



**XIX COBREAP | Foz do Iguaçu**

**INOVAÇÕES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS**

**CONGRESSO BRASILEIRO DE  
ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS**

**21 a 25 agosto de 2017**

Hotel Mabu Thermas Grand Resort  
Foz do Iguaçu / PR / Brasil

**SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO CONSIDERANDO DEPENDÊNCIA ENTRE VARIÁVEIS PARA  
ANÁLISE DA VARIABILIDADE DO MÉTODO INVOLUTIVO**

**NORBERTO HOCHHEIM**

**GUSTAVO ANDREAS HOCHHEIM**

**CRISTINE DO NASCIMENTO MUTTI**



*O Conteúdo dos trabalhos técnicos apresentados no COBREAP é de inteira responsabilidade dos seus autores.*



## XVIII COBREAP – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS – IBAPE/PR – 2017

### **SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO CONSIDERANDO DEPENDÊNCIA ENTRE VARIÁVEIS PARA ANÁLISE DA VARIABILIDADE DO MÉTODO INVOLUTIVO**

#### **RESUMO**

O método involutivo possui grande importância na avaliação de terrenos, pois é usado quando não há elementos comparáveis para aplicação do método comparativo, recaindo geralmente em terrenos com grande potencial econômico. A NBR14653-2 exige a realização de análises da variabilidade dos resultados alcançados. Objetivou-se aqui estudar esta variabilidade com foco no uso da simulação de Monte Carlo, considerando dependência entre as variáveis. A aplicação do método foi feito num estudo de caso real. As variáveis que impactam no valor do terreno foram estudadas, sendo definidas as suas situações otimista e pessimista, a fim de saber, por meio de análises de sensibilidade, qual a variação de valores que cada uma delas ocasiona no método involutivo. Além disso, análises de cenário foram realizadas, os quais mostraram grande amplitude de valores quando os cenários extremos são considerados. Foram feitas simulações para três situações de dependência entre variáveis, objetivando estudar a variabilidade de valores do terreno pela ótica probabilística. Os resultados mostraram que a maior parte de valores está concentrada ao redor do cenário mais provável, com uma baixa probabilidade de ocorrência de valores extremos, situação mais destacada quando adotada a distribuição Beta em vez da distribuição Uniforme na análise por Monte Carlo.

**Palavras-chave:** *Simulação de Monte Carlo, Método involutivo, Dependência entre variáveis, Análise de risco, Engenharia de avaliações.*

## 1 INTRODUÇÃO: CONTEXTUALIZAÇÃO E OBJETIVOS

Sabe-se que o valor de um terreno é de grande importância para a execução de qualquer empreendimento, pois representa uma grande parcela dos recursos utilizados na realização do mesmo.

A NBR 14653-1 (ABNT, 2001), no item 8.2, define o método involutivo como sendo identificador do valor de um bem, apoiado no aproveitamento eficiente do mesmo, baseado em modelo de estudo de viabilidade técnica e econômica, por meio de um empreendimento hipotético compatível com as características do bem e com as condições mercadológicas no qual ele está inserido, considerando cenários viáveis de execução e comercialização do produto.

Dessa maneira, observa-se que o método involutivo pode representar uma grande ferramenta de tomada de decisão de uma empresa, assim como tem grande aplicação para resolução de litígios jurídicos relativos a valor de terrenos. No entanto, a definição e utilização das variáveis podem resultar em grande variação no resultado final obtido.

Pensando nisso, as variáveis que influenciam o valor de um terreno pelo método involutivo são o objeto de estudo deste trabalho. Objetiva-se neste trabalho analisar a variabilidade dos resultados do método involutivo na avaliação de um terreno com foco no uso da simulação de Monte Carlo considerando diferentes graus de dependência entre as variáveis.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1.1 Benefícios e Despesas Indiretas (BDI)

O Conselho Deliberativo do Instituto de Engenharia (São Paulo) recomendou em 2004 aos orçamentistas de empresas públicas e privadas que utilizem a seguinte equação para construções reformas, em todo território nacional:

$$BDI = \left\{ \left[ \frac{(1 + administração\ central)(1 + risco)(1 + custo\ financeiro)}{1 - (tributos + despesas\ de\ comercialização + lucro)} \right] - 1 \right\} * 100$$

Os BDIs do Incorporador e do Construtor possuem referências no Tribunal de Contas da União para obras públicas, que podem ser adotadas para o empreendimento hipotético. Além disso, o Instituto de Engenharia possui também informações a respeito dos itens formadores dos BDI.

### 2.1.2 Orçamento

Librelotto (2013) coloca que a precisão de um orçamento varia com o tipo de orçamento que está sendo realizado, sendo essa precisão será maior, quanto maior for o seu detalhamento, como pode ser visto na tabela Tabela 1:

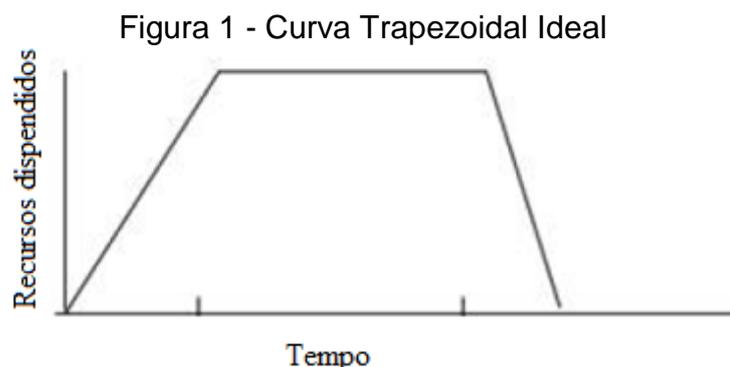
Tabela 1 – Estimativas de orçamento

Tipo	Margem de erro	Elementos técnicos necessários
Avaliações	De 30% a 20%	Área de construção;
		Padrão de Acabamento;
		Custo unitário de obra semelhante; ou
		Custos Unitários Básicos;
Estimativas	De 20% a 15%	Anteprojeto ou projeto indicativo;
		Preços unitários de serviços de referência;
		Especificações genéricas;
		Índices físicos e financeiros de obras semelhantes;
Orçamento expedito	De 15% a 10%	Projeto Executivo
		Especificações sucintas, mas definidas;
		Composições de preços de serviços genéricas;
		Preços de insumos de referência;
Orçamento detalhado	De 10% a 5%	Projeto executivo;
		Projetos complementares;
		Especificações precisas;
		Composições de preços de serviços específicas;
Orçamento analítico	De 5% a 1%	Preços de insumos de acordo com a escala de serviço;
		Todos os elementos necessários ao orçamento detalhado mais o planejamento da obra;

Fonte: Librelotto (2013)

### 2.1.3 Cronograma financeiro

Uma ferramenta utilizada para estimar os custos de uma construção ao longo do tempo é a chamada curva de agregação de recursos. Shtub et al. (1994 apud Bressiani, Heineck e Roman 2010) apresentam um gráfico trapezoidal típico (figura abaixo) como ideal para o fluxo de caixa de um projeto, visto na Figura 1:



Fonte: Shtub et al. (1994 apud BRESSIANI, HEINECK e ROMAN 2010)

Os autores explicam ainda que a ideia é a de se apresentar um modelo estável, que evite picos financeiros. A disposição dos custos, segundo os mesmos, dá-se da seguinte forma: metade do tempo da obra possui consumo de recursos constante, visualizado pelo patamar na figura. Para atingir-se esse patamar, precisa-se de 1/3 do tempo da obra, enquanto que para encerrar a mesma, leva-se 1/6 do prazo da obra. Dessa forma, utilizando-se a curva de agregação de recursos, podem-se estimar os custos de uma obra ao longo do tempo.

O avaliador de imóveis geralmente não possui, em uma avaliação pelo método involutivo, informações detalhadas de projeto de um empreendimento para o terreno em avaliação a partir do qual ele pode elaborar orçamentos e cronogramas. Dessa forma, ele pode utilizar essa ferramenta para estimar o cronograma financeiro de um empreendimento hipotético.

#### 2.1.4 Custo médio ponderado do capital

Para realizar um empreendimento, empresas precisam de uma fonte de capital, muitas vezes composta por recursos próprios e de terceiros. A utilização de capital em um empreendimento implica em um custo desse mesmo capital, conhecido também como taxa de desconto, que deve representar o custo global de capital da empresa, sendo uma média ponderada entre o custo de capital de terceiros e próprios, chamado Custo Médio Ponderado de Capital (CMPC ou WACC, do inglês *Weighted Average Capital Cost*) (DAMODARAN, 2002 apud KIVES, 2004).

Um método de cálculo de custo de capital próprio se dá através do *Capital Asset Pricing Model* (CAPM), sendo esse método utilizado por algumas das maiores empresas do mundo. O método leva em conta o risco de investimentos no mercado atual e a respectiva valorização esperada para o capital da empresa. (CRUNDWELL, 2008 apud CERÁVOLO, 2016). Sá (1999 apud KIVES 2004) coloca que o modelo CAPM representa o que se convencionou chamar na teoria de finanças de *Security Market Line* (SML), a qual determina a existência de uma relação linear entre o retorno exigido e o risco. Pelo método acima referido, o custo de capital próprio é calculado da seguinte forma:

$$Re = Rf + \beta(Rm - Rf)$$

onde:

Re = Custo do capital próprio

Rf = Taxa livre de risco

$\beta$  = Beta da empresa ou mercado em análise

(Rm-Rf) = Prêmio de Risco de Mercado

Kives (2004) explana que a taxa livre de risco tem equivalência com uma taxa de retorno de um título ou carteira de títulos os quais não apresentam variância no retorno. Usam-se como Rf os títulos do governo federal de longo prazo.

Damodaran (2002) descreve a obtenção do beta por meio da estimativa por meio de regressão de seus retornos contra um índice que represente a carteira de mercado durante um período de tempo razoável. Em outras palavras, pode obter-se o Beta por meio de regressão linear da variação do preço de ações de empresas de mesmo setor àquela de estudo. (CRUNDWELL, 2008 apud CERÁVOLO, 2016).

Damodaran (2017) explana que prêmio de risco de mercado pode ser calculado utilizando-se dados dos mercados do país em questão e o de um mercado considerado maduro. Para tanto, necessita-se do *spread* (risco) do *Credit Default Swap* (CDS) do país em questão, valor calculado por uma agência de classificação de risco de crédito, como a Moody's, Standard&Poor's, ou ainda Fitch Ratings. Além disso, esse *spread* deve ser ajustado por um índice de volatilidade relativa, pois é muito possível que o prêmio seja maior que o *spread* do CDS, o qual é calculado dividindo-se o desvio padrão das variações do mercado pelo desvio padrão das variações do título governamental. (DAMORADAN, 2016 apud CERÁVOLO, 2016).

Damodaran (2017) completa que, somando-se o valor obtido pela multiplicação do *spread* do CDS pela volatilidade com o prêmio de risco de um mercado maduro de referência, baseado em índice de uma bolsa de valores do mercado, obtêm-se o prêmio de risco para o mercado em análise.

Damodaran (2002) expõe ainda as problemáticas que orbitam a estimativa do Beta. A primeira delas é a definição do índice a ser comparado com os preços de venda das ações das empresas do setor a fim de realizar-se a regressão linear. O autor exemplifica o problema em seu livro calculando o beta com dois índices diferentes, NASDAQ e S&P500, os quais produziram valores muito diferentes, 1,098 e 1,39, respectivamente. Outro ponto problemático que afeta fortemente a estimativa do beta é o período ao longo do qual se faz a estimativa. Não há consenso quanto ao período que deve ser utilizado, variando o mesmo de dois até seis anos de dados históricos, de acordo com o setor analisado. Outro problema apontado pelo autor na estimativa do beta é relativo ao fato que as empresas mudam com o tempo e a regressão se dá por meio de análise de dados históricos, dessa forma a regressão reflete as características médias da empresa no tempo analisado, e não seu momento atual. O setor de maior oscilação quanto a esse ponto é o de tecnologia, onde mudanças ocorrem, muitas vezes, de maneira exponencial.

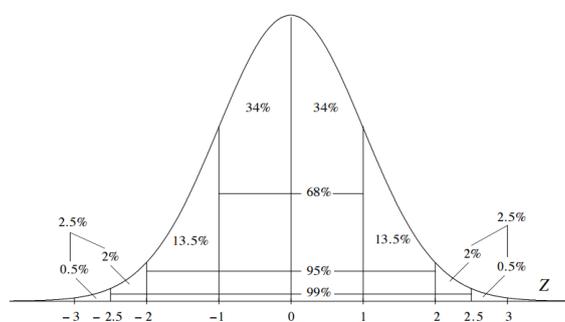
### 2.1.5 Distribuição Normal

Gordon (2006) explica que a curva normal é muito útil na estatística porque em muitos casos, quando há um grande número de dados amostrais, a distribuição deles segue a da normal. Os valores das variáveis analisadas são dispostos no eixo X, e a altura da curva demonstra a densidade de dados na mesma. A distribuição tem sua formação na equação a seguir:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

De acordo com o número de desvios padrões, tem-se uma porcentagem diferente de valores que estão inclusos no intervalo: para um desvio padrão, tem-se 68% dos dados da amostra; para dois desvios padrões, tem-se 95% dos dados da amostra, para três desvios padrões, tem-se 99% dos dados nessa faixa. Gordon (2006) coloca ainda que quanto maior o desvio padrão ( $\sigma$ ), mais achatada é a curva. Na Figura 2, um exemplo da curva de distribuição normal:

Figura 2 – Distribuição normal e seus desvios padrões



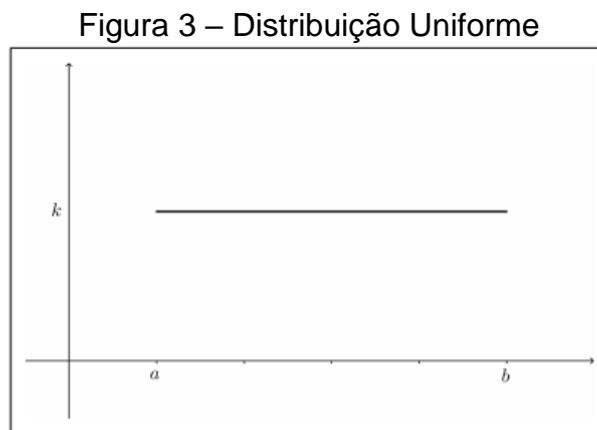
Fonte: Gordon (2006)

### 2.1.6 Distribuição Uniforme

Para Farias (N.D.), em uma distribuição uniforme a probabilidade, para dois intervalos de mesmo comprimento, tem-se a mesma área abaixo da curva, portanto, ambos têm a mesma probabilidade de ocorrência. A distribuição é considerada uniforme se, em um intervalo definido  $[a, b]$ , sua função densidade é dada por:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & \text{se } x \in [a, b], \\ 0 & \text{caso contrário } f(x) = 0 \end{cases}$$

Os parâmetros  $a$  e  $b$  são parâmetros de distribuição uniforme. A função pode ser representada num gráfico, como exposto na Figura 3 seguir:



Fonte: Farias (N.D.)

