (esquerda) e dependentes (direita)

Comparando-o ao histograma obtido na análise com variáveis dependentes e distribuição uniforme, percebe-se uma maior concentração de resultados próximos à média.

Os intervalos com nenhum ou poucos resultados são causados pela variação expressiva que as mudanças de “venda por período” causam no resultado do empreendimento.

#### 4.3 VARIÁVEIS PARCIALMENTE DEPENDENTES COM DISTRIBUIÇÃO NORMAL

Nesta etapa também considerou-se distribuições normais de probabilidade para todas as variáveis, mas com dependência parcial entre elas. O valor da primeira variável é obtido calculando-o através de sua função de distribuição à partir de um valor gerado aleatoriamente entre 0 e 1, uma média igual ao valor da variável no cenário referencial e um desvio padrão, como nas análises anteriores. O das demais variáveis também é obtido de forma aleatória, mas as médias destas distribuições serão ajustadas dependendo do resultado da primeira. Estas médias serão iguais à média entre o valor no cenário referencial e o valor da variável caso ela fosse completamente dependente da primeira.

Para algumas variáveis, um valor alto representa um cenário mais otimista enquanto para outras o contrário ocorre. A fim de adequar as correlações, algumas fórmulas foram ajustadas de forma que o crescimento da primeira implique no decréscimo da segunda. Desta forma os valores obtidos para as demais variáveis serão afetados pelo primeiro valor gerado. O histograma obtido segundo estas condições está apresentado figura 8.

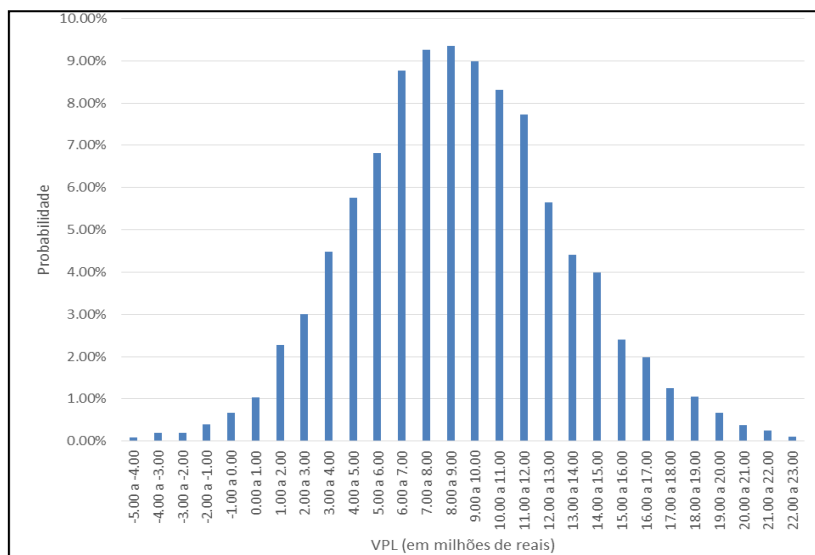


Figura 8 – Variáveis parcialmente dependentes e distribuição normal

#### 4.4 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

As probabilidades das faixas de VPL obtidas com as simulações estão apresentadas na tabela 8.

Tabela 8 – Resultados das simulações

Faixas de Resultados (milhões de reais)	Variáveis Independentes		Variáveis Parc. Dep.	Variáveis Dep.	
	Dist. Uniforme	Dist. Normal	Dist. Normal	Dist. Uniforme	Dist. Normal
-5.00 a -4.00	0.00%	0.17%	0.09%	0.00%	1.24%
-4.00 a -3.00	0.00%	0.17%	0.20%	0.00%	0.00%
-3.00 a -2.00	0.00%	0.20%	0.20%	1.05%	0.00%
-2.00 a -1.00	0.04%	0.24%	0.40%	7.30%	2.47%
-1.00 a 0.00	0.22%	0.38%	0.66%	0.80%	0.59%
0.00 a 1.00	0.56%	0.67%	1.03%	5.60%	2.01%
1.00 a 2.00	1.39%	1.09%	2.28%	3.95%	3.93%
2.00 a 3.00	2.70%	1.70%	3.01%	2.35%	1.69%
3.00 a 4.00	4.55%	3.24%	4.49%	6.60%	6.69%
4.00 a 5.00	6.38%	4.99%	5.76%	2.05%	2.71%
5.00 a 6.00	8.43%	7.63%	6.82%	5.65%	8.13%
6.00 a 7.00	9.95%	9.49%	8.77%	3.30%	4.21%
7.00 a 8.00	10.02%	11.26%	9.26%	4.85%	9.68%
8.00 a 9.00	9.89%	12.15%	9.36%	3.95%	5.83%
9.00 a 10.00	8.94%	11.44%	8.99%	5.15%	8.07%
10.00 a 11.00	7.74%	9.61%	8.30%	5.15%	7.52%
11.00 a 12.00	6.77%	8.26%	7.72%	2.80%	4.41%
12.00 a 13.00	6.02%	5.91%	5.65%	4.30%	6.41%
13.00 a 14.00	5.19%	4.08%	4.41%	3.75%	4.18%
14.00 a 15.00	4.08%	2.90%	4.00%	4.55%	4.86%
15.00 a 16.00	2.67%	1.72%	2.41%	3.70%	3.34%
16.00 a 17.00	2.28%	1.10%	1.99%	3.35%	2.37%
17.00 a 18.00	1.31%	0.73%	1.26%	3.20%	2.15%
18.00 a 19.00	0.47%	0.38%	1.04%	4.80%	1.58%
19.00 a 20.00	0.30%	0.14%	0.67%	2.55%	1.67%
20.00 a 21.00	0.10%	0.10%	0.38%	4.00%	0.97%
21.00 a 22.00	0.00%	0.03%	0.25%	4.20%	0.68%
22.00 a 23.00	0.00%	0.01%	0.10%	1.05%	0.67%
<b>Média</b>	<b>\$8,911,560.26</b>	<b>\$8,753,507.89</b>	<b>\$ 8,890,695.68</b>	<b>\$9,626,602.86</b>	<b>\$9,124,297.01</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>\$3,867,144.23</b>	<b>\$3,620,594.00</b>	<b>\$ 4,438,055.86</b>	<b>\$7,044,662.96</b>	<b>\$5,840,489.22</b>

