



Análise de risco de um projeto de investimento por aplicação do Método de Monte Carlo

Mestrado em Finanças Empresariais

Pedro Gaspar Mónico

Leiria, setembro de 2019



Análise de risco de um projeto de investimento por aplicação do Método de Monte Carlo

Mestrado em Finanças Empresariais

Pedro Gaspar Mónico

Trabalho de Projeto realizado sob a orientação da Professora Doutora Maria João da Silva Jorge, Professora e da Professora Doutora Magali Pedro Costa

Leiria, setembro de 2019

Originalidade e Direitos de Autor

O presente relatório de projeto é original, elaborado unicamente para este fim, tendo sido devidamente citados todos os autores cujos estudos e publicações contribuíram para o elaborar.

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição de que seja mencionado o Autor e feita referência ao ciclo de estudos no âmbito do qual o mesmo foi realizado, a saber, Curso de Mestrado em Finanças Empresariais, no ano letivo 2018/2019, da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria, Portugal, e, bem assim, à data das provas públicas que visaram a avaliação destes trabalhos.

Dedicatória

Dedico este trabalho à minha mãe, que não pode ver-me concluir esta etapa da minha vida. É graças aos seus ensinamentos que hoje sou capaz de enfrentar e superar os desafios que a vida me coloca. Ela transmitiu-me os valores e a educação que fazem de mim a pessoa que sou hoje. Ensinou-me que é necessário trabalho, dedicação e respeito para alcançar os objetivos traçados. Por tudo o que me deu e ensinou, este trabalho também é dela.

Agradecimentos

A realização deste trabalho apenas foi possível graças a todos aqueles que me apoiaram neste percurso. Agradeço em particular à minha família, que esteve sempre presente e incentivou-me a continuar a lutar pelos meus objetivos. Agradeço ainda às empresas onde trabalhei e trabalho, FERRUS e STREAM CONSULTING, que sempre facilitaram a conciliação entre a vida profissional e académica.

Agradeço de forma especial à Professora Doutora Maria João da Silva Jorge, minha orientadora, e à Professora Doutora Magali Pedro Costa, minha coorientadora, que ao longo dos últimos doze meses foram incansáveis, orientando, corrigindo e fornecendo ideias fulcrais para o desenvolvimento do presente Projeto.

Por fim, agradeço aos meus patrões, Eng.º Nuno Órfão, Doutora Irene Ferreira e Doutor Carlos Vieira, que sabendo do tema do meu Projeto, demonstraram abertura para aplicação da metodologia de análise de risco em projetos vindouros e demonstraram-se totalmente disponíveis para colaborar e fornecer dados sobre o projeto da empresa Freshwood, onde também são sócios, para a realização do presente Projeto.

Resumo

No nosso quotidiano somos confrontados com inúmeras situações de incerteza e risco. O mesmo se aplica na vida das empresas, que estão inseridas num ambiente dinâmico, suscetível a imensas alterações. Assim, e focando a atenção nos projetos de investimento, que revelam uma importância extrema para as empresas, é importante munir os investidores de toda a informação disponível para a tomada de decisão em relação a esses investimentos.

Por norma, para efetuar a análise económico-financeira de projetos são utilizados métodos determinísticos, tais como o Valor Atual Líquido (VAL) ou a Taxa Interna de Rendibilidade (TIR). No entanto, estes métodos apenas consideram o efeito da incerteza e dos riscos inerentes às várias variáveis que afetam a rendibilidade do projeto através da taxa de atualização. Neste sentido, é sugerido neste trabalho, que além da análise económico-financeira, seja realizada complementarmente uma análise de risco que permita aferir, entre outras informações, quais as variáveis críticas para o projeto e qual a amplitude de resultados possíveis. Para tal, sugere-se a aplicação da simulação logico-matemática pelo Método de Monte Carlo.

Este Projeto sintetiza os passos necessários para a aplicação da simulação logico-matemática pelo Método de Monte Carlo e aplica-a a um caso real com o auxílio do *software @Risk*. Em resultado desta aplicação, foi possível fornecer importantes elementos para a tomada de decisão, que permitem consciencializar o investidor para os riscos e incertezas inerentes ao projeto e para os possíveis impactos que terão na rendibilidade do mesmo.

Palavras-chave: Simulação pelo Método de Monte Carlo, Análise de Risco, Incerteza, VAL

Abstract

In our daily lives we are faced with various situations of uncertainty and risk. The same applies in the life of companies, which are inserted in a dynamic environment, susceptible to change. Thus, focusing attention on investment projects, which are of utmost importance to companies, it is important to provide investors with all the information available for decision making regarding these investments.

By default, to perform an economic and financial analysis of projects, it is used deterministic methods, such as Net Present Value (NPV) or Internal Rate of Return (IRR). However, these methods only consider the effect of the uncertainty and risks inherent in the various variables that affect project profitability through discount rates. In this sense, it is suggested in this paper, that in addition to the economic and financial analysis, should be realize a risk analysis that allows to assess, among other information, what are the critical variables for the project and what is the breadth of the possible results. For this, it is suggested the application of logic-mathematical simulation by the Monte Carlo method.

This project synthesizes the steps required for the application of Monte Carlo mathematical logic simulation and applies to a real case with the aid of *@Risk* software. As a result of this application, it was possible to provide important elements for decision making, which would make the investor aware of risks and uncertainties inherent in the project and the possible impacts on its profitability.

Keywords: Monte Carlo Simulation, Risk Analysis, Uncertainty, NPV.

Índice

Lista de Figuras	x
Lista de Tabelas.....	xi
Lista de Siglas e Acrónimos.....	xii
1. Introdução.....	1
2. Risco.....	3
2.1. O Risco em Projetos de Investimento	4
2.2. Métodos Utilizados para Tomada de Decisão.....	5
2.2.1. Limitações dos Métodos Determinísticos	11
2.3. Análise de Risco	13
2.3.1. Análise de Sensibilidade	14
2.3.2. Outros Métodos Empíricos.....	15
2.3.3. Árvores de Decisão	16
2.3.4. Opções Reais	16
2.3.5. Métodos da Teoria da Decisão	17
2.3.6. A Simulação Lógico-matemática pelo Método de Monte Carlo.....	17
3. Método de Monte Carlo	20
3.1. Metodologia.....	20
3.1.1. Passos para Desenvolver o Método de Monte Carlo.....	21
4. Análise de Risco: Aplicação.....	28
4.1. Caracterização da Empresa	28
4.2. Projeto de Investimento	29
4.2.1. Âmbito do Projeto	29
4.2.2. Dados Históricos	29
4.2.3. Análise Económica.....	30
4.2.4. Análise Setorial	34
4.2.5. Estimação de Dados Previsionais.....	34
4.3. Análise de Risco – Método de Monte Carlo	36
4.3.1. Modelo de Simulação.....	36
4.3.2. Variáveis de Entrada	40
4.3.3. Definição das Distribuições de Probabilidades	46
4.3.4. Simulação e Análise de resultados	52
Conclusões.....	60

Referências Bibliográficas	62
Anexos.....	67

Lista de Figuras

Figura 1: Lógica inerente ao MMC	19
Figura 2: Contributos para taxa de variação anual das exportações de bens e serviços	33
Figura 3: Distribuição Variável Taxa de Crescimento VN.....	46
Figura 4: Distribuição Variável % FSE sobre VN	47
Figura 5: Distribuição Variável Taxa Crescimento Gastos com Pessoal	47
Figura 6: Distribuição Variável Criação Líquida de Emprego.....	48
Figura 7: Distribuição Variável CAPEX	49
Figura 8: Distribuição Variável Taxa de Imposto.....	49
Figura 9: Teste Ajuste de Distribuições à Variável Prémio de Risco do Mercado	50
Figura 10: Distribuição Variável Prémio de Risco do Mercado	50
Figura 11: Teste Ajuste de Distribuições à Variável Beta não Alavancado do Setor	51
Figura 12: Distribuição Variável Beta não Alavancado do Setor	51
Figura 13: Simulação do VAL com 10 mil iterações	53
Figura 14: Simulação do VAL com 100 mil iterações	54
Figura 15: Análise do impacto das variáveis de entrada no VAL.....	55
Figura 16: Análise de correlação entre as variáveis de entrada e o VAL	55
Figura 17: Distribuição de Frequência Cumulativa de Probabilidades do VAL	56

Lista de Tabelas

Tabela 1: Síntese Principais Métodos Determinísticos	10
Tabela 2: Síntese Vantagens e Desvantagens de cada Método Determinístico	11
Tabela 3: Dados Históricos	30
Tabela 4: Projeções do Banco Europeu – Economia Portuguesa Taxa de variação anual, em percentagem	31
Tabela 5: Projeções do Banco Europeu – Economia Mundial	32
Tabela 6: Pressupostos utilizados para análise económico-financeira	35
Tabela 7: Construção da Demonstração de Resultados	37
Tabela 8: Cálculos auxiliares	39
Tabela 9: Cálculo WACC	39
Tabela 10: Cálculo VAL	40
Tabela 11: Cálculo do Coeficiente de Pearson	45
Tabela 12: Variáveis de Entrada	52
Tabela 13: Estatística da Simulação com 10 mil iterações	52
Tabela 14: Estatística da Simulação com 100 mil iterações	53

Lista de Siglas e Acrônimos

CAPM	<i>Capital Asset Pricing Model</i>
CAPEX	<i>Capital Expenditure</i>
CF	<i>Cash-Flows</i>
CFD	<i>Cash-Flow</i> Descontados
CMVMC	Custo das Mercadorias Vendidas e das Matérias Consumidas
ESTG	Escola Superior de Tecnologia e Gestão
FCF	<i>Free Cash-Flow</i>
FSE	Fornecimentos e Serviços Externos
IR	Índice de Rendibilidade
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MMC	Método de Monte Carlo
MTIR	Taxa Interna de Rentabilidade Modificada
PBP	<i>Payback Period</i>
QREN	Quadro de Referência Estratégica Nacional
TIR	Taxa Interna de Rendibilidade
VAL	Valor Atual Líquido
VN	Volume de Negócios
WACC	<i>Weighted Average Cost of Capital</i>

1. Introdução

O objetivo do presente Projeto é analisar a viabilidade económica de um projeto de investimento pela aplicação da análise de risco proposta por Hertz (1964), utilizando uma simulação lógico-matemática pelo Método de Monte Carlo (MMC). Para o efeito foi escolhido um projeto de uma empresa da região de Leiria financiado pelo Quadro Portugal 2020. Neste sentido, será utilizado o projeto de inovação produtiva da empresa Freshwood, cujo objetivo do projeto é criação de um novo estabelecimento.

A escolha deste tema é fundamentada pelo forte investimento que se tem verificado por pequenas e médias empresas, inseridos muitas vezes no âmbito de programas financiados pelo Governo, como o Quadro de Referência Estratégica Nacional (QREN) ou o Quadro Portugal 2020. Não obstante, pode-se verificar que a análise de risco ainda é muito desvalorizada neste contexto, verificando-se que a maioria dos projetos não apresenta uma análise de risco que os sustentem.

Ao realizar esta análise pretende-se, não só resolver o problema específico desta empresa, como também desenvolver e aproximar a análise de risco ao contexto das empresas e mercados portugueses. Apesar de já existirem vários projetos académicos onde é utilizado o MMC para realizar a análise de risco, este ainda é um método pouco aplicado no contexto da maioria dos projetos desenvolvidos por empresas portuguesas, sobretudo devido ao seu grau de complexidade. Neste sentido, e tendo em conta a possibilidade de aplicar a metodologia desenvolvida neste Projeto, noutros projetos futuros, o interesse em desenvolver este Projeto torna-se elevado.

O presente Projeto terá ainda como objetivo desenvolver o MMC, sintetizando os passos e ferramentas necessários para realizar a análise e, desta forma, aproximar a análise de risco ao contexto empresarial reforçando a sua importância e incutindo a necessidade de a realizar. É de realçar, que as decisões de investimento são críticas para o sucesso de qualquer empresa. Assim, dada a tremenda importância que os projetos de investimento assumem, é fulcral que se realize uma análise de risco. É de realçar, que o primeiro passo da análise de um projeto de investimento é estimar os valores futuros para as variáveis do projeto, calculando, em regra, a melhor estimativa com base nos dados disponíveis. Assim, é selecionado um valor único para cada variável, não incluindo desta forma um intervalo de

outros valores possíveis para cada variável na análise. Assumindo esta limitação, deve-se realizar a análise de risco, pois esta utiliza toda a informação disponível para descrever quantitativamente a incerteza inerente às variáveis do projeto. Desta forma, a análise de risco não é um substituto das metodologias de análise ditas tradicionais, mas sim uma ferramenta que eleva a qualidade dos seus resultados.

