UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

RAISSA NUMERIANO DUBOURCQ DANTAS

ESTUDO PRELIMINAR DO USO DE ALGORITIMOS GENÉTICOS PARA OTIMIZAÇÃO DE VPL DE EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS: UM COMPARATIVO ENTRE INDICADORES E A PRÁTICA

RECIFE
2015

RAISSA NUMERIANO DUBOURCQ DANTAS

ESTUDO PRELIMINAR DO USO DE ALGORITIMOS GENÉTICOS PARA OTIMIZAÇÃO DE VPL DE EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS: UM COMPARATIVO ENTRE INDICADORES E A PRÁTICA

Trabalho de Conclusão do Curso apresentada à Universidade Federal de Pernambuco para graduação do Curso de Engenharia Civil
Área de Concentração: Engenharia de Civil
Orientador: Prof Doutor Rubens Alves Dantas

RECIFE
2015

Catalogação na fonte
Bibliotecária Valdicéa Alves, CRB-4 / 1260

D192e Dantas. Raissa Numeriano Dubourcq.
Estudo preliminar do uso de algoritmos genéticos para otimização de vpl de empreendimentos imobiliários: um comparativo entre indicadores e a prática. / Raissa Numeriano Dubourcq Dantas - Recife: O Autor, 2015.
80 folhas, Ils. Abr. e Tab.

Orientador: Prof Dr. Rubens Alves Dantas.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Graduação em Engenharia Civil, 2015.
Inclui Referências.

1. Engenharia Civil. 2. Valor Presente líquido. 3. Algoritmos genéticos. 4. Viabilidade. 5. Avaliação Imobiliária. 6. Valorização Imobiliária. I. Dantas, Rubens Alves (Orientador). II. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.) BCTG/2015-27

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

Raissa Numeriano Dubourcq Dantas

ESTUDO PRELIMINAR DO USO DE ALGORITIMOS GENÉTICOS PARA OTIMIZAÇÃO DE VPL DE EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS – UM COMPARATIVO ENTRE INDICADORES E A PRÁTICA

Monografia apresentada no curso
de Engenharia Civil na Universidade
Federal de Pernambuco.

Aprovada em____/____/_____ pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

_____

Professor Doutor Rubens Alves Dantas (Orientador).

_____

Professor Doutor Bernardo Horowitz

_____

Professor Doutor Fernando Jordão

Recife

2015

AGRADECIMENTOS

Conquistar, do latim, conquistare, desde então, tendo semântica de buscar, vencer e procurar juntamente, empregado em sintonia com os verbos querer, dedicar, persistir e perseverar; verbos que refletem uma parcela do meu sentimento ao longo desta jornada. Neste momento, mais um ciclo se conclui; ciclo este marcado não apenas por abdicações e frustrações, mas, também, por superações e alegrias. Este “final” representa a conclusão do primeiro capítulo de minha vida acadêmica que, em paralelo à minha formação profissional e ética, paulatinamente construídas, levará escrito consigo sólidas amizades e momentos inesquecíveis. Agradeço a todos que participaram desta etapa: família, agregados, amigos, namorado e professores. A contribuição de cada um, à sua forma, foi fundamental para esta realização. Compartilho e dedico a vocês esta nossa conquista!

RESUMO

No setor imobiliário, tradicionalmente a viabilidade de empreendimentos tem sido realizada tomando como base os conceitos de Engenharia Econômica tendo como auxílio ferramentas de Excel a exemplo de: *TIR, VPL, XVPL, XTIR, MTIR, Atingir Meta, Cenários, Solver e Tabela de Hipóteses*. No entanto, observa-se que em outros segmentos, quando a decisão a ser tomada envolve grande montante de dinheiro, utilizam-se técnicas de suporte à decisão e otimização mais sofisticadas de modo a produzir o maior resultado possível, dentro dos limites físicos e econômicos existentes. No presente trabalho visa-se, inicialmente, verificar a viabilidade de um empreendimento real em um cenário estático. Posteriormente confronta-se essa tomada decisão mediante a modelagem de cenários dinâmicos que visam a otimalidade. Para este fim, far-se-á uso de Algoritmos Genéticos para demonstrar que outras configurações de venda são “ainda mais viáveis” do que a corriqueiramente adotada por grandes construtoras na cidade do Recife.

Palavras-chave: Valor presente líquido. Algoritmos genéticos. Otimização. Viabilidade. Avaliação imobiliária. Valorização imobiliária. Composição do fluxo de caixa.

ABSTRACT

In real estate, traditionally the feasibility of projects has been performed, based on the concepts of Economic Engineering mainly using tools from Excel as: IRR, NPV, XNPV, XIRR, MIRR, Goal, Scenarios, Solver and Table Hypothesis. However, in other segments, when the decision to be made involves larges amount of money, more sophisticated techniques for optimization and decision support are used to produce the best result possible within the physical and economic limits existing. This paper studies the feasibility of an enterprise in a utopian and static scenario. Thereafter the decision taken will be confronted by the modeling of dynamic scenarios that aims not just the feasibility, but the optimality. Genetic Algorithms will be used to demonstrate that other sales settings are "even more effective" that routine commonly adopted by large construction companies at Recife.

Keywords: Net present value. Genetic algorithms. Optimization. Viability. Feasibility. Property assessment. Property valuation. Cash flow composition.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

GRÁFICOS

Gráfico 1 – População por faixa etária no bairro da Torre (IBGE, 2010) 30
Gráfico 2 – INCC 32
Gráfico 3 - IGP-M 32
Gráfico 4 - Custo Mensal Isolado Corrigido 40
Gráfico 5 - Custo Acumulado Corrigido 40
Gráfico 6 – Previsão de Pagamentos 42
Gráfico 7- Ilustração de Leitura 53
Gráfico 8 - Acompanhamento a cada iteração 59
Gráfico 9 - Resultado da FO em relação a x 59
Gráfico 10 - Acompanhamento a cada iteração 60
Gráfico 11 - Resultado da FO em relação a x 60

QUADROS

Quadro 1 - Vantagens e Desvantagens do uso do VPL como variável de Decisão ..20
Quadro 2 - Vantagens e Desvantagens do uso da TIR como variável de Decisão ...21
Quadro 3 - Tipos de fluxo de caixa e sua relação com a TIR 22
Quadro 4 - Posicionamentos perante fluxos Não Puros 22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Balanço das Ofertas e Vendas das unidades imobiliárias.....30
Tabela 2 – Imóveis Residenciais Acumulados 31
Tabela 3 – Estimativa da Área Total 34
Tabela 4 – Estimativa da Área Comum por tipo de apartamento 34
Tabela 5 – Estimativa da Área Equivalente de Construção 35
Tabela 6 – Planilha resumo dos projetos padrão e avaliando.....35
Tabela 7 – Estimador de medida central dos Ap Tipo I.....36
Tabela 8 - Estimador de medida central dos Ap Tipo II.....36
Tabela 9 – Dados de Entrada para cálculo do Custo Direto 37
Tabela 10 – Custo de Reprodução Unitário 37
Tabela 11 – Custo de Reprodução da Obra através da Metodologia de Quantificação do Custo simplificado a partir do CUB.....38
Tabela 12 – Descrição do Orçamento Previsto.....38
Tabela 13 – Fluxo de Caixa Corrigido e Descontado.....44
Tabela 14 – Análise de Sensibilidade do Parâmetro Percentual de Permuta 45
Tabela 15 – Fundamentação da Avaliação - Identificação de valor e indicadores de viabilidade 45
Tabela 16 - Enquadramento dos laudos segundo seu grau de fundamentação - (para indicadores de viabilidade).....46
Tabela 17 - Resultados Preliminares Da Simulação 54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADEMI/PE - Associação das Empresas do Mercado Imobiliário de Pernambuco
AG - Algoritmo Genético
BDI - Benefícios e Despesas Indiretas
CUB – Custo Unitário Básico
EVA - Economic Value Added
EVE - Estudo de Viabilidade Econômica
FIEPE – Federação das Indústrias do Estado de Pernambuco
IBGE - O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGP-M - Índice Geral de Preços do Mercado
INCC - Índice Nacional de Custo da Construção
IRPJ - Imposto de Renda Pessoa Jurídica
IVV – Índice de Velocidade de Vendas
MMC - Método de Monte Carlo
MVA - Market Value Added
NBR - Norma Brasileira
NPV - Net Present Value
OE – Orçamento de Elevadores
Ofd – Orçamento de Fundações Diretas
Ofe – Orçamento de Fundações Especiais
OI – Orçamento de Instalações Especiais e Outras
ROA - Return On Assets
ROE - Return On Equity
ROI - Return On Investment
S – Área Equivalente Total de Construção
SELIC - Sistema Especial de Liquidação e de Custódia
SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SINDUSCON/PE - Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado de Pernambuco
SAB - Sistema de Avaliação de Bens
TCU - Tribunal de Contas da União
TIR – Taxa Interna de Retorno

TMA - Taxa Mínima de Atratividade

VPL – Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 12
2. DESENVOLVIMENTO 14
2.1. Revisão da Literatura 14
2.2. Materiais e Métodos 16
2.2.1. Pressupostos, Ressalvas e Fatores Limitantes 16
2.2.2. Conceitos Básicos 16
2.2.3. Índices 25
2.2.4. Caracterização do Empreendimento 27
2.2.5. Indicadores Básicos e Análise das Previsões Operacionais do Empreendimento 31
2.3. PARTE 1 32
2.3.1. Desembolso 32
2.3.1.1. Desembolso Previsto Preliminar – CUB 32
2.3.1.2. Desembolso Real Previsto - Orçamento 38
2.3.2. Previsão de Receitas 41
2.3.3. Metodologia de Análise do Fluxo de Caixa 42
2.3.4. Fundamentação 45
2.4. PARTE 2 47
2.4.1. Algoritmo Genético 47
2.4.2. Considerações Gerais 48
2.4.3. Parâmetros Genéticos 51
2.4.4. Simulações 53
2.4.5. Aplicação do Algoritmo Genético 55
2.4.6. Variáveis de Projeto 56
2.4.7. Parâmetros Utilizados 56
2.4.8. Resultados do Algoritmo 57
3. RESULTADOS 61
4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 62
REFERENCIA 63
ANEXOS 66

1. INTRODUÇÃO

Entendem-se como empreendimentos imobiliários construções, desmembramentos, loteamentos e condomínios destinados ao uso residencial, comercial ou industrial que, por suas características, necessitam de análise técnica e econômica ou de elaboração de projetos específicos. Destarte, um empreendimento imobiliário constitui-se numa alternativa de investimento, cuja opção se justifica pela previsibilidade de benefícios econômicos futuros em detrimento de outras opções de investimento (HAUSER e KRÜGER, 2006). A tarefa principal de um processo de tomada de decisão é escolher a melhor entre as alternativas possíveis, requerendo, para tanto, a definição do “melhor” e sabendo que este “melhor” é sempre relativo à gama de opções existentes (NEWNAN et al, 2004).

A viabilidade de empreendimentos, no setor imobiliário, tem sido, tradicionalmente, realizada tomando como base os conceitos de Engenharia Econômica tendo como auxílio ferramentas de Excel a exemplo de: *TIR, VPL, XVPL, XTIR, MTIR, Atingir Meta, Cenários, Solver e Tabela de Hipóteses*. No entanto, observa-se que em outros segmentos, quando a decisão a ser tomada envolve grande montante de dinheiro, utilizam-se técnicas de suporte à decisão e otimização mais sofisticadas de modo a produzir o maior resultado possível, dentro dos limites físicos e econômicos existentes.

Comumente, na cidade do Recife, tendo se mostrado ainda mais cotidiano com o aquecimento do mercado imobiliário, é a venda de empreendimentos imobiliários, como Edifícios Residenciais, Edifícios Comerciais, Condomínios Horizontais, Flats e outros, em poucos dias, chegando, em casos pontuais, a serem vendidos em poucas horas. O presente trabalho se constituirá de duas partes em que o objetivo da primeira é analisar, através de um caso prático, a viabilidade de um empreendimento comum na cidade do Recife a partir de um cenário estático.

A segunda parte, por sua vez, propõe e avalia o emprego de um processo de otimização que envolve o emprego de Algoritmos Genéticos e simulação em Matlab, comumente utilizado na Engenharia de Reservatórios, como solução alternativa às

tradicionais metodologias utilizadas. Desta forma, buscar-se-á não mais a viabilidade do negócio do Empreendimento X, e sim, sua otimalidade, provando-se que, contrariamente ao *commini sensu* em que os construtores acreditam que vender o mais rápido possível trará um maior retorno, é, valido também, “esperar para vender”.

Ao final, alguns cenários pessimistas serão gerados e analisados. Em análise aos resultados obtidos verifica-se que, mesmo em épocas de queda da valorização imobiliária, é válido que uma empresa experiente, de grande porte e know-how imobiliário não venda todas as suas unidades antes do lançamento; e sim, espere para que algumas de suas unidades se valorizem antes da venda, maximizando, assim, seu VPL.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Revisão da Literatura

Os assuntos majoritariamente abordados nesse texto são: (1) Avaliação Imobiliária; (2) Ferramentas de Análise de Investimento e (3) Algoritmos Genéticos. A avaliação imobiliária tem sido um tema recorrente tendo em vista o atual panorama em que os imóveis têm se valorizado rapidamente e a expectativa de “bolha”. As ferramentas para análise de investimentos é um tema sempre em voga no setor econômico, em que pessoas estão constantemente decidindo sobre investir ou não investir. Os Algoritmos Genéticos, por sua vez, têm sido de grande utilidade no ramo do petróleo, para otimização em *Design* e Financeira. Os temas estão presentes nas literaturas nacional e internacional, não tendo sido, ainda, os Algoritmos Genéticos aplicados ao mercado imobiliário.

No que tange o tema de Avaliação Imobiliária, no âmbito nacional, o Professor Doutor Rubens Alves Dantas, em seu livro (1) “Engenharia de Avaliações – Uma Introdução à Metodologia Científica” defende o uso de Inferência Estatística no processo avaliatório em substituição do tratamento por fatores anteriormente defendidos pelas escolas paulistas. Hoje métodos estatísticos de regressão linear múltipla são mundialmente reconhecidos e aceitos, embora as normas reguladoras: (1) NBR 14.653 – 1 Procedimentos Gerais; (2) NBR 14.653 - 2 Avaliação de Imóveis Urbanos, e (3) NBR 14.653 – 3 Avaliação de Imóveis Rurais e ainda permitam a utilização do tratamento por fatores – desde que fundamentados por metodologia científica. Este trabalho recorrerá também à NBR 14.653-4 que se refere à Avaliação de Empreendimentos.

O presente trabalho tem conformidade com a maioria dos livros clássicos de finanças que instituem o VPL como o principal método de avaliação de projetos e nos casos em que a TIR seja utilizada como parâmetro de escolha, projetos de maior TIR não representem, necessariamente, o melhor projeto. Nos casos em que a TIR for, conjuntamente utilizada ao VPL, sugere-se montar fluxos de caixas incrementais, comparando-se a TIR destes incrementos com o custo de capital do projeto.

A posição neste trabalho defendida tem conformidade, também, com os pensamentos de Hummel e Taschner, no seu livro “Análise e Decisão sobre Investimentos” (1995) no sentido em que para que uma decisão possa ser tomada, alguns cenários devem ser criados e em seguida comparados com uma atividade de “risco conhecido”.

Tratando-se dos Algoritmos Genéticos, as técnicas e teorias neste utilizadas estão de acordo com as desenvolvidas por John Holland, inspiradas na Teoria da Evolução da vida apresentada por Darwin direcionada aos cromossomos, indivíduos e população na tentativa de se encontrar uma maneira de codificar um cromossomo que representasse um indivíduo e uma população. Os membros de uma próxima geração serão mantidos pela “seleção natural” e podem sofrer modificações em suas características fundamentais através dos operadores genéticos de recombinação e mutação gerando descendentes.

2.2. Materiais e Métodos

2.2.1. Pressupostos, Ressalvas e Fatores Limitantes

Pressupõe-se que todas as informações fornecidas por parte da construtora, que por motivos éticos será denominada como “Construtora X”, são idôneas e verídicas, pois no trabalho todas as informações fornecidas foram integralmente consideradas sem modificações. A integração do risco do empreendimento foi feita de forma simplificada, tendo em vista que a Construtora X know-how e seus últimos empreendimentos foram vendidos integralmente em poucos dias, chegando a poucas horas, como foi o caso do Empreendimento X. Por questões de sigilo, informações de cronograma físico-financeiro serão apresentadas de forma resumida.

O trabalho tem conformidade com as:

- NBR 14.653-1/2001: Norma Brasileira de Procedimentos Gerais que rege a Avaliação de Bens. ABNT
- NBR 14.653-4/2002: Parte da Norma de Avaliação de Bens destinada à Avaliação de Empreendimentos.
- NBR-12.721/2003: Norma Brasileira de Avaliação de Custos Unitários de Construção para Incorporação Imobiliária e outras Disposições para Condomínios Edilícios. ABNT

2.2.2. Conceitos Básicos

A seguir serão apresentados conceitos básicos que serão necessários para a compreensão das metodologias utilizadas mais adiante.

- **Empreendimento**

Segundo a NBR 14.653-1/2001, um empreendimento pode ser entendido como um conjunto de bens capaz de produzir receitas por meio de comercialização ou exploração econômica. Este pode ser: imobiliário (ex.: loteamento, prédios comerciais/residenciais), de base imobiliária (ex.: hotel, “shopping center”, parques temáticos), industrial ou rural. Em particular, a NBR 14.653-4/2002, traz a definição

de um empreendimento imobiliário como um imóvel, parcelamento do solo ou construção de benfeitorias, com o objetivo de venda das unidades geradas.