As médias dos resultados, com exceção das análises em que as variáveis são completamente dependentes, foram parecidas. Observa-se também que o desvio padrão das simulações com variáveis correlacionadas é maior que aqueles com variáveis independentes. A figura 9 apresenta linhas de tendência criadas à partir dos resultados.

Apesar da realidade apontar que haja correlação entre as variáveis, sabe-se que é muito improvável que esta seja total, como nas análises realizadas nos itens 4.1 e 4.2.

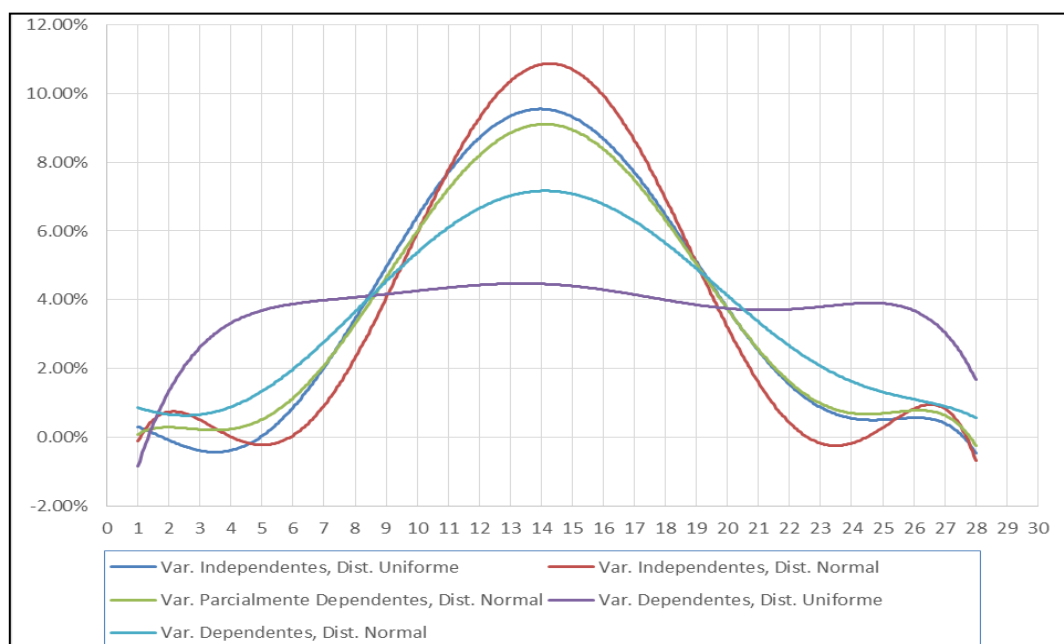


Figura 9 – Linhas de tendência das distribuições dos resultados

#### 4.5 ANÁLISE DA QUALIDADE DO INVESTIMENTO

Examinando os resultados obtidos constata-se que, nas simulações que não consideram dependência total entre as variáveis, a probabilidade do VPL ser negativo foi menor que 3%, valor relativamente baixo. Além disso, as três análises indicam uma probabilidade de 50% ou mais de o empreendimento gerar um VPL maior que R\$8.000.000,00.

As análises apontam grande probabilidade do projeto de investimento ter um resultado econômico atrativo para o investidor com pequena probabilidade de resultados negativos. Assim, o risco do projeto pode ser considerado baixo, embora ocorrendo condições mais adversas haja possibilidade da rentabilidade decrescer consideravelmente.