O presente projeto encontra-se subdividido em mais quatro capítulos. No segundo capítulo apresenta-se a revisão de literatura, onde é abordado o conceito de risco, a tipologia de riscos subjacentes aos projetos de investimento, as técnicas mais utilizadas para a tomada de decisão, colocando a ênfase na análise de risco. No terceiro capítulo é analisada e detalhada a aplicação da simulação lógico-matemática pelo Método de Monte Carlo. No quarto capítulo é apresentada a empresa e o projeto de investimento alvo de análise e realizada a análise de risco do projeto. Finalmente, no quinto, e último capítulo, são apresentadas as conclusões do presente projeto.

2. Risco

Há 2400 anos atrás, os atenienses já avaliavam o risco antes de tomarem decisões. No entanto, a avaliação e gestão do risco são disciplinas recentes (Aven, 2016). Entre 1960 e 1980 foram constituídos os conceitos e princípios que se mantêm a base destas disciplinas até à atualidade (ver por exemplo Hertz, 1964; Meier, Newell, & Pazer, 1969; Canada, 1967). Aven (2016) subdivide a análise de risco em duas partes: a primeira que pretende usar a avaliação e gestão do risco para estudar e tratar o risco de atividades específicas, e a segunda, que consiste em investigar e desenvolver o conceito de risco, o quadro conceptual, teorias, abordagens, princípios, métodos e modelos para entender, avaliar, caracterizar, comunicar e gerir o risco.

A *Society for Risk Analysis* considera que a incerteza é o conceito base para a conceptualização e avaliação de risco. Esta ideia é ainda partilhada pela *International Organization for Standardization* (ISO), que considera que o risco é o efeito da incerteza nos objetivos (ISO, 2009a, 2009b). No entanto, a incerteza e o risco surgem associados às atividades económicas há relativamente pouco tempo (Toma & Chiti, 2012). Kemshall (2000) refere que o risco está incorporado na vida contemporânea, abrangendo a maioria dos eventos futuros, que são influenciados por comportamentos complexos. Neste sentido, também as atividades económicas estão expostas ao risco e à incerteza. Toma e Chiti (2012) referem que os conceitos de risco e incerteza devem ser objeto de distinção. O risco está associado a situações em que podem ser associadas probabilidades de ocorrência, ou seja, pode existir quantificação. Já a incerteza, está associada a situações em que não existe informação suficiente para identificar probabilidades de ocorrência, isto é, quando não existe informação necessária para compreender e antecipar os acontecimentos, estamos na presença de incerteza. Nesta sequência, os autores referem que o elemento crítico para a distinção entre risco e incerteza é a probabilidade. A probabilidade refere-se à ocorrência de um determinado fenómeno ou evento sobre condições bem definidas. Deste modo, podem ser distinguidas três categorias de situações distintas dependendo da probabilidade associada (Toma & Chiti, 2012; Cebola, 2017):

- Certeza – O analista/decisor dispõe de um profundo conhecimento sobre todos os fenómenos e fatores que influenciam os resultados do projeto;

- Incerteza – O analista/decisor não consegue identificar ou prever a ocorrência, ou evolução, de um conjunto de fatores que podem afetar a decisão. Não existem condições para associar uma distribuição de probabilidades à ocorrência desses fatores;
- Risco – O analista/decisor consegue identificar os fatores que podem afetar a decisão, tendo a capacidade de atribuir uma distribuição de probabilidades de ocorrência a cada um desses fatores.

Assim, as análises probabilísticas são o método mais usado para tratar as incertezas envolvidas na análise de risco (Aven, 2016). O autor distingue dois tipos de incertezas: as incertezas aleatórias e as incertezas epistêmicas. Nas incertezas aleatórias, o uso das probabilidades é amplamente aceite, mas com limitações relativas à interpretação da frequência. Já no caso das incertezas epistêmicas, não existe um método consensual. O mais comum é a inferência bayesiana. No entanto, já foram propostas várias alternativas, como o intervalo de probabilidades, medidas de possibilidades ou métodos qualitativos.

2.1.O Risco em Projetos de Investimento

O risco em projetos de investimento é definido pelo *Project Management Body of Knowledge Guide* (Project Management Institute, 2013) como um conjunto de eventos incertos que, caso se verifiquem, terão impacto, positivo ou negativo, sobre os objetivos do projeto. Hertz (1964) argumenta que, de todas as decisões que os gestores têm de tomar, a mais desafiante é a decisão relacionada com a escolha de investimentos. Segundo o autor, associado a cada investimento estão um conjunto de pressupostos utilizados para calcular a rentabilidade do investimento e associado a cada um desses pressupostos está um grau de incerteza, o que eleva o grau de incerteza inerente ao investimento.

Tendo em consideração a incerteza associada a cada projeto, torna-se fulcral considerar a incerteza na previsão das variáveis que influenciam o cálculo dos critérios utilizados para a tomada de decisão (Karmperis, Sotirchos, Tatsiopoulos, & Aravossis, 2012). Desta forma, a análise de risco quantitativa ganha maior relevância na avaliação de investimentos. A análise de risco quantitativa é definida pelo *Project Management Institute* como o processo de quantificação do efeito de todos os riscos e incertezas identificados no âmbito dos objetivos do projeto.

Neste sentido, importa aferir quais os riscos e incertezas inerentes ao projeto e quais as suas fontes (Roseke, 2015). Roseke (2015) identifica várias fontes de riscos, concretamente: o âmbito do projeto, a qualidade do projeto, o cronograma das atividades, o mercado, a comunicação, os recursos humanos, os custos, entre outros.

No entanto, o primeiro passo para a avaliação do projeto compreende a estimação dos seus custos e benefícios e, neste sentido, vários autores apontam como lacunas deste processo a subestimação dos custos e riscos e a sobrestimação dos benefícios (Klakegg & Lichtenberg, 2016). Um dos motivos identificados para a ocorrência deste fenómeno é o facto dos promotores dos projetos desejarem aumentar a probabilidade de que o projeto obtenha aprovação e financiamento. Para isso optam por manipular os custos e benefícios inerentes ao projeto (Klakegg & Lichtenberg, 2016). A subestimação de custos e riscos surge ainda associada a enviesamentos cognitivos (Kahneman & Tversky, 1979). Kahneman e Tversky (1979) argumentam que o julgamento subjetivo dos especialistas é muitas vezes enviesado por armadilhas psicológicas. De facto, os promotores tendem a evitar lidar com a subjetividade, conseqüentemente, as questões subjetivas são apenas consideradas superficiais. Estes autores justificam que, apesar de existirem vários métodos científicos para estimar custos, este processo implica muita subjetividade.

2.2.Métodos Utilizados para Tomada de Decisão

Para avaliar projetos podem ser utilizados dois tipos de métodos: os métodos empíricos e os métodos científicos (Cebola, 2017). Os métodos empíricos são indicadores contabilísticos, simples de utilizar, que permitem uma primeira análise, ainda que superficial sobre a rentabilidade do projeto. Já os métodos científicos têm em conta o valor temporal do dinheiro, introduzindo assim o conceito de taxa de atualização.

Os principais métodos empíricos são: Rentabilidade dos Capitais Próprios, Rentabilidade do Investimento e Rentabilidade Média do Valor Contabilístico. Estes indicadores carecem de fixação de padrões de referência para a análise. O processo de fixação de padrões de referência dificulta a obtenção de coerência e não permite uma análise independente do projeto, uma vez que os padrões de referência normalmente utilizados têm um forte conteúdo de arbitrariedade ou são definidos tendo em conta resultados passados da empresa ou setor (Cebola, 2017). Adicionalmente, Cebola (2017) refere que estes indicadores apresentam outras limitações, nomeadamente, o facto de apenas considerarem a situação da empresa em

determinado ano, uma vez que se baseiam em dados contabilísticos, sem refletir os dados referentes aos restantes anos da vida útil do projeto. Neste sentido, a avaliação é altamente influenciada pelos critérios contabilísticos utilizados. Além disso, como não são utilizados valores atualizados, mesmo que se utilizem valores médios, a análise é deturpada uma vez que nas médias há valores que têm um impacto imediato e outros que terão impacto no futuro e a que se atribuiu o mesmo peso. Estes métodos não permitem determinar qual o resultado final gerado pelo projeto.

Os métodos científicos, conforme mencionado anteriormente, têm em consideração o valor do tempo, o que permite comparar, num determinado momento, os resultados obtidos no decorrer do projeto (Cebola, 2017). Para isso, torna-se fulcral definir a taxa de atualização a utilizar, sendo que, podem ser utilizadas várias práticas para definir taxas de atualização. De entre outras práticas, podem ser utilizadas como taxas de atualização: o custo do capital alheio, o custo do capital próprio e o custo médio ponderado do capital (Souza & Lunkes, 2016). Damodaran (2002) e Souza e Lunkes (2016) definem o custo do capital alheio como o custo corrente que a empresa suporta para obter fundos para financiar o projeto. Os mesmos autores referem que o custo do capital próprio é a rendibilidade esperada pelos investidos pelo capital investido, sendo que esta rendibilidade seria obtida em outras aplicações com o mesmo risco de mercado. Por fim, o custo médio ponderado do capital é a taxa de rendibilidade que tem em consideração o custo do capital alheio e o custo do capital próprio ponderado pela estrutura de capital da empresa (Block, 2011; Souza & Lunkes, 2016).

Vários estudos indicam que o custo médio ponderado do capital é o método mais utilizado como taxa de atualização (Graham & Harvey, 2001; Ryan & Ryan, 2002; Batra & Verma, 2017), sendo que o método preferencial para calcular o custo médio ponderado do capital é o *Capital Asset Pricing Model* (CAPM) (Gitman & Vandenberg, 2000; Graham & Harvey, 2001; Ryan & Ryan, 2002; Batra & Verma, 2017).

Ryan e Ryan (2002), Block (2007) e Ghahremani, Aghaie e Abedzadeh (2012) consideram que os métodos científicos são os mais adequados para realizar a avaliação de projetos. De facto, segundo os mesmos autores, o método mais utilizado para a avaliação de projetos de investimentos é o modelo dos *cash-flows* descontados (CFD). Conforme mencionado anteriormente, os métodos científicos, nomeadamente o modelo dos CFD, têm em conta uma das principais premissas das finanças, o valor temporal do dinheiro (Pivorienè, 2017). No modelo dos CFD são estimados e descontados todos os *cash-flows* (CF) futuros utilizando

uma taxa de atualização para estimar o valor presente desses CF (Karmperis *et al.*, 2012). Partindo deste cálculo, são somados todos os CF estimando assim o valor atual líquido (VAL) (Kamperis *et al.*, 2012). Caso o VAL assuma um valor positivo, o projeto deve ser aceite, caso seja negativo, o projeto deve ser rejeitado (Soares, Moreira, Pinho, & Couto, 2015).

O VAL é considerado como um dos métodos de avaliação mais credíveis para os académicos (Cuthbert & Magni, 2016). Esta preferência pelo VAL é justificada pelo facto do VAL maximizar o valor para o acionista (Block, 1997; Graham & Harvey, 2001; Kulakov & Kastro, 2015). No entanto, vários inquéritos demonstram que o método mais utilizado para avaliar os investimentos com vista à tomada de decisão é a Taxa Interna de Rentabilidade (TIR) (Lefley, 1996; Graham & Harvey, 2001; Lindblom & Sjögren, 2009).

A TIR consiste na taxa de desconto que tornaria o VAL igual a zero (Kamperis *et al.*, 2012). Se a TIR for superior ao custo do capital exigido pela empresa, então o investimento deverá ser aceite, caso contrário deverá ser rejeitado (Soares *et al.*, 2015). De facto, grande parte das empresas prefere utilizar a TIR como modelo de análise e apoio à tomada de decisão (Block, 1997; Graham & Harvey, 2001; Kulakov & Kastro, 2015). Estes autores justificam esta preferência com o facto de a TIR ser expressa como uma taxa, o que facilita a comparação com a taxa de rentabilidade exigida pelos investidores. Não obstante, são apontadas várias lacunas à TIR, nomeadamente: 1) o facto de para projetos com *cash-flows* não convencionais a TIR puder assumir múltiplos valores, ou seja, nos casos em que o projeto apresenta um ou mais fluxos de saída, intercalados de forma não sequencial com fluxos de entrada, a TIR pode apresentar vários valores; 2) a TIR ignora a dimensão do investimento realizado quando comparados projetos mutuamente exclusivos. Consideram-se projetos mutuamente exclusivos quando a aceitação de um projeto implica a rejeição dos restantes projetos (Salazar & Sen, 1968); 3) a TIR não pode ser utilizada como critério para seleção entre projetos quando os fundos são limitados, uma vez que apenas considera o nível de rentabilidade associado aos *cash-flows* do projeto, ignorando a dimensão do investimento; 4) o pressuposto de que os *cash-flows* gerados são reinvestidos à taxa TIR pode distorcer a análise a efetuar, uma vez que a TIR pode assumir uma taxa de rentabilidade muito alta ou muito baixa; 5) a TIR não é aplicável quando o custo de capital é variável; 6) a TIR necessita que se defina previamente uma taxa mínima de referência, de forma a que se possa aceitar ou rejeitar o projeto, o que pode aumentar o grau de subjetividade do processo; 7) os sinais de aceitação/rejeição do projeto fornecidos pela TIR podem ser

contrários aos fornecidos pelo VAL (Magni, 2010, 2013; Cebola, 2017; Kulakov & Kastro, 2015).