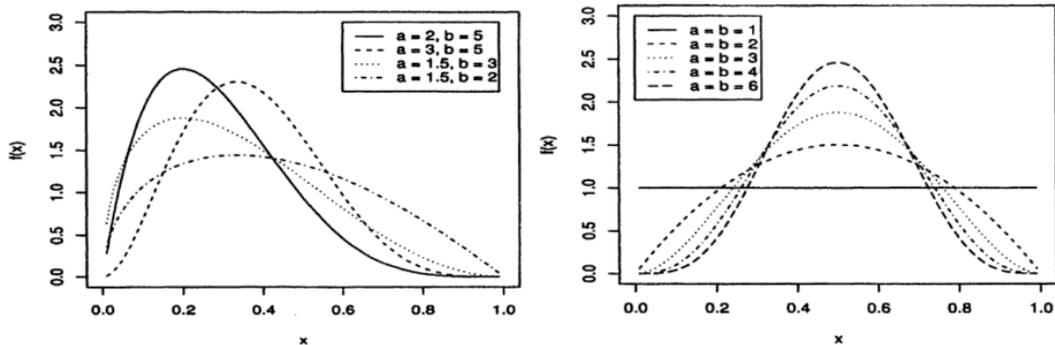
### 2.1.7 Distribuição Beta

Naghetini e Pinto (2007) descrevem a distribuição Beta como um método probabilístico para variáveis aleatórias contínuas, sendo que seus valores possíveis são limitados superior e inferiormente. Gupta e Nadarajah (2004) colocam que a função beta é descrita pela seguinte fórmula:

$$f(x; a, b) = \frac{1}{B(A, b)} x^{a-1} (1-x)^{(b-1)}, \quad 0 < X < 1$$

Sendo que  $B$  é a função de beta, a qual possui diversas fórmulas, dependendo do tipo de distribuição que se deseja. A seguir, na Figura 4, podem ser vistos dois exemplos de curvas que a distribuição beta pode assumir, à esquerda distribuições beta assimétricas e à direita distribuições simétricas, que podem muito se assemelhar com a distribuição normal:

Figura 4 – Exemplos de distribuição Beta



Fonte: Gupta e Nadarajah (2004)

### 2.1.8 Teste Qui-Quadrado

O teste do Qui-Quadrado é utilizado quando se tem interesse no número de indivíduos, objetos ou respostas que se enquadram em várias categorias, podendo elas ser duas ou mais. O teste do Qui-Quadrado é um teste de aderência, o qual mostra matematicamente se a diferença existente nos dados observados e esperados é significativa (VIALI, 2008). O teste é calculado por:

$$\chi^2 = \sum_{n=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}, \text{ onde}$$

$O_i$  = número de casos observados classificados na categoria  $i$ ;

$E_i$  = Número de casos esperados na categoria  $i$  sob  $H_0$ , onde  $k$  = categorias.

A hipótese nula ( $H_0$ ) diz que não há diferença entre o número esperado e o observado, de modo que  $H_0$  será rejeitado se o valor observado de Qui-Quadrado ( $\chi^2$ ), calculado pela expressão acima assumir um valor maior que o tabelado, a um nível significância  $\alpha$  determinada. Aceitando-se a hipótese nula ( $H_0$ ), considera-se que a distribuição analisada é normal.

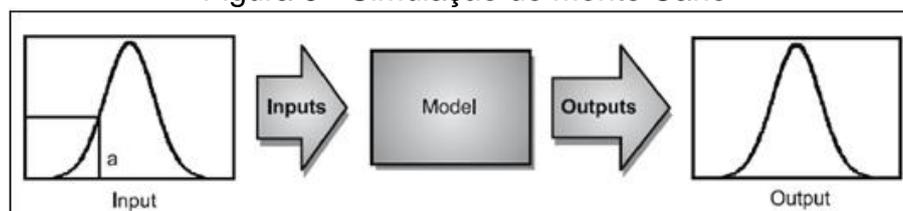
### 2.1.9 Teorema Central do Limite

De acordo com Gordon (2006), o teorema central do limite expressa que, se uma variável for resultante da soma de  $n$  variáveis independentes, identicamente distribuídas e aleatórias, possuirá então a variável resultante uma distribuição que se aproxima da distribuição normal à medida que  $n$  se aproxima de infinito.

### 2.1.10 Simulação de Monte Carlo

Cerávolo (2016, referenciando CRUNDWELL, 2008) coloca que a Simulação de Monte Carlo consiste na geração de números com base na teoria da probabilidade, e geralmente é utilizado para resolver problemas em que são difíceis usar outras técnicas, pois pode ser criado um alto número de cenários aleatórios com essa ferramenta. O fluxograma do método pode ser visualizado na Figura 5 a seguir:

Figura 5 - Simulação de Monte Carlo



Fonte: Crundwell (2008, apud CERÁVOLO 2016)

### 2.1.11 Grau de fundamentação

Em uma avaliação, cada item analisado é enquadrado em um grau, com o grau final atingido dependendo do resultado de cada um de seus itens. São definidos nove itens de verificação pela norma NBR 14653-2 (ABNT, 2011), como pode ser observado na Tabela 2, assim como a pontuação mínima total para cada Grau e seus itens obrigatórios na tabela Tabela 3:

Tabela 2 - Grau de fundamentação por item do método involutivo

Item	Descrição	Grau		
		III	II	I
1	Nível de detalhamento do projeto hipotético	Anteprojeto ou projeto básico	Estudo preliminar	Aproveitamento, ocupação e usos presumidos
2	Preço de venda das unidades do projeto hipotético	No mínimo Grau II de fundamentação no método comparativo	Grau I de fundamentação no método comparativo	Estimativa
3	Estimativa dos custos de produção	Grau III de fundamentação no método de quantificação do custo	Grau II de fundamentação no método de quantificação de custo	Grau I de fundamentação no método da quantificação do custo
4	Prazos	Fundamentados com dados obtidos no mercado	Justificados	Arbitrados
5	Taxas	Fundamentados com dados obtidos no mercado	Justificados	Arbitradas
6	Modelo	Dinâmico com fluxo de caixa	Dinâmico com equações predefinidas	Estático
7	Análise setorial e diagnóstico do mercado	Da estrutura, conjuntura, tendências e conduta	Da conjuntura	Sintéticos da conjuntura
8	Cenários	Mínimo de 3	2	1
9	Análises de sensibilidade do modelo	Simulações com discussão do comportamento do modelo	Simulações com identificação das variáveis mais significativas	Sem simulação

Fonte: NBR 14653-2, ABNT (2011)

Tabela 3 - Grau de fundamentação final do método involutivo

Graus	III	II	I
Pontos mínimos	22	13	9
Itens obrigatórios no grau correspondente	2,6,7 e 8, com os demais no Grau II	2,6,7 e 8, com os demais no Grau I	Todos, no mínimo, no grau I

Fonte: NBR 14653-2, ABNT (2011)

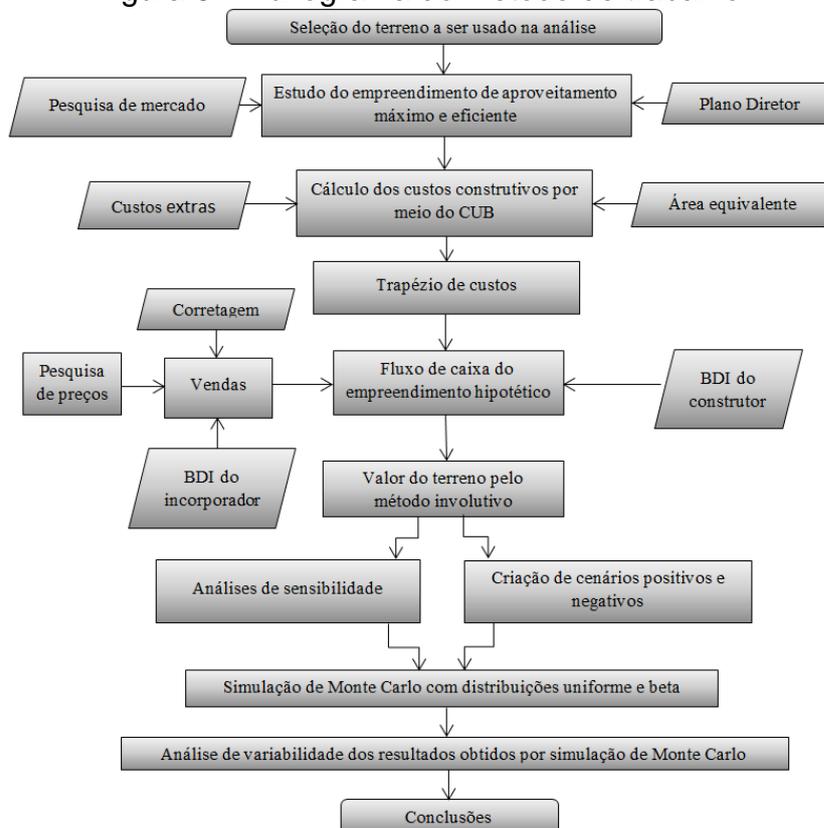
Os pontos 2, 6 e 8 têm grande importância no método involutivo, como pode ser visto na Tabela 3 (são itens obrigatórios no grau correspondente), fazendo o estudo deles parte deste trabalho, junto com o ponto 9.

Embora a NBR 14653-2 não mencione a simulação de Monte Carlo nos itens do grau de fundamentação do método involutivo, vai-se mostrar que a aplicação desta técnica traz importantes informações para a avaliação.

### 3 MÉTODO DE TRABALHO

#### 3.1 FLUXOGRAMA

Figura 6 - Fluxograma do método de trabalho



#### 3.2 DESENVOLVIMENTO

Inicialmente foi escolhido um terreno para realizar a análise de um estudo de caso. Estudou-se então o empreendimento de aproveitamento máximo e eficiente que poderia ser feito no local. Para tanto, foram verificadas as condições existentes no Plano Diretor da cidade. Uma pesquisa de mercado no local se faz importante para saber qual a tendência mercadológica do local, para descobrir qual empreendimento é o mais rentável para aquele terreno.

Com a definição do empreendimento hipotético, foram calculados os custos da construção do mesmo, feito de acordo com a NBR ABNT 12721 (2006). Uma ferramenta muito utilizada para quando não se possui um projeto de referência é o Custo Unitário Básico (CUB), que deve ser usado de forma adequada ao padrão construtivo do empreendimento. Importante salientar que nem todas as áreas de uma construção possuem igual equivalência quando se utiliza o CUB, portanto, devem-se calcular as áreas equivalentes do mesmo. Além disso, devem-se considerar custos extras não previstos no CUB, pois o mesmo não computa custos como elevador, projetos e fundações especiais. Após definir-se os custos, deve-se distribuí-los no tempo por meio de um cronograma e, para isso, utilizou-se a curva trapezoidal ideal. O BDI do construtor também deve ser considerado na análise.

Outro elemento que deve ser levado em conta são as vendas. Para descobrir o preço de venda das unidades comercializáveis fruto do empreendimento, deve-se realizar uma pesquisa de preços, que pode ser realizada por meio do método comparativo de dados de mercado. É importante destacar que, para o fluxo de vendas, incidem ainda corretagem e BDI do Incorporador sobre o valor do apartamento. É preciso também definir um ritmo de vendas para a conversão das unidades físicas em unidades monetárias. Com as entradas e saídas de dinheiro do empreendimento hipotético, pode ser montado o fluxo de caixa do empreendimento, do qual se calcula o valor do terreno pelo método involutivo.

Com o valor do terreno calculado, são realizadas análises de sensibilidade nas variáveis escolhidas como importantes na formação do valor do terreno. Além disso, são feitas também análises de cenários com o valor do terreno.

A fim de analisar a variabilidade dos valores alcançados pelo método, é então realizada a simulação de Monte Carlo, considerando-se dependências entre variáveis. Com a simulação, pode-se prever qual a distribuição de valores em termos probabilísticos dos valores de terreno gerados pela variação aleatória entre os cenários otimistas e pessimistas para cada variável. São então analisados os resultados gerados pela simulação de Monte Carlo, estudando-se a variabilidade de valores gerada tanto pela distribuição uniforme, quanto pela beta. Por fim, são colocadas as conclusões do trabalho decorrentes dos resultados obtidos.

## **4 ESTUDO DE CASO**

### **4.1 EMPREENDIMENTO HIPOTÉTICO**

Como estudo de caso, foi feita a avaliação de um terreno com 375 m<sup>2</sup> situado no município de Governador Celso Ramos (SC), praia de Palmas, localizado de frente ao mar. A vocação do terreno foi observada como sendo residencial. Para a determinação do máximo aproveitamento consultou-se o Plano Diretor da cidade (1996 com última alteração em 2013), que para esta configuração, determina:

- Ocupação máxima de 50% da área do terreno;
- Pavimento térreo de pilotis, com 40% no máximo de área fechada;
- Dois pavimentos tipo acima dos pilotis;
- Cobertura com área construída fechada em no máximo 33%
- Em cada pavimento tipo é permitida a construção de mais 4% da área do pavimento em varandas, adicionais além dos 50%

Além disso, está em tramitação na câmara de Vereadores a possibilidade de aumentar as capacidades construtivas por meio de outorga onerosa, a qual possibilitaria a construção de:

- Mais um piso de garagem, acima dos pilotis;
- Mais um piso de pavimento tipo;
- Área construída fechada na cobertura em até 70% (ao invés de 33%).

A outorga onerosa possibilita grandes aumentos construtivos e, portanto, uma grande alteração do lucro de um empreendimento, e, portanto, do valor do terreno. Por isso, considerou-se a segunda possibilidade na realização deste estudo.

## 4.2 VARIÁVEIS DE ESTUDO

Neste capítulo foram delimitadas e estudadas as variáveis que causam grande influência no método involutivo de imóveis, considerando ainda cenários positivos e negativos. As variáveis são: custos de construção, preço de vendas, BDI do incorporador, BDI do construtor, taxa mínima de atratividade e fluxo de vendas.

### 4.2.1 Custos construtivos

Para realização do cálculo dos custos construtivos, baseou-se primeiramente no Custo Unitário Básico de Construção (CUB) não desonerado de abril de 2017, o qual pode ser acompanhado na Tabela 4 a seguir:

Tabela 4 - Valores de Custos Unitários Básicos

Projetos - Padrão Residencial (valores em R\$/m²)								
Padrão baixo			Padrão normal			Padrão alto		
R-1	1.492,19	0,16%	R-1	1.709,64	0,17%	R-1	2.158,25	0,13%
PP-4	1.369,14	0,15%	PP-4	1.676,64	0,15%	R-8	1.735,71	0,13%
R-8	1.302,62	0,13%	R-8	1.478,90	0,15%	R-16	1.855,68	0,13%
PIS	1.049,16	0,22%	R-16	1.427,38	0,14%			

Fonte: Sinduscon Grande Florianópolis-SC

Assumiu-se para o empreendimento hipotético o padrão construtivo alto, conforme tendência seguida pelos empreendimentos em localização semelhante. Para o cálculo dos projetos fez-se uma interpolação entre R-1 e R-8.