- **Engenharia Econômica**

A NBR 14.653-1/2001 define a Engenharia Econômica como o conjunto de conhecimentos técnico-científicos especializados, aplicados à análise e avaliação técnico-econômica de empreendimentos. Mais adiante, esta norma identifica os "Métodos para identificar indicadores de viabilidade da utilização econômica de um empreendimento", baseados no fluxo de caixa projetado, a partir do qual são determinados indicadores de decisão baseados no Valor Presente Líquido, Taxas Internas de Retorno, Tempos de Retorno, dentre outros.

- **Análise de Investimento**

Um investimento, em linhas gerais, é conceituado como um "sacrifício" atual em a fim da obtenção de benefícios futuros. Em finanças, os conceitos de sacrifícios e benefícios futuros estão associados aos fluxos de caixa necessários e gerados pelo investimento, respectivamente. Assim, a análise de investimentos consiste, basicamente, em uma análise de projeção de fluxos de caixa. (BRUNI; FAMÁ, 2003)

Um investimento, em sua maioria, tem como objetivo a "geração de valor" para a empresa. Corriqueiramente, espera-se que na realização de um investimento, exista a recuperação do valor investido acrescido de uma rentabilidade desejada em determinado prazo. Em casos pontuais, entretanto, o investimento acontece, sabendo-se que irá gerar prejuízos momentâneos, é, por exemplo, o caso de novas empresas que desejam se inserir no mercado.

Em síntese, investimentos podem ser classificados em duas naturezas distintas. A primeira delas é o Investimento Financeiro que se refere à compra de títulos financeiros e valores mobiliários, caracterizados por uma maior liquidez; a segunda é o Investimento de Capital que, por sua vez, segundo Sardinha (1999) é todo o desembolso de dinheiro no presente, visando um recebimento futuro de um fluxo de

benefícios, ou seja, representa inversões em ativos que estarão vinculados a um processo produtivo, nesta categoria estão os gastos corporativos mais vultosos, como a aquisição de novas máquinas, a reforma de uma planta industrial, a abertura de uma nova filial e outras.

A decisão de se investir requer em sua fase de planejamento a definição dos seguintes parâmetros: (1) o âmbito de aplicação do investimento, (2) a sua rentabilidade ou Taxa Interna de Retorno (TIR), para que esta seja comparada com a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), (3) o Valor Presente Líquido (VPL), (4) o objetivo final que se pretende alcançar na relação Risco-Retorno, e outros que serão mais adiante detalhados.

É válido salientar que conforme Lemes Junior, Rigo e Cherobim (2002) essa relação de Risco-Retorno é a relação entre a expectativa de retorno e o desvio-padrão associado à possibilidade de consecução daquele. Por outro lado para Hummel e Taschner (1995) as relações entre risco e retorno devem ser feitas de forma comparativa às diversas alternativas de investimento disponíveis. Por conta disso, os autores sentenciam que não existe decisão baseada em uma única opção, são essenciais pelo menos duas alternativas.

O presente trabalho tem conformidade com os pensamentos de Hummel e Taschner, desta forma alguns cenários devem ser analisados para que sejam comparados ao retorno de atividades de “risco conhecido” e a decisão possa ser tomada.

- **Estudos de Viabilidade Econômica**

A NBR 14.653-4/1992 define um Estudo de Viabilidade Econômica (EVE), comumente chamado de EVTE como uma avaliação destinada a diagnosticar a viabilidade técnico-econômica de um empreendimento, através da utilização dos indicadores de viabilidade. Estes resultados podem ser expressos sob a forma de Taxas Internas de Retorno, Valor Presente Líquido, Custo Anual, Períodos de Recuperação (Pay-Back), Índices de Lucratividade (por exemplo: retorno sobre

ativos – ROA (Return On Assets), retorno sobre investimentos – ROI (Return On Investment), valor econômico adicionado – EVA (Economic Value Added), valor de mercado adicionado– MVA(Market Value Added) e o Retorno sobre o patrimônio líquido – ROE(Return On Equity).

- **Valor Presente Líquido (VPL)**

Este indicador de viabilidade, VPL ou NPV, do inglês Net Present Value, é expresso pelo valor presente do fluxo de caixa, descontado pelo custo de oportunidade do capital, projetado no horizonte do empreendimento, incluindo o valor do investimento a realizar. Em outras palavras, Salles (2004) define o Valor Presente Líquido como correspondente ao valor presente dos resultados esperados – positivos e negativos – do fluxo de caixa, descontando-se ao custo do capital, ou seja, à TMA. Essa taxa de desconto refere-se àquela em que o investidor poderia aplicar o capital com baixíssimo risco (SALLES, 2004).

Segundo a NBR 14653-4/2002, um empreendimento é considerado viável se o seu valor presente líquido for nulo ou positivo, para uma taxa de desconto equivalente ao custo de oportunidade de igual risco. Lapponi (1996) ressalta que VPL positivo indica que o capital investido será recuperado; remunerado na taxa de juros que mede o custo de capital do projeto; gerará um ganho extra, na data zero, igual ao VPL.

Desta forma, projetos ou investimentos que apresentem VPL positivo são aceitos como viáveis. Entretanto, a escolha entre dois projetos, com investimentos iniciais distintos em que ambos possuem VPL’s positivos, não é trivial. Nesses casos, não deve ser realizada pela simples comparação do maior VPL, requer-se uma análise mais minuciosa dos cenários, dos riscos e do custo de oportunidade. As principais vantagens e desvantagens do uso do VPL como ferramenta decisória podem ser expressas no Quadro 1:

Quadro 1 - Vantagens e Desvantagens do uso do VPL como variável de Decisão

Vantagens	Desvantagens
- Informa se o projeto de investimento aumentará o valor da empresa. - Considera o valor do dinheiro no tempo. - Inclui todos os capitais na avaliação. - Considera também o risco já embutido no k.	- É preciso conhecer k. - Resposta em valor monetário.

Fonte: Lapponi, 1996

Em adição às suas vantagens e desvantagens, é válido salientar que esta metodologia apresenta uma limitação, pois esta avalia os valores de receita e custo inseridos no fluxo de caixa, sem que haja um tratamento matemático mais sofisticado que incluam possíveis variações.

Quando o VPL é adotado como parâmetro de decisão, o tratamento matemático formal envolve a determinação do seu valor médio e de sua variabilidade (ou risco, expresso sob a forma de desvio padrão) calculados a valor presente dos fluxos de caixa deste projeto. A obtenção da média não seria um complicador, já que o seu cálculo é simples, resultante da ponderação das outras médias de cada fluxo de caixa. No entanto, se imaginarmos que cada fluxo de caixa pode ser considerado resultante de um conjunto de fatores de risco (como preços praticados, unidades vendidas, inflação, instabilidade do mercado, custos e despesas), o tratamento matemático convencional seria muito complexo e, portanto, quase impossível na maioria das vezes (NASCIMENTO, 2003).

Uma alternativa a esse problema pode ser expressa através da utilização Método de Monte Carlo (MMC) no cálculo da variabilidade do VPL de um projeto. Este procedimento envolve a utilização de números aleatórios nas simulações, o que pode facilitar acentuadamente os cálculos do risco. Esta abordagem, no entanto, não será neste trabalho assumida, será, portanto, uma limitação.

- **Taxa de Desconto**

A NBR 14653-4 /2002 define a taxa de desconto como uma taxa utilizada para calcular o valor presente de um fluxo de caixa. Comumente, esta taxa é denominada como Taxa Mínima de Atratividade (TMA), que é, por sua vez, uma taxa de desconto do fluxo de caixa, compatível com a natureza e características do empreendimento, bem como com a expectativa mínima de emulação do empreendedor, em face da sua carteira de ativos.

- **Taxa Interna de Retorno (TIR)**

A NBR 14653-4/2002 define a TIR como a taxa de juros que anula o fluxo de caixa descontado de um investimento. Em concordância, Bruni (1998) a define como uma taxa de desconto do investimento que anula o VPL do fluxo de caixa. Portanto, é razoável aceitar projetos que apresentem a TIR superior à TMA. Observe que esse indicador é diretamente ligado ao VPL, uma TIR superior à TMA indica um VPL positivo, reiterando que o projeto pode ser aceito. O Quadro 2 resume algumas vantagens e desvantagens do uso deste indicador como ferramenta de decisão.

Quadro 2 - Vantagens e Desvantagens do uso da TIR como variável de Decisão

Vantagens	Desvantagens
- Fácil entendimento, pois o resultado é uma taxa de juros.	- Não deve ser diretamente utilizado quando o fluxo de caixa apresenta valores negativos e requer uma análise do fluxo de caixa incremental na seleção de projetos mutuamente excludentes.

Fonte: Lapponi, 1996

Não obstante, a grande limitação da utilização do método da TIR é quando existem resultados negativos no fluxo de caixa, comumente referida como mudanças de sinal no fluxo ou quando há inversão de sinais do Fluxo de Caixa em mais de uma vez. Lapponi (1996) atenta às diferentes formas de fluxo de caixa a depender de sua estrutura, como apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 - Tipos de fluxo de caixa e sua relação com a TIR

Projeto	Descrição
Simples	Quando os capitais do fluxo de caixa apresentam apenas uma mudança de sinal.
Não-Simples	Quando os capitais do fluxo de caixa apresentam mais de uma mudança de sinal.
Puros	É o projeto de investimento com data terminal igual a n e que apresenta uma única taxa interna de juros (TIJ) e os valores do saldo em qualquer data quando calculados com a TIJ são negativos até a data n, e iguais a zero em n.
Misto	É o projeto de investimento não simples que não atende as regras do projeto puro.

Fonte: Lapponi, 1996

Desta forma, ressalta-se que alguns cuidados devem ser tomados quando a análise da TIR está envolvida em fluxos de caixa Não-Puros. Descartes e Norstrom desenvolveram algumas das formas de se verificar a existência de problemas de TIR múltiplas que estão resumidas no Quadro 4.

Quadro 4 - Posicionamentos perante fluxos Não Puros

Regra	Descrição
Descartes	Para um Fluxo de Caixa com coeficientes reais, o número de raízes reais maiores que -1 é igual ou menor que o número de mudanças de sinais do fluxo de caixa.
Norstrom	Se a acumulação de capitais na data zero é negativa, se o valor na data n é positivo e se a série formada pelos valores acumulados dos capitais em cada data apresentar somente uma mudança de sinal, então existe somente uma TIR com valor real positivo.

Visto isso, nos casos em que o projeto apresentar mais de uma TIR recomenda-se a não aplicação do método da TIR, devendo-se, o decisor, se valer do método do VPL.

Devido a estas e outras limitações, os livros clássicos de finanças, em sua maioria, determinam o método do VPL como principal ferramenta de decisão. Deve-se atentar aos casos em que a TIR seja conjuntamente utilizada ao VPL. Sugere-se

montar fluxos de caixas incrementais, comparando-se a TIR destes incrementos com o custo de capital do projeto.

- **Fluxo de Caixa**

A NBR 14653-4/2002 define o fluxo de caixa simplesmente como a série de receitas, custos e despesas de um empreendimento ao longo de um determinado período. O SEBRAE estabelece-o como um instrumento de gestão financeira que projeta para períodos futuros todas as entradas e as saídas de recursos financeiros da empresa, indicando como será o saldo de caixa para o período projetado. Damodaran, por sua vez, em seu material de aulas, propõe um viés mais filosófico e complexo. Para ele, na avaliação de fluxo de caixa descontado, o valor de um ativo é o valor presente dos fluxos de caixa esperados no ativo ao longo de sua vida útil esperada. Por fim, para usar avaliação de fluxo de caixa descontado, são necessárias as seguintes informações:

- Estimar a vida do ativo ou horizonte de projeto;
- Estimar os fluxos de caixa durante a vida útil do bem;
- Estimar a taxa de desconto a aplicar a estes fluxos de caixa para obter o valore presente.

No esquema abaixo segue a estrutura de montagem de um fluxo de caixa, segundo a NBR 14.653-4/2002. No presente trabalho todas as fases serão cumpridas.

1 Receita líquida (1.1 + 1.2)

1.1 Receita bruta

1.2 Deduções da receita bruta

2 Custo direto (2.1 +....+2.4)

2.1 Custo de mão-de-obra

2.2 Custo de matéria-prima

2.3 Custo de utilidades

2.4 Custo de manutenção

2.5 Custo direto de vendas

3 Resultado Bruto (1 + 2)

4 Custo indireto (4.1 + ...+4.4)

4.1 Despesas administrativas

4.2 Despesas com *marketing*

4.3 Despesas gerais

4.4 Resultado de operações financeiras

5 Resultado operacional (3 + 4)

6 Resultado não operacional (6.1 + 6.2)

6.1 Receitas não operacionais

6.2 Despesas não operacionais

7 Resultado antes de tributação (5+6)

8 Deduções da base tributária (8.1+8.2)

8.1 Depreciação contábil do ativo imobilizado

8.2 Outras deduções da base tributária

9 Lucro tributável (7+8)

10 Impostos e contribuições (10.1 +10.2)

10.1 Imposto de renda

10.2 Contribuição social sobre o lucro tributável

11 Resultado após a tributação (7 + 10)

12 Investimento (12.1 + ... + 12.4)

- **Análise dos riscos**

Diante da possibilidade de realizar um investimento, as organizações se deparam com o risco. Este como anteriormente mencionado, precisa ser bem analisado, pois caso seja negligenciado, pode comprometer todo o planejamento esperado. De acordo com Lemes Júnior, Rigo e Cherobim (2002), o risco é a possibilidade de prejuízo financeiro, ou, ainda, parafraseando Gitmam (2001) o risco é a chance de perda financeira. Segundo Securato (1996) os riscos aos quais os ativos estão sujeitos subdividem-se em duas partes:

- Risco sistemático ou conjuntural: consiste no risco dos sistemas econômicos, político e social, sendo impostos externamente aos ativos;

- Risco não sistemático ou próprio: consiste no risco intrínseco ao ativo e ao subsistema ao qual pertence, é gerado por fatos diretamente relacionados a estes.

Em conformidade com a NBR 14653-4/2002, nos modelos determinísticos como será o caso a ser analisado, é aceitável a consideração do risco por meio de um prêmio de risco. Por outro lado, nos modelos probabilísticos, uma vez identificadas as variáveis-chave, por meio de uma análise de sensibilidade e identificadas as respectivas distribuições de probabilidade associadas, são, corriqueiramente, utilizados os seguintes processos genéricos para quantificação de risco do empreendimento:

- Análise de Sensibilidade: Análise do efeito de variações dos parâmetros do modelo adotado, no resultado da avaliação. Tem o propósito de identificar as variáveis de maior elasticidade (variáveis-chave), sobre as quais se recomenda maior atenção na fundamentação. (NBR 14.653-4/2002);
- Análise de Cenário: evidencia a probabilidade que as variáveis escolhidas para montagem do cenário básico ocorram para a constituição do cenário;
- Simulação de Monte Carlo: criação de hipotéticas situações similares às reais, baseadas na simulação de eventos com o objetivo de gerar a distribuição dos resultados possíveis;
- Análise Ponto de Equilíbrio: determina o instante em que as receitas igualam os custos, desta forma, encontra-se o ponto nulo entre lucro e prejuízo;
- Árvores de Decisão: envolve a análise das probabilidades dos resultados prováveis acontecerem, pretende-se com esse método identificar qual o maior valor diante do que se está esperando. (Guitman, 2001).

2.2.3. Índices

A seguir serão sinteticamente detalhados alguns dos índices que serão utilizados no decorrer do trabalho.

- **INCC - Índice Nacional de Custo da Construção**

Este índice afere a evolução dos custos de construções habitacionais. É uma estatística contínua, de periodicidade mensal para os 18 municípios das seguintes capitais de estados do país: Aracaju, Belém, Belo Horizonte, Brasília, Campo Grande, Curitiba, Florianópolis, Fortaleza, Goiânia, João Pessoa, Maceió, Manaus, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro, Salvador, São Paulo e Vitória (Definição – Portal Brasil Net).

- **IGP-M - Índice Geral de Preços do Mercado**

O IGP-M quando foi concebido teve como princípio ser um indicador para balizar as correções de alguns títulos emitidos pelo Tesouro Nacional e Depósitos Bancários com renda pós fixadas acima de um ano. Posteriormente passou a ser o índice utilizado para a correção de contratos de aluguel e como indexador de algumas tarifas como energia elétrica (Definição – Portal Brasil Net).

- **FIPE-ZAP**

O Índice Fipe-Zap de Preços de Imóveis Anunciados é o primeiro indicador com abrangência nacional que acompanha os preços de venda e locação de imóveis no Brasil. O índice é calculado com base nos anúncios publicados na página do ZAP Imóveis. A Fipe considera apenas os anúncios de apartamentos e leva em conta a localização (bairro), o número de dormitórios e a área útil (Definição – FIPE.ORG).

- **IVV – Índice de Velocidade de Vendas**

A Pesquisa de Indicadores de Velocidade de Vendas – IVV – tem por objetivo gerar índices que permitam acompanhar o desempenho da comercialização dos imóveis, especialmente a curto prazo. Os índices produzidos buscam ser instrumento para análises conjunturais, ao identificar as variações nas ofertas e nas vendas dos imóveis no Grande Recife. Os resultados totais são ponderados considerando a quantidade de ofertas por estratos, observadas em três anos de estudo, possibilitando a geração de um IVV em sintonia com o comportamento do mercado.

A interpretação correta do resultado mensal do IVV deve sempre considerar o desempenho das variáveis que o compõe, como forma de explicar oscilações que possam ocorrer nos resultados finais. Os indicadores são produzidos, mensalmente, a partir de pesquisa direta conduzida pela Unidade de Pesquisas Técnicas da FIEPE, com o apoio do SINDUSCON/PE, SECOVI/PE e ADEMI/PE. O plano de cobertura amostral corresponde a mais de 80,0% do total de ofertas disponíveis no mercado imobiliário do Grande Recife. (Definição: ADEMI-PE).