De forma a ultrapassar algumas destas limitações, nomeadamente, o pressuposto inerente ao reinvestimento dos *cash-flows*, surge a Taxa Interna de Rentabilidade Modificada (MTIR) (Kulakov & Kastros, 2015). Para calcular a MTIR é necessário atualizar para o momento zero os fluxos de saída, ou seja, é necessário atualizar os investimentos associados ao projeto, ao custo do capital associado ao financiamento do projeto para o momento zero. Já os fluxos de entrada, ou seja, os *cash-flows* interinos gerados, devem ser capitalizados para o último ano, à taxa de juro que represente as oportunidades futuras esperadas com riscos iguais ao risco do investimento. Por último, aplica-se o conceito da TIR, ou seja, aplica-se a taxa MTIR que promove a equivalência dos fluxos de entrada e dos fluxos de saída no último ano de análise. Desta forma, a MTIR será a taxa de desconto que iguala o valor do investimento ao valor futuro gerado pelo projeto (Kierulff, 2008; Cebola, 2017).

Deste modo, a MTIR consegue ultrapassar algumas das limitações apontadas ao VAL e à TIR, nomeadamente, o facto de a TIR poder assumir múltiplos valores e o pressuposto que os *cash-flows* gerados são reinvestidos à taxa TIR. No entanto, a MTIR também não consegue resolver o problema associado à avaliação de projetos com montantes de investimento diferentes quando os fundos são limitados ou quando os projetos são mutuamente exclusivos (Kierulff, 2008). Apesar de ser teoricamente superior à TIR, este método continua a ser pouco utilizado (Bennouna, Meredith, & Marchant, 2010).

Além dos métodos suprarreferidos, existe ainda o método do Índice de Rentabilidade (IR) que traduz a rentabilidade efetiva por unidade de capital investido (Soares *et al.*, 2015). Este método é calculado a partir da razão entre o valor atual dos *cash-flows* gerados e o valor atual do custo do investimento, ou seja, é o quociente entre o valor atual dos fluxos de entrada e o valor atual dos fluxos de saída (Soares *et al.*, 2015; Martinelli, Schindwein, Padovan, & Gimenes, 2019). Soares *et al.* (2015) refere que quando o valor deste indicador é superior a um deve-se aceitar o projeto, quando é inferior deve-se rejeitar o projeto. O mesmo autor refere que o IR é visto como um método derivado do VAL, não devendo ser utilizado como alternativa ao mesmo, mas sim como um método complementar, uma vez que para projetos mutuamente exclusivos os sinais fornecidos pelo VAL e pelo IR podem ser contraditórios. Quando estamos na presença de casos em que a empresa tem restrições de capital, o autor argumenta que devem ser selecionados os investimentos que proporcionam o IR mais

elevado. No estudo de Burns e Walker (2009) esta ideia é reforçada. Os autores referem que o IR é sobretudo utilizado em situações em que as empresas têm limitações de capital.

Outro método de análise a ter em conta é o período de recuperação do capital (*Payback Period* – PBP). O PBP pode ser definido como o tempo necessário para recuperar o capital inicialmente investido. Assim, conclui-se que quanto menor for o PBP, maior será a liquidez do projeto (Lefley, 1996). Kim, Shim e Reinschmidt (2013) referem que ao contrário dos outros métodos anteriormente analisados, que se focam na rentabilidade do projeto, o PBP devolve a liquidez do projeto. Esta é uma das três principais características, que estes autores apontam para a popularidade deste método. As outras características estão associadas à simplicidade do método e ao facto de este servir de medida do risco temporal do projeto (Conrath, 1973; Kim *et al.*, 2013). O PBP consiste na determinação do ano em que os *cash-flows* atualizados acumulados se tornam positivos (Banco Mundial, 2017).

Apesar das vantagens acima expostas, o PBP apresenta várias limitações, nomeadamente, o facto de ignorar os *cash-flows* gerados após o período de recuperação do capital, e ainda o facto de ignorar o ritmo de geração dos *cash-flows* (Yard, 2000; Cebola, 2017). Adicionalmente, este método carece da fixação de um referencial para aceitação ou rejeição dos projetos, o que aumenta o grau de subjetividade inerente à tomada de decisão (Cebola, 2017).

Todos os métodos apresentados pressupõem condições determinísticas, ou seja, condições de certeza, desta forma, para além das limitações inerentes a cada um destes métodos, o modelo CFD é colocado em causa quando se está na presença de incerteza (Pivoriené, 2017).

Tabela 1:
Síntese Principais Métodos Determinísticos

<i>Método</i>	<i>Técnica</i>	<i>Condição de Aceitação</i>
VAL	Calcular o valor dos <i>cash-flows</i> acumulados do projeto, atualizadas para o momento zero.	$VAL > 0$
TIR	Calcular a taxa de atualização que torna o VAL nulo.	$TIR > \text{Taxa de Referência}$
MTIR	Calcular a taxa que iguala a aplicação do capital investido e os fluxos financeiros do projeto quando aplicados em condições de mercado.	$MTIR > \text{Taxa de Referência}$
IR	Calcular a rentabilidade efetiva por unidade de capital investido.	$IR > 1$
PBP	Determinar o período necessário para recuperar o capital investido.	$PBP < \text{Período de Referência}$

Nota. Fonte: Adaptado Cebola (2017)

Tabela 2:

Síntese Vantagens e Desvantagens de cada Método Determinístico

<i>Método</i>	<i>Vantagens</i>	<i>Desvantagens</i>
VAL	- Inclui todos os <i>Cash-flows</i> gerados; - Proporciona uma percepção do valor que o projeto gera.	- Difícil determinação da taxa de atualização; - Não tem em conta o ritmo de geração dos <i>cash-flows</i> .
TIR	- Fácil de interpretar.	- Necessita de referencial subjetivo; - Pressuposto de reinvestimento à taxa TIR; - Não tem em consideração a dimensão do investimento, não servindo como critério de seleção entre projetos mutuamente exclusivos;
MTIR	- Fácil de interpretar.	- Necessita de referencial subjetivo; - Não tem em consideração a dimensão do investimento, não servindo como critério de seleção entre projetos mutuamente exclusivos;
IR	- Fácil e intuitivo; - Proporciona uma percepção do valor que o projeto gera.	- Difícil determinação da taxa de atualização; - Pode ser inconsistente com o VAL.
PBP	- Fácil de calcular e de interpretar; - Referencial para avaliação de risco.	- Ignora os <i>cash-flows</i> gerados após a recuperação; - Ignora o ritmo de geração dos <i>cash-flows</i> ; - Necessita de referencial subjetivo

Nota. Fonte: Adaptado Cebola (2017)

2.2.1. Limitações dos Métodos Determinísticos

Conforme referido anteriormente, quando os projetos estão inseridos num cenário de incerteza, o método CFD apresenta várias limitações (Pivoriené, 2017). Algumas dessas limitações são: a dificuldade em definir a taxa de atualização adequada ao projeto, o facto de não considerar os benefícios qualitativos associados ao projeto e o facto de ignorar as oportunidades futuras (Pivoriené, 2017).

Para além das limitações já abordadas, Benallou e Aboulaich, (2017) identificaram no seu artigo, as cinco principais limitações dos métodos determinísticos:

A primeira limitação mencionada no artigo prende-se com o facto de alguns projetos implicarem um elevado grau de incerteza e conseqüentemente torna-se impossível

determinar *cash-flows* com a fiabilidade desejável. Os autores dão como exemplo projetos que envolvem investigação farmacêutica ou exploração mineira.

A segunda limitação apontada está relacionada com os enviesamentos cognitivos. Neste caso, a limitação é fundamentada com base na teoria da agência, argumentando que existem vários conflitos entre os detentores de capital e os gestores. Desde logo, quem desenvolve a oportunidade de investimento deseja provar a solidez económica do projeto. Este facto, pode levar a que, intencionalmente ou não, se estime uma rendibilidade superior à real. É referido também outro tipo de enviesamento cognitivo, este último relacionado com o otimismo. Neste caso, cada premissa, ou pressuposto, associada ao projeto é considerada tendo em conta uma perspetiva otimista e não uma probabilidade média.

A terceira limitação está relacionada com o risco associado à rendibilidade do investimento. O investimento envolve benefícios económicos futuros, que por característica são incertos. De modo a ultrapassar esta limitação Benallou e Aboulaich (2017) referem que são utilizados métodos como a análise de sensibilidade ou a análise de cenários. Não obstante, estes métodos não fornecem uma distribuição probabilística dos benefícios futuros e logo, também não conseguem espelhar de forma fiável o risco associado à rendibilidade do investimento, visto que apenas são considerados alguns cenários para a tomada de decisão.

A quarta limitação identificada no estudo de Benallou e Aboulaich (2017) é a não consideração das opções reais. De facto, estes métodos não consideram o impacto das opções reais no projeto. Consequentemente, podem ser rejeitados projetos que poderiam ser mais atrativos, ou ignoradas medidas corretivas necessárias.

Por fim, Benallou e Aboulaich (2017) argumentam que, na abordagem tradicional, cada projeto é analisado de forma independente, não considerando o impacto das potenciais correlações setoriais, geográficas ou outras, o que pode conduzir a uma decisão diferente de quando se examina um projeto considerando uma carteira de investimentos holística.

No artigo de Benallou e Aboulaich (2017) são ainda apontadas algumas das razões para o facto de os investidores continuarem a utilizar métodos determinísticos em vez de métodos probabilísticos, nomeadamente:

- Os métodos determinísticos são de fácil implementação e os seus resultados são simples de interpretar;
- A falta de conhecimento para aplicar os métodos probabilísticos;

- A dificuldade em interpretar os resultados obtidos com os métodos probabilísticos;
- As vantagens do uso de métodos probabilísticos para um melhor processo de tomada de decisão não estão devidamente difundidas na indústria.

2.3. Análise de Risco

As decisões de investimento são essenciais para que qualquer empresa crie oportunidades futuras, visto que podem influenciar as tecnologias, os processos, as práticas de trabalho, a eficiência e a produtividade da empresa (Gitman & Forrester, 1977; Smith, 1994). Daí advém que as decisões de investimento são, de facto, consideradas como das mais importantes de todas as decisões de gestão (Hertz, 1964; Smith, 1994). Virlics (2013) argumenta que, face à grande importância das decisões de investimento, torna-se fulcral que se inclua a análise de risco na seleção dos investimentos, sendo que, não se deverá tomar qualquer decisão sem que exista esta análise. Este autor refere ainda que, a análise de risco permite identificar os fatores que criam maior risco para o projeto, baseando-se na identificação de diferentes variáveis, tendo em conta os custos e benefícios para o projeto.

Desta forma, podem ser utilizados diversos métodos para realizar a análise de risco, Smith (1994) classifica-os em duas categorias: probabilísticos/analíticos e empíricos/tradicionais. Os empíricos baseiam-se na utilização de pressupostos e heurísticas com a finalidade de gerar uma provisão contra a possibilidade de os *cash-flows* reais diferirem dos estimados. Estes métodos empíricos são altamente subjetivos e dependem essencialmente do julgamento do analista. De entre os métodos empíricos destacam-se os seguintes: avaliação subjetiva/qualitativa; *payback* ajustado ao risco; taxa de atualização ajustada ao risco; *cash-flows* ajustados ao risco; análise de sensibilidade; análise de cenários e método do equivalente certo. Já os métodos probabilísticos, consistem na quantificação da incerteza inerente ao projeto. Cebola (2017) refere como exemplos de métodos probabilísticos: (1) a simulação lógico-matemática pelo Método de Monte Carlo; (2) Árvores de Decisão; (3) Avaliação da Dispersão e Medida do Risco; (4) Valor Esperado e, (5) Métodos da Teoria da Decisão. De seguida será efetuada uma breve descrição de alguns dos vários modelos empíricos e probabilísticos referidos.

2.3.1. Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade ajuda a entender o impacto que a variação de um determinado pressuposto do projeto tem na rentabilidade de um investimento. Desta forma, a análise de sensibilidade ajuda a determinar quais os pressupostos que potencialmente terão maior impacto no projeto e quais os que apresentam maior risco (*Project Management Institute*, 2013). A análise de sensibilidade permite responder a algumas questões, tais como: Quais os pressupostos que podem causar uma maior variação na variável de decisão? Existe alguma variável cuja variação tenha um efeito insignificante na variável de decisão? (Pianosi *et al.*, 2016).

A análise de sensibilidade pode ser classificada como univariada, quando analisa apenas a variação de um pressuposto, ou multivariada, quando analisa simultaneamente a variação de mais do que um pressuposto (Soares *et al.*, 2015). A análise de sensibilidade implica sempre a seleção dos pressupostos objetos de análise, sendo necessária uma análise prévia para determinar quais as variáveis críticas. A análise de sensibilidade univariada assume que a alteração de determinado pressuposto é realizada isoladamente, o que significa que os restantes pressupostos se mantêm constantes.