Em seguida, transformaram-se as áreas construtivas em áreas equivalentes. Para garagem utilizou-se o fator 0,5. Para varandas 0,75 e para terraços 0,6 (NBR 12721:2006). Os cálculos levam aos resultados da Tabela 5.

Tabela 5 – Custo construtivo do empreendimento

Pavimento	Área (m²)	Área (m²)	Custo (R\$)
Térreo:	187,5		
Aberto:		65,6	121.521,01
Fechado:		56,3	104.160,86
Garagem:		93,8	173.601,44
Pavimento tipo:	187,5		
Varanda:	5,6		
		193,1	357.618,97
Pavimento tipo:	187,5		
Varanda:	5,6		
		193,1	357.618,97
Pavimento tipo:	187,5		
Varanda:	5,6		
		193,1	357.618,97
Cobertura:	187,5		
Área fechada:	131,9		
Construído normal:		62,5	115.734,29
Construído extra com outorga:		69,4	128.465,07
Terraço:		33,4	61.802,11
Varanda:		5,6	10.416,09
Total:		965,9	1.788.557,78

Além do CUB, a norma acrescenta que itens que não estão incluídos em serviços e mão de obra correspondente ao projeto-padrão devem ser adicionados ao custo construtivo. Considerou-se um custo de 5% do total do valor calculado pelo CUB para projetos e para as fundações profundas. Para o elevador considerou-se R\$ 86.000,00, de acordo com orçamento fornecido por empresa fornecedora. Já para a outorga onerosa, utilizou-se o valor estipulado pelo Plano Diretor de Governador Celso Ramos: 0,2 vezes a área adicionada multiplicada pelo valor do CUB médio. Os valores alcançados podem ser visualizados na Tabela 6.

Tabela 6 - Custos adicionais ao CUB

Item	Sem outorga onerosa (R\$)	Com outorga onerosa (R\$)
Projetos:	64.076,08	89.427,89
Elevador:	86.000,00	86.000,00
Custo da outorga onerosa:	-	112.416,11
Fundação:	64.076,08	89.427,89
CUB:	1.281.521,56	1.788.557,78
Total:	1.495.673,71	2.165.829,68

O total computado na tabela acima foi o valor utilizado para a elaboração da curva trapezoidal ideal, também conhecida como trapézio de custos, o qual será apresentado no próximo tópico.

Para a análise de sensibilidade do trabalho, levou-se em consideração a margem de erro de um projeto de acordo com o tipo de orçamento realizado, no caso “avaliações”, com a margem de erro para a análise de sensibilidade de 20%.

#### 4.2.2 Curva Trapezoidal Ideal

Os custos distribuídos na curva trapezoidal ideal podem ser visto na Tabela 7 e na Figura 7. Cabe salientar que os valores não possuem em sua composição o BDI do construtor, o que será considerado na formação do fluxo de caixa.

Figura 7 - Curva trapezoidal ideal dos custos do projeto com outorga onerosa

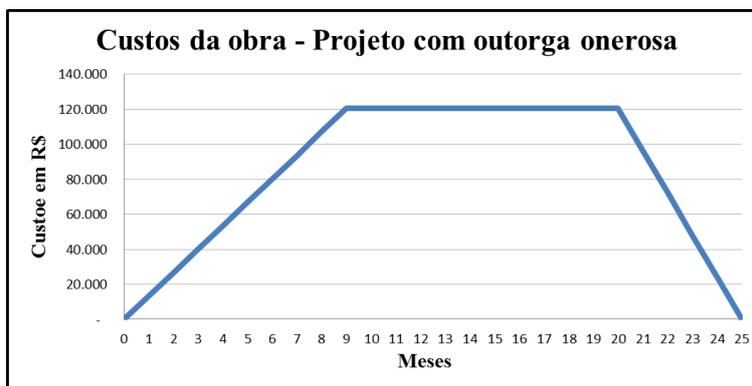


Tabela 7 – Custos distribuídos pela curva trapezoidal ideal

Projeto com outorga onerosa		
Período	Custos (R\$)	Fração
Mês 1	13.369,32	1/3
Mês 2	26.738,64	
Mês 3	40.107,96	
Mês 4	53.477,28	
Mês 5	66.846,59	
Mês 6	80.215,91	
Mês 7	93.585,23	
Mês 8	106.954,55	
Mês 9	120.323,87	
Mês 10	120.323,87	1/2
Mês 11	120.323,87	
Mês 12	120.323,87	
Mês 13	120.323,87	
Mês 14	120.323,87	
Mês 15	120.323,87	
Mês 16	120.323,87	
Mês 17	120.323,87	
Mês 18	120.323,87	
Mês 19	120.323,87	
Mês 20	120.323,87	1/6
Mês 21	96.259,10	
Mês 22	72.194,32	
Mês 23	48.129,55	
Mês 24	24.064,77	

#### 4.2.3 Valor das vendas

O valor de venda das unidades do empreendimento foi calculado por meio do método comparativo direto de dados de mercado. Para tanto, montou-se uma amostra com apartamentos que possuam as mesmas características dos apartamentos do empreendimento em análise: frente mar e alto padrão.

Foram pesquisados 26 apartamentos para a amostra, os quais abrangeram as seguintes variáveis: preço de venda, apartamento de cobertura ou não, imóvel em planta ou construído, área privativa, área total, número de quartos, número de suítes e número de vagas de garagem.

O preço de venda foi analisado como sendo a variável dependente, pois se deseja saber o preço de venda das unidades do empreendimento fictício, enquanto as outras variáveis são independentes. As variáveis efetivamente utilizadas no modelo, bem como suas análises, podem ser acompanhadas na Tabela 8 abaixo:

Tabela 8 – Análise das variáveis dependentes

Análise das variáveis dependentes		
Variável	Descrição	Impacto no valor do apartamento
Cobertura	Dicotômica	O apartamento possui um preço de venda maior quando o mesmo é uma cobertura.
Planta	Dicotômica	Os apartamentos na planta são vendidos por um valor mais baixo.
Área privativa	Quantitativa contínua	O aumento da área privativa proporciona um aumento do valor do apartamento.
Suítes	Quantitativa discreta	O número de suítes agrega valor ao apartamento.
Vagas de garagem	Quantitativa discreta	O número de garagens aumenta o valor do apartamento.

Na busca por um modelo adequado por meio de regressão linear, realizou-se o saneamento da amostra, processo no qual se retiraram os apartamentos que possuem grandes resíduos em comparação com os demais integrantes da amostra. A amostra utilizada pode ser acompanhada na Tabela 9:

Tabela 9 – Amostra para modelo de regressão linear do método comparativo de imóveis

Código	Preço (R\$)	Cobertura	Planta	Área Privativa	Suítes	Vagas Garagem	Utilizado na regressão linear
Palmas_01	1.350.000,00	0	1	118,00	3	2	sim
Palmas_02	1.070.000,00	0	1	200,00	3	2	não
Palmas_03	2.500.000,00	1	0	300,00	3	4	sim
Palmas_04	1.250.000,00	0	0	99,00	3	1	sim
Palmas_05	990.000,00	0	0	101,00	2	2	sim
Palmas_06	950.000,00	0	0	102,00	2	2	sim
Palmas_07	950.000,00	0	0	102,00	2	2	sim
Palmas_08	1.500.000,00	0	0	99,10	3	2	sim
Palmas_09	1.000.000,00	0	1	110,00	2	2	sim
Palmas_10	1.250.000,00	0	1	100,00	3	1	sim
Palmas_11	920.000,00	0	1	101,00	2	2	sim
Palmas_12	900.000,00	0	1	87,00	2	2	sim
Palmas_13	749.000,00	0	1	73,43	1	2	sim
Palmas_14	698.000,00	0	1	73,00	1	2	sim
Palmas_15	1.700.000,00	1	1	125,00	3	2	sim
Palmas_16	3.000.000,00	1	1	220,00	4	2	sim
Palmas_17	2.500.000,00	0	0	200,00	2	2	não
Palmas_18	1.450.000,00	0	1	230,00	3	2	sim
Palmas_19	1.180.000,00	0	1	103,41	3	2	sim
Palmas_20	890.000,00	0	1	83,95	2	1	sim
Palmas_21	1.380.000,00	0	1	103,41	3	2	sim
Palmas_22	1.250.000,00	0	1	95,75	3	2	sim
Palmas_23	2.250.000,00	1	1	189,47	3	3	sim
Palmas_24	1.450.000,00	1	1	95,75	3	3	sim
Palmas_25	1.100.000,00	0	1	150,30	2	2	sim
Palmas_26	1.207.987,00	0	0	111,00	2	2	sim

Usando-se *software* de regressão específico para avaliação de imóveis, calculou-se a equação de regressão linear, apresentada abaixo:

$$(\text{Preço})^{1/3} = 111,17 + 8,6329 \times (\text{Cobertura}) - 2,4393 \times (\text{Planta}) - \frac{1543,0}{(\text{Área Privativa})} + 0,5108 \times \text{Suítes}^3 + 0,11316 \times (\text{Vagas Garagem})^3$$

A equação usada para calcular o valor do preço das unidades comercializáveis do empreendimento hipotético respeita todas as exigências da NBR 14653-2 quanto ao saneamento da amostra, nível de significância dos regressores, análise da variância, micronumerosidade, ausência de multicolinearidade entre as variáveis independentes, normalidade e homocedasticidade dos resíduos.

Para calcular o valor dos apartamentos do projeto hipotético, basta substituir as variáveis da equação acima pelas características do mesmo. Como o empreendimento é de alto padrão e todos os apartamentos são frente mar, essas características estão implícitas no modelo, que contemplou essas variáveis. Todos os quartos do apartamento são suítes. Os apartamentos do projeto podem ser visualizados na Tabela 10 abaixo:

Tabela 10 – Características dos apartamentos do empreendimento hipotético

Apartamento	Suítes	Garagem	Área privativa (m <sup>2</sup> )
Tipo	3	2	97,5
Cobertura	3	3	195

Por meio do modelo, obteve-se o valor dos apartamentos e o respectivo intervalo de confiança de 80%. Para o fluxo de caixa adotaram-se, portanto, os valores de estimativa central, calculados por meio do modelo de regressão linear. O intervalo de confiança será utilizado na análise da variabilidade, representando as situações pessimista e otimista para o valor dos apartamentos à venda.

Como margem de oscilação de preços, considerou-se a diferença percentual entre os valores da estimativa central e seus mínimos e máximos do intervalo de confiança de 80%, gerando as diferenças mostradas na Tabela 11.

Tabela 11 – Oscilação superior e inferior de valores dos apartamentos

Localização	À Vista (R\$)	Mín (80% conf)	Máx (80% conf)	Diferença (%)	Diferença (%)
Tipo	1.242.992,00	1.191.157,00	1.298.310,00	-4,17%	4,45%
Cobertura	2.014.566,00	1.921.877,00	2.110.189,00	-4,60%	4,75%

Como cada apartamento possui uma diferença percentual distinta, utilizou-se a média dos valores entre a cobertura e o apartamento tipo. Nota-se que os valores de diferença percentual são muito semelhantes, podendo-se utilizar a média como simplificação. Os resultados são de -4,39% e 4,60%, adotados como variação do preço de venda.

#### 4.2.4 BDI do incorporador e do construtor

Os BDIs do Incorporador e do Construtor foram baseados nos BDIs da tabela do Tribunal de Contas da União<sup>1</sup> para obras de construção de edificações sendo a faixa de lucro do empreendimento tomada de “R\$ 150.000,01 até R\$ 1.500.000,00” e os valores usados para o cenário provável são os da coluna “Média”. Para o cenário otimista utilizaram-se os valores da coluna “Mínimo” e para o pessimista da coluna “Máximo”.

Para os elementos não contemplados na tabela do TCU (tributos e taxa de comercialização), usou-se como referência os valores mínimos presentes na Tabela do Instituto de Engenharia (2004). Para o lucro do incorporador, considerou-se que ele seria 50% maior que o do construtor, pelo fato do incorporador possuir um risco maior na realização do empreendimento.

Os valores finais obtidos estão colocados na Tabela 12.

<sup>1</sup> Acórdão nº 2369 TCU, disponível em [www.licitacoes.ufsc.br/files/2014/10/Acordão-TCU-Abordagem-BDI.doc](http://www.licitacoes.ufsc.br/files/2014/10/Acordão-TCU-Abordagem-BDI.doc), obtido em 01/07/2017.

Tabela 12 – BDI do construtor e incorporador – cenário provável

BDI		Provável	
Item	Descrição	Construtor	Incorporador
1	Administração Central	5,25%	1,75%
2	Taxa de risco	1,07%	Considerada separadamente
3	Custo financeiro	1,00%	0,50%
4	Tributos	7,93%	5,93%
	PIS	0,65%	0,65%
	COFINS	3,00%	3,00%
	IRPJ	1,20%	1,20%
	CSLL	1,08%	1,08%
	ISS	2,00%	
5	Taxa de Comercialização	2,00%	Considerada separadamente
6	Lucro	9,15%	13,73%
	BDI	32,77%	27,27%
BDI		Pessimista	
Item	Descrição	Construtor	Incorporador
1	Administração Central	7,65%	2,55%
2	Taxa de risco	2,01%	Considerada separadamente
3	Custo financeiro	1,50%	0,75%
4	Tributos	7,93%	5,93%
	PIS	0,65%	0,65%
	COFINS	3,00%	3,00%
	IRPJ	1,20%	1,20%
	CSLL	1,08%	1,08%
	ISS	2,00%	
5	Taxa de Comercialização	2,00%	Considerada separadamente
6	Lucro	10,85%	16,28%
	BDI	40,70%	32,81%
BDI		Otimista	
Item	Descrição	Construtor	Incorporador
1	Administração Central	3,50%	1,17%
2	Taxa de risco	0,25%	Considerada separadamente
3	Custo financeiro	0,50%	0,25%
4	Tributos	7,93%	5,93%
	PIS	0,65%	0,65%
	COFINS	3,00%	3,00%
	IRPJ	1,20%	1,20%
	CSLL	1,08%	1,08%
	ISS	2,00%	
5	Taxa de Comercialização	2,00%	Considerada separadamente
6	Lucro	7,00%	10,50%
	BDI	25,53%	21,36%

A variação do BDI do construtor fica de -22,10% a 24,18% e variação do BDI do Incorporador de -21,69% a 20,29%.