2.2.4. Caracterização do Empreendimento

- **Caracterização Física Do Empreendimento**

O empreendimento escolhido como *case*, para estudo prático consiste em um edifício residencial com 28 pavimentos, padrão normal-alto, composto apenas por um bloco, localizado no bairro da Torre. Acompanhando às tendências do mercado recifense, o edifício é composto de pequenas unidades, com mais de um apartamento por andar, contendo toda uma estrutura de lazer exigindo cada vez menos que os moradores saiam de casa.

O pavimento tipo é constituído por quatro unidades em que duas destas possuem 62m² e as demais possuem 51m² de área privativa. Os pavimentos mais baixos possuem apenas uma vaga na garagem, enquanto os apartamentos 2501, 2601, 2602, 2701, 2702, 2801 e 2802 conterão duas vagas na garagem. O edifício possui três elevadores, piscina adulto e infantil com deck, salão de festas com jogos, WC de serviço, espaço fitness com yoga, churrasqueira e playground.

- **Análise Setorial e Diagnóstico do Mercado – A cidade do Recife**

Recife, capital do Estado de Pernambuco, detém uma área de 219,493 km², situa-se no litoral nordestino e ocupa uma posição central de disputa estratégica e influência regional junto com capitais como Salvador e Fortaleza. Limita-se ao norte com as cidades de Olinda e Paulista, ao sul com o município de Jaboatão dos Guararapes,

a oeste com São Lourenço da Mata e Camaragibe, e a leste com o Oceano Atlântico.

A cidade representa o núcleo da Região Metropolitana desde os aspectos demográficos, culturais, econômicos, político-institucionais a aspectos ambientais e relativos ao patrimônio histórico. É considerado o quarto maior PIB do Norte-Nordeste sendo superado por Salvador, Fortaleza e Manaus.

A economia recifense concentra-se no setor terciário, apresentando forte viés de ligação com a economia informal, formados inclusive por prestadoras de serviços que têm um papel importante para a economia da cidade, em especial como absorvedoras de mão-de-obra.

Segundo a divulgação do FIEPE em outubro de 2014, relativamente à cidade do Recife, a quantidade ofertada de imóveis residenciais em outubro de 2014 apresentou redução de 143 unidades, no comparativo com setembro de 2014. O que representa uma diminuição em 2% comparada ao mês anterior, no entanto representa um acréscimo de 28% com relação ao mesmo período do ano anterior. Segundo a mesma fonte, o volume acumulado de imóveis residenciais lançados no período de janeiro a outubro de 2014 alcançou o montante de 5.899 unidades. O que representa um aumento de 4,6% na média com relação ao mesmo período do ano anterior.

A média mensal de unidades habitacionais vendidas de janeiro a outubro de 2014 foi de 487 unidades habitacionais, o que representa uma queda de 22% com relação ao mês anterior e uma queda de 19,2% com relação ao mesmo período do ano anterior. Desta forma, pode-se inferir que o mercado vem desaquecendo em termo de lançamentos imobiliários com relação aos últimos meses, no entanto, ainda possui um “estoque de imóveis” a serem lançados e esses lançamentos tem aumentado o estoque de imóveis no mercado.

- **Análise Setorial e Diagnóstico do Mercado – O Bairro da Torre**

O empreendimento localiza-se na cidade do Recife, bairro da Torre, bairro este de ocupação mista sendo predominantemente residencial. Há na região facilidade de acesso, uma densa malha de transporte público, supermercados, mercados, bares, restaurantes, escolas e outros. O bairro faz limites com a Madalena, Zumbi, Cordeiro e o Rio Capibaribe, como ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Ilustração do bairro da Torre no contexto da cidade do Recife

Devido a sua localização central e sua proximidade aos polos de desenvolvimento da cidade, o bairro da Torre está na rota do crescimento pernambucano. Estando, assim, sob interesse de investidores e consumidores. Inúmeras construtoras como a Rio Ave, Vale do Ave, Queiroz Galvão Desenvolvimento Imobiliário, e outras que entraram na disputa por espaço das concorridas avenidas principais para o lançamento de seus empreendimentos.

O bairro da Torre integra a 4ª Região Político-Administrativa do Recife, está a uma distância de 4,8 km do Marco Zero da cidade e possui uma área territorial de 117 há. (Prefeitura do Recife). A população do bairro é de aproximadamente 17.903

habitantes em que a maior parte destes está na faixa etária entre 25 e 59 anos, como pode ser visto no Gráfico 1(IBGE, 2010).

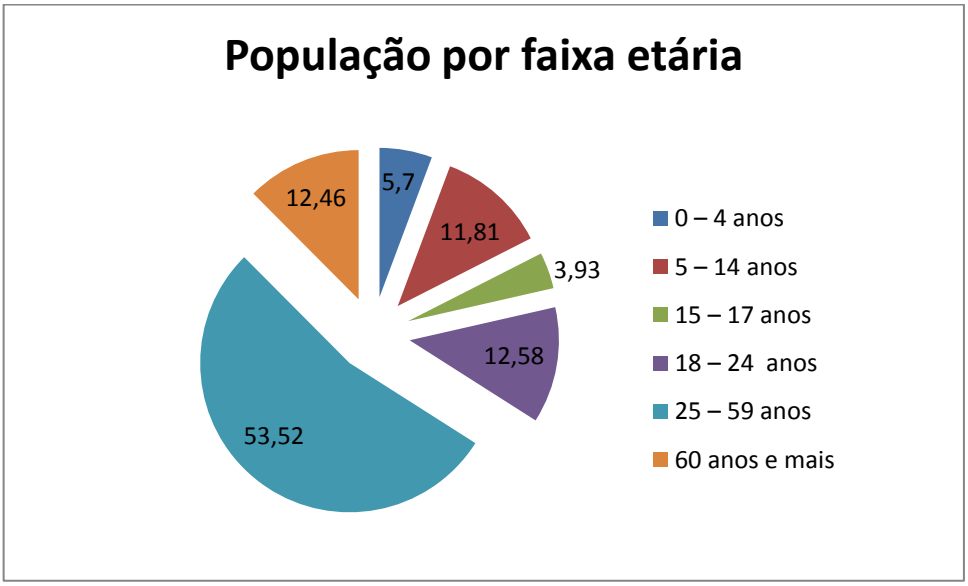


Gráfico 1 – População por faixa etária no bairro da Torre (IBGE, 2010)

Em se tratando especificamente do volume de vendas do bairro da Torre, retirados do relatório do IVV divulgado mensalmente pela FIEPE, observa-se um pequeno volume de vendas de imóveis no mês de outubro, como pode ser verificado através da Tabela 1.

Tabela 1 - Balanço das Ofertas e Vendas das unidades imobiliárias

Ofertas Totais e Vendas Totais no Bairro da Torre		
(Faixa De Valor Médio do m² ofertado) – IMÓVEIS RESIDENCIAIS - OUTUBRO/2014 (Em Unidade)		
Faixa de Preço do m²	OFERTAS	VENDAS
DE R$ 4.000,01 a R$ 5.500,00	66	0
DE R$ 5.500,01 a R$ 7.000,00	42	4
DE R$ 7.000,01 a R$ 10.000,00	2	0

Dentre os 29 bairros expressos pelo FIEPE em seu relatório mensal, o bairro da Torre resultou em 19º lugar quando se tratam de imóveis residenciais acumulados, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Imóveis Residenciais Acumulados

	Mercado Imobiliário Da RMR – Imóveis Residenciais Acumulado – 2014 (Em Unidade)						
	Bairro	Numero de quartos				Total	%
		01	02	03	04 ou+		
1º	Boa Viagem	974	20,0	346	350	164	114
2º	Candeias	545	11,2	35	412	98	0
3º	Centro – São Lourenço	201	4,1	0	201	0	0
4º	Rosarinho	186	3,8	2	45	97	42
13º	Praia do Cupe	124	2,5	0	12	112	0
16º	Barra de Jangada	112	2,3	41	71	0	0
19º	Torre	81	1,7	0	26	53	2
29º	Casa Forte	0	0	0	21	21	0,4

2.2.5. Indicadores Básicos e Análise das Previsões Operacionais do Empreendimento

- **Índices de Ajuste**

Durante a construção do empreendimento as parcelas serão corrigidas através do INCC e após a entrega do empreendimento, as parcelas serão reajustadas com IGPM+1. Os custos de construção previstos, também serão reajustados através do INCC.

Observe que em ambos os Gráficos 2 e 3 a variação dos índices mês a mês é “aleatória” e, portanto, difícil de ser prevista. Desta forma, nas previsões realizadas fez-se uso do pensamento Markoviano em que o comportamento do futuro independe do comportamento do passado, assim, o futuro mais dependeria do presente que do passado.

Portanto, as correções realizadas para o futuro, como, correção de parcelas, correção dos custos de construção entre outras, foram realizadas utilizando-se os índices no momento do lançamento. Sugere-se que em trabalhos futuros sejam utilizadas as técnicas de Movimento Browniano, ou até mesmo simulações de Monte Carlo, para a composição deste fluxo.

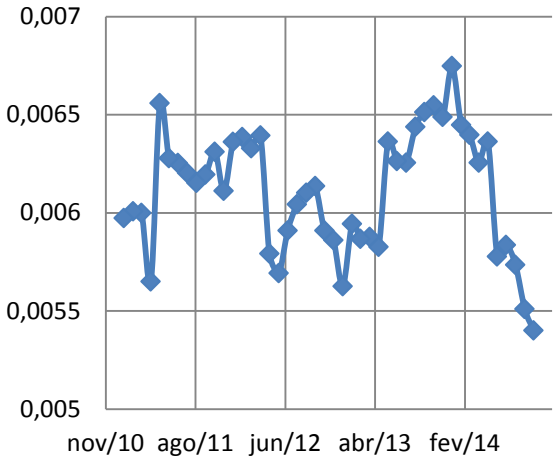


Gráfico 2 – INCC

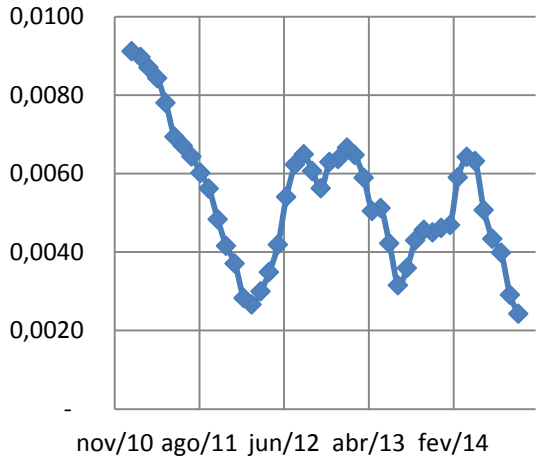


Gráfico 3 - IGP-M

2.3. PARTE 1

Na primeira parte deste trabalho, como anteriormente mencionado, será analisada a viabilidade do empreendimento X em um cenário simplificado e estático através das técnicas tradicionais de decisão, visando apenas a viabilidade do negócio e não sua otimalidade.

2.3.1. Desembolso

Neste item, o custo da obra será estimado de duas formas, a primeira será uma forma simplificada em que o custo global será estimado através do CUB de projetos com padrão semelhantes. A segunda estimativa apresentada, por sua vez, é resultado de um orçamento detalhado realizado no período de planejamento. Por fim será realizada a comparação de resultados e o custo mais representativo será escolhido para compor o fluxo de caixa.

2.3.1.1. Desembolso Previsto Preliminar – CUB

Neste item será encontrado o custo de reprodução do empreendimento, que segundo a NBR 14.653-1/2001 representa o gasto necessário para reproduzir um bem, sem considerar eventual depreciação. Para este fim serão seguidas as seguintes etapas:

- Encontrar a Área Equivalente de construção do apartamento e do edifício;
- Encontrar o CUB ajustado para o projeto
- Encontrar o Custo Unitário Final
- Custo de Reprodução do Edifício

- **Área Equivalente de Construção do Apartamento e do Edifício**

Segundo Dantas (2013) considera-se como área equivalente de construção uma área estimada, fictícia, que ao custo unitário básico adotado, tenha o mesmo custo, que ao efetivamente estimado para uma área real correspondente, descoberta, ou coberta de padrão diferente. A NBR-12.721/2003 define que a área equivalente de construção deve ser calculada de acordo com a seguinte fórmula:

$$\boldsymbol{S = Ap + Aq * P}$$

(eq. 1)

Onde:

S – área equivalente de construção

Ap – área construída padrão

Aq – área construída de padrão diferente

P - percentual correspondente à razão entre o custo estimado da área padrão diferente e o custo estimado para a área padrão, neste trabalho, utilizado como 0,7 (DANTAS, 2013).

Além do conceito de área equivalente serão necessários para o entendimento do desenrolar dos cálculos é o conceito de Fração Ideal (FI) e do Custo Unitário Básico (CUB). O primeiro é a razão ente a área equivalente de construção da unidade e a área equivalente total. Esta fração ideal, segundo Dantas (2013), se multiplicada pela área do terreno, fornece a quota parte de terreno pertencente à unidade. O segundo, por sua vez, é definido de acordo com a tipologia do imóvel e seu padrão construtivo. Estes custos são fornecidos mensalmente tanto pelo SINDUSCON, definido de acordo com a metodologia presente na NBR 12.721/92 e os projetos-

padrões adotados, quanto pelo SINAPI, onde a fonte dos dados é proveniente da Caixa Econômica Federal e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Tendo em vista a inexistência dos dados de área total, fez-se uma estimativa desta a partir da soma das áreas de contrapiso para áreas secas, contrapiso para áreas molhadas e as áreas de elevador que constavam no resumo dos serviços a serem realizados. Considerou-se esta aproximação como plausível, pois o somatório das áreas privativas totais das unidades resultou em 4.796,33m², considerando 46 unidades com 62,82m² e 37 unidades com 51,53m², enquanto a área total encontrada resultou em 6.650,50 m². Gerando, desta forma, para os apartamentos Tipo I (62,82m²) uma fração ideal (FI), ou seja, e 0,0131 e para os apartamentos Tipo II (51,53m²) uma FI de 0,0107, que se apresenta dentro dos padrões geralmente praticados para um edifício do porte do analisado.

A Tabela 3, abaixo, apresenta o cálculo da área Total da unidade e do edifício que serão importantes para o cálculo da área equivalente, apresentada na Tabela 4.

Tabela 3 – Estimativa da Área Total

Estimativa da Área Total			
Contrapiso (Area seca)	m²	4.304,68	
Contra-piso para áres molhadas com adição de impermabilizante	m²	1.953,82	
Área de elevador (elevador 14m²)	m²	392,00	
Estimativa da Área TOTAL	Soma	6.650,50	m²
Estimativa da Área PRIVATIVA TOTAL	Soma	4.796,33	m²
Estimativa da Área COMUM TOTAL	Soma	1.854,17	m²

Tabela 4 – Estimativa da Área Comum por tipo de apartamento

Área Comum	Unid	Ap/Unid	AC/Un	
Área Comum por Apartamento Tipo I	46	62,82	24,29	m²
Área Comum por Apartamento Tipo II	37	51,53	19,92	m²

Tendo como dados de entrada os dados apresentados nas Tabelas 3 e 4 para aplicação na equação (1), tem-se como resultado a área equivalente de construção, que pode ser encontrada na Tabela 5.

Tabela 5 – Estimativa da Área Equivalente de Construção

Área Equivalente	Su/Un	
p=	0,7	
Área Equivalente Total	6094,25	
Área Equivalente Ap Tipo I	79,82	m²
Área Equivalente Ap Tipo II	76,76	m²

- **Encontrar o CUB ajustado para o projeto**

Para encontrar o CUB ajustado de projeto, foram coletados os dados semelhantes ao avaliando de duas fontes: SINAPI e SINDUSCON na data de agosto de 2014. Tendo em vista não haver nenhum projeto padrão igual ou semelhante ao avaliando, será realizada uma estimativa do CUB do avaliando através de um processo de regressão múltipla considerando as variáveis: Número de Pavimentos Tipo e Área privativa por banheiros, onde na contagem dos banheiros, os banheiros de serviço e lavabo tem peso 0,5 (Dantas, 2013). A planilha resumo encontra-se na Tabela 6, no entanto, no Anexo I pode-se verificar a planilha de dados.

Tabela 6 – Planilha resumo dos projetos padrão e avaliando

Projeto	Fonte (Sinduscon 1)	Pavtos Tipo	AU/WCT	CUB Ago/2014
PR4-2QP	0	4	34,05	919,375
PR4-3QP	0	4	34,86	898,05
PR6-3QP	0	6	41,22	724,885
PR8-2QP	0	8	34,05	958,785
PR8-3QP	0	8	36,21	841,13
PR8-3QP	0	8	34,86	850
PR12-2QP	0	12	34,05	986,62
PR12-3QP	0	12	34,86	841,365
PR12-4QP	0	12	31,01	817,165
PR18-4QP	0	18	31,01	807,45
PP-4	1	4	64,76	1.426,85
R-8	1	8	74,98	1.211,81
R-16	1	16	66,01	1.185,50
Avaliando Tipo I		28	25,13	
Avaliando Tipo II		28	25,77	

Realizou-se a regressão utilizando o Sistema de Avaliação de Bens (SAB), desenvolvido pela Dantas Engenharia de Avaliações, e obteve-se como resultado a equação 2.

$$\boldsymbol{CUB\ (Ago2013) = 5453,8633 * 2,1278^{Fonte} * PavtosTipo^{-0,07} * AU/WCT^{-0,4645}}$$

(eq. 2)

A partir da equação gerada, preenchendo-se os parâmetros com os dados de nosso avaliando, tem-se como resultado o encontrado na Tabela 7 e 8, sendo, portanto, o CUB ajustado considerado como 1.104,56, estando, portanto, a favor da segurança.