Lefley (1997) defende que determinado pressuposto tem associado um elevado grau de risco quando uma pequena variação nesse pressuposto do projeto causa uma grande variação da taxa de rentabilidade calculada para o projeto. O mesmo autor argumenta que este método conduz a conclusões limitadas, uma vez que é pouco provável que quando um pressuposto do projeto sofra alterações, os restantes se mantenham inalterados, facto assumido pela análise de sensibilidade. O autor defende que face a estas limitações, a análise de sensibilidade deverá ser utilizada com cautela, sugerindo ainda que se utilize um modelo de simulação, que permita realizar alterações a várias variáveis simultaneamente.

Complementarmente à análise de sensibilidade, pode ser calculado o ponto crítico do VAL. O ponto crítico do VAL consiste na determinação do valor que determinada variável tem de assumir de forma a tornar o VAL igual a zero. Desta forma, o ponto crítico apresenta os valores limite de cada variável que permitem manter uma rentabilidade mínima (Soares *et al.*, 2015).

2.3.2. Outros Métodos Empíricos

De entre os outros métodos empíricos utilizados para realizar a análise de risco destaca-se a Análise de Cenários, o Método do Equivalente Certo e o Ajustamento da Taxa de Atualização. A análise de cenários consiste na simulação de um conjunto de cenários que representem a evolução das variáveis críticas do projeto. Partindo de cada cenário realiza-se uma análise de rentabilidade do investimento (Soares *et al.*, 2015). A análise de cenários permite analisar o efeito da variação simultânea de várias variáveis sobre a variável de decisão. Desta forma, possibilita aos analistas realizar uma análise mais completa do que a análise de sensibilidade.

O Método do Equivalente Certo sugere que se incorpore a incerteza associada aos *cash-flows* do projeto de investimento através do ajustamento desses *cash-flows*, utilizando para o efeito o coeficiente de equivalência. O coeficiente de equivalência traduz o índice de confiança que os investidores têm na realização dos referidos *cash-flows* (Soares *et al.*, 2015). O coeficiente de equivalência pode variar num intervalo entre zero e um. O coeficiente apresentará um valor mais próximo de um quando a incerteza inerente aos *cash-flows* for menor. Pelo contrário assumirá um valor mais próximo de zero quando a incerteza for maior.

O coeficiente de equivalência pode ser visto como o coeficiente que transforma um *cash-flow* incerto num *cash-flow* certo. Neste sentido, e tratando-se de um método que reflete as preferências dos investidores, a sua determinação torna-se subjetiva. Sendo esta a principal desvantagem deste método (Soares *et al.*, 2015).

Além dos métodos suprarreferidos, a incerteza pode ser incorporada na análise através do ajustamento da taxa de atualização. Soares *et al.* (2015) explicam que este método consiste na incorporação de um prémio de risco na taxa de rendibilidade exigida pelos acionistas. O mesmo autor aponta como principal desvantagem deste método o facto de a incorporação de um prémio de risco constante na taxa de atualização refletir uma penalização crescente ao longo do tempo no valor atual dos *cash-flows*, o que prejudica as estimativas dos *cash-flows* mais distantes temporalmente. Por outro lado, este agravamento das penalizações ao longo do tempo é coerente com facto da incerteza aumentar com o decorrer do tempo.

2.3.3. Árvores de Decisão

Os projetos de investimento são um conjunto de atividades. Estas atividades estão interligadas entre si, estando inerente a cada atividade um conjunto de decisões. As decisões que o gestor tem de tomar são baseadas na análise de um problema complexo, sobre condições não determinísticas, que apresenta os seguintes problemas: (1) há um número significativo de diferentes fatores que devem ser tomadas em consideração aquando da tomada de decisão; (2) não é possível medir com certeza a consequência de selecionar uma opção em detrimento de outras; (3) a atitude do decisor face ao risco pode ter impacto na escolha que este irá efetuar, face às diferentes alternativas que se colocam (Cebola, 2017).

Neste sentido, surge a técnica das árvores de decisão que permite ao gestor sistematizar e organizar sequencialmente a informação e as decisões a tomar, permitindo desagregar a decisão final em várias decisões intermédias (Cebola, 2017).

2.3.4. Opções Reais

A teoria das opções reais tem como base a teoria desenvolvida por Black e Scholes (1973) e Merton (1973) que consiste no direito, mas não na obrigação, de exercer uma opção de compra/venda sobre um determinado ativo, a um preço pré-estabelecido, durante um determinado período. Desta forma, a opção real consiste na avaliação das opções que os investidores podem realizar em relação aos ativos durante um determinado período. Existem diferentes tipos de opções reais, destacando-se as opções: de adiar a decisão relativa a determinado investimento, de abandonar um negócio, ou ainda de expandir um negócio (Pivoriené, 2017).

Graham e Harvey (2001) referem que as empresas que valorizam a flexibilidade financeira são mais propensas a dar valor às opções reais na análise de investimentos. Ryan e Ryan (2002) concluíram que quase 90% das empresas incluídas na revista Fortune 1000, raramente ou nunca usaram opções reais como método de análise de investimentos. Mais recentemente, Burns e Walker (2009) compilaram vários estudos realizados no âmbito das práticas utilizadas pelas empresas na análise de investimentos, e chegaram à conclusão que, apesar das vantagens inerentes ao uso das opções reais, a maioria das empresas continua a não utilizar este método.

2.3.5. Métodos da Teoria da Decisão

Os métodos da teoria da decisão são utilizados quando estamos perante variáveis críticas com carácter qualitativo (Soares *et al.*, 2015). Este tipo de variáveis não permite que seja atribuída uma probabilidade de ocorrência com a coerência necessária. Neste sentido, o decisor tomará a sua decisão num contexto de incerteza, contando com a sua sensibilidade e experiência profissional (Cebola, 2017). De entre os vários métodos da teoria da decisão, destacam-se o critério *Maximin*, o critério *Maximax*, o critério de *Laplace* e o critério do *Minimax Regret*.

O critério *Maximin* tem por base uma perspectiva de análise pessimista. Neste critério o decisor considera que em cada opção será obtido o resultado mais pessimista nos diversos cenários identificados, sendo que será escolhido o cenário que apresentar melhor resultado (Cebola, 2017). Pelo contrário o critério *Maximax* baseia-se numa perspectiva otimista, considerando que será obtido o resultado mais otimista nos diversos cenários identificados, sendo depois escolhido o cenário com melhor resultado. Já o critério de *Laplace* considera que todos os cenários têm a mesma probabilidade de ocorrência (Soares *et al.*, 2015; Cebola, 2017). Posteriormente será escolhido o cenário que apresente um VAL maior. De referir que este método é criticável, uma vez que são associados aos vários cenários uma ponderação igual (Cebola, 2017). Por fim, o critério do *Minimax Regret* assume o pressuposto que os diversos cenários não são controlados pelo decisor (Soares *et al.*, 2015). Neste sentido, opta-se por escolher o cenário que apresenta menores perdas, ou seja, o cenário em que a diferença entre o resultado mais otimista e o resultado mais pessimista é menor.

2.3.6. A Simulação Lógico-matemática pelo Método de Monte Carlo

A rentabilidade de um investimento depende da combinação dos valores associados às variáveis críticas do projeto (Cebola, 2017). Partindo desta premissa, a simulação lógico-matemática pelo Método de Monte Carlo (MMC) permite gerar uma amostra aleatória e significativa do comportamento das várias variáveis críticas, de forma a possibilitar a análise do comportamento global dessas variáveis (Soares *et al.*, 2015). O MMC incorpora o risco e a incerteza através da utilização de distribuições de probabilidades ajustadas à natureza das variáveis. O MMC tornou-se bastante reconhecido pela precisão dos seus resultados, sendo um dos métodos probabilísticos utilizados na análise de risco (Purnus & Bodea, 2013).

Smith (1994) esquematiza de forma bastante clara o processo inerente à aplicação do MMC, conforme é possível observar na Figura 1. O primeiro passo é construir uma distribuição de probabilidades para cada variável utilizando os valores aleatórios observados. De seguida, combinar estes valores de forma a estimar os *cash-flows* de cada ano da vida do projeto de investimento. Por fim, a partir dos *cash-flows* estimados é calculado o VAL. Todo este processo deverá ser repetido muitas vezes de modo a construir uma distribuição para o VAL. A dispersão do VAL reflete o nível de incerteza associado aos *cash-flows* do projeto de investimento.

Soares *et. al.* (2015) refere que o MMC permite obter uma melhor perspetiva do valor e do risco associado ao projeto, realçando a amplitude dos resultados possíveis e a probabilidade de obtenção de valores diferentes. Neves, Montezuma e Laia (2009) realçam que este método permite realizar uma melhor quantificação da sensibilidade dos pressupostos utilizados na análise. Estes autores referem que as principais desvantagens deste método estão associadas à dificuldade de definir as distribuições apropriadas para cada variável, bem como a definição dos valores a utilizar para os parâmetros nessas distribuições.

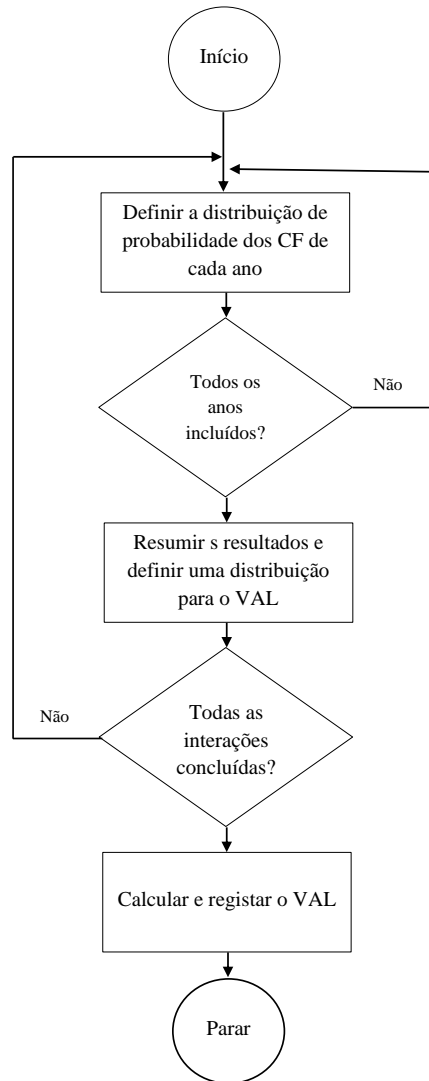


Figura 1: Lógica inerente ao MMC

Nota. Fonte: Adaptado Smith (1994)

3. Método de Monte Carlo

3.1. Metodologia

A simulação lógico-matemática pelo Método de Monte Carlo, designada adiante apenas por Método de Monte Carlo (MMC), começou a ser aplicado como método de análise de risco na década de 60 (Smith, 1994). No entanto, o MMC apareceu por volta do ano 1944, nessa altura, este método era utilizado para gerar grandes conjuntos de números aleatórios. Inicialmente, eram utilizados números pseudoaleatórios e apenas com o desenvolvimento da tecnologia esta limitação foi ultrapassada (Platon & Constantinescu, 2014).

Hertz (1964) foi um dos pioneiros na utilização do MMC na análise de projetos de investimento de maneira a mensurar os riscos associados a cada variável. No seu artigo, o autor defende que o risco é influenciado tanto pelas probabilidades de ocorrência de possíveis eventos, como pela magnitude dos benefícios ou penalizações associadas à ocorrência dos mesmos. Logo, se toda a informação disponível for examinada, os gestores podem preferir um projeto em que a expectativa de rentabilidade seja menor, mas mais certa. Soares *et al.* (2015) refere que este método é uma importante ferramenta de suporte à tomada de decisão, uma vez que permite estimar o comportamento de um sistema real. O MMC fornece uma distribuição de probabilidades associada aos critérios de decisão, permitindo que o analista perceba qual o intervalo de resultados mais provável.

Smith (1994) explana que o MMC consiste, essencialmente, na utilização de distribuições de probabilidades e valores aleatórios para estimar a distribuição de possíveis valores para o VAL. Em suma, o MMC implica a substituição de estimativas de *cash-flows* para cada ano, por distribuições de probabilidades, que reflitam a incerteza associada para cada variável que afeta os *cash-flows*. Deste modo, uma variável sujeita a um grau de incerteza superior será modelada por uma distribuição de probabilidades mais dispersa, enquanto que uma variável com um grau de incerteza inferior será modelada por uma distribuição de probabilidades menos dispersa. Neste sentido, a simulação permite fornecer aos analistas uma imagem mais clara dos efeitos da incerteza associada a cada variável na rentabilidade do projeto (Hertz, 1964).