#### 4.2.5 Taxa Mínima de Atratividade

A taxa Mínima de Atratividade, ou ainda Taxa de desconto, utilizada na análise foi determinada pelo Custo Médio Ponderado do Capital, considerando-se apenas utilização de capital próprio. A equação pode ser visualizada a seguir:

$$Re = Rf + \beta(Rm - Rf)$$

Para a Taxa Livre de Riscos (Rf), utilizou-se o rendimento do Tesouro Direto indexado pelo IPCA, disponível na página do Tesouro Nacional<sup>2</sup>. O horizonte de tempo escolhido de rendimento do tesouro foi aquele mais compatível com a

<sup>2</sup> <http://www.tesouro.fazenda.gov.br/tesouro-direto-precos-e-taxas-dos-titulos>, obtido em junho/2017

duração empreendimento, considerando-se desde o seu planejamento até a venda da última unidade do mesmo. Definiu-se que o título a ser utilizado é aquele com vencimento em 15 de agosto de 2024, perfazendo um total de sete anos a partir de 2017. O rendimento desse título é de 5,55 % ao ano (junho de 2017).

Para o Beta foram pesquisados os preços de ações de 15 empresas de capital aberto e suas variações ano a ano, disponíveis no site da BM&FBovespa<sup>3</sup>. O horizonte de tempo adotado foi de seis anos, de 2011 a 2016, evitando assim oscilações de curto prazo. Objetivou-se assim minorar a possibilidade de uma leitura distorcida das ações das empresas nos últimos anos.

O índice utilizado para realização da regressão linear foi o Ibovespa, também com variação anual de preço de ações. A variação das empresas, ano a ano, assim como a variação do Índice Bovespa para o mesmo período, podem ser visualizados na Tabela 13 e Tabela 14 abaixo:

Tabela 13 – Variação do preço das ações das empresas de capital aberto 1 a 5

Ano	Gafisa	CR2	Herbor Empreendimentos S.A.	Rossi Residencial	Even Construtora e Incorporadora S.A.
2011	-64,942%	-15,201%	2,577%	-44,747%	-25,660%
2012	14,315%	-19,438%	89,447%	-39,617%	57,002%
2013	-18,280%	-20,912%	-13,263%	-55,165%	-14,070%
2014	-36,240%	-28,475%	-39,297%	-66,765%	-30,117%
2015	10,456%	-33,649%	-61,461%	-81,121%	-17,364%
2016	-23,463%	0,000%	0,654%	-11,250%	-6,329%
Ano	Tecnisa S.A.	Trisul S.A.	JHSF Participações S.A.	Cyrela Brazil Realty S.A. empreend e part	João Fortes Engenharia S.A.
2011	-7,390%	-58,413%	65,472%	-30,649%	-20,592%
2012	-17,117%	1,145%	62,402%	22,775%	-16,271%
2013	10,559%	36,604%	-45,818%	-16,523%	-12,955%
2014	-55,478%	-18,508%	-50,112%	-25,681%	-23,488%
2015	-24,290%	-5,085%	-43,049%	-25,743%	-36,170%
2016	-10,417%	3,571%	11,024%	36,933%	-18,571%
Ano	Rodobens Negócios Imobiliários S.A.	Pdg Realty S.A. Empreend e Participações	EZ Tec Empreend. e Participações S.A.	Direcional Engenharia S.A.	MRV Engenharia e Participações S.A.
2011	-30,704%	-40,904%	15,369%	-29,707%	-30,645%
2012	17,348%	-42,229%	66,782%	56,437%	16,501%
2013	12,053%	-45,317%	15,664%	-13,217%	-26,901%
2014	-21,681%	-52,484%	-21,794%	-28,161%	-7,022%
2015	-52,039%	-95,824%	-34,117%	-55,467%	21,399%
2016	21,924%	-26,994%	28,895%	36,527%	26,037%

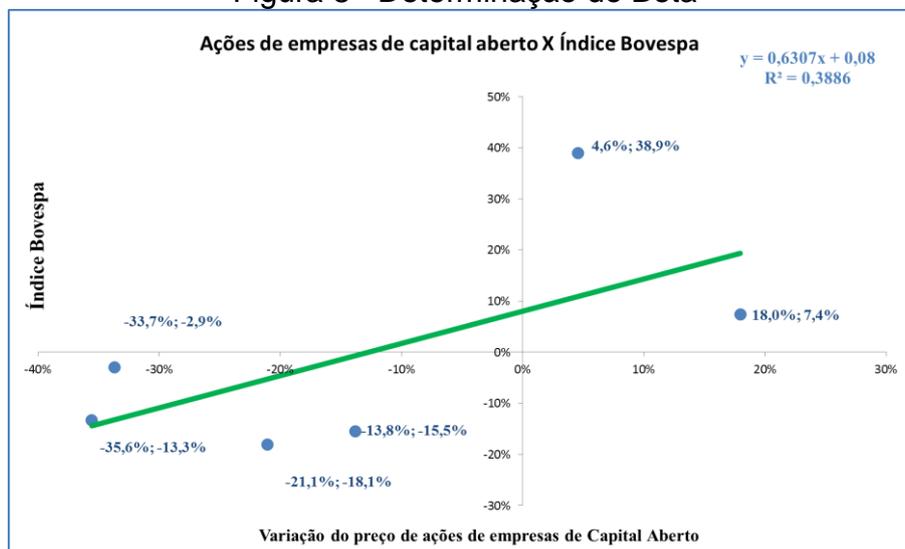
Tabela 14 – Variação média do preço das ações das empresas de capital aberto e do índice Bovespa

Ano	Média da Variação do preço das ações Empresas	Ibovespa
2011	-21,076%	-18,109%
2012	17,965%	7,397%
2013	-13,836%	-15,496%
2014	-33,687%	-2,912%
2015	-35,568%	-13,313%
2016	4,569%	38,933%

<sup>3</sup> [http://www.bmfbovespa.com.br/pt\\_br/index.htm](http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/index.htm)

Colocados os pontos num gráfico, e realizada a regressão linear dos mesmos, obtêm-se a configuração da Figura 8.

Figura 8– Determinação do Beta



Como pode ser observado no gráfico acima, o Beta fica então definido como 0,6307. Observa-se que o  $R^2$  da regressão apresenta-se muito baixo, situação essa possivelmente devida às grandes variações da economia nos últimos anos. O erro padrão da equação é de 0,3955, desvio esse que será utilizado para definir as situações pessimista e otimista para a taxa mínima de atratividade.

Crundwell (2008, apud CERÁVOLO 2016) coloca que a expressão  $(R_m - R_f)$  poderia ser calculada pela diferença entre o índice Bovespa e o rendimento do Tesouro Direto, porém, devido aos últimos anos conturbados da economia brasileira, esse valor retornaria um número negativo, indicando que seria melhor investir no Tesouro Direto a praticar o investimento imobiliário. Dessa forma não se torna adequado basear análises de longo prazo em períodos atípicos. Como adotar um Prêmio de Mercado negativo não seria correto (pois resultaria em VPLs altos demais, fora da realidade), utilizou-se o método baseado no *spread* do CDS. O cálculo do Prêmio de Risco de Mercado do país é apresentado na página da Universidade de NYU Stern, pelo professor Damodaran, e foi realizado da seguinte forma: tomou-se o *Spread* do *Credit Default Swap* (CDS) para o Brasil e para um mercado maduro, no caso dos Estados Unidos da América, e subtraiu-se o primeiro pelo segundo. Esse valor é o risco do país, no caso, de 3,47% para o Brasil. Em seguida, multiplica-se o valor do risco do país por um índice de volatilidade, o qual é de 1,23 para países emergentes. Por fim soma-se ao resultado da multiplicação o valor do risco estimado para o mercado maduro, de 5,69% para os Estados Unidos da América (obtido pelas ações de S&P500). Todos os dados são de janeiro de 2017.

A taxa de desconto pode então ser calculada pela seguinte equação:

$$\begin{aligned}
 Re &= Rf + \beta(Rm - Rf) \\
 Re &= 5,55 + 0,6307 \times (3,47 \times 1,23 + 5,69) \\
 Re &= 11,83 \% \text{ ao ano}
 \end{aligned}$$

$$Re = 0,936 \% \text{ ao mês}$$

Para a análise de sensibilidade, utilizou-se um desvio padrão de Beta para compor:

- tanto o cenário otimista:

$$Re = 5,55 + 0,2352 \times (3,47 \times 1,23 + 5,69)$$

$$Re = 7,89 \% \text{ ao ano}$$

$$Re = 0,635 \% \text{ ao mês}$$

- quanto o cenário pessimista:

$$Re = 5,55 + 1,0263 \times (3,47 \times 1,23 + 5,69)$$

$$Re = 15,77 \% \text{ ao ano}$$

$$Re = 1,228 \% \text{ ao mês}$$

#### 4.2.6 Fluxo de vendas

Após definidos os custos construtivos do empreendimento, suas vendas e condições, pode-se projetar o fluxo de caixa do mesmo. As vendas possuem grandes possibilidades de ocorrer de formas diferentes, seja durante a construção do empreendimento, ou ainda após ele, conseguindo o cliente financiamento bancário, ou não. Devido a isso, buscou-se criar um fluxo de caixa médio que objetivou minorar a oscilação de valores gerada por essa grande variação de possibilidades. Nele, computou-se a entrada de 20% do valor do apartamento, mais 12 parcelas, além dos dois reforços semestrais. O cliente tem nesse fluxo hipotético um ano de tempo para conseguir um financiamento bancário, situação assim considerada, pois alguns clientes conseguem logo o financiamento, outros não conseguem. Ocorre ainda a incidência de 5% de corretagem sobre o valor total do apartamento. A situação acima descrita pode ser vista na Tabela 15, de um apartamento no valor de R\$ 1.242.992,00:

Tabela 15 – Exemplo de venda de apartamento no fluxo de caixa

Mês	Venda	Parcelamento	Reforços e Chave	Financiamento	Corretagem
1	248.598,40	-	-	-	62.149,60
2	-	13.811,02	-	-	-
3	-	13.811,02	-	-	-
4	-	13.811,02	-	-	-
5	-	13.811,02	-	-	-
6	-	13.811,02	-	-	-
7	-	13.811,02	124.299,20	-	-
8	-	11.927,70	-	-	-
9	-	11.927,70	-	-	-
10	-	11.927,70	-	-	-
11	-	11.927,70	-	-	-
12	-	11.927,70	-	-	-
13	-	11.927,70	124.299,20	-	-
14	-	-	-	591.362,86	-

Foi perguntado a dois corretores de imóveis com que velocidade as unidades são vendidas de forma geral, sendo esse valor bastante variável. Definiu-se então que as vendas podem ocorrer desde o mês 1 até o mês 36. Foi escolhido esse

horizonte de tempo, até 36 meses, pois é o período de construção da obra mais metade desse mesmo período.

Para a variável Fluxo de Vendas, adotou-se uma variação entre cenários positivos e negativos que ocorre da seguinte forma: 0% para o cenário mais otimista 100% para o mais pessimista, como mostra a Tabela 16:

Tabela 16 – Cenários positivos e negativos de vendas

Valor	Projeto	
	Início das vendas (mês)	Fim das vendas (mês)
0%	1	26
10%	1	28
20%	1	30
30%	1	32
40%	1	34
50%	1	36
60%	3	36
70%	5	36
80%	7	36
90%	9	36
100%	11	36

#### 4.2.7 Variabilidades observadas

Após definidos os custos construtivos do empreendimento hipotético, suas vendas, corretagem e respectivos BDIs, pode-se realizar a análise de sensibilidade de cada variável, assim como uma análise de cenários, considerando os efeitos somados da variação de cada variável. Abaixo, Tabela 17, pode ser observado um resumo das variáveis adotadas, além de seus cenários otimista e pessimista, representados em termos percentuais de acréscimo ou decréscimo, em relação ao valor provável.

Tabela 17 – Variação das variáveis nos cenários pessimista e otimista

Cenários adotados para simulações			
Variáveis	Provável	Pessimista	Otimista
Fluxo de vendas	1-36 meses	11-36	1-26
Custos	Curva trapezoidal ideal	+20%	-20%
BDI do Construtor	32,77%	+7,93pp	-7,24pp
Vendas	Preços de apartamentos	-4,39%	+4,60%
BDI do Incorporador	20,42%	+5,53pp	-5,92pp
TMA	1,362%	+0,214pp	-0,219pp

Para a simulação, definiu-se que a oscilação ocorreria entre os valores acima dispostos, com igual probabilidade de ser gerado qualquer valor pertencente a faixa fixada entre pessimista e otimista, quando adotada a distribuição uniforme de dados, e com menor probabilidade de gerar valores extremos, com a distribuição Beta.

Dessa forma realizou-se diversos cenários aleatórios distintos para avaliar a variabilidade de resultados do valor de terreno no método involutivo, assim como de que maneira essa variabilidade se comporta quando se considera: dependência total, relação de dependência de 50% e independência total entre as variáveis.

## 5 RESULTADOS E ANÁLISES

Neste capítulo serão apresentados os resultados e as análises da variabilidade do método involutivo para a avaliação do terreno tomado como estudo de caso.