Tabela 7 – Estimador de medida central dos Ap Tipo I

Avaliação Ap Tipo I						
	Intervalo de Confiança			Campo de Arbítrio		
	Inferior	Central	Superior	Inferior	Central	Superior
Moda	825,46	959,95	1.116,34	815,95	959,95	1.103,94
Mediana	830,75	966,10	1.123,50	821,18	966,10	1.111,01
Média	833,41	969,19	1.127,09	823,81	969,19	1.114,57

Tabela 8 - Estimador de medida central dos Ap Tipo II

Avaliação Ap Tipo II						
	Intervalo de Confiança			Campo de Arbítrio		
	Inferior	Central	Superior	Inferior	Central	Superior
Moda	821,23	948,8	1.096,18	806,48	948,8	1.091,12
Mediana	826,49	954,88	1.103,21	811,65	954,88	1.098,11
Média	829,14	957,93	1.106,74	814,24	957,93	1.101,62

- **Encontrar o Custo Unitário Final**

Segundo a NBR 12.721, o Custo Unitário Final é composto por duas parcelas, a primeira é relativa ao Custo Direto, e segunda relativa aos Benefícios e Despesas Indiretas (BDI), seguindo a equação 3:

$$\boldsymbol{CF = \left(CUB + \frac{OE + OI + (OFe - OFd)}{S}\right) * (1 + A) * (1 + F)(1 + L)}$$

(eq. 3)

Onde:

CUB – Custo Unitário Básico

OE – Orçamento de Elevadores

OI – Orçamento de Instalações Especiais e Outras

OFe – Orçamento de Fundações Especiais

OFd – Orçamento de Fundações Diretas

S – Área Equivalente Total de Construção

$$(\mathbf{1}+\mathbf{A}) * (\mathbf{1}+\mathbf{F})(\mathbf{1}+\mathbf{L}) = (1+BDI)$$

O avaliando, segundo o cronograma de serviços possui fundação especial, e seguindo casos práticos semelhantes, as fundações diretas correspondem a 2% do CUB. O BDI foi definido segundo o Acórdão do TCU 025.990/2008-2 para construções e edificações. Tendo em vista a apresentação de valores máximos, médios e mínimos foram considerados na obtenção dos CUB's unitários os respectivos cenários.

Em substituição direta dos parâmetros da Tabela 9 na equação 3, temos como resultado o apresentado na Tabela 10. Esta possui 3 colunas tendo em vista cada coluna se referir à utilização de um dos BDI's expressos no Acórdão.

Tabela 9 – Dados de Entrada para cálculo do Custo Direto

	Mínimo	Médio	Máximo
BDI Acórdão TC 025.990/2008-2	18,60%	22,80%	27,60%
CUB	R$ 1.104,56		
Ofe	R$ 850.400,76		
Ofd (2%*CUB)	R$ 19,21		
OI	R$ 792.758,57		
OE	R$ 792.777,78		
S	R$ 6.094,25		

Tabela 10 – Custo de Reprodução Unitário

	BDI Mínimo	BDI Médio	BDI Máximo
CF	R$ 1.757,86	R$ 1.820,12	R$ 1.891,26

- **Custo de Reprodução do Edifício**

O Custo de Reprodução do edifício é facilmente obtido através da multiplicação do Custo Final unitário pela área equivalente total do edifício S igual a 6.094,25 m², resultando, portanto, nos valores encontrados na Tabela 11.

Tabela 11 – Custo de Reprodução da Obra através da Metodologia de Quantificação do Custo simplificado a partir do CUB

	Mínimo	Médio	Máximo
Custo de Reprodução da Obra	R$ 10.712.867,02	R$ 11.092.243,42	R$ 11.525.816,45

Desta forma, fica demonstrada a forma simplificada de obtenção do Custo de Reprodução do Edifício, considerado como R$ 11.525.816,45, estando a favor da segurança.

2.3.1.2. Desembolso Real Previsto - Orçamento

A Tabela 12 apresenta a previsão de desembolso total, a valor presente, por serviço, que será, posteriormente, parcelada nos meses previstos de construção do empreendimento de acordo com o Cronograma de Serviço que por motivos de sigilo não será neste trabalho apresentado.

Tabela 12 – Descrição do Orçamento Previsto

	Serviços	Totais Parciais	%
1	Projetos, serviços técnicos e preliminares	R$ 527.122,61	3,57%
2	Segurança e medicina do trabalho	R$ 231.941,63	1,57%
3	Pessoal permanente	R$ 2.127.408,68	14,42%
4	Instalação do canteiro	R$ 148.983,82	1,01%
5	Equipamentos e ferramentas	R$ 656.116,66	4,45%
6	Operação do canteiro	R$ 525.204,52	3,56%
7	Movimentos de terra	R$ 51.229,82	0,35%
8	Fundações / infra-estrutura	R$ 850.400,76	5,76%
9	Superestrutura	R$ 3.077.560,94	20,86%
10	Paredes e painéis	R$ 512.957,13	3,48%
11	Impermeabilizações e coberta	R$ 129.874,32	0,88%
12	Argamassas internas (pisos, paredes e tetos)	R$ 375.237,33	2,54%
13	Acabamentos internos (pisos e paredes)	R$ 578.378,07	3,92%

14	Revestimento externos	R$ 534.804,57	3,62%
15	Granitos e mármores	R$ 219.260,56	1,49%
16	Forros	R$ 151.024,16	1,02%
17	Esquadria de alumínio	R$ 290.010,13	1,97%
18	Esquadrias de madeiras	R$ 183.540,40	1,24%
19	Esquadrias de ferro	R$ 41.352,40	0,28%
20	Vidros	R$ 26.000,00	0,18%
21	Instalaçoes elétricas e telefonicas	R$ 792.758,57	5,37%
22	Instalaçoes hidraulicas	R$ 660.632,14	4,48%
23	Louças e metais sanitários	R$ 178.809,46	1,21%
24	Elevadores	R$ 792.777,78	5,37%
25	Instalações especiais	R$ 394.209,39	2,67%
26	Pinturas	R$ 318.544,87	2,16%
27	Serviços complementares	R$ 52.526,10	0,36%
28	Montagens e mobiliários	R$ 249.452,86	1,69%
29	Urbanização	R$ 44.358,62	0,30%
30	Entrega e revisão	R$ 34.087,13	0,23%
	Total	R$ 14.756.565,43	100,00%

Desta forma, o custo total do empreendimento levando em conta seus projetos e suas características foi orçado, em valor presente (somatório simples), em cerca de R$ 14.756.565,43, e o tempo previsto de construção de acordo com as experiências anteriores da construtora foi de 30 meses.

De acordo com o cronograma de serviços realizado pela construtora, os custos mensais isolados e acumulados previstos estão representados nos Gráficos 4 e 5. Os valores apresentados nos gráficos estão corrigidos com o INCC de agosto de 2013, igual a 1,0063 ao mês, data de lançamento do empreendimento. Observe que no gráfico 5, o custo acumulado se assemelha ao comportamento de uma “Curva S” como previsto nas tradicionais teorias de Avanço de Cronograma Físico Financeiro.

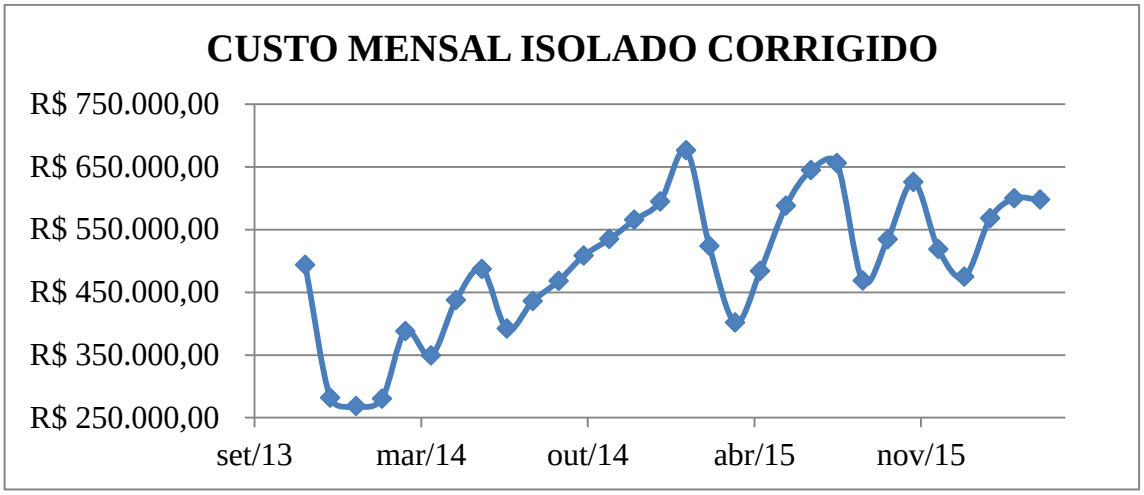


Gráfico 4 - Custo Mensal Isolado Corrigido

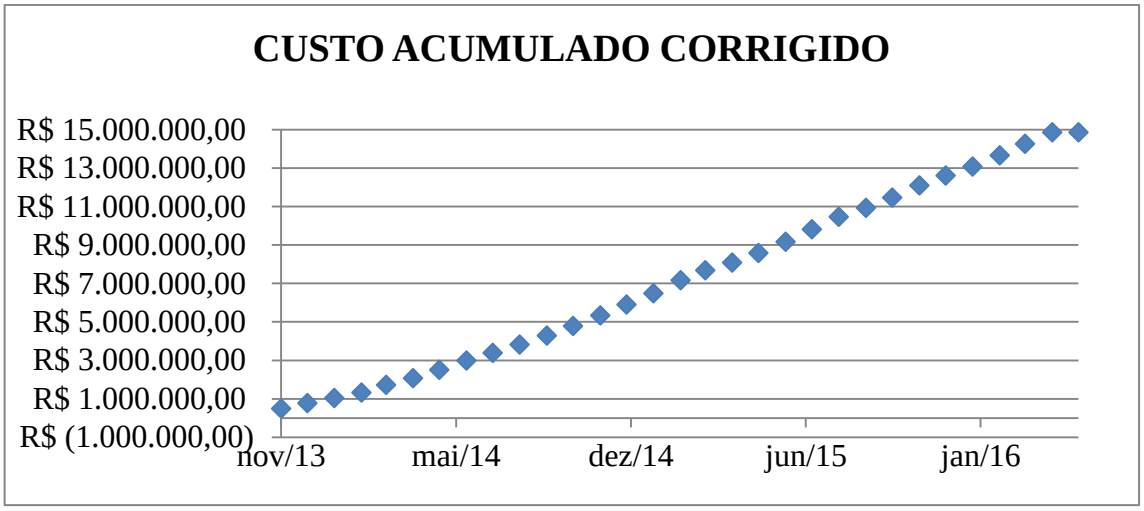


Gráfico 5 - Custo Acumulado Corrigido

- **Comparação entre Resultados**

Tendo em vista que o cálculo do custo de reedição do CUB resulta no máximo em R$11.525.816,45 enquanto o resultado real previsto a partir do orçamento detalhado resultou em R$ 14.756.565,43, representando, portanto, uma disparidade entre os resultados de 28%, será mantido o custo previsto pelo Orçamento Detalhado, estando, portanto, a favor da segurança.

2.3.2. Previsão de Receitas

Tendo sido “montado” o fluxo de caixa dos custos, deve-se partir para o cálculo de previsão das receitas. Considerou-se, de acordo com as experiências anteriores da construtora, que todas as unidades foram vendidas no dia do lançamento do empreendimento e que o montante financiado em todos os casos foi o montante máximo admitido pela construtora de 70% do valor do imóvel.

Os preços das unidades variam entre R$ 267.000,00 e R$ 459.000,00, conforme pode ser verificado no Anexo II, no seguinte regime de pagamento.

- Sinal – a ser pago na efetivação da compra, representando cerca de 4% do valor do imóvel à vista;
- Contrato – a ser pago na efetivação da compra, representando cerca de 4% do valor do imóvel à vista;
- Parcelas – ao todo serão 35 parcelas em que cada parcela representa cerca de 0,35% do valor do imóvel à ser pago à vista;
- Intercaladas – ao todo serão 3 intercaladas a serem pagas a cada 12 meses, em que cada uma representa cerca de 3,25% do valor do imóvel à ser pago à vista;
- Financiamento – sendo um financiamento bancário sujeito à análise e aprovação, podendo chegar à 70% do valor da avaliação final.
- Correção – os valores serão corrigidos até o habite-se através do INCC e após esse período será corrigido através de IGPM mais 1% de juros a.m.

No Gráfico 6 abaixo, pode-se verificar a previsão das entradas no fluxo de caixa ao longo de todo o período de pagamento. Mais detalhes são apresentados no arquivo Anexo III. Desta forma, tem-se os dados necessários para a “montagem” do fluxo de caixa.

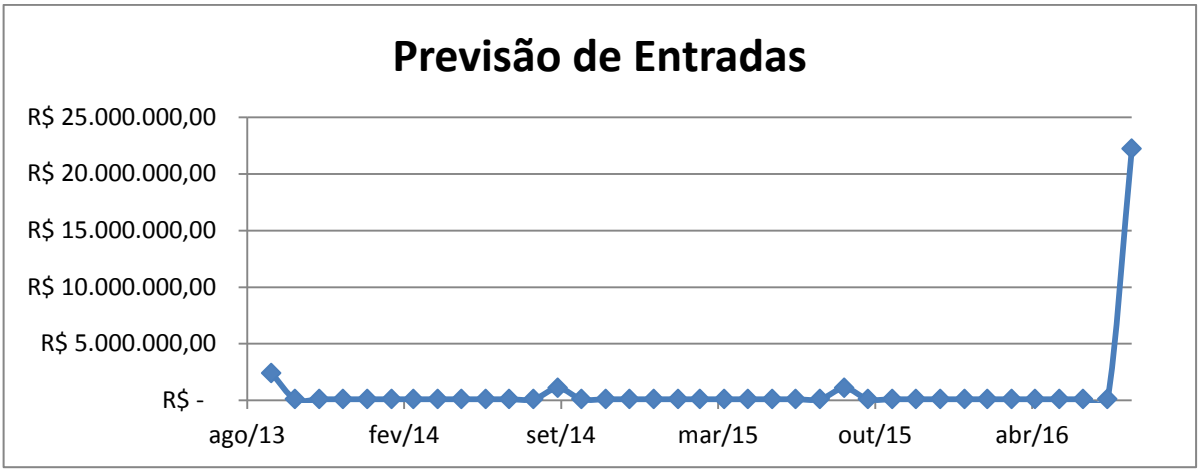


Gráfico 6 – Previsão de Pagamentos

2.3.3. Metodologia de Análise do Fluxo de Caixa

- **Método da Capitalização da Renda**

Segundo a NBR 14.653-4, o método da capitalização da renda procura identificar o valor do empreendimento com base na expectativa de resultados futuros, partindo-se da elaboração de cenários possíveis. Assim, o valor do empreendimento corresponderá ao valor presente do fluxo de caixa projetado, descontado a taxas que reflitam adequadamente remuneração do capital e riscos do empreendimento, do setor e do país.

- **Componentes principais do método**

A aplicação do método requer a determinação dos seguintes componentes principais:

a) o fluxo de caixa projetado - determinado a partir de modelos de simulação aplicáveis às características do empreendimento em questão, composto pelos dados anteriormente encontrados;

b) horizonte de projeto - considerado em 31 meses para construção e 36 meses para venda;

c) a taxa de desconto utilizada para calcular o valor presente do fluxo de caixa projetado pode ser determinada pelo custo ponderado de capital, pela taxa mínima

de atratividade do empreendimento, considerada como a taxa SELIC acrescido do risco;

d) a taxa de crescimento (positiva, negativa ou nula) de variáveis-chave do empreendimento pode ser estimada por sua evolução nos últimos anos, quando for presumida a continuidade das condições passadas, considerada como o INCC e o IGP-M em procedimento Markoviano;

e) no caso de novos empreendimentos, deve ser considerada a capacidade de absorção do produto no mercado, considerada absorção total, tendo em vista as experiências anteriores da construtora;

f) O Regime de Tributação considerado foi o de Lucro Real, e a empresa é uma incorporadora, portanto, está inclusa na categoria de atividade de “Loteamento de terrenos, incorporação imobiliária e venda de imóveis construídos ou adquiridos para revenda”, incidindo a ela uma alíquota de 8% sobre o lucro.

- **Fluxo de Caixa**

A composição do fluxo de caixa será realizada considerando, como anteriormente mencionado, a expectativa da construtora de que todas as unidades seriam vendidas no dia do lançamento, conforme vinha acontecendo com os demais empreendimentos lançados no mesmo período e de mesma categoria pela própria construtora e construtoras afins.

Parâmetros Utilizados:

- O percentual de permuta considerado foi fixado em 30%, tendo em vista transações recentemente efetuadas no local envolvendo imóveis de mesmas especificações. Posteriormente, serão realizadas análises de sensibilidade quanto á taxa de permuta buscando verificar até quando seria viável para o construtor permutar;
- A TMA considerada foi a SELIC do momento em estudo igual a 11,5% ao ano, tendo em vista ser uma taxa livre de risco conhecida;
- O risco do empreendimento, devido a experiências anteriores, foi arbitrado em 6% ao ano, tendo também em vista que segundo Reboussin e Antony(2006), um modelo parcimonioso revela um risco próximo a 6%;

- O número de meses necessários para a construção da obra foi considerado igual a 31 meses, tomando como base experiências similares da mesma construtora;
- O regime de vendas foi mantido como previsto na tabela de lançamento e todas as unidades foram consideradas vendidas no dia do lançamento.