3.1.1. Passos para Desenvolver o Método de Monte Carlo

A construção de um modelo analítico para realizar a simulação lógico-matemática pelo Método de Monte Carlo requer um conjunto de passos. Dependendo dos autores, são apresentados mais ou menos etapas para a construção do modelo de simulação (ver por exemplo, Hertz, 1964; Savvides, 1994; Smith, 1994). Neste sentido, será apresentado de seguida uma compilação dos passos sugeridos pelos vários autores.

3.1.1.1. Estimar o Modelo e Definir as Variáveis de Entrada e Saída

O primeiro passo para desenvolver o MMC é estimar modelo, definindo as relações matemáticas entre as variáveis que se relacionam na previsão (Savvides, 1994). Em suma, deve-se definir um conjunto de fórmulas que processam um número de variáveis de entrada de forma a atingir a variável de saída. Savvides (1994) explica que um bom modelo deve ser capaz de estimar com exatidão o resultado requerido, bem como, deve incluir apenas as variáveis relevantes e apresentar corretamente as relações existentes entre elas. Assim, nesta primeira fase são ainda definidas quais as variáveis a incluir no modelo, quais os tipos de distribuição de probabilidade que melhor se adequam às variáveis selecionadas e quais os parâmetros a usar em cada distribuição. É ainda necessário verificar se existe alguma relação de correlação entre as variáveis de entrada (Neves, *et al.* 2009).

Em primeiro lugar, importa perceber como são selecionadas as variáveis de entrada, ou seja, as variáveis de risco. Savvides (1994) define uma variável de risco como aquela que é crítica para a viabilidade do projeto, no sentido em que uma pequena variação das suas projeções é tanto provável como potencialmente prejudicial para a rentabilidade do projeto. O mesmo autor sugere que se aplique a análise de sensibilidade e a análise de incerteza para selecionar tais variáveis.

Conforme referido anteriormente, a análise de sensibilidade é usada na análise de risco para identificar as variáveis mais importantes na avaliação do projeto. Savvides (1994) expõe que na análise de sensibilidade não há regras relativamente à extensão da variação no valor de cada variável, ou seja, esta análise não tem em linha de conta se as variações introduzidas são realísticas ou não. Como forma de solucionar este problema, o autor sugere que seja incorporado o impacto da incerteza no teste. Para tal deve ser realizada uma análise de

incerteza, que consiste na obtenção de opiniões e entendimentos por parte de especialistas sobre o tipo e magnitude da incerteza inerente às variáveis.

Antes de prosseguir, Savvides (1994) refere que é necessário ter em conta que apenas devem ser incluídas as variáveis mais relevantes na análise de risco. Refere ainda que, quanto maior for o número de distribuições de probabilidades numa simulação aleatória, mais provável será a geração de cenários inconsistentes devido à dificuldade de configurar e monitorizar todas as relações de correlação das variáveis. Portanto, ao invés de se realizar uma análise que inclua um vasto número de variáveis, é mais produtivo centrar a análise nas variáveis mais críticas para o projeto.

Em suma, são estimados vários valores aleatórios para cada variável e dentro desses valores é calculada a probabilidade de ocorrência de cada um deles (Hertz, 1964). Soares, *et al.* (2015) explica, ainda, que os valores aleatórios gerados têm uma densidade de probabilidade de ocorrência uniforme, isto é $p(x) = 1$. Por isso, é ainda necessário aplicar o Método da Transformação Inversa, ou seja, é necessário transformar os valores gerados aleatoriamente distribuídos uniformemente para outra distribuição de probabilidade.

Assim, assumindo u como a variável aleatória distribuída uniformemente no intervalo $[0,1]$, x como a variável aleatória com distribuição $f(x)$, então a relação entre a variável u e a variável x é dada por:

$$x = F^{(-1)}(u) \quad (1)$$

em que F^{-1} é a inversa da função de distribuição de probabilidade.

No entanto, antes de avançar para a escolha das distribuições de probabilidades para cada variável, importa apresentar alguns conceitos base associados ao MMC, tais como a definição de variáveis e geração de números aleatórios. Conforme mencionado anteriormente, a geração de números aleatórios é uma parte essencial do MMC. Está-se na presença de números aleatórios, quando não existe um padrão ou comportamento previsível, que permita conhecer à partida o próximo número da sequência. Convencionou-se que os números aleatórios são distribuídos uniformemente entre 0 e 1 (Rosa, 2016). Portanto, uma variável aleatória é uma variável para a qual não se conhece o resultado à partida, mas cuja frequência de cada resultado possível é passível de ser modelada por uma distribuição de probabilidade (Magalhães, 2006).

Para gerar números aleatórios recorremos a programas de computador, que utilizam um algoritmo para gerar uma sequência de números aleatórios. No entanto, os números gerados pelo computador não são verdadeiramente aleatórios, visto que são gerados por um algoritmo, logo são designados pseudoaleatórios (Rosa, 2016). Para a maioria das aplicações, não é uma desvantagem que exista um gerador de números pseudoaleatórios (Gentle, 2003).

Antes de definir a distribuição de probabilidade para cada variável, Savvides (1994) refere que é necessário definir os limites de variação para cada variável, ou seja, deve-se estabelecer o valor máximo e mínimo que cada variável de risco pode assumir. A definição destes valores pode ter por base a análise determinística, em que foram considerados os valores mais prováveis para cada variável, logo se os dados estiverem disponíveis é simples definir estes limites. Alternativamente, estes limites podem ser definidos a partir da opinião de especialistas.

Outro aspeto a ter em conta é que as variáveis de entrada têm de ser consideradas como independentes, isto é, não podem estar correlacionadas entre si (Arnold & Yildiz, 2015). O facto de se gerar uma amostra aleatória de valores para as variáveis que não são independentes entre si pode conduzir a uma simulação com erros e problemas de interpretação. Não obstante, Arnold e Yildiz (2015) argumentam que, em casos em que duas variáveis de entrada são interdependentes, pode optar-se por padronizar as mesmas. Savvides (1994) corrobora esta ideia, afirmando que uma simulação só pode ser realizada se não existirem correlações significativas entre as variáveis selecionadas. Duas ou mais variáveis são correlacionadas quando tendem a variar conjuntamente de forma sistemática. Tal como Arnold e Yildiz (2015), Savvides (1994) refere que a existência de correlações entre as variáveis de risco definidas pode distorcer os resultados da análise de risco, visto que os valores são gerados aleatoriamente. É, portanto, provável que os valores de entrada gerados aleatoriamente para cada cenário violem a relação que existe entre as variáveis.

Neste sentido, antes de proceder à simulação é imperativo considerar a existência de tais relações entre as variáveis de risco definidas e, quando necessário, fornecer tais restrições ao modelo, de forma a possibilitar a geração de cenários que não violam as correlações existentes. Ao configurar estas condições de correlação está-se a restringir a seleção de valores aleatórios para as variáveis correlacionadas (Savvides, 1994).

Para solucionar o problema associado à correlação na análise de risco, pode ser utilizado um coeficiente de correlação como *proxy* para descrever a relação entre as variáveis de risco. Com este exercício, o analista indica a direção da relação projetada e uma estimativa da força de correlação existente entre as duas variáveis. Desta forma, pretende-se minimizar a possibilidade de o modelo gerar cenários altamente inconsistentes (Savvides, 1994). Para validar a existência de correlações entre variáveis pode ser calculado o coeficiente de correlação de *Pearson*.

3.1.1.2. Distribuições de Probabilidades

Por forma a introduzir a incerteza na avaliação do projeto, é necessário substituir os *cash-flows* líquidos estimados para cada ano por valores aleatórios obtidos a partir de uma distribuição de probabilidade (Smith, 1994). Cada distribuição vai ser descrita pela média e desvio padrão. Por norma, para cada uma das variáveis de entrada, os analistas dispõem de conhecimento suficiente para conseguir definir o pior dos cenários, o cenário mais provável e o melhor dos cenários e atribuir um intervalo de confiança para cada um destes cenários. Os valores empíricos definidos, para cada uma das variáveis de entrada, podem ser interpretados como quantis de uma função de densidade de probabilidade. Através desses valores pode ser definido o tipo de distribuição e a respetiva probabilidade. (Arnold & Yildiz, 2015). Savvides (1994) reforça que quando se estimam os dados para as variáveis, o analista seleciona apenas um valor de vários possíveis, ou calcula a média. Assume-se então que o valor selecionado é certo que ocorra. Assim, como esta distribuição de probabilidades tem apenas um valor, o resultado do modelo pode ser apurado num cálculo. Portanto, conforme referido anteriormente, a avaliação tradicional de projetos é mencionada como análise determinística. A alocação de pesos probabilísticos a valores compreendidos entre limites, mínimo e máximo, envolve a seleção de um tipo de distribuição de probabilidades adequada.

Neste seguimento, passa-se à definição da distribuição de probabilidades a atribuir a cada uma das variáveis de risco. Os vários tipos de distribuição probabilística são usados para expressar quantitativamente as expectativas dos analistas no que toca ao resultado de um determinado evento (Savvides, 1994).

Para definir as distribuições de probabilidades deve-se fazer a distinção entre dois tipos de variáveis, as quantitativas e as qualitativas. As variáveis quantitativas podem ser mensuradas, já as qualitativas são representadas por categorias, ou seja, não podem ser

atribuídos valores às mesmas. Dentro das variáveis qualitativas existem duas vertentes, as variáveis discretas e as variáveis contínuas. As discretas caracterizam-se por assumirem apenas valores inteiros, enquanto que as contínuas assumem valores numa escala contínua. As distribuições de probabilidades discretas mais utilizada na teoria são: a distribuição discreta uniforme, a distribuição binomial e a distribuição de *Poisson*. (Purnus & Bodea, 2013).

A distribuição discreta uniforme descreve variáveis com um número reduzido de possíveis valores, onde cada um tem a mesma probabilidade de realização (Purnus & Bodea, 2013). Nesta distribuição todos os valores inteiros compreendidos entre o máximo e o mínimo têm a mesma probabilidade de ocorrência (Neves *et al.*, 2009).

A distribuição binomial é uma distribuição de probabilidades discreta que se aplica quando existem apenas duas possibilidades de resultados: sucesso ou insucesso, aceitar ou rejeitar, passar ou não passar (Neves *et al.*, 2009; Purnus & Bodea, 2013). Neves *et al.* (2009) refere que esta distribuição pode ser utilizada quando se consegue contar as ocorrências de um facto que pode assumir apenas dois resultados, por exemplo, o lançamento de uma moeda ao ar.

A distribuição de *Poisson* é uma distribuição de probabilidades discreta que se aplica a eventos aleatórios independentes. A variável é um número de eventos que pode ocorrer dentro de um determinado período (Purnus & Bodea, 2013). Ao contrário da distribuição binomial, esta distribuição utiliza-se quando o número de possíveis ocorrências num determinado intervalo não está limitado, mas pode ser contado (Neves *et al.*, 2009).

Pelo contrário, não é possível definir uma distribuição de probabilidades contínua para determinar a probabilidade de um variável contínua assumir determinado valor. Isto deve-se ao facto de qualquer variável contínua poder assumir qualquer valor num período específico, ou seja, existe um conjunto infinito de números possíveis dentro de um intervalo e, portanto, a probabilidade de uma variável contínua assumir qualquer valor é zero. Para uma variável contínua, é possível definir probabilidade como o valor variável a ser incluído num intervalo específico. Algumas das distribuições contínuas utilizadas são: a distribuição uniforme contínua, a distribuição triangular, a distribuição normal, a distribuição beta e a distribuição exponencial (Purnus & Bodea, 2013).

Neves *et al.*, (2009) explicam que na distribuição normal a média é o valor mais frequente e a distribuição é simétrica face à média. Os mesmos autores referem que esta distribuição é aplicada em geral a fenómenos naturais. Quanto à distribuição triangular, esta caracteriza-se pelo facto de assumir um valor máximo, um valor mínimo e um valor mais provável, formando assim um triângulo. Esta distribuição é bastante utilizada nos casos em que existe limitação de dados e a intuição dos valores extremos e do valor mais provável da distribuição. Geralmente, esta distribuição é utilizada para estimar vendas, custos comerciais, inventários, e outros (Neves *et al.*, 2009). Já a distribuição uniforme, tem um máximo e um mínimo e os outros valores nesse intervalo caracterizam-se por assumirem todos a mesma probabilidade de ocorrência. Esta distribuição deve ser aplicada quando os analistas conhecem o intervalo de valores, mas existe uma grande incerteza associada (Neves *et al.*, 2009).

3.1.1.3. Validação do modelo

Após a definição da distribuição de probabilidades a utilizar para cada variável é necessário realizar os testes de aderência às variáveis de entrada. Apenas assim é possível validar se a função de distribuição selecionada está correta. Podem ser utilizados três tipos de testes para realizar esta análise, o Teste do *Qui-Quadrado*, o Teste de *Kolmogorov-Smirno* e o teste de *Andreson-Darling* (Saraiva, 2008; Oliveira & Neto, 2012).