### 5.1 VALOR PROVÁVEL DO TERRENO

Calculou-se inicialmente o valor provável do terreno, para depois fazer análises de sensibilidade e cenários no empreendimento hipotético. Para tanto, foram realizadas simulações de 200 cenários de fluxos de venda, com as vendas variando da seguinte forma: a unidade comercializável do empreendimento pode ter o início de sua venda entre os meses 1 a 36. A Figura 9, além da Tabela 18 e Tabela 19 mostram os resultados das simulações para o projeto com outorga onerosa:

Figura 9 – Simulações do projeto com outorga onerosa

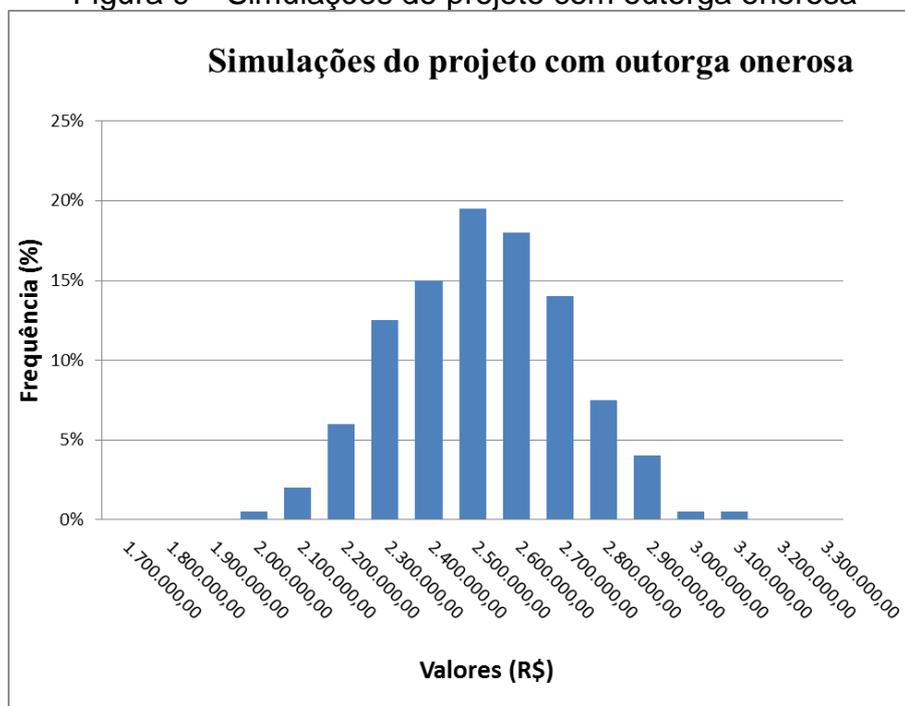


Tabela 18 – Simulações do projeto com outorga onerosa

Intervalo	Frequência acumulada	Frequência acumulada (%)	Frequência	Frequência (%)
<1.000.000,00	0	0%	0	0%
1.100.000,00	0	0%	0	0%
1.200.000,00	0	0%	0	0%
1.300.000,00	0	0%	0	0%
1.400.000,00	0	0%	0	0%
1.500.000,00	0	0%	0	0%
1.600.000,00	0	0%	0	0%
1.700.000,00	0	0%	0	0%
1.800.000,00	0	0%	0	0%
1.900.000,00	0	0%	0	0%
2.000.000,00	1	1%	1	1%
2.100.000,00	5	3%	4	2%
2.200.000,00	17	9%	12	6%
2.300.000,00	42	21%	25	13%
2.400.000,00	72	36%	30	15%
2.500.000,00	111	56%	39	20%
2.600.000,00	147	74%	36	18%
2.700.000,00	175	88%	28	14%
2.800.000,00	190	95%	15	8%
2.900.000,00	198	99%	8	4%
3.000.000,00	199	100%	1	1%
3.100.000,00	200	100%	1	1%
3.200.000,00	200	100%	0	0%
3.300.000,00	200	100%	0	0%
3.400.000,00	200	100%	0	0%
3.500.000,00	200	100%	0	0%
3.600.000,00	200	100%	0	0%
3.700.000,00	200	100%	0	0%
3.800.000,00	200	100%	0	0%
3.900.000,00	200	100%	0	0%
>4.000.000,00	200	100%	0	0%
Soma			200	100%

Tabela 19 – Simulações do projeto com outorga onerosa – estatísticas

Estatística Descritiva	
VPL médio =	2.472.103,34
Desvio Padrão =	200.088,63
Mínimo =	1.998.423,20
Q1 =	2.316.230,70
Q2 (mediana)=	2.474.022,08
Q3 =	2.608.145,31
Máximo =	3.000.672,08
Amplitude =	1.002.248,88
n =	200,00

A média das simulações para o projeto com outorga onerosa é de R\$ 2.472.103,34, com um desvio padrão de R\$ 200.088,63.

## 5.2 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A NBR 14653-2 (ABNT, 2011) exige que sejam feitas análises de sensibilidade das variáveis contempladas no estudo e, para tanto, serão feitas estas análises para cada variável abordada. Desse modo, será calculada a variação do valor do terreno quando a variável estudada assume sua situação mais otimista e mais pessimista.

### 5.2.1 Fluxo de vendas

Nessa primeira análise, estudou-se o comportamento do Valor do Terreno (Valor Presente Líquido) variando-se apenas o fluxo de vendas. Consideraram-se na simulação os cenários provável (vendas ocorrendo aleatoriamente entre os meses 1 e 36), otimista (vendas entre 1 e 26) e pessimista (vendas entre 11 e 36).

Na análise de sensibilidade, o cenário otimista do fluxo de vendas se dá quando todas elas ocorrem logo no primeiro mês de obras, ou seja, com todos os apartamentos sendo vendidos ainda na planta. Nessa situação tem-se o valor máximo de VPL para essa variável. Já o cenário pessimista se dá quando as vendas ocorrem todas no mês 36, gerando o menor VPL para essa variável. Os resultados podem ser acompanhados na Tabela 20.

Tabela 20 – Sensibilidade do fluxo de vendas

Análise de sensibilidade - Fluxo de vendas		
Situação	Valor (R\$)	Variação (%)
Pessimista	1.679.631,05	-31,81%
Provável	2.463.310,39	0,00%
Otimista	3.316.775,14	34,65%

### 5.2.2 Valor das vendas

Para o valor de vendas foi analisada a variação do VPL para uma alteração de situação entre -4,39% e +4,60% do valor dos preços. Os resultados estão colocados na Tabela 21.

Tabela 21 – Sensibilidade do valor de vendas

Análise de sensibilidade - Valor de vendas		
Situação	Valor (R\$)	Variação (%)
Pessimista	2.153.370,09	-12,58%
Provável	2.463.310,39	0,00%
Otimista	2.788.304,23	13,19%

### 5.2.3 BDI do Incorporador

A variação do BDI do Incorporador ocorre no intervalo entre 20,29% (+5,53pp) e -21,69% (-5,92pp), em relação ao valor mais provável, considerando do pior ao melhor cenário. Os resultados são apresentados na Tabela 22.

Tabela 22 – Sensibilidade do BDI do Incorporador

Análise de sensibilidade - BDI do Incorporador		
Situação	Valor (R\$)	Variação (%)
Pessimista	2.049.725,27	-16,79%
Provável	2.463.310,39	0,00%
Otimista	2.905.350,60	17,94%

## 5.2.4 Custo construtivo

A faixa de variação dos custos construtivos do empreendimento hipotético é de 20% a -20%, considerando do pior ao melhor cenário. A análise de sensibilidade pode ser vista na Tabela 23, na Tabela 24 e na Tabela 25:

Tabela 23 – Sensibilidade do custo construtivo

Análise de sensibilidade - Custos construtivos		
Situação	Valor (R\$)	Variação (%)
Pessimista	2.076.780,10	-15,69%
Provável	2.463.310,39	0,00%
Otimista	2.849.840,68	15,69%

## 5.2.5 BDI do construtor

O intervalo de variação do BDI do construtor ocorre de 24,18% (+7,93pp) para -22,10% (-7,24pp), considerando do pior ao melhor cenário. Os resultados são mostrados na Tabela 24.

Tabela 24 – Sensibilidade do BDI do construtor

Análise de sensibilidade - BDI do construtor		
Situação	Valor (R\$)	Variação (%)
Pessimista	2.310.147,56	-6,22%
Provável	2.463.310,39	0,00%
Otimista	2.603.298,11	5,68%

## 5.2.6 Taxa mínima de atratividade

A variação da TMA ficou compreendida entre 1,23% a.m. e 0,64% a.m., considerando do pior ao melhor cenário. Os resultados estão na Tabela 25.

Tabela 25 – Sensibilidade da TMA

Análise de sensibilidade - TMA		
Situação	Valor (R\$)	Variação (%)
Pessimista	2.334.157,32	-7,56%
Provável	2.525.171,82	0,00%
Otimista	2.736.692,68	8,38%

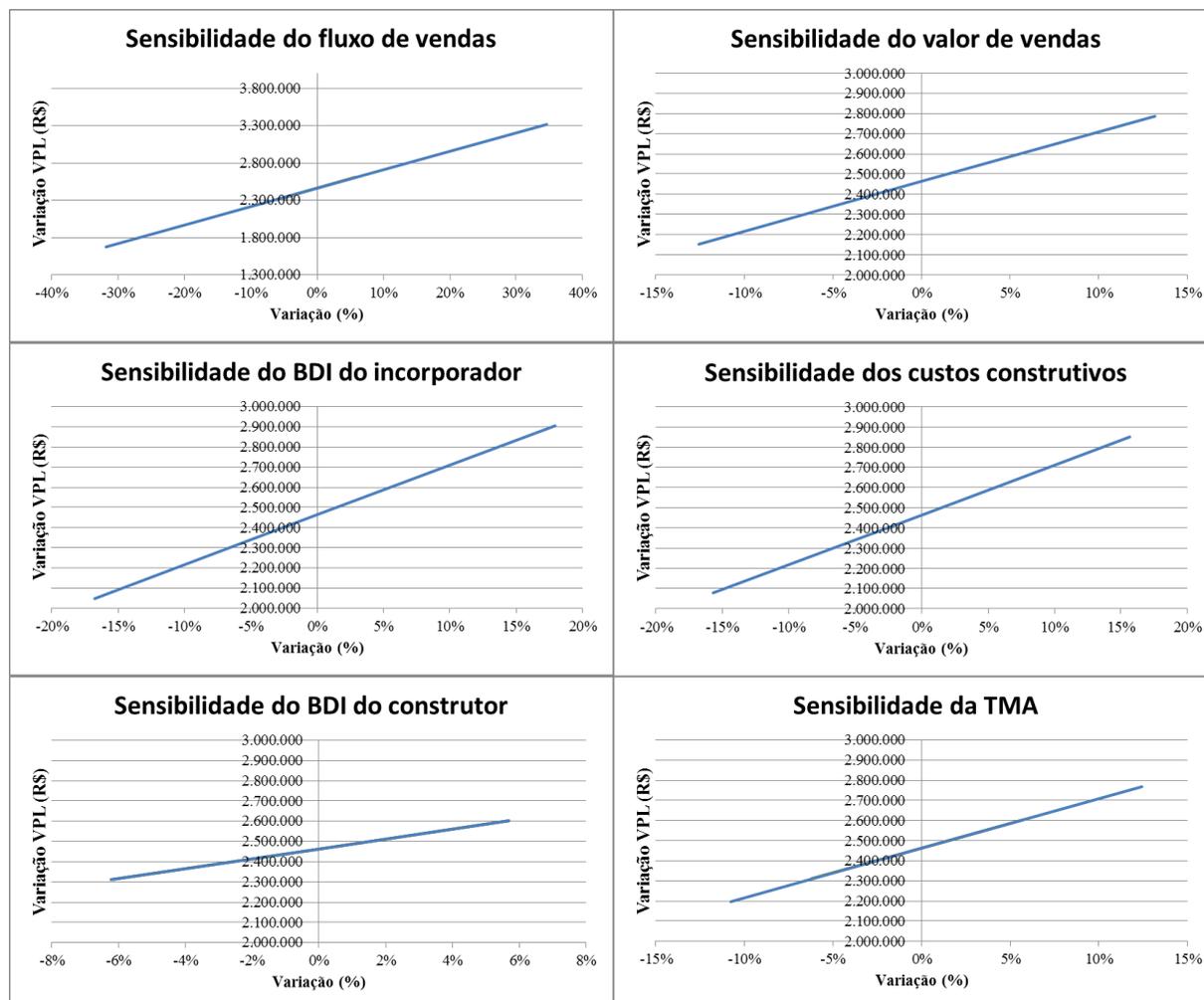
## 5.2.7 Resumo das análises de sensibilidade

A Tabela 26 e a Figura 10 apresentam um resumo dos resultados.

Tabela 26 – Análise de sensibilidade –resumo

Análise de sensibilidade						
Variável	Preço de Vendas	BDI incorporador	Custos Construtivos	BDI construtor	TMA	Fluxo de vendas
Pessimista	2.153.370,09	2.049.725,27	2.076.780,10	2.310.147,56	2.197.910,04	1.679.631,05
Provável	2.463.310,39	2.463.310,39	2.463.310,39	2.463.310,39	2.463.310,39	2.463.310,39
Otimista	2.788.304,23	2.905.350,60	2.849.840,68	2.603.298,11	2.769.344,25	3.316.775,14
Varição	634.934,14	855.625,33	773.060,57	293.150,54	571.434,21	1.637.144,09

Figura 10 – Sensibilidade para o valor do terreno



A maior alteração de valores ocorreu com a variável “fluxo de vendas”, sendo ela de mais de um milhão e meio de reais. A segunda maior mudança de VPL registrada, já muito menor que a primeira, se dá na análise do BDI do Incorporador, onde os cenários otimista e pessimista registaram uma amplitude de R\$ 855.625,33. Preço de vendas e Custos Construtivos apresentam variações em uma ordem de grandeza similar de valores, enquanto que o BDI do construtor mostrou-se com menor amplitude na análise.

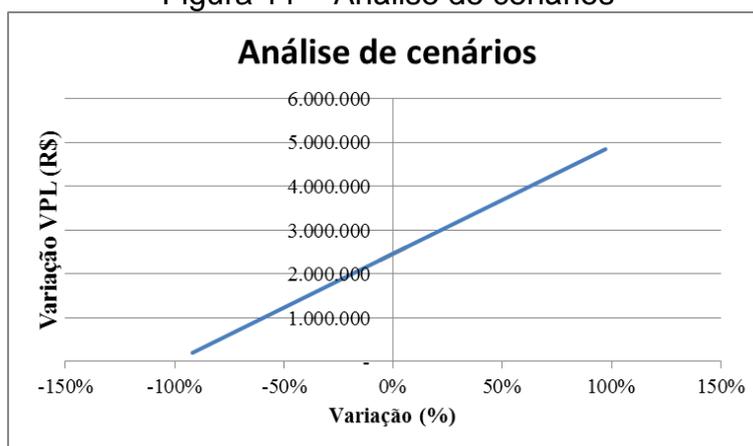
### 5.3 ANÁLISE DE CENÁRIOS

Para a realização da análise foram considerados 3 cenários distintos, como a norma NBR 14653-2 (ABNT, 2011) exige para a obtenção do Grau III neste quesito. Os cenários considerados são os pessimista, provável e otimista, com as variáveis assumindo seus respectivos valores, já apresentados na análise de sensibilidade. Seguem os resultados na Tabela 27 e Figura 11.

Tabela 27 – Análise de cenários

Análise de Cenários		
Situação	Valor (R\$)	Variação (%)
Pessimista	199.715,11	-92%
Provavel	2.463.310,39	0%
Otimista	4.853.356,00	97%
Variação	4.653.640,89	189%

Figura 11 – Análise de cenários



Com os resultados pode-se constatar que a variação de valores é muito alta, com o valor do terreno podendo variar em quase cinco milhões de reais, dependendo do quadro otimista ou pessimista assumido por cada variável – o que certamente causa uma situação de desconforto para o avaliador! Cabe salientar que as possibilidades extremas que levam a uma amplitude de 189% do valor do terreno, conhecidos como “eventos de tempestade perfeita”, onde todos os valores assumem seu valor extremo positivo ou negativo, são muito improváveis, gerando uma amplitude de VPL com valores que muito dificilmente serão alcançados na realidade. Ou seja, é muito mais provável que a variação do valor do terreno esteja próxima do valor provável inicialmente adotado. Dessa forma, parece insuficiente realizar uma análise de cenários assim, pois não se sabe a possibilidade de ocorrência dos valores de VPL, além deles possuírem uma amplitude grande demais para uma avaliação. Para compreender melhor essa variação e suas probabilidades, foram feitas simulações de Monte Carlo que pretendem elucidar melhor essa questão.

#### 5.4 SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO COM DISTRIBUIÇÃO UNIFORME

Por meio das simulações de Monte Carlo, pretende-se estudar a probabilidade dos valores de VPL, ou seja, a probabilidade que o valor do terreno tem de assumir, de acordo com os intervalos otimistas e pessimistas de cada variável.