O fluxo de caixa já descontado do IRPJ encontra-se na Tabela 13. Observe que existem duas inversões de sinais no fluxo, estando a primeira delas na transição do mês de out/13 para nov/13 e a segunda do mês de abr/16 para o mês de mai/16. Desta forma, assim como enunciado por Lapponi (1996), o fluxo é considerado Não-Puro, ou seja, possui mais de uma mudança de sinal, o que faz com que seja preferível o uso do VPL como variável de decisão em substituição à TIR.

Tabela 13 – Fluxo de Caixa Corrigido e Descontado

Período	**set/13**	**out/13**	**nov/13**	**dez/13**	**jan/14**	**fev/14**
Fluxo	R$ 1.108.084,80	R$ 53.023,79	R$ (440.447,16)	R$ (228.813,23)	R$ (215.228,81)	R$ (227.357,84)
Continuação do Período	**mar/14**	**abr/14**	**mai/14**	**jun/14**	**jul/14**	**ago/14**
Continuação do Fluxo	R$ (334.887,95)	R$ (296.230,16)	R$ (384.507,54)	R$ (433.733,82)	R$ (338.718,25)	R$ (382.902,26)
Continuação do Período	**set/14**	**out/14**	**nov/14**	**dez/14**	**jan/15**	**fev/15**
Continuação do Fluxo	R$ 77.203,88	R$ (455.230,56)	R$ (481.889,86)	R$ (512.332,60)	R$ (541.751,77)	R$ (623.178,74)
Continuação do Período	**mar/15**	**abr/15**	**mai/15**	**jun/15**	**jul/15**	**ago/15**
Continuação do Fluxo	R$ (470.460,67)	R$ (348.810,20)	R$ (430.628,04)	R$ (535.057,70)	R$ (591.932,29)	R$ (603.016,58)
Continuação do Período	**set/15**	**out/15**	**nov/15**	**dez/15**	**jan/16**	**fev/16**
Continuação do Fluxo	R$ 76.976,14	R$ (481.617,31)	R$ (572.732,17)	R$ (465.371,47)	R$ (421.479,93)	R$ (514.881,77)
Continuação do Período	**mar/16**	**abr/16**	**mai/16**	**jun/16**	**jul/16**	**ago/16**
Continuação do Fluxo	R$ (546.585,51)	R$ (544.719,21)	R$ 53.023,79	R$ 53.023,79	R$ 53.023,79	R$ 53.023,79
Continuação do Período	**set/16**					
Continuação do Fluxo	R$ 11.097.122,15					

- **Análise de Sensibilidade**

Neste caso, a análise de sensibilidade será realizada variando os percentuais de permuta, para verificar em que ponto o investimento deixa de ser viável. A princípio esta análise seria realizada pela análise simultânea da TIR e do VPL, no entanto, como alertado por Lapponi (1996), Descartes e Nordstorm, para fluxo de caixa “Não Puros”, é preferível a análise do VPL. Neste trabalho, ambas as análises foram realizadas, como pode ser verificado através da Tabela 14. A análise completa pode ser encontrada no Anexo IV.

Tabela 14 – Análise de Sensibilidade do Parâmetro Percentual de Permuta

Análise de Sensibilidade					
Taxa de Permuta	**20%**	**30%**	**40%**	**45%**	**50%**
VPL	R$ 4.428.601,12	R$ 2.417.133,54	R$ 405.665,96	R$ (600.067,83)	R$ (1.605.801,62
TIR	12%	15%	19%	21%	23%

Observe que como sugerido, a análise da TIR não é representativa tendo em vista que seu comportamento não se apresenta de forma lógica. À medida que a taxa de permuta aumenta, naturalmente, o rendimento diminui e este comportamento de diminuição deveria ser seguido pela TIR, que na prática continuou com um comportamento crescente. Da Tabela 14, portanto, infere-se que para uma taxa de permuta de 45% o investimento é considerado inviável, pois o VPL torna-se negativo, passando, o negócio a ser inviável. Sendo a taxa de permuta admitida igual a 30% o empreendimento é considerado viável.

2.3.4. Fundamentação

A especificação das avaliações quanto à fundamentação é prevista pela NBR 14.653-4 e segue como apresentada na Tabela 15, desta forma, se bem fundamentados, ficará comprovada a credibilidade dos resultados expostos.

Tabela 15 – Fundamentação da Avaliação - Identificação de valor e indicadores de viabilidade

Item	Atividade	Para identificação de valor		
		Grau III	Grau II	Grau I
7.511	Análise operacional do empreendimento	Ampla, com os elementos operacionais devidamente explicitados	Simplificada, com base nos indicadores operacionais	Sintética, com a apresentação dos indicadores básicos operacionais
7.512	Análise das séries históricas do empreendimento	Com base em análise do processo estocástico para as variáveis-chave, em um período mínimo de 36 meses	Com base em análise determinística para um prazo mínimo de 24 meses	Com base em análise qualitativa para um prazo mínimo de 12 meses

7.513	Análise setorial e diagnóstico de mercado	De estrutura, conjuntura, tendências e conduta	Da conjuntura	Sintética da conjuntura
7.514	Taxas de desconto	Fundamentada	Justificada	Arbitrada
75.151	Escolha do modelo	Probabilístico	Determinístico associado aos cenários	Determinístico
75.151	Estrutura básica do fluxo de caixa	Completa	Simplificada	Rendas líquidas
75.152	Cenários fundamentados	Mínimo de 5	Mínimo de 3	Mínimo de 1
75.153	Análise de sensibilidade	Simulações com apresentação do comportamento gráfico	Simulação com identificação de elasticidade por variável	Simulação única com variação em torno de 10%
75.154	Análise de risco	Risco fundamentado	Risco justificado	Risco arbitrado

Tendo em vista que o somatório dos pontos alcançados é igual a 19, no entanto, possui-se 2 itens no grau I, a avaliação finda especificada com um grau de fundamentação igual a II, como observado na Tabela 16.

Tabela 16 - Enquadramento dos laudos segundo seu grau de fundamentação - (para indicadores de viabilidade)

Graus	III	II	I
Pontos	maior ou igual a 18	de 11 a 17	De 5 a 10
Restrições	máximo de 4 itens em graus inferiores, admitindo-se no máximo um item no Grau I	máximo de 4 itens em graus inferiores ou não atendidos	mínimo de 5 itens atendidos

Desta forma, com um grau de fundamentação II previsto pela norma, para uma taxa de permuta de 30%, o empreendimento é considerado viável, quando comparado à demais aplicações financeiras de baixo risco, como o Tesouro Nacional, gerando um VPL de aproximadamente R$2.417.000,00 para uma taxa de permuta de 30%.

É valido salientar, também, que considerou-se que todas as unidades foram vendidas no lançamento do imóvel, tendo em vista as experiências anteriores da

empresa, no entanto, este cenário não é comumente encontrado por empresas de menor porte. Em trabalhos futuros, sugere-se a aplicação de Monte Carlo visando um melhor gerenciamento do risco atrelado ao investimento. Assim como a sensibilidade do prazo de vendas e percentual financiado, para que o fluxo passe a ser menos estático, e sim mais fluido.

2.4. PARTE 2

Tendo em vista que o empreendimento é viável, como inferido através dos resultados da primeira parte deste trabalho, a segunda parte visa buscar a otimalidade dos investimentos, ou seja, encontrar a forma de maximizar os ganhos. O fluxo de caixa relativo à construção foi mantido, tendo em vista que é o regime padrão da empresa, e o fluxo destinado às receitas foi modificado, sendo considerado em um cenário dinâmico.

Tendo em vista que a valorização imobiliária cresce muito além da inflação, o objetivo desta seção é provar que vender todas as unidades no lançamento do empreendimento não gerará um maior retorno financeiro contrariamente ao acreditado pelos empreendedores. Para atingir esse objetivo será utilizada a técnica de otimização chamada Algoritmo Genético.

2.4.1. Algoritmo Genético

- **Breve histórico**

Até meados do século 19, os naturalistas acreditavam que cada espécie havia sido criada separadamente por um ser supremo ou através de geração espontânea. Posteriormente, Charles Darwin apresentou a teoria da evolução através da seleção natural, que em resumo consiste em “quanto melhor um indivíduo se adaptar ao seu meio ambiente, maior será sua chance de sobreviver e gerar descendentes” (DARWIN, 1859).

Anos depois, biólogos começaram a desenvolver simulações computacionais de sistemas genéticos. Em meados da década de 70 John Holland propõem uma técnica chamada de Algoritmo Genético (AG) inspirada nas teorias darwinianas que buscavam “Imitar algumas etapas da seleção natural incorporando-as em um algoritmo computacional” (HOLLAND, 1975). Desde então, estes algoritmos vêm sendo aplicados com sucesso nos mais diversos problemas de otimização e aprendizado de máquinas.

2.4.2. Considerações Gerais

As técnicas de busca e otimização tradicionais iniciam-se com um único candidato que, iterativamente, é manipulado utilizando algumas técnicas heurísticas (estáticas) diretamente associadas ao problema a ser solucionado. Os Algoritmos Genéticos, diferentemente das técnicas tradicionais, se inspiram na teoria evolucionária para o desenvolvimento de métodos computacionais. Estes, basicamente, consistem na simulação da evolução de estruturas individuais, via processo de seleção e operadores de busca (operadores genéticos (OG)), tais como mutação e “crossover” (cruzamento ou recombinação).

Algoritmos Genéticos são algoritmos de otimização global, sendo, portanto, muito eficientes na busca de soluções ótimas, ou *aproximadamente ótimas.* Os AGs podem ser utilizados em uma grande variedade de problemas, pois não impõem muitas das limitações, como as encontradas nos métodos de busca tradicionais. Basicamente, pode-se considerar que os AGs diferem dos métodos tradicionais de busca e otimização nos seguintes aspectos:

- Trabalham com uma população inicial e não com um único ponto;
- Utilizam informações de custo ou recompensa; sendo, assim, as funções não necessariamente tem que ser continuamente diferenciáveis;
- Utilizam regras de transição probabilísticas e não determinísticas.

A referida população inicial pode ser gerada:

- Aleatoriamente;
- Uniformemente através de uma grade;
- De forma tendenciosa para as regiões mais promissoras do espaço de busca.

É importante salientar que os AGs empregam uma estratégia de busca aleatória voltada em direção ao reforço da busca de pontos de "alta aptidão", ou seja, pontos nos quais a função – *FitnessFunction* - a ser minimizada tenha valores relativamente baixos, e a função a ser maximizada tenha valores altos.

Originalmente os AGs tem por *default* técnicas de minimização, desta forma, para problemas de maximização, como é o caso estudado, pois deseja-se a maximização do VPL, o resultado da função objetivo deve ser multiplicado por -1 (menos um).

É característica, também dos AGs, a exploração de “informações históricas” para encontrar novos pontos de busca onde são esperados melhores desempenhos, ou seja, serão procurados os “pais” de melhor carga genética, para gerar filhos que terão, possivelmente uma melhor aptidão. Este processo é realizado de forma iterativa, onde cada iteração é chamada de geração.

Durante cada iteração, os princípios de seleção e reprodução são aplicados a uma população de candidatos. Através de técnicas de seleção, se determina quais indivíduos conseguirão se reproduzir, gerando um número determinado de descendentes para a próxima geração. Em outras palavras, os indivíduos com maior adaptação relativa têm maiores chances de se reproduzir. As referidas técnicas de “seleção elitista” podem ser realizadas através de:

- Torneio;
- Ranking;
- “Roleta”.

Um conjunto de operações é necessário para que, dada uma população, se consiga gerar populações sucessivas que melhorem sua aptidão com o tempo. Estes operadores são: cruzamento (crossover) e mutação. Eles são utilizados para

assegurar que a nova geração possua de alguma forma, características de seus pais. Assim, a população se diversifica mantendo, no entanto, as características de adaptação adquiridas pelas gerações anteriores. Para prevenir que os melhores indivíduos não desapareçam da população pela manipulação dos operadores genéticos, eles podem ser automaticamente colocados na próxima geração, através da reprodução elitista.

O cruzamento ou *crossover* é o operador responsável pela recombinação de características dos pais durante a reprodução. Ele é considerado como um dos operadores genéticos predominantes, e é representado através da taxa de crossover *(p)*, em geral, maior do que a taxa de mutação. Este cruzamento pode ser realizado de diversas maneiras, onde as mais utilizadas são:

- **Um ponto**: um ponto de cruzamento é escolhido e a partir deste ponto as informações genéticas dos pais serão trocadas. As informações anteriores a este ponto em um dos pais são ligadas às informações posteriores à este ponto no outro pai.
- **Multi-pontos**: é uma generalização da ideia de troca de material genético anteriormente mencionada onde muitos pontos de cruzamento podem ser utilizados.
- **Uniforme**: não utiliza pontos de cruzamento, mas determina, através de um parâmetro global, qual a probabilidade de cada variável ser trocada entre os pais.

Estes algoritmos, apesar de serem “computacionalmente simples”, são bastante poderosos. A ideia geral desta aplicação é modificar repetitivamente a população inicial de modo que à cada geração, modificada “randomicamente”, como mencionado anteriormente, sejam selecionados os pais que gerarão os filhos da próxima geração. Desta forma ao longo de gerações sucessivas, a população dirige-se a um ponto ótimo, como desejado.

Tendo em vista que a função objetivo do problema em questão é de difícil descrição em uma simples expressão, o Algoritmo Genético foi escolhido. Este é, pois capaz

de solucionar problemas de otimização restritos e irrestritos, sendo capaz de lidar com funções descontínuas, não diferenciáveis, estocásticas ou altamente não lineares, podendo também, trabalhar com variáveis contínuas ou discretas.

2.4.3. Parâmetros Genéticos

Geralmente existem apenas dois componentes principais utilizados no AG, que dependem do problema a ser resolvido: a representação do problema e a função de adaptação ou função objetivo - *FitnessFunction*. Existem, entretanto, outros componentes que completam este processo: população, seleção, cruzamento e a mutação, sendo estes de certa forma mais padronizáveis.

A função de adaptação, também conhecida como função objetivo, é a função que deve ser otimizada, ela possui o mecanismo de evolução para cada indivíduo. Ela representa o meio e permitirá avaliar cada indivíduo da população, gerando uma pontuação de acordo com o desempenho deste e esta pontuação será decisiva para a participação ou ausência deste indivíduo nas próximas gerações. Observe que a avaliação é independente, mas a qualidade do seu grau de adaptação ao ambiente vai depender dos demais indivíduos da população.

- **População**

A população é um conjunto de indivíduos candidatos à solução do problema. O tamanho da população depende do problema escolhido, no entanto, sob este tópico instaura-se um dilema, pois quanto maior for a população, melhor é o desempenho do programa, pois será fornecida uma grande cobertura do espaço de busca. Por outro lado, quanto maior for o tamanho da população, maior será, também, o tempo de processamento, que, na maioria das vezes, representa um custo bastante elevado. Outro fator relevante sobre grandes populações é o fato de que estas podem gerar convergências prematuras à ótimos locais ao invés de ótimos globais, como desejado. Deste modo, a determinação do tamanho da população tem caráter bastante heurístico e varia com a experiência do programador.

- **Taxa de Cruzamento**

O cruzamento consiste na manipulação do “material genético” existente na população e permitirá a criação de um ou mais filhos dos pais selecionados. Observa-se que neste quesito, é também instaurado um dilema, pois quanto maior a taxa de cruzamento, mais rapidamente novas estruturas serão introduzidas na população, não obstante, se esta for muito alta pode ocorrer perda de estruturas de alta aptidão, no entanto, a escolha de valores muito baixos torna lenta a convergência do algoritmo.

- **Taxa de Mutação**

A mutação permite que indivíduos da nova geração sofram pequenas alterações, permitindo assim uma possibilidade de busca maior no espaço do problema, assegurando a diversidade de cromossomos. É importante observar que a mutação possui o papel de repor ou acrescentar um material genético inexistente na população atual, e este, pode ou não ter existido em populações anteriores. Uma alta taxa de mutação previne que uma dada posição fique estagnada em um valor, além de possibilitar que se chegue a qualquer ponto do espaço de busca. Com uma taxa muito alta a busca se torna essencialmente aleatória, no entanto, pode modificar completamente a população futura, perdendo grande parte de sua carga genética.

- **Intervalo de Geração**

O intervalo de geração será o responsável por controlar o percentual populacional que será substituído na próxima geração. Com um valor alto, a maior parte da população será substituída, porém, pode ocasionar perda de estruturas de alta aptidão.

2.4.4. Simulações

É neste tópico que é validada a ideia central do trabalho, pois busca-se provar que, é mais interessante para o construtor que ele não venda todas as unidades no evento do lançamento, pois, tendo em vista a valorização imobiliária acima da inflação e o aquecido mercado, haverá um incremento de VPL à baixo risco, visto que a valorização imobiliária cresce acima da inflação.

Haja vista que um Algoritmo Genético irá convergir, pois esta é sua característica, mesmo que esta convergência seja muito lenta, para "melhorar a eficiência do método" é necessário que haja uma inflexão da função objetivo, ou seja, esta não deve ser monótona. No caso estudado, a priori, não é conhecido o comportamento da função objetivo, no entanto, existe uma expectativa de resultado, e este foi o motivador do presente trabalho de que apenas com um enorme decréscimo da valorização imobiliária passaria a ser vantajoso para o construtor vender as suas unidades no início da obra.

Desta forma, uma série de simulações em Matlab foram geradas variando tanto o percentual de permuta entre 10% a 40%. No presente trabalho, para fins didáticos, serão apresentadas apenas as taxas de permuta iguais a 20% e 30% respectivamente. O Gráfico 7 é meramente ilustrativo, serve apenas para elucidar como deve ser realizada a leitura dos gráficos presentes na Tabela 17.