Saraiva (2008) refere ainda que se deverá validar se o modelo produz cenários consistentes. Esta validação poderá ser realizada através da discussão dos resultados com especialistas, através da comparação com dados históricos ou através de testes de aderência.

3.1.1.4. Realizar a Simulação e Analisar os Resultados

Após a validação e verificação do modelo passa-se para ao próximo passo. Nesta fase, é selecionado aleatoriamente um valor da distribuição de valores criada para cada uma das variáveis. Depois, são combinados todos os valores das variáveis e é calculada a taxa de rentabilidade dessa combinação (Hertz, 1964). Segundo Hertz (1964), este processo deverá ser repetido muitas vezes, de forma a definir e avaliar as probabilidades de ocorrência de cada taxa de rentabilidade possível. Savvides (1994) indica que uma amostra compreendida entre 200 e 500 simulações deve ser suficiente para representar uma amostra significativa das combinações possíveis. Neves *et al.* (2009) refere que é importante gerar um número elevado de simulações, a tender para o infinito, por forma a que independentemente das distribuições utilizadas para as variáveis independentes, a variável dependente assumira uma

distribuição normal. Os autores argumentam que esta observação resulta da lei forte dos grandes números, e facilita a análise do resultado da simulação, uma vez que este pode ser analisado com base na média e desvio padrão de uma distribuição normal. Os autores referem ainda que, por regra, deve ser usada o número de simulações que permita obter uma boa aproximação à distribuição normal, de modo a que o valor esperado e o desvio padrão sejam apurados com precisão. Por fim, resta analisar os resultados da simulação.

4. Análise de Risco: Aplicação

Neste capítulo será apresentado o caso prático para elaboração da análise de risco. Primeiramente, será apresentada a empresa promotora do projeto de investimento. De seguida, realizar-se-á um breve enquadramento do âmbito do projeto de investimento, complementada com uma análise à envolvente externa. Por fim, será realizada a análise de risco ao projeto de investimento através da aplicação da simulação lógico-matemática pelo Método de Monte Carlo.

4.1. Caracterização da Empresa

A FRESHWOOD é uma empresa recém-criada, que se dedica à fabricação de embalagens de madeira para a setor agroalimentar (ex. embalagens para morangos, cogumelos, cerejas, cenouras, entre outros). Apesar de ser uma empresa recém-criada, a FRESHWOOD conta com uma vasta carteira de clientes provenientes da empresa adquirida SIDEMA. A SIDEMA contava com mais de 25 anos de existência, dedicados à fabricação de embalagens de madeira.

Em 2018, o único sócio da SIDEMA decide aposentar-se, optando por vender o negócio à FRESHWOOD. De referir que em 2017 a SIDEMA tinha registado um volume de negócios na ordem dos 950 mil euros e uma taxa de exportação de 99%.

A estratégia da FRESHWOOD passa por consolidar a atividade desenvolvida pela SIDEMA e desenvolver os processos de fabrico e os produtos de forma a dotar a empresa das capacidades necessárias para aproveitar as oportunidades do mercado. De referir que a FRESHWOOD adquiriu as linhas de produção e manteve os colaboradores da SIDEMA, no entanto necessitou de encontrar um novo espaço para desenvolver a sua atividade, na zona industrial de Vieira de Leiria. Neste local será realizado o projeto de investimento com o objetivo de remodelar a unidade industrial e dotar a empresa de equipamentos e novos processos de fabrico que permitam à empresa laborar de forma mais eficiente e desenvolver novos produtos. Este projeto visa, ainda, desenvolver e reforçar a área logística e de marketing da empresa.

A empresa assenta a sua estratégia em quatro pilares basilares: Inovação, Rigor, Sustentabilidade e Confiança. A sua missão consiste no desenvolvimento e fabrico de embalagens práticas e exclusivas, que permitam acondicionar os mais diversos produtos alimentares, de forma natural e amiga do ambiente. A visão da empresa consiste em potenciar o desenvolvimento de embalagens de madeira, 100% naturais, personalizáveis, práticas e multifacetadas na sua aplicação e utilização, de maneira a satisfazer as necessidades dos consumidores mais exigentes.

4.2. Projeto de Investimento

4.2.1. Âmbito do Projeto

O projeto de investimento surge da visão empreendedora dos sócios da FRESHWOOD que face ao aumento da consciencialização da sociedade para questões ambientais, às mudanças legislativas e à necessidade de procurar alternativas ao plástico decidiram enveredar e investir neste setor. Refira-se que o mercado de embalagens para o setor agroalimentar é dominado pelo plástico, o que face às alterações climáticas consequentes do aumento da poluição, cria a necessidade de adotar práticas mais sustentáveis. Neste sentido, a União Europeia delineou como metas a alcançar até 2030, a eliminação das embalagens de plástico descartáveis e a limitação dos microplásticos. A FRESHWOOD pretende assim aproveitar as oportunidades de mercado, prevendo desenvolver, fabricar e comercializar embalagens de madeira de grande qualidade e customizadas, para acondicionamento e transporte de produtos, destinadas ao setor agroalimentar, ao setor da restauração (*takeaway*) e ao grande retalho (pontos de venda ao público).

4.2.2. Dados Históricos

Conforme referido anteriormente a Freshwood é uma empresa recém-criada não tendo ainda dados relevantes sobre a sua atividade para apresentar. Não obstante, são apresentados na Tabela 3 os dados históricos de alguns indicadores contabilísticos obtidos pela empresa Sidema nos últimos 5 anos de atividade.

Tabela 3:

Dados Históricos

<i>Evolução Indicadores Contabilísticos - SIDEMA</i>	<i>Anos</i>					<i>Taxa Média Aritmética</i>	<i>Taxa Média Geométrica Contínua</i>
	<i>2013</i>	<i>2014</i>	<i>2015</i>	<i>2016</i>	<i>2017</i>		
<i>Volume de Negócios (euros)</i>	1 030 650	1 022 811	1 116 783	1 084 112	947 265		
<i>Taxa de Crescimento Histórica</i>		-0,76%	9,19%	-2,93%	-12,62%	-1,78%	-2,11%
<i>Resultado Líquido do Período (euros)</i>	34 965	59 727	56 971	38 595	24 468		
<i>Taxa de Crescimento histórica</i>		70,82%	-4,61%	-32,26%	-36,60%	-0,66%	-8,93%
<i>Rendibilidade dos Capitais Próprios</i>	20,20%	25,66%	20,76%	12,33%	7,25%	17,24%	

Nota. Fonte: Elaborado pelo autor

Através da análise dos indicadores apresentados na Tabela 3, verifica-se que a Sidema registou nos últimos cinco anos indicadores que demonstram que a empresa estava em fase de declínio. De facto, o Volume de Negócios apresentou uma variação média negativa de 2,11%, enquanto que o Resultado Líquido do registou uma variação média negativa de 8,93%. Relativamente à Rendibilidade dos Capitais Próprios, constata-se que em 2013 este indicador tinha um valor de 20,20% e em 2017 passou a ser apenas de 7,25%.

4.2.3. Análise Económica

4.2.3.1. Evolução Atividade Económica

As projeções do Banco de Portugal (BP) apontam para um abrandamento do crescimento da economia nos próximos períodos. De facto, após o crescimento de 2,1% do PIB em 2018, prevê-se que em 2019 o crescimento se cifre em 1,7% e em 2020 e 2021 em 1,6%. Segundo o Banco de Portugal este abrandamento é justificado pela maturação do ciclo económico, assim como pelos problemas estruturais que impendem a economia portuguesa de alcançar um maior crescimento (Banco de Portugal, 2019). São apontados como constrangimentos para a economia portuguesa a evolução demográfica adversa, o elevado nível de endividamento, os níveis reduzidos de rendimento por trabalhador e o baixo nível de escolaridade face aos países da União Europeia.

Apesar da desaceleração do crescimento, o Banco de Portugal refere que até 2021 a economia portuguesa continuará a beneficiar de condições favoráveis ao crescimento, nomeadamente no que diz respeito às boas condições de financiamento e ao aumento da procura externa.

No seguimento do crescimento apresentado nos últimos anos, a evolução da economia continua a ser sustentada sobretudo pelo aumento do consumo privado, pelo dinamismo da formação bruta de capital fixo e pelo aumento das exportações. Já no que concerne à inflação, o Banco de Portugal refere que se deverá manter estável, prevendo-se uma taxa de inflação de 0,9% em 2019, de 1,2 em 2020 e de 1,3% em 2021, conforme Tabela 4.

Tabela 4:
Projeções do Banco Europeu – Economia Portuguesa | Taxa de variação anual, em percentagem

<i>Indicadores</i>	<i>% do PIB 2018</i>	<i>BE junho 2019</i>			
		<i>2018</i>	<i>2019 (p)</i>	<i>2020 (p)</i>	<i>2021 (p)</i>
<i>Produto Interno Bruto</i>	100	2,1	1,7	1,6	1,6
<i>Consumo Privado</i>	65	2,5	2,6	2,0	1,7
<i>Consumo Público</i>	17	0,8	0,5	0,5	0,5
<i>Formação bruta de capital fixo</i>	17	4,4	8,7	5,8	5,5
<i>Procura interna</i>	100	2,8	3,5	2,3	2,2
<i>Exportações</i>	44	3,6	4,5	3,1	3,4
<i>Importações</i>	43	4,9	8,0	4,3	4,4
<i>Contributo para o crescimento do PIB líquido de importações (em pp)</i>					
<i>Procura Interna</i>		1,3	1,3	1,1	1,0
<i>Exportações</i>		0,8	0,4	0,5	0,5
<i>Emprego</i>		2,3	1,3	0,8	0,4
<i>Taxa de Desemprego</i>		7,0	6,3	5,7	5,3
<i>Balança corrente e de capital (% PIB)</i>		0,4	0,1	0,2	0,2
<i>Balança de bens e serviços (% PIB)</i>		1,0	-0,5	-0,7	-1,1
<i>Índice harmonização de preços no consumidor</i>		1,2	0,9	1,2	1,3

Nota. (p) – projetado; pp – pontos percentuais.

Fonte: Banco de Portugal

O Banco de Portugal estima ainda, que os salários continuem a crescer, bem como a produtividade do trabalho. O Banco de Portugal fundamenta que o aumento dos salários é justificado pela escassez de recursos disponíveis no mercado de trabalho.

No quadro mundial regista-se um abrandamento do crescimento da economia. Desaceleração da atividade associada à indústria transformadora e do comércio. Este abrandamento surge, sobretudo, em resultado das tensões comerciais e da incerteza política e económica instalada. O crescimento mundial deverá diminuir de 3,6%, em 2018 para 3,1% em 2019 e estabilizar

em 2020 e 2021 para 3,4%, conforme Tabela 5. A taxa EURIBOR continuará a registar valores negativos, o que significa que as taxas de juros manter-se-ão baixas, proporcionando assim boas condições de financiamento.

Tabela 5:
Projeções do Banco Europeu – Economia Mundial

<i>Indicadores</i>		<i>BE junho 2019</i>			
		2018	2019 (p)	2020 (p)	2021 (p)
<i>Enquadramento internacional</i>					
<i>PIB mundial</i>	Tva	3,6	3,1	3,4	3,3
<i>Comércio mundial</i>	Tva	4,1	1,4	3,1	3,4
<i>Procura externa</i>	Tva	3,2	2,3	3,0	3,1
<i>Preço do petróleo em dólares</i>	Vma	71,1	68,1	65,8	62,7
<i>Preço do petróleo em euros</i>	Vma	60,2	60,6	58,7	56,0
<i>Condições monetárias e financeiras</i>					
<i>Taxa de juro de curto prazo (EURIBOR a 3 meses)</i>	%	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2
<i>Taxa de juro implícita da dívida pública</i>	%	2,9	2,9	2,7	2,6
<i>Índice de taxa de câmbio efetiva do euro</i>	Tva	2,5	-1,8	0,0	0,0
<i>Taxa de câmbio euro-dólar</i>	Vma	1,18	1,12	1,12	1,12

Nota. tva – taxa de variação anual; % – em percentagem; vma – valor médio anual.

Fonte: Banco de Portugal

4.2.3.2. Evolução Exportações

De acordo com o Boletim Económico de junho de 2019 do Banco de Portugal, as exportações deverão continuar a crescer, prevendo-se um crescimento médio de 3,6% para o triénio de 2019 a 2021.