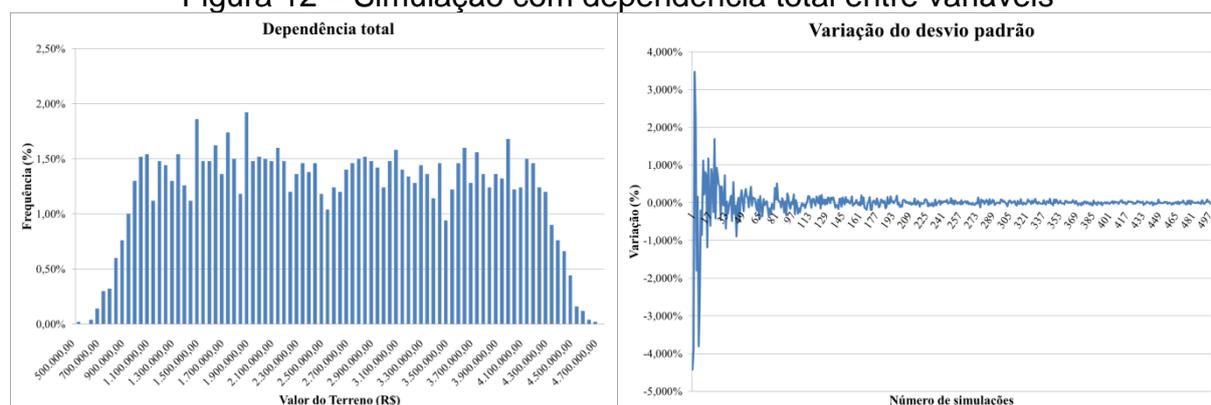
Foram realizados três tipos de simulação, com dependência total entre as variáveis, relação de dependência de 50% entre elas e independência total das mesmas. Para cada um dos casos foram feitas 5.000 simulações e, em todas elas,

as variáveis têm igual probabilidade de assumir qualquer valor dentro da faixa admissível entre a sua situação otimista e pessimista, ou seja, a simulação é feita usando-se uma distribuição contínua. De acordo com o Teorema Central do Limite, uma variável resultante da soma de um grande número de variáveis independentes e aleatórias tende a ter uma distribuição normal de valores (GORDON 2006) e, caso a distribuição seja normal, análises estatísticas podem ser realizadas a respeito dos resultados.

#### 5.4.1 Dependência total

Na dependência total, todas variáveis puderam assumir qualquer valor dentro da faixa admissível e de forma aleatória, porém com 100% de dependência entre elas, de modo que quando uma variável assume um valor dentro da sua faixa de valores admissíveis, as outras também assumirão um valor de igual proporcionalidade dentro de seus limites admissíveis de valores. Exemplificando, se uma variável assume seu valor máximo otimista, as outras também assumirão seu valor máximo otimista. Os resultados dos VPLs alcançados podem ser vistos no gráfico da Figura 12.

Figura 12 – Simulação com dependência total entre variáveis



Para saber se o número de simulações foi adequado e não há tendenciosidade nos valores foi calculada a variação do desvio padrão dos valores a cada 10 simulações, cumulativamente. Ou seja, primeiramente obteve-se o desvio padrão dos 10 primeiros VPL gerados por simulações e comparou-se com o desvio padrão dos 20 primeiros VPL gerados. Quando a diferença entre os desvios padrões for constante, significa que o número de simulações realizado já é suficiente e o processo de simulação pode ser parado.

A variação do desvio padrão apresenta-se bastante uniforme no valor de 500 no eixo X (Figura 12, gráfico à direita), que representa o 500º grupo tomado de 10 simulações de forma cumulativa, ou seja, considerando 5.000 simulações. Dessa forma, considera-se que 5.000 simulações foram suficientes na obtenção da distribuição de valores de VPL. Os resultados são vistos na Tabela 40.

Tabela 28 – Dependência total das variáveis - estatísticas

Estatística descritiva	
VPL médio =	2.548.899,89
Desvio padrão =	1.034.877,54
Mínimo =	450.090,75
Q1 =	1.659.419,31
Q2 (mediana)=	2.537.313,12
Q3 =	3.450.641,87
Máximo =	4.603.423,46
Amplitude =	4.153.332,70
n =	5.000,00

O VPL médio é de R\$2.548.899,89, com desvio padrão de R\$1.034.877,54, o qual se mostra bastante elevado, denotando uma grande variabilidade de valores.

#### 5.4.2 Relação de dependência de 50%

Para essa situação, considerou-se uma relação de dependência entre variáveis de 50%, ou seja, há ainda grande vinculação entre as variáveis. Se uma variável assume um valor na sua faixa de valores admissíveis, as outras variáveis assumirão um valor em suas faixas de valores que se distanciam em, no máximo, mais ou menos 25% do valor de igual proporcionalidade. O resultado gráfico dos valores de VPL alcançados pode ser visto no gráfico da Figura 13.

Figura 13 – Simulação com relação de dependência de 50% entre as variáveis

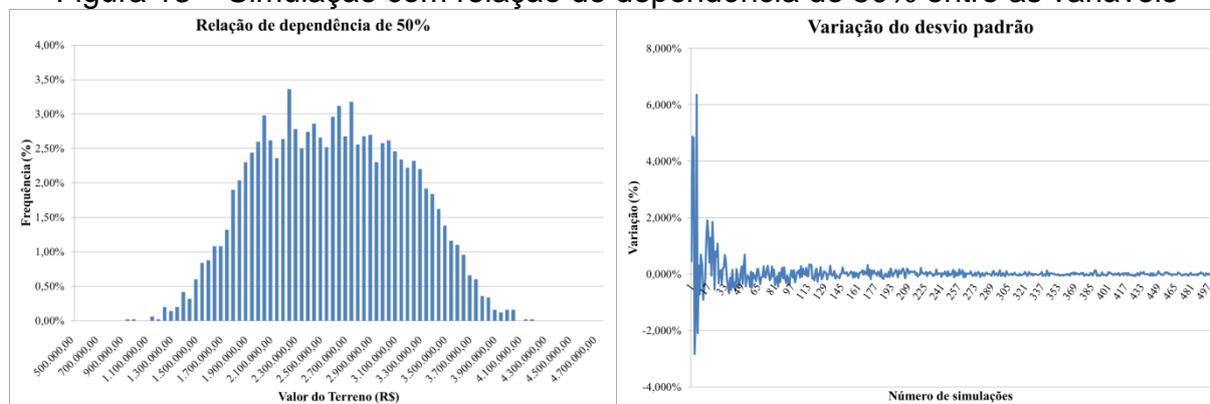


Tabela 29 – Independência de 50% das variáveis - estatísticas

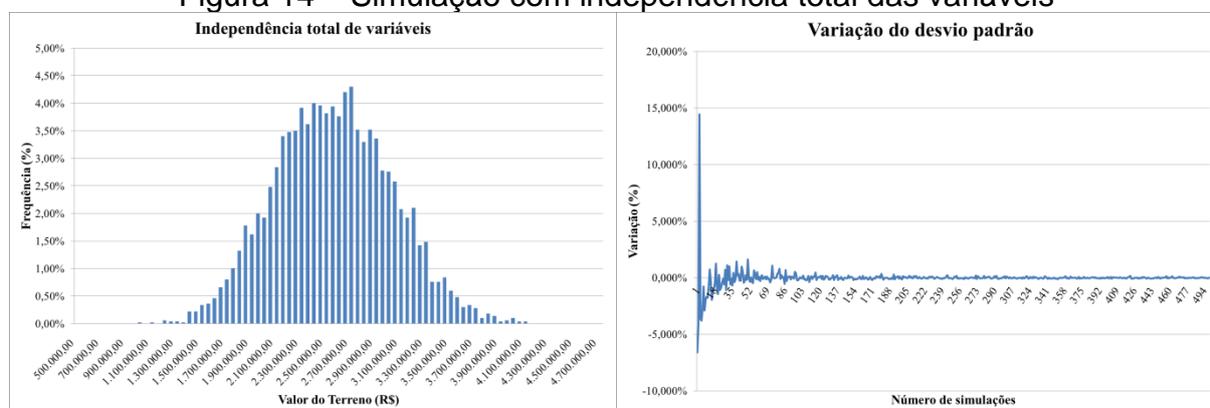
Estatística descritiva	
VPL médio =	2.530.526,16
Desvio padrão =	584.266,24
Mínimo =	860.974,02
Q1 =	2.070.708,41
Q2 (mediana)=	2.527.366,95
Q3 =	2.982.697,63
Máximo =	4.125.433,44
Amplitude =	3.264.459,42
n =	5.000,00

As simulações resultaram num VPL médio de R\$ 2.530.526,16, com desvio padrão de R\$ 584.266,24, muito menor do que o calculado anteriormente quando havia dependência total de variáveis, o que mostra que a variabilidade de valores se torna muito menor quando não se tem uma dependência forte de variáveis.

### 5.4.3 Independência total

Na simulação com independência total entre as variáveis, elas podem assumir qualquer valor sem que haja qualquer vinculação entre elas. Uma variável pode então assumir sua situação otimista máxima, enquanto que outra pode assumir sua situação pessimista máxima. Os valores de VPL alcançados podem ser visualizados na Figura 14.

Figura 14 – Simulação com independência total das variáveis



Para saber se o número de simulações foi adequado, foi realizado o cálculo de diferenças de desvios padrão da mesma forma explicada no tópico anterior.

Tabela 30 – Independência total das variáveis – estatísticas

Estatística descritiva	
VPL médio =	2.533.200,72
Desvio padrão =	470.006,83
Mínimo =	988.198,81
Q1 =	2.198.307,39
Q2 (mediana)=	2.524.417,52
Q3 =	2.856.962,02
Máximo =	4.096.669,20
Amplitude =	3.108.470,39
n =	5.000,00

As simulações resultaram num valor médio de VPL de R\$ 2.533.200,79, com desvio padrão de R\$ 470.006,83, número menor do que o calculado nas duas simulações anteriores, confirmando a teoria de que a variabilidade de valores se torna menor quando a dependência entre as variáveis diminui.

#### 5.4.4 Equivalência das médias das variações pelo teste-t

Busca-se saber se as médias das distribuições, apesar de apresentarem desvios padrões e amostragens distintas, são equivalentes umas em relação às outras, ou seja, se apontam para um mesmo valor médio. Para tanto, realizou-se o teste-t para equivalência das médias que possuam variâncias diferentes, como pode ser visto na Tabela 31.

Tabela 31 – Teste-t das médias para médias geradas por simulações com distribuição uniforme

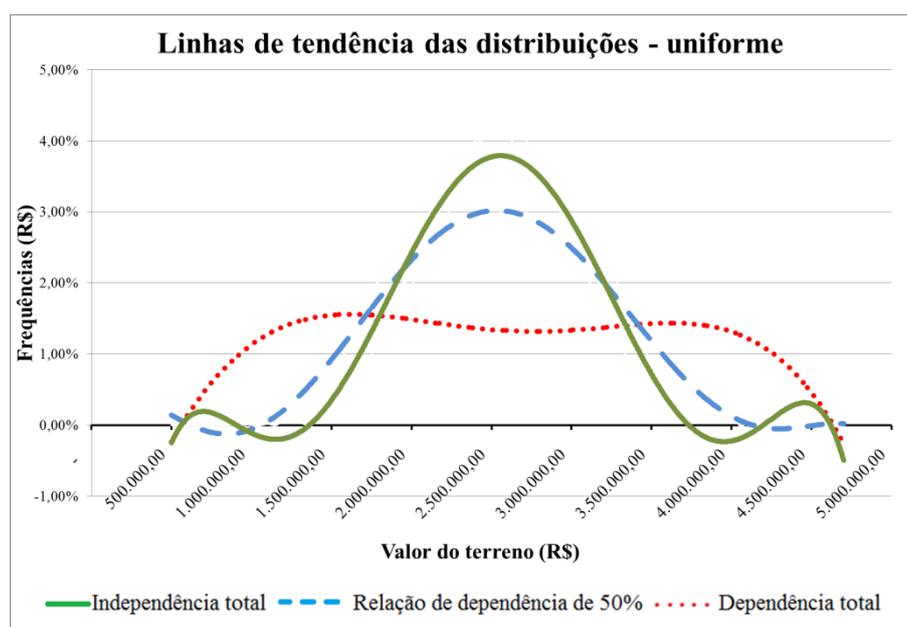
Teste-t das médias					
Independência total e	Média (R\$)	Variância (R\$)	P-valor	Resultado t	t crítico bi-caudal
Dependência total	2.548.899,89	1.070.971.531.336,07	32,876%	0,977	1,960
Relação de dependência de 50%	2.530.526,16	341.367.034.048,87	80,088%	-0,252	1,960

Foram feitos dois testes-t, entre a distribuição com independência total e as outras duas distribuições. Como os dois testes retornaram que as distribuições são equivalentes entre si, pode-se assumir que todas são equivalentes entre si.

#### 5.4.5 Linhas de tendência das distribuições geradas por simulação de Monte Carlo com distribuição uniforme

Abaixo, na Figura 15, podem ser vistas as linhas de tendência das distribuições geradas na simulação (os extremos aparecem distorcidos, devendo ser ignorados). Nota-se que, quanto menor a relação de dependência entre as variáveis, mais a curva se parece com a da distribuição normal.

Figura 15 – Linhas de tendência das simulações com distribuição uniforme



## 5.4.6 Normalidade das simulações pelo teste Qui-Quadrado

O teste Qui-Quadrado objetiva saber se há aderência entre valores obtidos e esperados - neste caso, se as distribuições possuem distribuição normal. Os resultados dos testes para cada simulação pode ser acompanhado na Tabela 32.

Tabela 32 – Teste Qui-Quadrado das simulações com distribuição uniforme

Normalidade das distribuições pelo teste do Qui-quadrado					
Distribuições de variáveis	X <sup>2</sup> calculado	X <sup>2</sup> para significância de 5,0%	Chance de erro ao rejeitar H0	Significância	Distribuição é normal
Dependência total	258,541	22,362	0,000%	5,000%	Não
Relação de dependência de 50%	104,501	22,362	0,000%	5,000%	Não
Independência total	17,472	22,362	17,863%	5,000%	Sim

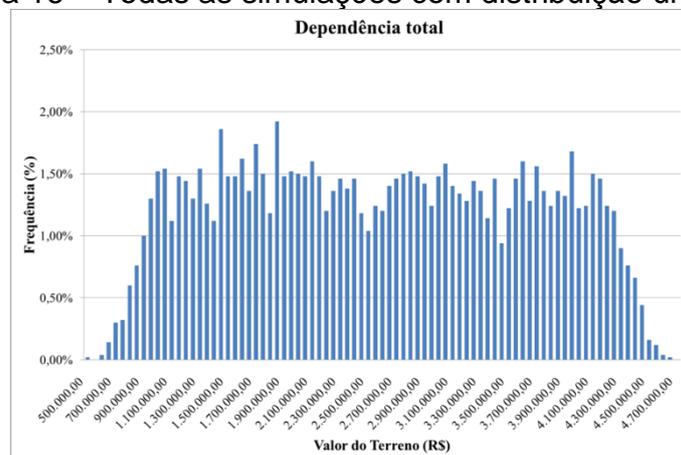
Apenas a simulação realizada com variáveis em independência total entre si apresentou distribuição normal pelo teste do Qui-Quadrado, resultado esse de acordo com o Teorema Central do Limite, o qual preconiza que as variáveis, além de aleatórias, precisam ser independentes para possuírem distribuição normal. Além disso, os resultados mostram-se em concordância com o teorema, pois as variáveis independentes, identicamente distribuídas e aleatórias tendem a distribuição normal quando as observações tendem ao infinito. Percebe-se que, à medida que as variáveis ficam mais dependentes umas das outras, menor é a relação que o diagrama resultante tem com a distribuição normal.