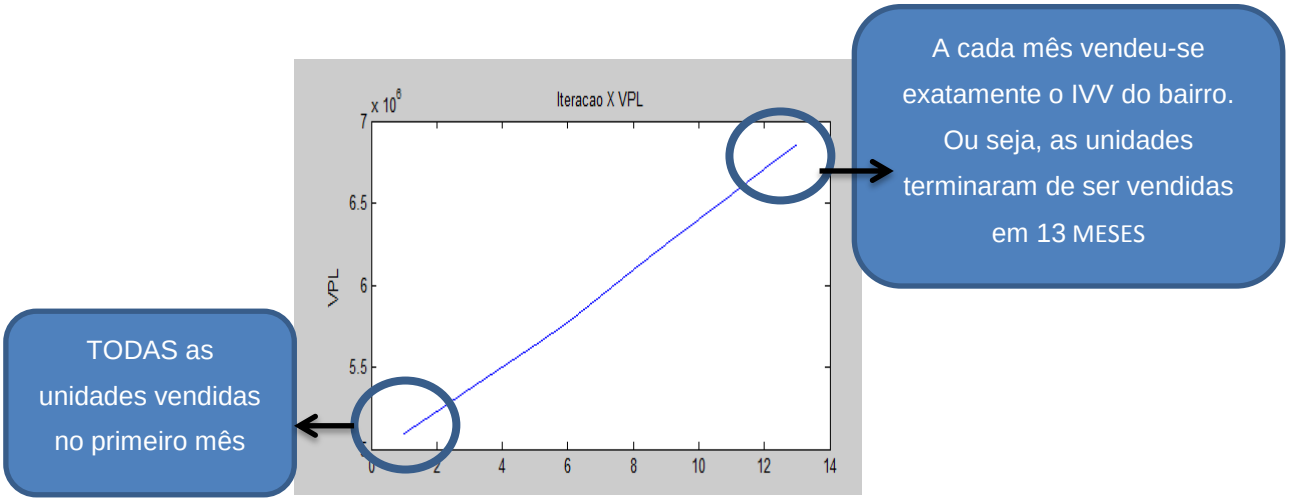
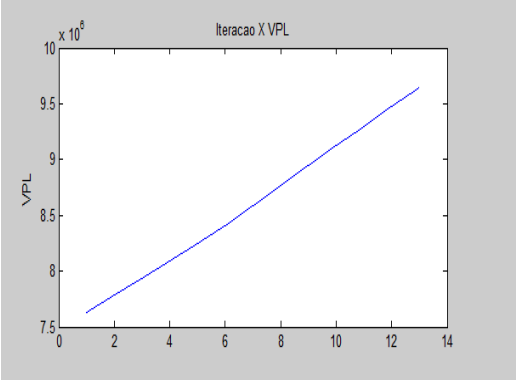
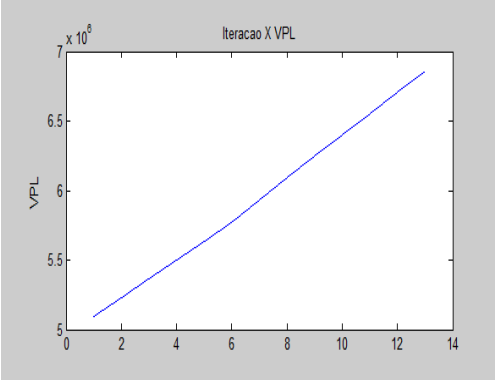
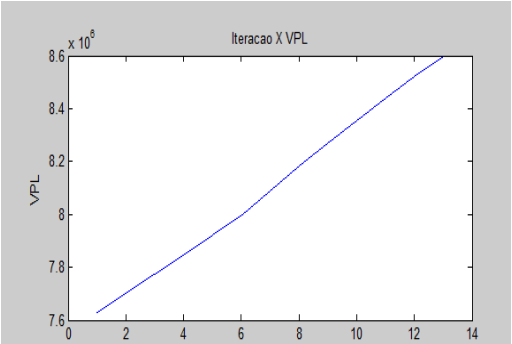
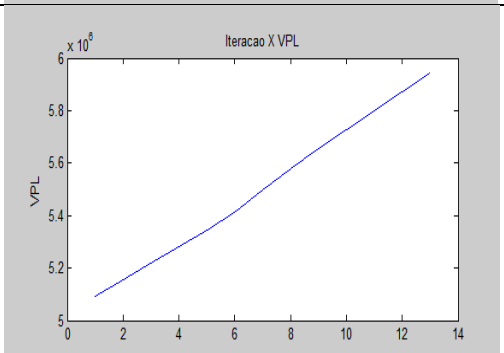
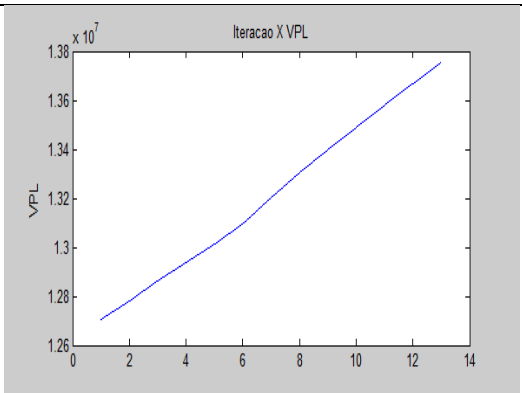
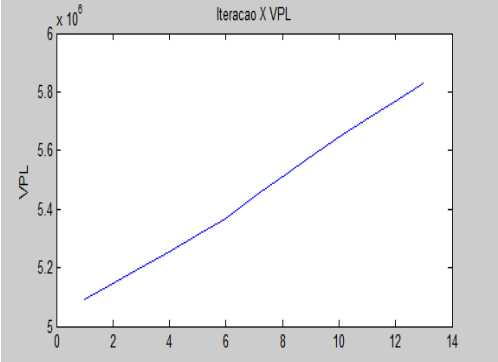
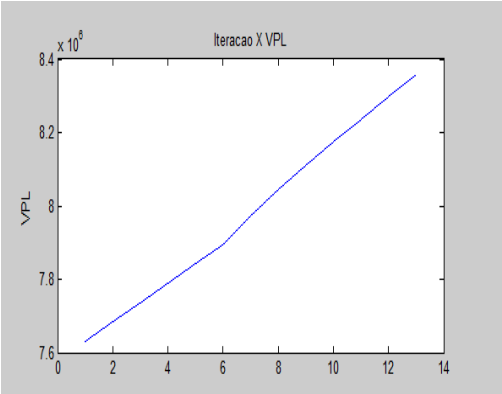
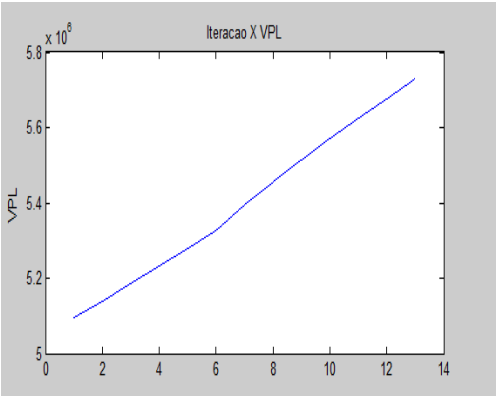
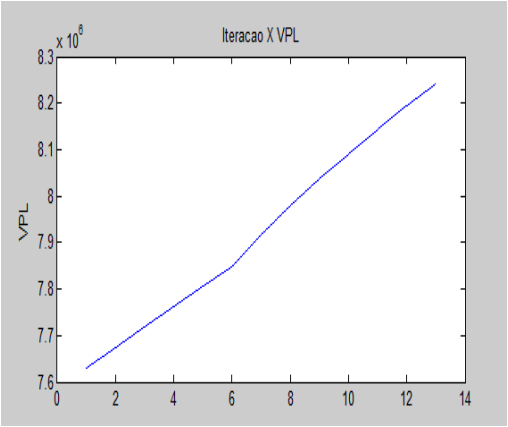
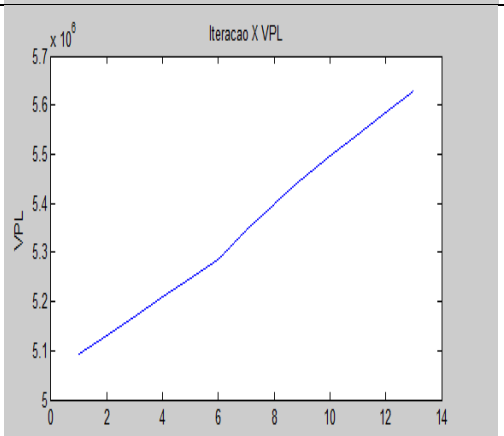
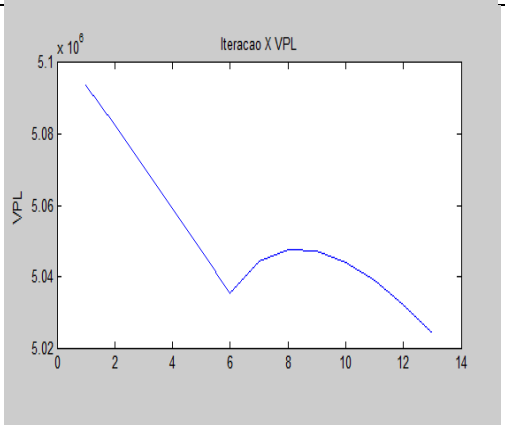


Gráfico 7- Ilustração de Leitura

Na Tabela 17, cada linha corresponde a um decréscimo em 10% da taxa FIPE-ZAP do mês, ou seja, no primeiro cenário vislumbrado, a taxa FIPE-ZAP se manteria constante até o final da obra. No segundo cenário, no decorrer da obra houve um decréscimo de 10% tomando como patamar a taxa atual, e assim sucessivamente.

Tabela 17 - Resultados Preliminares Da Simulação

	Percentual de Permuta = 20%	Percentual de Permuta = 30%
FIPE-ZAP = 1,0093(ago/2013) Variação = 0%		
Variação =-10%		
Variação =-20%		

Variação =-30%		
Variação =-40%		
Variação =-90%	A mudança de comportamento desejada, desta forma, fica provado apenas se a taxa de valorização imobiliária decrescesse 90% com relação ao patamar atual seria mais vantajoso para o construtor vender todas as unidades no lançamento.	

A partir deste ponto, fica comprovada a existência de um máximo global, e portanto, serão aplicadas as técnicas dos Algoritmos Genéticos.

2.4.5. Aplicação do Algoritmo Genético

O algoritmo proposto, foi desenvolvido de forma interativa, deste modo, para iniciar “o programa” o usuário deve escolher qual o *x* inicial escolhendo-a através da interface gerada entre operador e sistema.

A princípio, propõe-se apenas a utilização de uma variável independente, representada pelo tempo de venda das unidades. No entanto, o percentual vendido a cada mês variará com o número de meses em que estarão naquele momento, sendo analisados, pois foi escolhido um percentual de venda constante igual a 1/n. O algoritmo desenvolvido, encontra-se no Anexo V.

2.4.6. Variáveis de Projeto

- Função Objetivo *(Fitness Function)*

$$Maximizar\ f(x) = (\sum ReceitasCorrigidas - \sum CustosCorrigidos\ ) * (1 - IRPJ)$$

- Variáveis de Projeto
  - *a* - Número de meses em que as unidades serão vendidas;

- Restrições
  - 1≤ a ≤ 15
    - O número máximo de meses a ser considerado é $\frac{1}{IVV}$ resultando, portanto, em 15 meses, estando o mês 1 representando a venda de todas as unidades no lançamento do empreendimento;

2.4.7. Parâmetros Utilizados

- O desvio padrão considerado para as mutações gaussianas foi de 5%;
- O número de gerações foi estipulado como igual a 10, no entanto, foi observado que em sua maioria a população convergia entre a 4 e a 8 gerações;
- O número de gerações foi escolhido como critério de parada;
- O percentual de cruzamento foi de 50%;
- A modalidade de escolha dos pais foi através de “torneio” – *tournament,* onde os 3 melhores candidatos passavam para a fase seguinte;
- O tamanho da população inicial escolhido foi igual a 10;
- *PercVendido=1/a*

  - - A quantidade de unidades vendidas a cada mês é igual a 1/n;
- PercPermuta = 0.30 –
  - O percentual de permuta considerado foi fixado em 30%, tendo em vista transações recentemente efetuadas no local envolvendo imóveis de mesmas especificações;
- FIPEmed = 1.0093
  - A taxa de valorização FIPE-ZAP considerada, tendo em vista os processos markovianos, foi a taxa atual (ago/2013) de 0,0093 ao mês. No entanto, serão realizadas análises em diferentes cenários buscando demonstrar a partir de que ponto o construtor deve passar a vender todas as unidades no lançamento;
- TMA = 11,5% a.a.
  - A taxa mínima de atratividade considerada foi a SELIC da época igual a 11,5% ao ano;
- pc = 31
  - O número de meses necessários para a construção da obra foi considerado igual a 31 meses, tomando como base experiências similares da mesma construtora;
- INCCmed = 1.0061099;
- IGPMmed = 1.0053493;

2.4.8. Resultados do Algoritmo

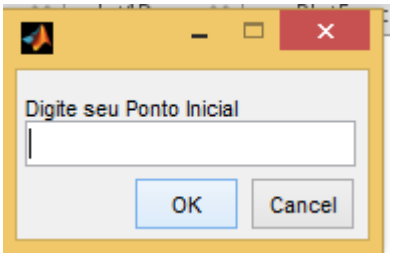
- **Cenário 1 - Utilizando FIPEZAP = 1,0093**

Foi desenvolvido um programa interativo, onde o programador tem a liberdade de escolher o parâmetro inicial desejado. O parâmetro inicial é relativo ao número de meses que o construtor pretende vender. Este parâmetro, no entanto, tem serventia apenas como um ponto de partida para o programa, o que vai permitir que este faça mais/menos iterações, no entanto, o resultado, independente do tempo de programação gasto, convergirá.

A quantidade máxima de meses prevista foi de 15 meses devido à análise do IVV do bairro à época igual à 6,67%.

Interface do Programa:

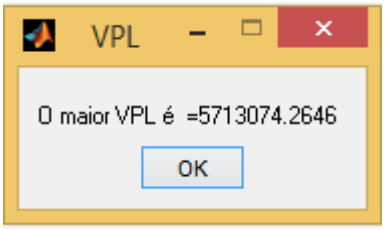
O número inicial escolhido pode variar entre 1 (um) e 15 (quinze):



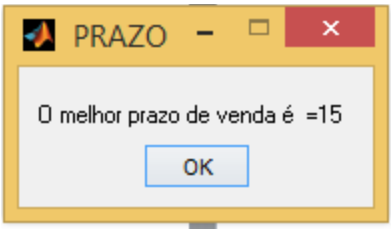
Caixa de Diálogo 1 - Insira x0

- **Resultados:**

Como pode-se observar através das caixas de diálogo abaixo, para o FIPEZAP da época em que o empreendimento foi lançado resultava em um VPL de R$5.713.074,26 e o melhor prazo de venda foi ao longo de 15 meses, contrariamente ao praticado, em que se vende as unidades o mais rápido possível.



Caixa de Diálogo 2 - Resultado VPL (Cenário Atual)



Caixa de Diálogo 3 - Resultado melhor prazo de venda (Cenário Atual)

Através do gráfico 8, pode-se observar o mecanismo utilizado no interior do algoritmo. Observa-se que na primeira iteração, a média da população lançada estava muito acima do melhor indivíduo. Desta forma, a cada iteração, novos indivíduos vão sendo gerados de forma em que a média deste se aproxime do melhor indivíduo encontrado. O gráfico está apresentado em valores negativos, tendo em vista que o default dos AGs é a minimização, então a F.O. foi multiplicada por menos um.

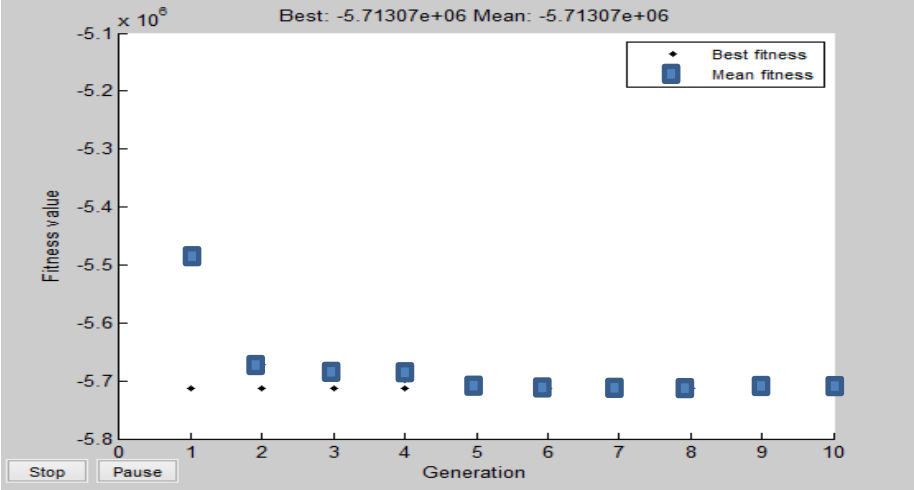


Gráfico 8 - Acompanhamento a cada iteração

O gráfico 9, por sua vez, demonstra o aumento do VPL a cada mês adicionado. O que se deseja demonstrar é que à medida que o construtor deseja reter parte de suas unidades para que estas sejam vendidas cada vez mais valorizada, seu VPL aumenta.