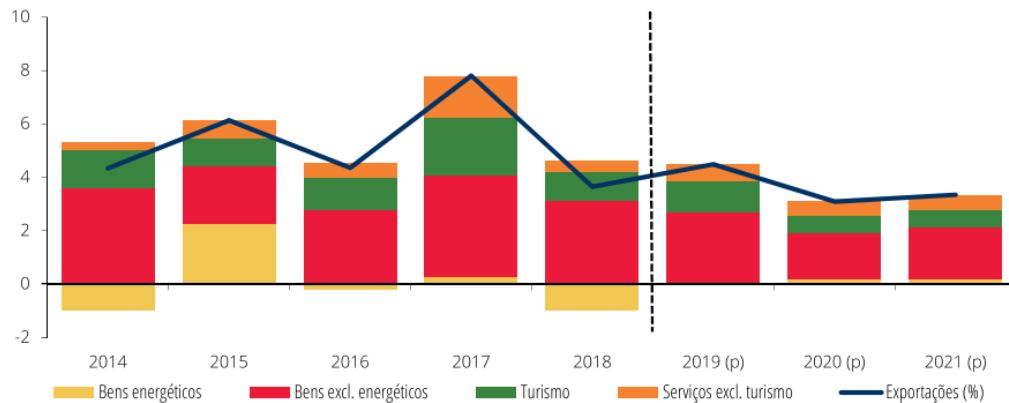


Figura 2: Contributos para taxa de variação anual das exportações de bens e serviços

Nota. (p) – projetado.

Fonte: Banco de Portugal

4.2.3.3. Riscos e Incertezas

Neste quadro de projeções é necessário ter em conta vários riscos e incertezas que terão impacto sobre a economia mundial e nacional. A nível mundial, as tensões entre a China e os Estados Unidos da América poderão intensificar-se, aumentando as barreiras comerciais. Deve-se ter ainda em consideração o risco de agravamento das tensões geopolíticas no Médio Oriente, que pode condicionar a evolução do comércio e conduzir a uma redução da confiança e aumento da aversão ao risco, abrandando e adiando investimentos. A nível europeu, é necessário ter em conta o cenário de saída do Reino Unido da União Europeia sem acordo, bem como a incerteza política em Itália. Estes riscos poderão conduzir a um maior abrandamento do crescimento económico. Não obstante, caso se dissipem as incertezas suprarreferidas, poderá constatar-se um crescimento económico mais favorável.

4.2.3.4. Evolução Preço Matéria-Prima

O principal indicador do preço da madeira é o fundo iShares Global Timber & Forestry ETF (WOOD). Este apresentou uma grande quebra no último ano. Apesar do ligeiro aumento registado no mês de maio, os analistas preveem que a tendência de descida se mantenha.

4.2.3.5. Legislação

A legislação europeia tem vindo a ser ajustada, de modo a refletir as preocupações a nível ambiental e favorecendo o desenvolvimento mais sustentável. Assim, a União Europeia

prevê acabar com as embalagens de plástico descartáveis e limitar os microplásticos até 2030¹.

Os principais materiais utilizados no sector das embalagens são o plástico e o vidro, que contribuem para um agravamento da poluição e da pegada ecológica. Assim, estas restrições conduzem a um aumento da procura de embalagens mais ecológicas, tais como as embalagens de madeira.

4.2.4. Análise Setorial

Em 2017, existiam 95 empresas em Portugal que se dedicavam à fabricação de embalagens de madeira, ou seja, que têm o mesmo CAE que a Freshwood - 16240 (Quadros Setoriais Banco de Portugal). Porém, nem todas estas empresas se enquadram na mesma atividade da Freshwood. De facto, várias destas empresas dedicam-se à produção de paletes, tanoaria e caixas para fins não alimentares. Quando analisado especificamente as empresas que produzem o mesmo tipo de embalagem que a Freshwood, o número de empresas concorrentes em Portugal reduz drasticamente para 2 empresas, ambas sediadas na região de Leiria². Analisando as duas empresas em questão, constata-se que nenhuma delas realizou um investimento em inovação significativo. Acresce que nos últimos 10 anos, os níveis de atividade apresentados por estas empresas mantêm-se constantes³.

4.2.5. Estimação de Dados Previsionais

Para a candidatura apresentada ao aviso para Inovação Produtiva do Portugal 2020, foi realizada a análise económico-financeira ao projeto, tendo por base a utilização dos pressupostos apresentados na Tabela 6.

¹ DIRETIVA (UE) 2019/904 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 5 de junho de 2019

² Candidatura SI Inovação Produtiva nº 43014 – Aviso 31/SI/2018

³ Em 2017, a empresa A registou um VN de 1,4 milhões de euros, exportando 1,3 milhões de euros. Já a empresa B, registou um VN de 1,7 milhões de euros, tendo exportado 1,6 milhões de euros.

Tabela 6:
Pressupostos utilizados para análise económico-financeira

<i>Indicadores</i>	<i>Valores</i>
<i>Prazo médio de Recebimento (dias)</i>	60
<i>Prazo médio de Pagamento (dias)</i>	60
<i>Prazo médio de Inventários (dias)</i>	15
<i>Taxa de IVA</i>	23,00%
<i>Taxa de Segurança Social - órgãos sociais – Entidade</i>	20,30%
<i>Taxa de Segurança Social – colaboradores – Entidade</i>	23,75%
<i>Taxa de Segurança Social - órgãos sociais – Pessoal</i>	9,30%
<i>Taxa de Segurança Social – colaboradores – Pessoal</i>	11,00%
<i>Taxa média de IRS</i>	15,00%
<i>Taxa de IRC</i>	23,00%
<i>Taxa de Aplicações Financeiras Curto Prazo</i>	0,70%
<i>Taxa de juro de empréstimo Curto Prazo</i>	5,00%
<i>Taxa de juro de empréstimo ML Prazo</i>	2,50%
<i>Taxa de crescimento dos cash-flows na perpetuidade</i>	6,00%

Nota. Fonte: Adaptado Candidatura

Para estimar o volume de negócios (VN), a Freshwood considerou na sua candidatura a informação relativa aos potenciais clientes e as perspetivas de crescimento do setor. Além disso, a Freshwood estima manter os ex-clientes da SIDEMA (750 mil euros). Acresce que a partir de 2020, prevê-se o aumento do VN pelo início do fabrico das novas embalagens.

No que respeita à política de preços, a Freshwood prevê que para os modelos já produzidos os preços variem entre 0,05€ e 0,7€/unidade. Para as novas embalagens prevê-se que o preço varie entre 0,75€ e 1,5€/unidade. A evolução dos preços será realizada de forma progressiva, de modo a acomodar a permitir captação de quota mercado internacional. O volume de vendas apresentará um crescimento sustentado pelas estimativas suprarreferidas e ainda pelo efeito agregado da capacidade produtiva, eficiência e pelo maior valor acrescentado fruto dos equipamentos a adquirir.

Para estimar a evolução dos fornecimento e serviços externos (FSE) e dos custos das mercadorias vendidas e das matérias consumidas (CMVMC) foi considerado que ambas aumentam na mesma proporção do VN. A estas rubricas foram aplicados fatores de redução pelo aumento da eficiência e pela automação do processo. Relativamente aos gastos com o pessoal, o aumento desta rubrica é justificado pela criação líquida de postos de trabalho e pela atualização salarial.

No que concerne aos custos de financiamento, foi considerada como taxa de juro de médio longo prazo, a taxa relativa aos empréstimos bancários contratados pela Freshwood. A taxa de juro de empréstimos de curto prazo e a taxa de aplicações financeiras de curto prazo são as de referência no mercado europeu e em vigor. Já quanto à taxa de crescimento dos *cash-flows* na perpetuidade, esta resulta da soma de vários fatores, nomeadamente, o efeito da inflação (2%), o aumento da eficiência produtiva (1%) e o aumento do valor acrescentado do produto (3%).

4.3. Análise de Risco – Método de Monte Carlo

4.3.1. Modelo de Simulação

A avaliação da viabilidade do projeto foi realizada através do uso do método de avaliação VAL. Assume-se assim que a variável de saída do modelo de simulação é o VAL do projeto. Neste sentido, foi construído um modelo de simulação que permite calcular o *free cash-flow* (FCF) e a taxa de atualização para cada período.

Para construir o modelo foi necessário estimar os *cash-flows* para os anos 2024 até 2027, visto que em fase de candidatura, apenas foram apresentados/estimados valores até ao ano 2023. De facto, não se considerou adequado fazer a avaliação do projeto com um horizonte temporal tão curto, uma vez que a fase de execução do investimento será de dois anos, podendo este prazo ser protelado em mais um ano. Isto significa que, a empresa terminará o investimento associado a este projeto em 2020 ou 2021. Assim, e tendo em conta que se assumiu que a vida útil dos equipamentos produtivos é de oito anos, considerou-se razoável estender o período de estimação dos *cash flows* até 2027, ou seja, oito anos após o início do investimento (2019). Para estimar estes valores foram assumidos os mesmos pressupostos que a empresa utilizou na sua projeção. Foi ainda detetado um erro numa fórmula associada à rubrica de fornecedores, com impacto no balanço da empresa, que foi corrigido de forma a apresentar valores coerentes com a estimação realizada.

Neste sentido, foi modelado no *Excel* o cálculo do resultado líquido da empresa conforme exemplo apresentado na Tabela 7.

Tabela 7:
Construção da Demonstração de Resultados

<i>Rendimentos e Gastos</i>		<i>2019</i>
<i>Vendas e Serviços Prestados</i>	(+)	750 000
<i>Subsídios à Exploração</i>	(+)	32 986
<i>CMVMC</i>	(-)	285 000
<i>Fornecimentos e Serviços Externos</i>	(-)	315 000
<i>Gastos com o Pessoal</i>	(-)	82 679
<i>EBITDA</i>	(=)	100 307
<i>Gastos de Depreciações e de Amortização</i>	(-)	22 201
<i>EBIT (Resultado Operacional)</i>	(=)	78 106
<i>Juros e Gastos Similares Suportados</i>	(-)	5 079
<i>Resultado antes de Impostos</i>	(=)	73 027
<i>Imposto sobre o Rendimento do Período</i>	(-)	15 896
<i>Resultado Líquido Do Período</i>	(=)	57 131

Nota. Valores em euros.

Fonte: Elaboração do autor

De igual forma, foi construída uma tabela para o cálculo da taxa de atualização utilizada em cada período. Definiu-se que a taxa de atualização a utilizar seria a taxa de custo médio ponderado do capital (WACC), calculada a partir da seguinte fórmula:

$$WACC = \frac{CP \cdot K_e + CA \cdot K_d (1 - t_c)}{CP + CA} \quad (2)$$

Onde:

- CP é o capital próprio;
- K_e é o custo do capital próprio;
- CA é o capital alheio;
- K_d é o custo do capital alheio;
- t_c é a taxa de imposto.

Para o cálculo do WACC é necessário proceder ao apuramento do custo do capital próprio e do custo do capital alheio. Relativamente ao custo do capital alheio, foi assumida a taxa de juro do próximo empréstimo. Para calcular o custo do capital próprio foi utilizado o modelo derivado do CAPM proposto por De Visscher (1995). Este modelo apresenta a seguinte fórmula:

$$K_e = \left[r_f + \beta_e \cdot (r_m - r_f) \right] \cdot (1 + E_L) \cdot (1 - E_F) \quad (3)$$

- r_f é a taxa de juro dos ativos sem risco
- β_e é o beta alavancado do projeto
- $(r_m - r_f)$ é o prémio de risco para mercado português
- E_L é o efeito liquidez
- E_F é o efeito familiar

Como *proxy* para o cálculo da taxa de juro dos ativos sem risco foram utilizadas as obrigações do tesouro alemão com maturidade de 10 anos. Para o efeito, foi apurada a média das taxas registadas mensalmente desde o início de 2018 até junho de 2019.

Para calcular o beta da empresa foi utilizado o *Bottom up betas*, ou seja, o beta da empresa foi calculado tendo por base os elementos disponíveis para as empresas que atuam no mesmo setor. Para este cálculo, é necessário identificar o negócio que a empresa desenvolver, identificar empresas comparáveis, estimar o beta não alavancado dessas empresas comparáveis e, por fim, calcular o beta alavancado da empresa utilizando para o efeito a estrutura de financiamento da empresa. Neste sentido foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\beta_e = \beta_{eu(setor)} \cdot \left[1 + (1 - tc) \cdot \frac{CA}{CP} \right] \quad (4)$$

Onde:

- $\beta_{eu(setor)}$ é o beta não alavancado do setor;

Neste caso, foi utilizado o beta não alavancado do setor disponibilizado no site *Damodaran*, para o setor *Paper/Forest Products*.

Conforme referido anteriormente, foi assumido como custo do capital alheio a taxa de juro do financiamento contratado. Faltando então apurar o prémio de risco do mercado. Para tal, também se pode recorrer ao site *Damodaran* e consultar o prémio de risco para o mercado português.

Assim, para o cálculo do custo do capital fica a faltar apenas definir o valor para o efeito de liquidez e para o efeito familiar.

O efeito de liquidez traduz a capacidade de converter a participação na empresa em dinheiro. Isto significa que, caso a participação seja facilmente convertida em dinheiro, então o valor deste efeito assumirá um valor próximo de zero. Quanto ao efeito familiar, este pretende refletir as situações em que os sócios estão de tal maneira identificados com o negócio que se recusam a vendê-lo. Nestes casos, o efeito familiar assumirá um valor próximo de um.