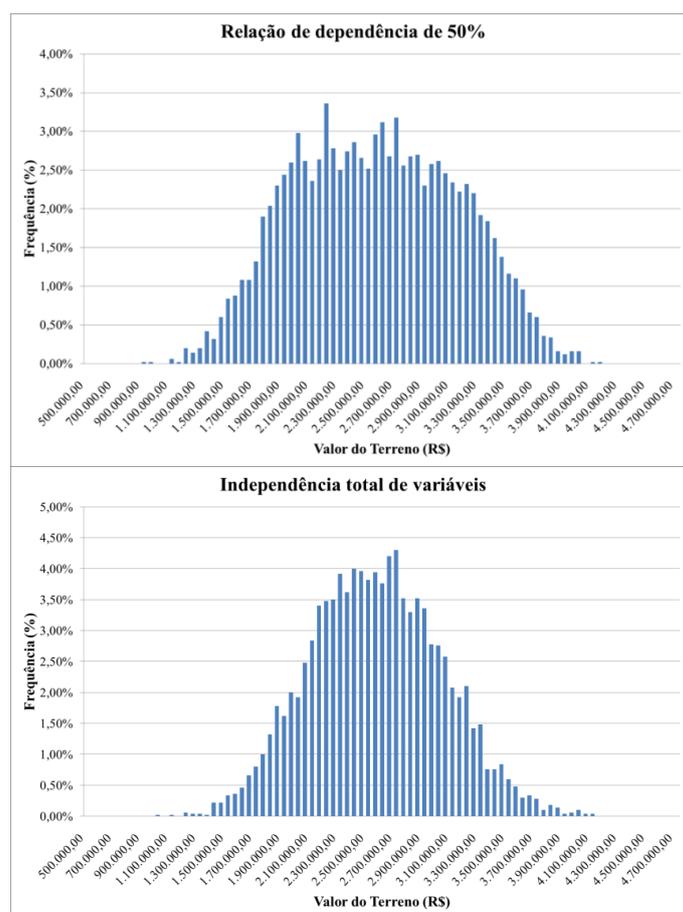
Pode-se concluir dessa forma para a simulação com independência total, por possuir distribuição normal, que 68% dos valores estão compreendidos entre R\$2.063.193,89 e R\$ 3.003.207,55, além de que 95% dos valores estão compreendidos entre R\$ 1.593.187,06 e R\$ 3.473.214,37 e que 99% dos valores estão entre R\$ 1.123.180,23 e R\$ 3.943.221,20. Comparando-se com os valores gerados na análise de cenários, de R\$ 199.715,11 e R\$ 4.853.356,00, percebe-se que os valores extremos são muito improváveis de ocorrer.

## 5.5 RESUMO DAS SIMULAÇÕES COM DISTRIBUIÇÃO UNIFORME

Na Figura 16 estão apresentadas as três distribuições geradas:

Figura 16 – Todas as simulações com distribuição uniforme





A seguir, na Tabela 33, pode ser vista também a tabela resumo com os resultados estatísticos das simulações realizadas:

Tabela 33 – Tabela com todas as simulações com distribuição

<b>Estatística descritiva</b>			
	<b>Dependência total</b>	<b>Dependência de 50%</b>	<b>Independência total</b>
Normal	Não	Sim	Sim
VPL Médio =	2.548.899,89	2.530.526,16	2.533.200,72
Desvio padrão =	1.034.877,54	584.266,24	470.006,83
Mínimo =	450.090,75	860.974,02	988.198,81
Q1 =	1.659.419,31	2.070.708,41	2.198.307,39
Q2 (mediana)=	2.537.313,12	2.527.366,95	2.524.417,52
Q3 =	3.450.641,87	2.982.697,63	2.856.962,02
Máximo =	4.603.423,46	4.125.433,44	4.096.669,20
Amplitude =	4.153.332,70	3.264.459,42	3.108.470,39
n =	5.000,00	5.000,00	5.000,00

Como visto anteriormente, os desvios padrões das distribuições aumentam quando aumenta a dependência entre as variáveis.

## 5.6 SIMULAÇÃO DAS VARIÁVEIS POR DISTRIBUIÇÃO BETA

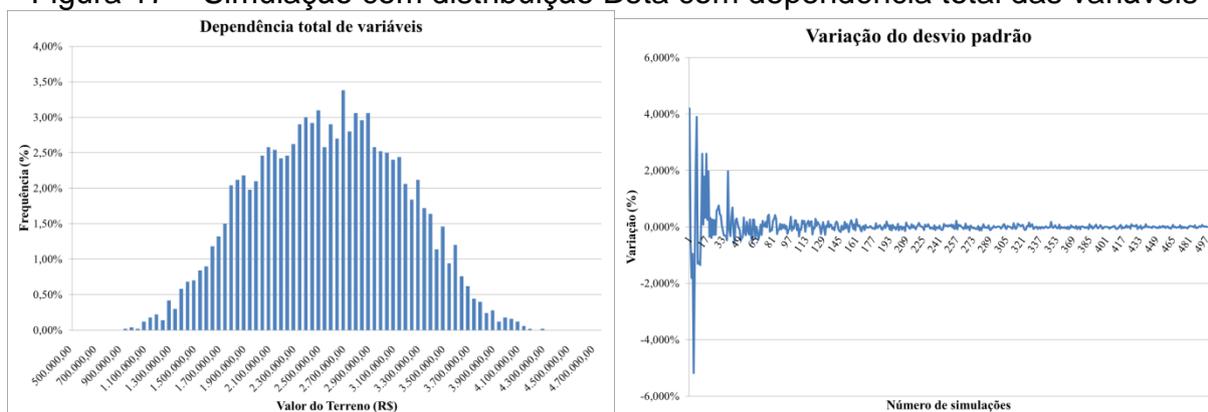
Pretende-se também, neste capítulo, estudar a probabilidade dos valores de VPL por meio das simulações de Monte Carlo. Também serão considerados os três

tipos de dependência: total, relação de dependência de 50% e independência total entre variáveis, sendo realizadas 5.000 simulações para cada tipo. A diferença para essas simulações é que elas utilizam agora a distribuição beta: as variáveis assumem valores aleatórios dentro de suas faixas limite, mas não mais com a mesma probabilidade de ocorrência – neste caso, as variáveis possuem uma probabilidade menor de assumirem valores extremos. Considerou-se a alternativa da distribuição beta em contraposição à distribuição uniforme porque esta última considera que valores extremos possuem a mesma probabilidade de ocorrência que os valores centrais, situação essa que normalmente não ocorre na realidade.

### 5.6.1 Dependência total

Na dependência total, todas variáveis puderam assumir qualquer valor dentro da faixa admissível e de forma aleatória, porém com 100% de dependência entre elas, de modo que quando uma variável assume um valor dentro da sua faixa de valores admissíveis, as outras também assumirão um valor de igual proporcionalidade dentro de seus limites admissíveis de valores. Exemplificando, se uma variável assume seu valor máximo otimista, as outras também assumirão seu valor máximo otimista. Os resultados de VPL alcançados podem ser vistos no gráfico da Figura 17 e na Tabela 34.

Figura 17 – Simulação com distribuição Beta com dependência total das variáveis



Para saber se o número de simulações foi adequado, foi realizado o cálculo de diferenças de desvios padrão da mesma forma explicada no tópico anterior.

Tabela 34 – Dependência total das variáveis – distribuição Beta – estatísticas

Estatística descritiva	
VPL médio =	2.507.238,69
Desvio padrão =	596.323,78
Mínimo =	853.801,71
Q1 =	2.057.169,81
Q2 (mediana)=	2.512.878,86
Q3 =	2.948.417,66
Máximo =	4.204.328,02
Amplitude =	3.350.526,31
n =	5.000,00

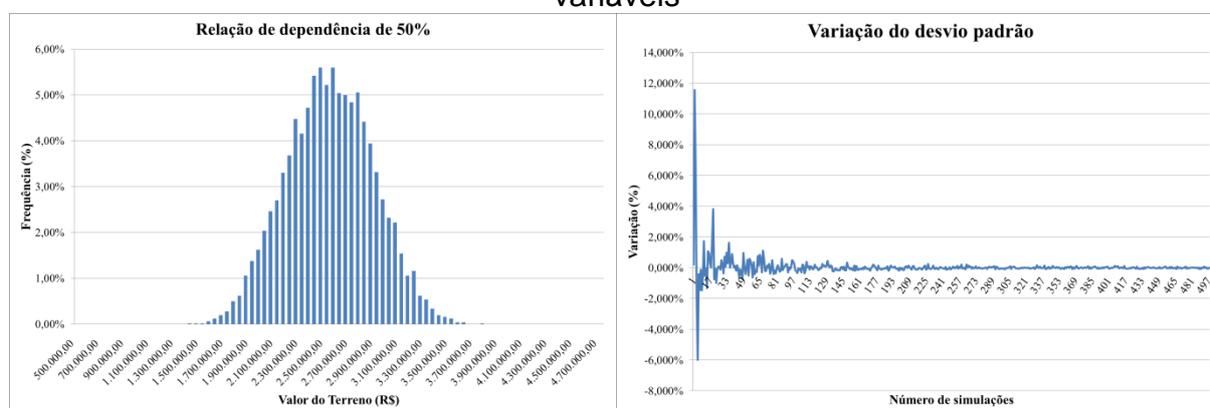
As simulações resultaram num valor médio de VPL de R\$2.507.238,69, com desvio padrão de R\$ 596.323,78, o qual se mostra elevado, denotando uma grande variabilidade de valores.

### 5.6.2 Relação de dependência de 50% entre variáveis

Para essa situação, considerou-se uma relação de dependência entre variáveis de 50% da mesma forma como foi considerado anteriormente.

O resultado gráfico dos valores de VPL alcançados pode ser vistos no gráfico da Figura 18 e na Tabela 35.

Figura 18 – Simulação com distribuição Beta com independência de 50% das variáveis



Para saber se o número de simulações foi adequado, foi realizado o cálculo de diferenças de desvios padrão conforme feito anteriormente.

Tabela 35 – Estatística da relação de dependência de 50% com distribuição Beta

Estatística descritiva	
VPL médio =	2.502.870,99
Desvio padrão =	349.869,96
Mínimo =	1.397.545,96
Q1 =	2.255.087,41
Q2 (mediana)=	2.502.434,96
Q3 =	2.748.406,23
Máximo =	3.704.240,90
Amplitude =	2.306.694,93
n =	5.000,00

As simulações resultaram num valor médio de VPL de R\$2.502.870,99, com desvio padrão de R\$ 349.869,96, muito menor do que o calculado anteriormente quando havia dependência total de variáveis. Esse valor sugere que a variabilidade de valores se torna muito menor quando não se tem uma dependência forte de variáveis.

### 5.6.3 Independência total

Na simulação com independência total entre as variáveis, elas podem assumir qualquer valor sem que haja qualquer vinculação entre elas. Uma variável pode

então assumir sua situação otimista máxima, enquanto que outra pode assumir sua situação pessimista máxima. Os valores de VPL alcançados podem ser visualizados na Figura 19 e Tabela 36.

Figura 19 – Simulação com distribuição Beta com independência total das variáveis

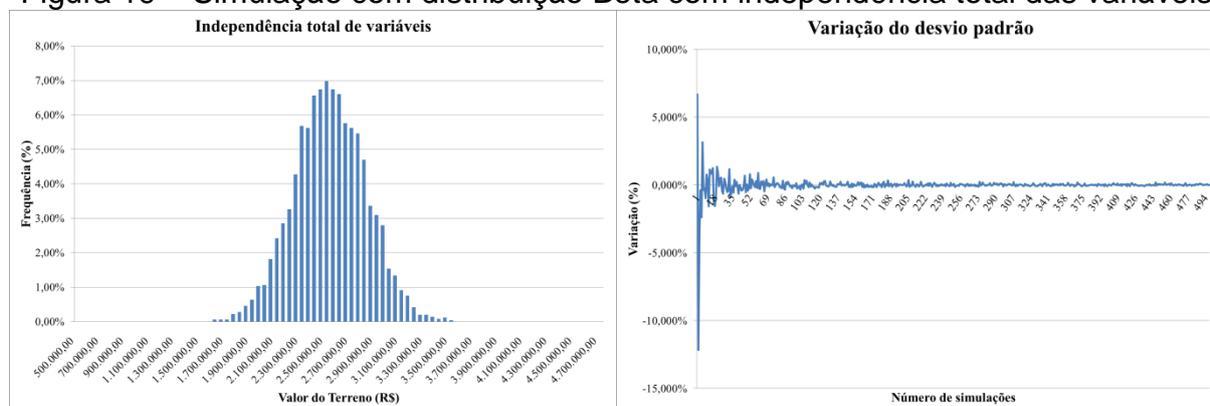


Tabela 36 – Independência total das variáveis – distribuição Beta – estatísticas

Estatística descritiva	
VPL médio =	2.503.592,23
Desvio padrão =	287.737,16
Mínimo =	1.559.964,64
Q1 =	2.307.828,00
Q2 (mediana)=	2.498.866,95
Q3 =	2.701.930,39
Máximo =	3.472.368,52
Amplitude =	1.912.403,88
n =	5.000,00

As simulações resultaram num valor médio de VPL de R\$2.503.592,23, com desvio padrão de R\$ 287.737,16, número menor do que o calculado nas duas simulações anteriores, confirmando novamente a teoria de que a variabilidade de valores diminui quando a dependência entre as variáveis diminui.

#### 5.6.4 Equivalência das médias das variações pela distribuição beta

Busca-se saber se as médias das distribuições são equivalentes umas em relação às outras, ou seja, se apontam para um mesmo valor médio. Para tanto, realizou-se o teste-t para equivalência das médias que possuam variâncias diferentes, como pode ser visto na Tabela 37.