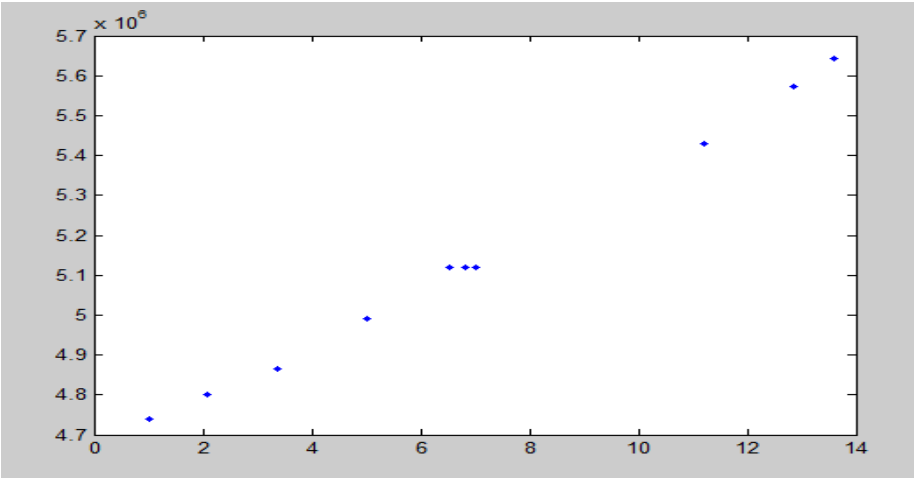
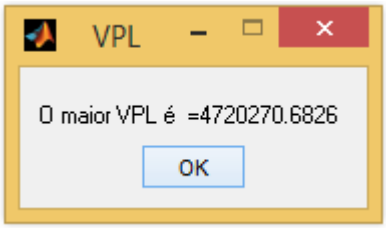


Gráfico 9 - Resultado da FO em relação a x

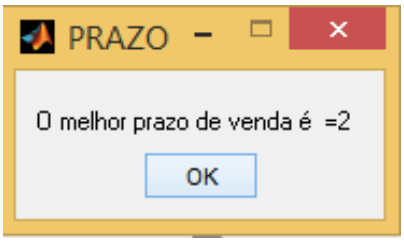
- **Cenário 2 - Utilizando FIPEZAP = 1,000**

Inúmeros cenários foram testados, no entanto, neste será apresentado o ponto de inflexão, ou seja, o ponto a partir do qual a crença dos investidores atuais passa a se concretizar. Neste segundo cenário, dá-se uma redução do FIPE-ZAP de 1,0093 para 1,000 e inicia-se a simulação. Como resultados, tem-se:

- **Resultados:**



Caixa de Diálogo 4 - Resultado VPL (Cenário Pessimista)



Caixa de Diálogo 5 - Resultado melhor prazo de venda (Cenário Atual)

Da mesma forma, observa-se que a cada iteração a média dos indivíduos gerados se aproxima do melhor indivíduo.

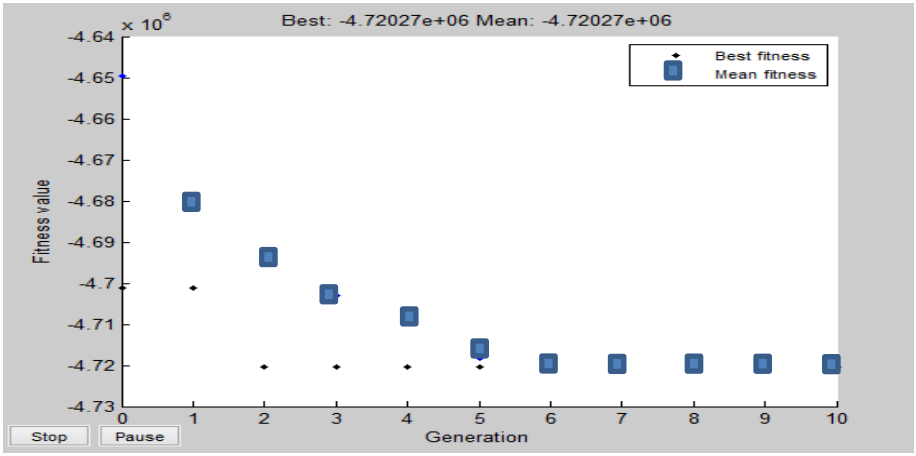


Gráfico 10 - Acompanhamento a cada iteração

O gráfico 11, desta vez, demonstra o decréscimo do VPL a cada mês adicionado, sendo, portanto, mais viável ao construtor, vender as unidades no lançamento.

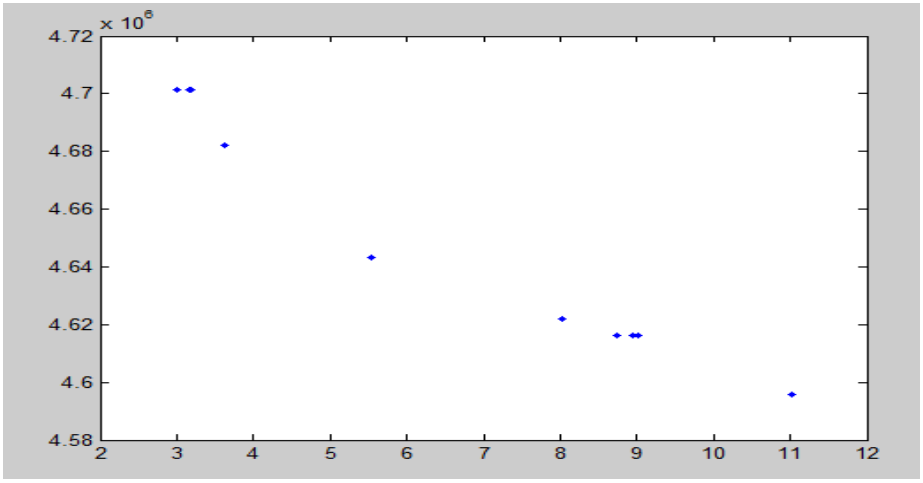


Gráfico 11 - Resultado da FO em relação a x

3. RESULTADOS

Desta forma, com um grau de fundamentação II previsto pela norma, para uma taxa de permuta de 30%, o empreendimento é considerado viável, quando comparado à demais aplicações financeiras de baixo risco, como o Tesouro Nacional, gerando um VPL de aproximadamente R$2.417.000,00 para uma taxa de permuta de 30%, em cenário estático. É valido salientar, também, que considerou-se que todas as unidades foram vendidas no lançamento do imóvel, tendo em vista as experiências anteriores da empresa, no entanto, este cenário não é comumente encontrado por empresas de menor porte.

Também para uma taxa de permuta de 30%, a análise em cenário dinâmico nos indica que para a taxa de valorização imobiliária atual que cresce muito além da inflação, o construtor propenso ao risco, que desejar, maximizar seu VPL deve ajustar seu regime de vendas. Verificou-se, também, que em cenários muito pessimistas, a crença dos atuais construtores de que deve-se vender todas as unidades no início é confirmada, desta forma, investidores mais conservadores, tendem a optar pelo segundo cenário demonstrado.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Em trabalhos futuros, sugere-se a aplicação de Monte Carlo visando um melhor gerenciamento do risco atrelado ao investimento. Assim como a realização de uma análise de sensibilidade do prazo de vendas e percentual financiado, para que o fluxo passe a ser menos estático, e sim mais fluido.

Fica demonstrada, assim, que a atitude conservacionista dos empreendedores recifenses os quais preferem vender todas as unidades no lançamento do empreendimento não lhes permite maximizar o seu lucro. Tendo em vista que apenas para cenários muito desfavoráveis/pessimistas, em que a valorização imobiliária inexiste, ou seja, índice igual a um, seus pensamentos se verificam como melhores resultados.

Conclui-se, também que o uso de técnicas de simulação e otimização diferentes das tradicionais técnicas utilizadas tem interessante aplicação também para os casos de otimização de VPL de empreendimentos imobiliários e se mostra como uma boa e eficaz ferramenta para o caso.

Este trabalho, no entanto, tem algumas limitações que seguem como recomendações para trabalhos futuros:

- O uso das Teorias de Movimento Browniano na previsibilidade das demais taxas como INCC, IGP-M e FIPE-ZAP para representar o movimento aleatório sem interferência dos dados históricos. Desta forma, as previsões seriam mais realistas e menos tendenciosas.
- A distribuição não uniforme dos percentuais vendidos
- A inclusão de novas variáveis independentes no algoritmo
- A inclusão de critérios de parada que tornem o algoritmo mais eficiente
- Inclusão da parcela referente ao risco em deixar unidades para vender no mês seguinte.

REFERENCIA

BRUNI, A.L.; FAMÁ, R. & SIQUEIRA, J.O. **"Análise de risco na avaliação de projetos de investimento: uma aplicação do Método de Monte Carlo"**. São Paulo. 1998.
Disponível em http://www.infinitaweb.com.br/albruni/academicos/bruni9802.pdf.

BRUNI, Adriano Leal; SOUZA, Almir Ferreira; LUPORINI, Carlos Eduardo. **"A determinação do Valor da Empresa com base no FCD : Um estudo de caso".** Anais do II SemeAd FEA/USP. São Paulo. 1997.

DANTAS, R. A. "**Engenharia de Avaliações – Uma introdução à metodologia científica."** 3ª Edição (2013).

DIAS, J.S.; Barreto, J.M. **"Algoritmo genético: inspiração biológica na solução de problemas - uma introdução",** Revista Marítima Brasileira - Suplemento Especial, Pesquisa Naval. Revista número 11. 1998..

FAMÁ, Rubens e BRUNI, Adriano Leal. "**As decisões de Investimentos"**. São Paulo: Atlas. 2003.

FIEPE – Federação das Indústrias de Pernambuco – **Relatório do IVV** – Índice de Velocidade de vendas de Outubro de 2014.

Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas. Disponível em <www.fipe.org.br - definições>

GORSKO, Ana Paula; GORSKI, José Robeto; DIAS, João da Silva. "**Algoritmo Genético: Revisão Histórica E Exemplificação"**

GUITMAN, Lawrence J**. "Princípios de Administração Financeira – Essencial"**. 2. Ed. Porto Alegre: Bookman. 2001.

HAUSER, Sandro; KRÜGER, José Adelino. **"Investimentos imobiliários em Curitiba (PR) - considerações sobre a análise de viabilidade de empreendimentos residenciais unifamiliares em série Brasil"**. XI Encontro

Nacional de Tecnologia do Ambiente Construido, Florianópolis, 2006.

HUMMEL, Paulo Roberto Vampré; TASCHNER, Mauro Roberto Black. "**Análise e decisão sobre investimentos: engenharia econômica: teoria e prática".** 4 ed. São Paulo: Atlas, 1995. 218 p.

KOZA, J.R. (1995), **"Survey of genetic algorithms and genetic programming",** Proc. Of Wescon 95, IEEE Press, p. 589-594. Matlab (2005), "Genetic algorithm and direct search toolbox user's guide", © COPYRIGHT 2004–2005 by The MathWorks, Inc.

LAPPONI, Juan Carlos. **"Avaliação de Projetos de Investimento : Modelos em Excel".** São Paulo : Lapponi. 1996.

LEMES JUNIOR, Antônio B.; RIGO, Cláudio Miessa; CHEROBIM, Ana Paula. "**Administração Financeira: Princípios, Fundamentos e Práticas Brasileiras"**. ' ed. Rio de Janeiro: Campus, 2002

NASCIMENTO, Valéria Moura. **"Gerenciamento de Risco em Projetos: Como Transformar Riscos em Vantagem Competitiva"**. Rio de Janeiro, 2003.

NBR 14.653-1/2001: Norma Brasileira de Procedimentos Gerais que rege a Avaliação de Bens. ABNT

NBR 14.653-4/2002: Parte da Norma Brasileira de Avaliação de Bens destinada à Avaliação de Empreendimentos. ABNT

NBR-12.721/2003: Norma Brasileira de Avaliação de Custos Unitários de Construção para Incorporação Imobiliária e outras Disposições para Condomínios Edilícios. ABNT

NEWNAN et al **"Engineering Economic Evaluation and Cost Estimation".** 2004.

Portal Brasil. Disponível em <www.portalbrasil.net/ - definições>

REBOUSSIN, B.A., ANTHONY, J.C., 2006. **"Is there epidemiological evidence to support the idea that a cocaine dependence syndrome emerges soon after**

onset os cocaine use. Neuropsychopharmacology.

SALLES, A.C.N. “**Metodologias de análise de risco para avaliação financeira de projetos degeração eólica.”** Rio de Janeiro, 2004. Disponível em <http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/acnsalles.pdf>.

SARDINHA, Paulo Henrique. “**Manual de Analise de Investimentos”** – Rio de Janeiro: 1999

SECURATO, José Roberto. **Decisões Financeiras em Condições de Risco**. São Paulo: Atlas, 1996.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. ACÓRDÃO DO TCU (TC 025.990/2008-2) - **Composição Do BDI para Obras e Serviços de Engenharia**

Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Informática.Disponível em <www.din.uem.br/ia/geneticos/>

Universidade Federal de São Paulo. Departamento de Ciências Matématicas e Computação. Disponível em <www.icmc.usp.br/~andre/research/genetic/>

WHITLEY, D. **“A genetic algorithm tutorial**”, Springer Science + Business Media B.V., Formerly Kluwer Academic.1994.

ANEXOS

ANEXO I – PROJETOS PADRÃO PARA CÁLCULO DO CUB

Ref	Projeto	Fonte (Sinduscon 1)	Pavtos Tipo	Quartos Soc	Quartos Serv	WCSoc	WCServ	Lavabo	Área Útil	AU Total	NUH	UH/ Pav	AU/WCT	CUB Ago/2014
1	PR4-2QP	0	4	2	1	1	1	0	51,08	1642,98	32,16484	4	34,05	919,375
2	PR4-3QP	0	4	3	1	1	1	1	87,16	2520,09	28,91338	4	34,86	898,05
3	PR6-3QP	0	6	3	1	2	1	0	103,04	7180,72	69,68866	6	41,22	724,885
4	PR8-2QP	0	8	2	1	1	1	0	51,08	2.619,90	51,29013	4	34,05	958,785
5	PR8-3QP	0	8	3	1	2	1	1	126,74	3.176,46	25,06281	4	36,21	841,13
6	PR8-3QP	0	8	3	1	1	1	1	87,16	4.266,44	48,94952	4	34,86	850
7	PR12-2QP	0	12	2	1	1	1	0	51,08	3.596,84	70,41582	4	34,05	986,62
8	PR12-3QP	0	12	3	1	1	1	1	87,16	6.012,80	68,98577	4	34,86	841,365
9	PR12-4QP	0	12	4	1	2	1	1	108,54	4.049,92	37,3127	2	31,01	817,165
10	PR18-4QP	0	18	4	1	2	1	1	108,54	5.869,77	54,07933	2	31,01	807,45
11	PP-4	1	4	3	0	1	1	1	161,8969	2.590,35		4	64,76	1.426,85
12	R-8	1	8	3	0	1	1	1	187,4603	5.998,73		4	74,98	1.211,81
13	R-16	1	16	3	0	1	1	1	165,0323	10.562,07			66,01	1.185,50
	Avaliando Tipo I		28	3	0	1	1	1	62,82				25,13	
	Avaliando Tipo II		28	2	0	1	0	1	51,53				25,77	

ANEXO II – TABELA DE VENDAS

Área 62,82 m2						
Apartamentos	**Sinal**	**Contrato**	**35 mensais**	**3 inter 12x12**	**Financiamento**	**Total**
101-102	13.000,00	13.000,00	1.100,00	11.000,00	228.500,00	326.000,00
201-202	13.750,00	13.750,00	1.150,00	11.760,00	238.970,00	342.000,00
301-401	14.240,00	14.240,00	1.200,00	12.250,00	248.770,00	356.000,00
501-601	14.520,00	14.520,00	1.260,00	12.300,00	252.960,00	363.000,00
701	14.800,00	14.800,00	1.300,00	12.400,00	257.700,00	370.000,00
1001-1101	15.100,00	15.100,00	1.330,00	12.500,00	261.750,00	376.000,00
1201-1301	15.300,00	15.300,00	1.350,00	12.550,00	267.500,00	383.000,00
1401-1501	15.600,00	15.600,00	1.360,00	12.800,00	272.800,00	390.000,00
1601-1701	15.900,00	15.900,00	1.370,00	13.400,00	278.050,00	398.000,00
1801-1901-2001	16.200,00	16.200,00	1.400,00	13.700,00	283.500,00	406.000,00
2101-2201	16.500,00	16.500,00	1.420,00	13.900,00	288.600,00	413.000,00
2301-2401	16.800,00	16.800,00	1.440,00	14.200,00	294.400,00	421.000,00
2501-2701-2801	19.000,00	19.000,00	1.520,00	15.200,00	309.200,00	446.000,00
302-402	14.600,00	14.600,00	1.230,00	12.380,00	256.610,00	366.000,00
502-602	14.900,00	14.900,00	1.260,00	12.620,00	261.240,00	373.000,00
702	15.200,00	15.200,00	1.280,00	12.850,00	267.250,00	381.000,00
1002-1102	15.440,00	15.440,00	1.300,00	13.000,00	271.620,00	387.000,00
1202-1302	15.730,00	15.730,00	1.330,00	13.300,00	276.090,00	394.000,00
1402-1502	16.000,00	16.000,00	1.350,00	13.550,00	281.100,00	401.000,00
1602	16.340,00	16.340,00	1.380,00	13.830,00	286.530,00	409.000,00
2102 - 2202	16.960,00	16.960,00	1.430,00	14.350,00	297.980,00	425.000,00
2302-2402-2502	17.290,00	17.290,00	1.460,00	14.630,00	303.430,00	433.000,00
2602-2802	18.300,00	18.300,00	1.550,00	15.500,00	321.650,00	459.000,00

Área 51,53 m2						
Apartamentos	**Sinal**	**Contrato**	**35 mensais**	**3 inter 12x12**	**Financiamento**	**Total**
204	11.200,00	11.200,00	950,00	9.500,00	197.850,00	282.000,00
304	11.700,00	11.700,00	980,00	9.900,00	205.600,00	293.000,00
704-804	11.900,00	11.900,00	1.000,00	10.100,00	209.900,00	299.000,00
904-1004	12.200,00	12.200,00	1.100,00	10.200,00	211.500,00	305.000,00
1104-1204	12.400,00	12.400,00	1.150,00	10.250,00	215.200,00	311.000,00
1404-1604-1704	12.600,00	12.600,00	1.180,00	10.270,00	218.690,00	316.000,00
1804-2004	12.900,00	12.900,00	1.200,00	10.300,00	224.300,00	323.000,00
2104-2204	13.200,00	13.200,00	1.220,00	10.400,00	228.700,00	329.000,00
2304-2404	13.400,00	13.400,00	1.260,00	10.600,00	233.300,00	336.000,00
2504-2604	13.700,00	13.700,00	1.300,00	10.800,00	237.700,00	343.000,00
2704-2804	13.900,00	13.900,00	1.320,00	11.000,00	242.000,00	349.000,00
103	10.600,00	10.600,00	900,00	9.000,00	187.300,00	267.000,00
203	11.580,00	11.580,00	980,00	9.800,00	203.140,00	290.000,00
303	12.000,00	12.000,00	1.020,00	10.200,00	210.700,00	301.000,00
703	12.280,00	12.280,00	1.040,00	10.390,00	214.870,00	307.000,00
1003	12.530,00	12.530,00	1.060,00	10.600,00	220.040,00	314.000,00
1103-1203	12.770,00	12.770,00	1.080,00	10.800,00	224.260,00	320.000,00
1803-2003	13.300,00	13.300,00	1.120,00	11.200,00	232.600,00	332.000,00
2203	13.510,00	13.510,00	1.140,00	11.400,00	236.880,00	338.000,00
2303-2403	13.800,00	13.800,00	1.160,00	11.600,00	243.000,00	346.000,00
2503-2603	14.100,00	14.100,00	1.190,00	11.900,00	247.450,00	353.000,00
2703-2803	14.330,00	14.330,00	1.210,00	12.100,00	251.690,00	359.000,00

***Correção pelo INCC até habite-se, após habite-se correção pelo IGPM mais 1% de juros a.m.**

Financiamento bancário sujeito a análise e aprovação de cadastro junto a instituição financeira. Prazo sujeito ao disponível na época da contratação do financiamento. Valor correspondente a 70% do valor da avaliação do imóvel.