#### 4.6 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

As análises nas quais estimou-se um desvio padrão e as correlações entre as variáveis foram feitas sem estudo aprofundado acerca dos valores reais de tais parâmetros. O mesmo se aplica para a definição de algumas das faixas de variação das variáveis. Além disso, o estudo limitou-se a analisar apenas 4 destas, mas sabe-se que vários outros fatores influenciam o resultado de um projeto de construção civil.

### 5. CONCLUSÕES

Observa-se que o grau de correlação entre as variáveis afeta a distribuição de probabilidades do resultado do empreendimento analisado com Simulações de Monte Carlo. Apesar das simulações mais simples serem aquelas nas quais a distribuição de probabilidade das variáveis é uniforme, estas podem não se aproximar da realidade, visto que as faixas de variação normalmente são definidas em torno de um valor considerado mais provável.

A distribuição normal é uma das soluções que pode contribuir para aperfeiçoar o modelo, mas também tem as suas limitações. Diferente da distribuição uniforme, ao definir uma média e um desvio padrão para a distribuição normal pode-se obter qualquer valor, inclusive fora da faixa de variação original ou que não fazem sentido, como por exemplo uma quantidade de 'vendas por período' negativa. Portanto deve-se decidir se alguns dos valores que as variáveis podem assumir serão desconsiderados ou não.

Além disso, mudando a distribuição das variáveis deve-se adequar a forma como elas são correlacionadas, caso o sejam. Neste estudo o processo mais adequado encontrado para correlacioná-las foi o deslocamento da média das demais variáveis após a geração aleatória do valor da primeira.

Uma desvantagem no uso da distribuição normal é que ela não representa bem variáveis que variam de forma desigual ao redor da média, como é o caso das 'vendas por período'. A faixa de variação original para esta variável é entre 3 e 12, sendo 6 a média. Não é possível, com uma distribuição normal, distribuir os valores de forma que a probabilidade de um resultado entre 3 e 6 seja a mesma que entre 6 e 12. Recomenda-se, então, o estudo de outros tipos de distribuição para melhor representar estes casos, como a distribuição beta.

A análise de viabilidade de empreendimentos feita com Simulação de Monte Carlo oferece mais informações acerca das possibilidades de retorno do investimento do que o método mais usual, no qual são analisados poucos cenários. O primeiro possibilita a consideração do desvio padrão associado a uma determinada variável, seja ele causado pela forma como a variável foi estimada ou pela sua própria natureza, além de permitir compreender o que pode ser esperado do projeto e o que é altamente improvável.

O trabalho também mostrou como o CAPM pode ser usado para considerar a variabilidade na taxa de desconto a partir de observações de mercado.

## REFERÊNCIAS

AVILA, Antonio Victorino; LIBRELOTTO, Liziane Ilha; LOPES, Oscar Ciro. **Orçamento de Obras – Construção Civil**. Florianópolis: UNISUL, 2003.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Participação no Valor Adicionado Bruto**. Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil>. Acesso em junho de 2016.

CRUNDWELL, Frank (2008). **Finance for Engineers: evaluation and funding of capital projects**. London: Springer-Verlag London Limited.

DAMODARAN, Aswath (2016). **Country Default Spreads and Risk Premiums**. Disponível em: <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>. Acesso em junho de 2016.

FIGHT, Andrew (2006). **Cash Flow Forecasting: Essential Capital Markets**. Oxford: Elsevier.

FINNERTY, John D. (1996). **Project Financing: asset-based financial engineering**. New Jersey: John Wiley & Sons.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema Nacional de Índices de Preços ao Consumidor – Séries Históricas – IPCA**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em junho de 2016.

INVESTING. **Brazil 10-Year Bond Yield Overview**. Disponível em: <http://www.investing.com/rates-bonds/brazil-10-year-bond-yield>. Acesso em junho de 2016.

LIMA JUNIOR, João da Rocha (1995). **Fundamentos de Planejamento Financeiro para o Setor da Construção Civil**. São Paulo: EPUSP.

LIMA JUNIOR, João da Rocha (2004). **Decisão e Planejamento: Fundamentos para a Empresa e Empreendimentos na Construção Civil**. São Paulo: EPUSP.

MINISTÉRIO DA FAZENDA. **Preços e Taxas dos Títulos Públicos Disponíveis para Compra**. Disponível em: <http://www.tesouro.fazenda.gov.br/tesouro-direto-precos-e-taxas-dos-titulos>. Acesso em junho de 2016.

REVISTA EXAME. **Cotações Bovespa**. Disponível em: <http://exame.abril.com.br/mercados/cotacoes-bovespa/acoes>. Acesso em junho de 2016.

SINDUSCON DA GRANDE FLORIANÓPOLIS. **CUB/m<sup>2</sup> Norma 2006 - Planilha Completa**. Disponível em: <http://sinduscon-foipolis.org.br>. Acesso em junho de 2016.