Tabela 37 – Teste-t para médias geradas por simulações com distribuição Beta

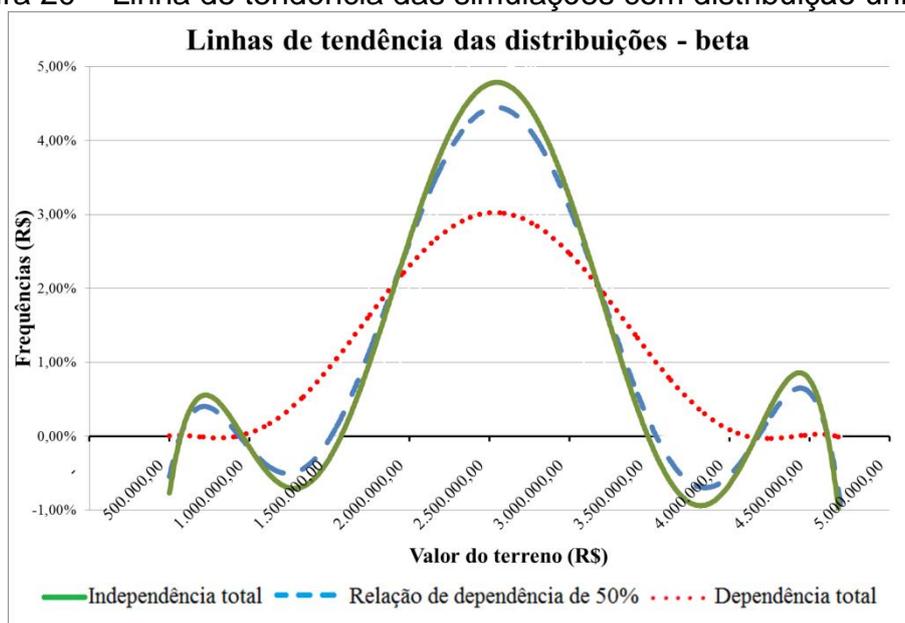
Teste-t das médias					
Independência total em relação a	Média (R\$)	Variância (R\$)	P-valor	Resultado t	t crítico bi-caudal
Dependência total	2.507.238	355.602.054.069	69,697%	0,389	1,960
Relação de dependência de 50%	2.502.870	122.408.985.837	91,036%	-0,113	1,960

Novamente, como os dois testes retornaram que as distribuições são equivalentes entre si, pode-se assumir que todas são equivalentes entre si.

### 5.6.5 Linhas de tendência das distribuições geradas por simulação de Monte Carlo com distribuição Beta

Na Figura 20, podem ser vistas as linhas de tendência das distribuições geradas na simulação (os extremos aparecem distorcidos, devendo ser ignorados).

Figura 20 – Linha de tendência das simulações com distribuição uniforme



### 5.6.6 Normalidade das variações pela distribuição beta pelo teste Qui-Quadrado

O teste Qui-Quadrado objetiva saber se há aderência dos valores obtidos com os esperados – no presente caso, se os dados obtidos por meio das simulações possuem de fato distribuição normal. Os resultados do teste para cada simulação pode ser visto na Tabela 38 abaixo:

Tabela 38 – Variação do BDI do construtor - estatísticas

Normalidade das distribuições Beta pelo teste do Qui-quadrado					
Relação de dependência	X <sup>2</sup> calculado	X <sup>2</sup> para α de 5,0%	P-valor	Significância	Distribuição é normal
Dependência total	40,678	22,362	0,011%	5,000%	Não
Relação de dependência de 50%	16,155	22,362	24,088%	5,000%	Sim
Independência total	2,119	22,362	99,969%	5,000%	Sim

A simulação realizada com variáveis em dependência total entre si não apresentou distribuição normal pelo teste do Qui-Quadrado na simulação de Monte Carlo com distribuição Beta, estando de acordo com o Teorema Central do Limite, o qual diz que as variáveis precisam ser aleatórias e independentes para tanto.

No entanto, a simulação com variáveis com relação de dependência de 50% também passou no teste do Qui-Quadrado, mostrando que a distribuição de valores gerada na simulação possui distribuição normal. Atribui-se esse fenômeno ao fato da distribuição simétrica de Beta ter uma forma semelhante à da curva normal, pois, como uma variável resultante da soma de outras variáveis, que possuem distribuição normal, também possui distribuição normal, a distribuição Beta possibilitou, devido à sua forma, que a distribuição final se assemelhasse com a normal, mesmo havendo ainda uma dependência entre as variáveis. Mais uma vez nas simulações, à medida que as variáveis ficam mais dependentes umas das outras, menor é a relação que o diagrama resultante tem com a distribuição normal.

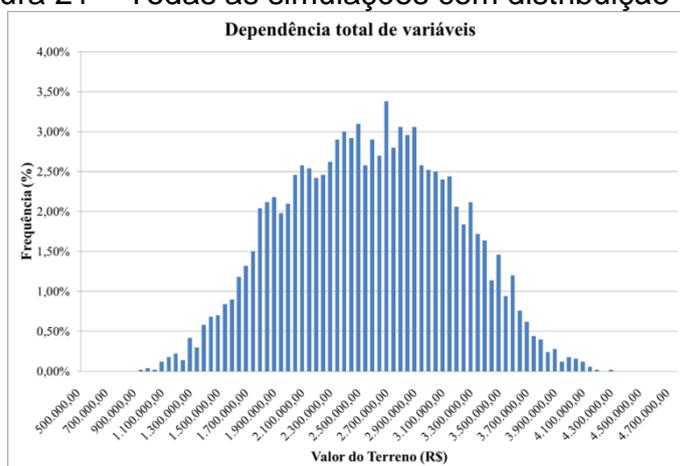
Portanto, para a simulação com independência total, por possuir distribuição normal, 68% dos valores estão compreendidos entre R\$ 2.215.855,07 e R\$ 2.791.329,39 e que 95% dos valores estão compreendidos entre R\$ 1.928.117,91 e R\$ 3.079.066,56. Para três desvios padrões tem-se 99% de valores entre R\$ 1.640.380,75 e R\$ 3.366.803,72. Já para a simulação com relação de dependência de 50%, que também mostrou possuir distribuição normal de valores, pode-se afirmar que 68% dos valores estão entre R\$ 2.153.001,04 e R\$ 2.852.740,95, além de 95% dos valores estar entre R\$ 1.803.131,08 e R\$ 3.202.610,90. Para três desvios padrões tem-se 99% de valores entre R\$ 1.453.261,13 e R\$ 3.552.480,86.

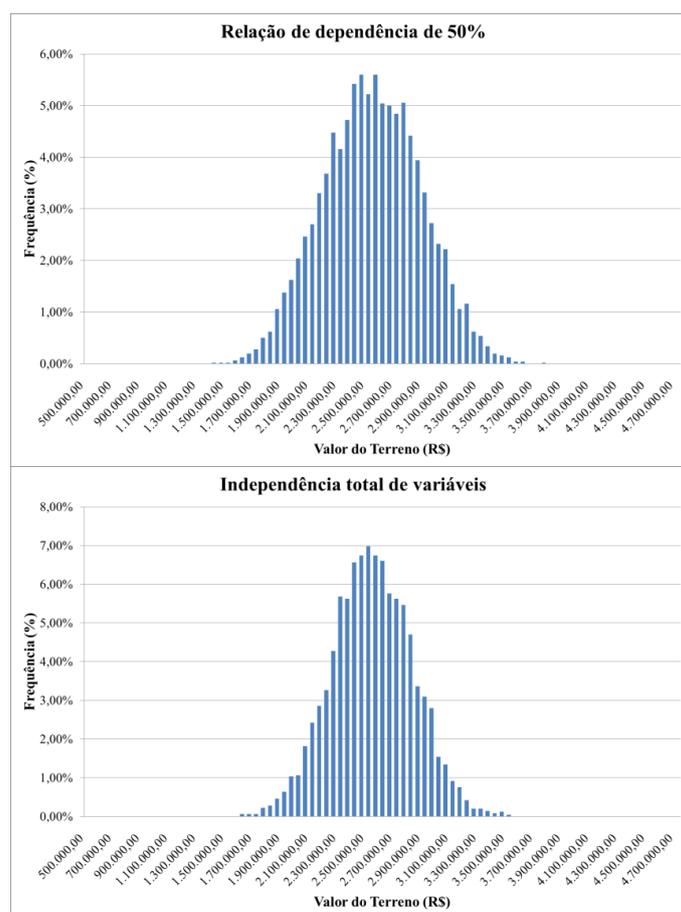
Comparando-se novamente com os valores gerados na análise de cenários, de R\$ 199.715,11 e R\$ 4.853.356,00, pode se afirmar que os valores extremos são muito improváveis de ocorrer.

## 5.7 RESUMO DAS SIMULAÇÕES COM DISTRIBUIÇÃO BETA

Abaixo, na Figura 21, estão apresentadas as três distribuições geradas por simulação de Monte Carlo para melhor comparação.

Figura 21 – Todas as simulações com distribuição Beta





Na Tabela 39, pode ser visto um resumo dos resultados estatísticos de todas as simulações realizadas. Observa-se que a variabilidade entre os quartis inferiores e superiores da distribuição dos resultados para a relação de dependência de 50% é perfeitamente condizente com a realidade.

Tabela 39 – Tabela com todas as simulações com distribuição Beta

<b>Estatística descritiva</b>	<b>Dependência total</b>	<b>Relação de dependência de 50%</b>	<b>Independência total</b>
Normal	Não	Sim	Sim
VPL médio =	2.507.238,69	2.502.870,99	2.503.592,23
Desvio padrão =	596.323,78	349.869,96	287.737,16
Mínimo =	853.801,71	1.397.545,96	1.559.964,64
Q1 =	2.057.169,81	2.255.087,41	2.307.828,00
Q2 (mediana)=	2.512.878,86	2.502.434,96	2.498.866,95
Q3 =	2.948.417,66	2.748.406,23	2.701.930,39
Máximo =	4.204.328,02	3.704.240,90	3.472.368,52
Amplitude =	3.350.526,31	2.306.694,93	1.912.403,88
n =	5.000,00	5.000,00	5.000,00

Os desvios padrões das distribuições diminuem quando diminui a dependência entre as variáveis. Percebe-se que a variabilidade de valores é muito menor quando se usa a distribuição beta, do que quando se usa a distribuição uniforme. O uso da distribuição uniforme pressupõe completa incerteza sobre a frequência dos valores dentro do intervalo admitido. A distribuição beta considera

que os valores extremos possuem uma probabilidade menor de ocorrência que os demais valores. Desta forma, seu uso pressupõe que o avaliador tem menor incerteza quanto à realidade que está sendo simulada.

## 6 CONCLUSÕES

No presente trabalho estudou-se o comportamento de variáveis que causam sensibilidade no método involutivo na determinação do valor de um terreno. Para tanto, foram consideradas seis variáveis: fluxo de vendas, valor das vendas, BDI do incorporador, custo construtivo, BDI do construtor e taxa mínima de atratividade. No estudo das variáveis percebeu-se que algumas delas possuem maior influência no valor final do terreno do que outras, necessitando de uma maior atenção na definição de seus valores a fim de evitar ter como resultado valores espúrios, que não estão de acordo com a realidade do mercado. Pode-se considerar a variável fluxo de vendas como muito importante na formação do valor do terreno, pois ela causou o maior impacto no presente estudo. Além disso, como a variação do valor do terreno decorrente da variação do fluxo de vendas está diretamente vinculada com a Taxa Mínima de Atratividade do empreendimento, salienta-se também a importância de uma correta definição dessa taxa e de sua variação.

A Norma NBR 14653-2 (ABNT, 2011) exige que sejam feitas análises de sensibilidade das variáveis estudadas, além de uma análise de cenários em que o maior Grau de Fundamentação tem a exigência de apenas três cenários. Mas isso não permite a determinação da probabilidade de ocorrência de valores, pois os resultados obtidos são determinísticos. Ao realizar essas análises no estudo de caso, pode-se notar que os valores mínimos e máximos alcançados possuem uma amplitude demasiada grande.

A simulação de Monte Carlo, além de permitir estudar melhor a variabilidade dos resultados, permite estimar a probabilidade de ocorrência de intervalos de valores. Neste estudo, mostrou-se que os valores extremos possuem uma probabilidade muito pequena de ocorrer. Enquanto que a análise de cenários apresentou uma variabilidade de valores irrealista, a simulação mostrou que a variabilidade dos resultados para o estudo de caso usando a relação de dependência de 50% e a distribuição beta é condizente com a realidade.

Para os diferentes graus de dependência entre as variáveis mostrou-se que a variabilidade dos resultados aumenta significativamente quando aumenta o grau de dependência. A simulação considerando dependências parciais entre as variáveis pode ser considerada mais realista do que as relações de dependência total e independência total, menos prováveis de ocorrer na prática.

Comparando-se a variabilidade dos resultados alcançados pelas simulações, considerando distribuições uniforme e beta, percebeu-se que a variabilidade de resultados foi menor para a distribuição beta, que pressupõe um conhecimento menos incerto da realidade por parte do avaliador, pois considera que os valores extremos têm menor probabilidade de ocorrência.

Assim, a simulação de Monte Carlo mostrou-se uma ferramenta importante no cálculo do valor de um terreno pelo método involutivo, possibilitando estudar a variabilidade e prever a probabilidade de ocorrência de valores do terreno.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.721: Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios – Procedimento. Rio de Janeiro, 2006. 91p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14.653-1: Avaliação de bens, Parte 1: Procedimentos gerais. Rio de Janeiro, 2001. 10p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14.653-2: Avaliação de bens, Parte 2: Imóveis Urbanos. Rio de Janeiro, 2011. 54p.

CERÁVOLO, Eduardo Fujiwara. Análise de viabilidade econômico-financeira de uma empreendimento comercial com simulação de Monte Carlo. Trabalho de Conclusão de Curso - UFSC. Florianópolis. 2016.

DAMORADAN, Aswath. *Country Default Spreads and Risks Premiums*. New York University Stern School of Business. Disponível em [http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/ctryprem.html](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ctryprem.html). Acesso em maio de 2017.

DAMODARAN, Aswath. *The Dark Side of Valuation*. Makron Books Ltda, 2002.

GORDON, Sue. *The normal Distribution*. Mathematics Learning Centre. University of Sydney. 2006.

GUPTA, Arjun K., NADARAJAH, Saralees. *Handbook of Beta Distribution and Its Applications*. Editora Marcel Dekker. 2004

HEINECK, L; ROMAN, H; BRESSIANI, L. Curvas de agregação de recursos: uma análise de situações reais em obras residenciais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Canela, 2010.

INSTITUTO DE ENGENHARIA. Metodologia de Cálculo do Orçamento de Edificações – Composição do Custo Direto e do BDI/LDI. Sessão nº1363 de 30/08/2004.

KIVES, Raul. Avaliação Econômica de Empreendimentos de Base Industrial de Capital Fechado. Florianópolis: UFSC. 2004.

LIBRELOTTO, L. I. Apostila elaborada para a disciplina construção Civil III, Unisul. 2003.

VIALI, Lorí. Testes de Hipóteses Não Paramétricos. UFRGS. Porto Alegre. 2008