ANEXO III – FLUXO DE CAIXA

	set/13	out/13	nov/13	dez/13	jan/14	fev/14	mar/14
Receitas Totais	R$ 2.408.880,00	R$ 106.047,58	R$ 106.047,58	R$ 106.047,58	R$ 106.047,58	R$ 106.047,58	R$ 106.047,58

	abr/14	mai/14	jun/14	jul/14	ago/14	set/14	out/14
Receitas Totais	R$ 106.047,58	R$ 106.047,58	R$ 106.047,58	R$ 106.047,58	R$ 106.047,58	R$ 1.090.775,15	R$ 106.047,58

	nov/14	dez/14	jan/15	fev/15	mar/15	abr/15	mai/15
Receitas Totais	R$ 106.047,58	R$ 106.047,58	R$ 106.047,58	R$ 106.047,58	R$ 106.047,58	R$ 106.047,58	R$ 106.047,58

	jun/15	jul/15	ago/15	set/15	out/15	nov/15	dez/15
Receitas Totais	R$ 106.047,58	R$ 106.047,58	R$ 106.047,58	R$ 1.090.775,15	R$ 106.047,58	R$ 106.047,58	R$ 106.047,58

	jan/16	fev/16	mar/16	abr/16	mai/16	jun/16	jul/16
Receitas Totais	R$ 106.047,58	R$ 106.047,58	R$ 106.047,58	R$ 106.047,58	R$ 106.047,58	R$ 106.047,58	R$ 106.047,58

	ago/16	set/16
Receitas Totais	R$ 106.047,58	R$ 22.194.244,31

ANEXO IV – ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Análise de Sensibilidade					
Taxa de Permuta	**5%**	**10%**	**15%**	**20%**	**25%**
VPL	**R$ 7.445.802,49**	**R$ 6.440.068,70**	**R$ 5.434.334,91**	**R$ 4.428.601,12**	**R$ 3.422.867,33**
TIR	**#NÚM!**	**#NÚM!**	**R$ 0,10**	**R$ 0,12**	**R$ 0,14**

Análise de Sensibilidade					
Taxa de Permuta	**30%**	**35%**	**40%**	**45%**	**50%**
VPL	**R$ 2.417.133,54**	**R$ 1.411.399,75**	**R$ 405.665,96**	**-R$ 600.067,83**	**-R$ 1.605.801,62**
TIR	**R$ 0,15**	**R$ 0,17**	**R$ 0,19**	**R$ 0,21**	**R$ 0,23**

ANEXO V - Algoritmo

```
clear all
clc

nvars = 1; % Number of dimensions of the search space
stdev = 0.05; % Standard deviation of the Gaussian mutations
numGenerations = 10; % Number of generations of the GA

crossover = 0.5; % Crossover fraction
tournamentSize = 3; % Tournament size
popSize = 10; % Population size
popInitRange = [-10000000; 1000000]; % Range for the initial population
display = 1; % Plot initial and final populations
x0 = inputdlg('Digite seu Ponto Inicial')
x0 = str2double(x0)

% Run the GA
[bestIndividual bestFitness] = runGA(@ag_vpl2, nvars, stdev, crossover,
tournamentSize, popSize, popInitRange, numGenerations, display);

% Display the results

bestIndividual = round(bestIndividual)
bestFitness = (-1)*bestFitness
b1 = num2str(bestIndividual)
b2 = num2str(bestFitness)
c1 =  'O melhor prazo de venda é  =  '
c2 = 'O maior VPL é  =  '
d1 = strcat(c1,b1)
d2 = strcat(c2,b2)
h1 = msgbox(d1,'PRAZO')
h2 = msgbox(d2,'VPL')

% The distance from the optimum in the N-dimensional space
distanceFromGlobalOptimum = sqrt(sum(bestIndividual.^2))
```

- **Ajuste do Optimset**

```
function [bestIndividual bestFitness] = runGA(fitnessFunct, nvars, stdev, crossover,
tournamentSize, popSize, popInitRange, numGenerations, display)
```

```
    % ---------------------------------------------------------------------
    % GA options

   % Start with default options
   options = gaoptimset;

% The population size
    options = gaoptimset(options,'PopulationSize', popSize);
    % Unlimited number of generations
    options = gaoptimset(options,'Generations', numGenerations);

% Disable crossover
    options = gaoptimset(options,'CrossoverFraction', crossover);
    % Set number of elites
    options = gaoptimset(options,'Elite', 1);

    % Use our own tournament selection function (the one from the toolbox has a
bug!)
    options = gaoptimset(options,'SelectionFcn' ,{ @tournamentselection
tournamentSize  });

    % We don't need this, since we specify an initial population. But gatool defines the
standard deviation of the Gaussian mutation as sigma times the length of this interval
    options = gaoptimset(options,'PopInitRange', popInitRange);

    % gatool defines the standard deviation of the Gaussian mutation as sigma times
the length of the popInitRange, but we want it to be the sigma that we specify. The
second argument may be used to shrink the mutation rate (set to 1 to shrink linearly
to 0 in the last generation)
    stdev = stdev / (popInitRange(2)-popInitRange(1));

    %options = gaoptimset(options,'MutationFcn', {@mutationgaussian stdev 0});

    % This function is called at each generation---actually we don't use it to do a plot,
but to record the initial population in a global variable
    options = gaoptimset(options,'PlotFcns', {@myPlotFunction});

    lb = [1];
    ub = [15];

% Run GA
```

```
[X,FVAL,REASON,OUTPUT,POPULATION,SCORES]                                    =
ga(fitnessFunct,nvars,[],[],[],[],lb,ub,[],options);

   %global bestFitnesses;
   global initialPopulation;
   global initialScores;

   if (display)

      % Plot the parent and the offspring on the fitness landscape (only for 1D or 2D
functions)
      if (nvars == 1)

         figure;
         %plot(2,1,1);
         plot(initialPopulation, initialScores*(-1), '.b');
         lim = max(abs(xlim));

% O algoritmo estará pronto para receber também duas variáveis

%        elseif (nvars == 2)
%           figure;
%           subplot(2,1,1);
%           plot(initialPopulation(:,1), initialPopulation(:,2), '.b');
%           lim = max([abs(xlim) abs(ylim)]);
%
%           subplot(2,1,2);
%           plot(POPULATION(:,1), POPULATION(:,2), '.b');
%           lim = max([lim abs(xlim) abs(ylim)]);
%
%           plot2D(fitnessFunct, [-0 lim]);
%           hold on;
%           plot(POPULATION(:,1), POPULATION(:,2), '.b');
%           xlim([-0 lim]);
%           ylim([-lim lim]);
%           axis square;
%           box on;
%           title('Final population')
%           xlabel x0;
%           ylabel x1;
%           zlabel Fitness;
%
%           subplot(2,1,1);
```

```
%           plot2D(fitnessFunct, [-0 lim]);
%           hold on;
%           plot(initialPopulation(:,1), initialPopulation(:,2), '.b');
%           xlim([-0 lim]);
%           ylim([-lim lim]);
%           axis square;
%           box on;
%           title('Initial population');
%           xlabel x0;
%           ylabel x1;
%           h = colorbar('peer',gca,[0.7128 0.1084 0.03918 0.3436]);
%           set(get(h,'ylabel'),'String','Fitness');
      end
   end

   bestIndividual = X;
   bestFitness = FVAL;
   %bestFitnessOfEachGeneration = bestFitnesses;

end
```

- **Metodologia de torneio**

```
function parents = tournamentselection(expectation,nParents,options,tournamentSize)
%SELECTIONTOURNAMENT Each parent is the best of a random set.
%
%    This is the function from the matlab ga toolbox, but it was wrongly  selecting parents with lower expectation with higher probabiliby. I had  to inverse the comparison from '<' to '>' in two occurences marked  below.
%
% How many players in each tournament?
if(nargin < 4)
   tournamentSize = 4;
end

% Choose the players
playerlist = ceil(size(expectation,1) * rand(nParents,tournamentSize));
% Play tournament
parents = tournament(playerlist,expectation);

function champions = tournament(playerlist,expectation)
```

```
%tournament between players based on their expectation

playerSize = size(playerlist,1);
champions = zeros(1,playerSize);
% For each set of players
for i = 1:playerSize
    players = playerlist(i,:);
    % For each tournament
    winner = players(1); % Assume that the first player is the winner
    for j = 2:length(players) % Winner plays against each other consecutively
        score1 = expectation(winner,:);
        score2 = expectation(players(j),:);
        if score2(1) > score1(1) % THIS IS '<' IN THE ORIGINAL MATLAB FUNCTION
            winner = players(j);
        elseif score2(1) == score1(1)
            try % socre(2) may not be present for single objective problems
                if score2(2) > score1(2) % THIS IS '<' IN THE ORIGINAL MATLAB
FUNCTION
                    winner = players(j);
                end
            catch
            end
        end
    end
    champions(i) = winner;
end
```

- **Função Objetivo – Fitness Function**

```
function PV  = ag_vpl2(x)

format long g

%-----------------ANTENÇÃO ------------------------------
%
% mês 1 é agosto de 2013 (não consigo indexar vetor no zero)
%
% ---------------------------------------------------------------
%
% Variar
%
PercPermuta = 0.30;
```

```
FIPEmed = 1.0093;
%
%-----------------------------------------------------------------------

ExtCont = 1;

% INCC = xlsread('input.xlsx')
% IGPM = xlsread('input.xlsx',2)
% FIPEZAP = xlsread('input.xlsx',3)
Ccorrigido = xlsread('input.xlsx',1);

TMA = (1+0.115)^(1/12)-1;

INCCmed = 1.0061099;
IGPMmed = 1.0053493;

Preco0 = 30111000;

tinicio = 1;
fimobra = tinicio + 31; % entrega da obra
np = 35; %numero de parcelas
ni=3; %numero de intercaladas
pc = 31; % período de construção

Receitas1 = zeros(100,1);
Receitas2 = zeros(100,1);
Receitas3 = zeros(100,1);
Receitas4 = zeros(100,1);
ParcRec = zeros(100,3);
Receitas = zeros(100,1);
Custo = zeros(100,1);
Sinal= zeros(100,1);
Contrato= zeros(100,1);
Parcelas= zeros(100,1);
Intercaladas = zeros(100,1);
Financiamento = zeros(100,1);

somarec = zeros(20,1);

n=15; %numero maximo de meses a ser vendido
v = zeros(n,1);

a=round(x)
```

```
PercVendido=1/a % percentual vendido a cada mes

for i=1:a
  v(i) = i;
  Preco(v(i)) = Preco0*FIPEmed^(v(i)-1)*(1-PercPermuta)*PercVendido; % preço em que a unidade foi vendida no mês t, onde o mes zero é agosto de 2013

  Sinal(v(i)) = 0.04*Preco(v(i));
  Contrato(v(i)) = 0.04*Preco(v(i));
  Parcelas(v(i)) = 0.0035*Preco(v(i)); % obrigar np = 35
  Intercaladas(v(i)) = 0.0325*Preco(v(i)); % obrigar ni = 3
  Financiamento(v(i)) = 0.7*Preco(v(i));

  %Receitas1 é só sinal + contrato
  Receitas1(v(i)) = Sinal(v(i))+Contrato(v(i));
  %a = xlswrite('Output.xlsx',Receitas1,1)

  %Receitas 2 corresponde às parcelas
  for t = 1:(np+1) % porque o primeiro mês é só entrada e sinal
    if (v(i) + t)<fimobra
      Receitas2(v(i) + t) = Parcelas(v(i))*INCCmed^(t); % porque o primeiro mês é só entrada e sinal
    else
      Receitas2(v(i) + t) = Parcelas(v(i))*(IGPMmed+0.01)^(t);
    end
  end
  Receitas2;
  %a = xlswrite('Output.xlsx',Receitas2,2)

  %Receitas 3 corresponde às intercaladas
  for t= 1:(np+1) % porque o primeiro mês é só entrada e sinal
    if rem (t,12) == 0
      if (v(i) + t)<fimobra
        Receitas3(v(i) + t) = Intercaladas(v(i))*INCCmed^(t) ;
      else
        Receitas3(v(i) + t) = Intercaladas(v(i))*(IGPMmed+0.01)^(t);
      end
    else
      Receitas3(v(i) + t) = 0;
    end
  end

  Receitas3;
```

```
    %a = xlswrite('Output.xlsx',Receitas3,3)

    %Receita 4 corresponde ao ganho com o financiamento
    Receitas4(fimobra) = Financiamento (v(i));
    Receitas4;
    %a = xlswrite('Output.xlsx',Receitas4,4)

    %cont = 1;
    ParcRec (:,1) = Receitas1 + Receitas2 + Receitas3 + Receitas4; %parcial das
receitas naquele momento
    Receitas (:,1) =  Receitas (:,1) + ParcRec (:,1);

    Receitas1 = zeros(100,1);
    Receitas2 = zeros(100,1);
    Receitas3 = zeros(100,1);
    Receitas4 = zeros(100,1);
    Sinal= zeros(100,1);
    Contrato= zeros(100,1);
    Parcelas= zeros(100,1);
    Intercaladas = zeros(100,1);
    Financiamento = zeros(100,1);

    %cont = cont + 1;
  end % end do for i 1:2

  Receitas;
 % plan = xlswrite('Output_vpl_ivv.xlsx',Receitas,a)
    %Custos
    for t=1:pc
        Custo(t) = Ccorrigido(t);
    end
    Custo;


    Fluxo = Receitas(:,1) - Custo;
    PV = pvvar(Fluxo,TMA)
    PV = (-1)*PV
    %Return = irr(Fluxo)

%     ot = xlswrite('Output.xlsx',Receitas,1)
%     ot = xlswrite('Output.xlsx',Custo,2)
%     ot = xlswrite('Output.xlsx',Fluxo,3)
```

```
%  VPL(ExtCont) = PV;
%  TIR (ExtCont) = Return;
%  Iteracao (ExtCont) = a; % percentual vendido no mes 0
%  ExtCont = ExtCont +1;


Receitas = zeros(100,3);

end
```

- **Funções de Plotagem**

```
function state = myPlotFunction(options, state, flag)

    % Plots the best fitness and the mean fitness at each generation
    gaplotbestf(options, state, flag);

    global initialPopulation;
    global initialScores;

    if(strcmp(flag,'init')) % Set up the plot
        initialPopulation = state.Population;
        initialScores = state.Score;
    end

end

function plot1D(f, xlimits)

    dx = (xlimits(2) - xlimits(1))/200;
    x = xlimits(1):dx:xlimits(2);

    y = x;
    for i = 1:length(x)
        y(i) = f(x(i));
    end

    plot(x, -y, '-b');

end
```

- **Custo de construção utilizado como input do Excel**

Mês	Input (Custo)
1	R$ 493.470,95
2	R$ 281.782,27
3	R$ 268.200,48
4	R$ 280.327,16
5	R$ 387.836,38
6	R$ 349.186,10
7	R$ 437.446,33
8	R$ 486.663,04
9	R$ 391.665,93
10	R$ 435.841,36
11	R$ 468.092,74
12	R$ 508.155,61
13	R$ 534.809,73
14	R$ 565.246,56
15	R$ 594.660,01
16	R$ 676.071,17
17	R$ 523.382,77
18	R$ 401.755,93
19	R$ 483.557,87
20	R$ 587.967,25
21	R$ 644.830,79
22	R$ 655.912,92
23	R$ 468.320,43
24	R$ 534.537,23
25	R$ 625.634,40
26	R$ 518.294,55
27	R$ 474.411,54
28	R$ 567.795,23
29	R$ 599.492,81
30	R$ 597.626,88
31	R$ -