No que respeita ao efeito de liquidez considerou-se que o negócio em questão é muito específico, isto é, o produto é simples e não há claros fatores de diferenciação face à concorrência. Apenas após a implementação do projeto estas limitações podem ser ultrapassadas. Ainda assim, há a considerar o risco associado à aceitação ou não do produto como substituto das típicas embalagens de plástico, o que poderá potenciar a atividade da empresa. Relativamente ao efeito familiar, é de referir que não se trata de um negócio de família, mas, ainda assim, os sócios acreditam na sua viabilidade, estão identificados com o negócio e comprometidos em concretizar o projeto. Face ao exposto, e apesar da subjetividade associada à análise, considerou-se adequado atribuir o valor de 0,8 ao efeito liquidez e o valor de 0,5 ao efeito familiar.

Após o cálculo do custo do capital, pode-se finalmente calcular o WACC. Foi então modelada a uma tabela na folha de *Excel* para o cálculo do WACC, conforme Tabela 8 e Tabela 9.

Tabela 8:
Cálculos auxiliares

	Valores
r_f	0,25%
$\beta_{eu} (setor)$	0,92
K_d	2,50%
t_c	23,00%
$r_m - r_f$	3,06%
E_L	0,80
E_F	0,50

Nota. Assumiu-se que os valores apresentados são fixos para o período da previsão.
Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 9:
Cálculo WACC

	Notas	2019
CA/CP	(1)	63,53%
β_e	(2)	1,36
K_e	(3)	3,98%
WACC	(4)	3,18%

Nota. (1) valores balanço previsional; (2) fórmula 4; (3) fórmula 3; (4) fórmula 2.
Fonte: Elaborado pelo autor

Por fim, foi construído o modelo para o cálculo do *free cash-flow* e do VAL. O cálculo do VAL foi realizado a partir da seguinte fórmula:

$$VAL = \sum_{k=0}^n FCF_k \cdot (1 + WACC_k)^{-k} \quad (5)$$

Foi então construída uma tabela para o cálculo do VAL, conforme exemplificado na Tabela 10.

Tabela 10:
Cálculo VAL

<i>Rúbricas</i>	<i>Notas</i>	<i>2019</i>
<i>(i) EBIT</i>	(1)	78 106
<i>(ii) Imposto = (i) * t_c</i>		17 964
<i>(iii) EBIT após Impostos = (i) – (ii)</i>		60 142
<i>(iv) Depreciações e Amortizações, Imparidades, Provisões e Variações de Justo Valor</i>	(1)	22 200
<i>(v) Fundo de Maneio</i>	(2)	104 139
<i>(vi) Variação Fundo Maneio Necessário</i>	(3)	109 039
<i>(vii) CAPEX</i>	(4)	424 129
<i>(viii) Free Cash Flow</i>	(5)	- 450 826
<i>(ix) WACC</i>	(6)	3,18%
<i>(x) VAL</i>	(7)	90 880

Nota. Valores em euros; (1) valores da demonstração de resultados previsional; (2) valores balanço previsional (Ativo Corrente – Passivo Corrente); (3) No ano zero assumiu-se o valor do fundo de maneio; (4) valor do investimento previsto em candidatura para cada ano; (5) FCF = (iii) +/- (iv) – (vi) – (vii); (6) valor calculado na tabela 9; (7) cálculo com base na fórmula 6.

Fonte: Elaborado pelo autor

Concluída a construção do modelo, prosseguiu-se para o próximo passo, ou seja, para a seleção das variáveis de entrada.

4.3.2. Variáveis de Entrada

Conforme sugerido no capítulo anterior, para a definição das variáveis de entrada foi realizada a análise de sensibilidade e a análise de incerteza a alguns das variáveis do modelo. De notar, que análise incidirá sobretudo no potencial impacto negativo das variáveis na rentabilidade do projeto.

A primeira variável que foi testada foi o Volume de Negócios. A Freshwood sustentou a sua previsão para o volume de negócios em vários fatores. Para o primeiro período de atividade, a Freshwood prevê manter os clientes da empresa adquirida e assim garantir 750 mil euros de vendas em 2019. Nos períodos seguintes está previsto o início do fabrico de novas embalagens, que serão comercializadas a um preço superior às embalagens já produzidas. Além disso, prevê-se ainda o aumento progressivo dos preços das embalagens já fabricadas. No entanto, esta previsão está envolta em incerteza e os valores previstos podem distanciar-se dos valores reais. Neste sentido, podem ser apontados vários fatores que terão impacto no volume de negócios. Desde logo, no ano de arranque da atividade é necessário ter em conta que a empresa necessitará de se instalar em novas instalações, montar o sistema de fabrico, contratar pessoal e dar resposta às encomendas em carteira. Este processo pode ser mais moroso do que o previsto, a empresa pode não conseguir garantir a entrega das encomendas no prazo delineado e potencialmente perder encomendas ou clientes. Nos períodos seguintes, é referido que serão introduzidas novas embalagens e os preços serão progressivamente aumentados. Quanto às novas embalagens, o seu sucesso é uma incógnita, depende da aceitação do mercado e também da real capacidade da empresa para as produzir. Relativamente ao aumento dos preços das embalagens já produzidas, é de referir que a empresa está sempre condicionada à atuação da concorrência no mercado. Significa isto que sendo um produto com um grau de diferenciação reduzido, é natural que os clientes procurem as soluções mais económicas, ainda que o prazo de entrega e qualidade do produto sejam fatores também relevantes. É ainda necessário realçar que o projeto pretende automatizar o fabrico das embalagens, de forma a garantir uma maior eficiência dos recursos e um aumento da capacidade produtiva. Assim, o volume de vendas estará também sujeito ao sucesso ou insucesso da implementação deste processo.

No entanto, não é correto considerar o VN no seu todo. O VN é obtido através da multiplicação das quantidades vendidas pelo preço de venda unitário (a empresa não faz prestações de serviços). Neste sentido, deveria ser analisado impacto das quantidades vendidas e do preço de venda unitário. Quanto às quantidades vendidas, deveriam ser analisados os fatores que podem influenciar esta variável, tais como, a dimensão do mercado, a taxa de crescimento do mercado e a quota de mercado (Hertz, 1964). Refira-se, que não existem dados previsionais para a variável quantidades vendidas, uma vez que na análise económico-financeira o VN foi estimado utilizando como base o valor histórico do último ano de atividade da empresa Sidema acrescido de uma Taxa de Crescimento estimada. Assim

não é possível medir o potencial impacto dos fatores suprarreferidos nos resultados da empresa. Relativamente ao preço de venda unitário, é necessário ter em conta que este é obtido, em regra, pela soma do preço de custo do produto e da margem comercial definida pela empresa. Desta forma, a variável a considerar seria a margem comercial praticada. Tal como acontece com as quantidades vendidas, a análise económico-financeira não teve em linha de esta margem. De facto, a estimação dos gastos Custos das Mercadorias Vendidas e das Matérias Consumidas (CMVMC) foi realizada utilizando como pressuposto que estes o valor total destes assumirá uma percentagem do valor do VN estimado.

Desta forma, foi considerado como variável de entrada a Taxa de Crescimento do VN assumida como pressuposto na análise económica. Esta taxa agrega o efeito de vários fatores, nomeadamente, o aumento da capacidade produtiva, o aumento da eficiência produtiva, o aumento do valor acrescentado do produto e o efeito da inflação.

Feita a análise de sensibilidade chega-se à conclusão de que uma variação negativa de 10% da Taxa de Crescimento do VN assumida para cada período, representará uma variação negativa de 143% do VAL, passando este a apresentar um valor negativo e, consequentemente o projeto não deixa de ser viável.

Tal como na estimação dos gastos CMVMC, a Freshwood assumiu na análise económico-financeira que os Fornecimentos e Serviços Externos (FSE) são custos variáveis que aumentam na mesma proporção do VN, sendo que foram aplicados fatores de redução pelo aumento da eficiência e pela automação do processo.

Relativamente ao CMVMC, refira-se que esta variável está correlacionada com o volume de negócios, uma vez que quanto maior for a quantidade produzida, maior será a quantidade de recursos gastos. No entanto, há que ter em conta a possibilidade de variações nos preços das matérias consumidas, tais como o preço da madeira que pode ser influenciado por vários motivos, como por exemplo, incêndios florestais. De realçar, ainda, que a eficiência produtiva alcançada pela empresa também terá grande impacto nesta variável. Posto isto, e atendendo aos pressupostos assumidos na análise-económico financeira, deve ser analisado o pressuposto assumido para estimação dos gastos CMVMC, ou seja, a percentagem do VN assumida.

Naturalmente, existe uma relação de correlação entre as variáveis VN e CMVMC. No entanto, conforme referido anteriormente, o CMVMC pode variar em função de vários

fatores. O mais determinante será a quantidade produzida. Neste ponto, refira-se que a empresa produz sobretudo em função das encomendas, logo os inventários de produtos acabados são reduzidos. Assim, pode-se assumir que as quantidades produzidas e as quantidades vendidas assumirão valores próximos. No entanto, conforme mencionado anteriormente, nesta análise não é conhecido o valor das quantidades produzidas/vendidas, apenas se conhece o valor total do VN, que pode ser influenciado por diversos fatores, tal como flutuações do preço de venda. Neste sentido, e atendo ao facto de ser não ser possível utilizar a margem comercial como variável, assume-se que, de facto, a Taxa de Crescimento do VN e a Taxa de Crescimento do CMVMC será semelhante, pelo que se opta por manter as percentagens assumidas nos pressupostos, não sendo estas consideradas no modelo de simulação pela evidente correlação existente.

No que respeita aos FSE, conforme referido, a Freshwood assumiu que esta variável varia em função do VN. Nesta rubrica, como é sabido, estão incluídos vários custos, tais como rendas, eletricidade, água, custos comerciais e logísticos, entre outros. De facto, apesar da componente fixa associada a estes custos, assumiu-se que existirá uma variação significativa consoante a quantidade produzida, para os casos da eletricidade e água, e a quantidade vendida, para o caso de custos logísticos.

De facto, a análise económico-financeira assumiu que existe uma forte correlação positiva entre os gastos FSE e o VN. No entanto, face à natureza dos gastos incluídos na variável FSE, não faz sentido assumir uma correlação tão forte. De facto, os gastos com logística serão altamente influenciados pela quantidade vendida, no entanto, os gastos relativos à eletricidade e água, por exemplo, assumem uma elevada componente fixa que deve ser considerada. Além disso, outros gastos, como gastos de prospeção e publicidade, podem não variar em função do VN, apesar de potencialmente virem a ter impacto sobre o VN. Posto isto, considera-se adequado realizar a análise de sensibilidade para aferir qual o impacto que uma variação no pressuposto assumido, percentagem dos FSE sobre o VN, para cada ano, tem no VAL do projeto. Concluiu-se que uma variação positiva de 10% da percentagem de FSE sobre VN em cada período, representa uma variação negativa do VAL de 178%, passando este a assumir um valor negativo.

Relativamente aos gastos com o pessoal, o aumento desta rubrica foi justificado pela Freshwood pela criação líquida de postos de trabalho e pela atualização salarial. Face às atuais condições do mercado de trabalho, nomeadamente a escassez de mão-de-obra, é

possível que a Freshwood tenha de despende mais do que previa para assegurar a contratação de pessoal. O aumento do salário mínimo, bem como o aumento das obrigações legais para com os colaboradores também poderá ter impacto nesta rubrica. Além disso, o sucesso ou insucesso na implementação do processo de fabrico mais automatizado também terá impacto nas previsões realizadas. Realça-se que para a estimação do valor dos gastos com o pessoal foi considerada a contratação de 5 colaboradores altamente qualificados, com uma remuneração base mensal de 1.200 euros, e de 20 colaboradores não qualificados com uma remuneração média mensal de 800 euros. Além disso, foi ainda considerada uma taxa de variação positiva dos custos com o pessoal de 2% anualmente. Considerando que as remunerações médias assumidas não sofrerão uma oscilação relevante, e tendo em conta é assumida uma taxa de crescimento dos custos com o pessoal, que pode acautelar esta variação, assumiu-se como variáveis de entrada do modelo a Taxa de Crescimento dos Custos com o Pessoal. Além deste, é necessário ter em conta que as reais necessidades da empresa podem ser superiores ao previsto, significa isto que poderá ser necessário contratar mais pessoal para conseguir aumentar a capacidade produtiva. Assim, assumiu-se como variável de entrada a Criação de Emprego Líquida. Para corroborar esta decisão, decidiu-se realizar uma análise de cenários, fazendo variar em 10% a Taxa de Crescimento dos Custos com o Pessoal e assumindo a Criação de Emprego Líquido de mais 9 colaboradores. Em resultado desta variação, constatou-se que o VAL registou uma variação negativa de 64%.

O investimento a realizar também pode representar uma fonte de incerteza. Apesar do plano de investimento ter sido delineado com base em orçamentos e estimativas de especialistas, existe sempre incerteza associada ao mesmo. Por norma, o valor das obras de construção tende a ser superior ao estimado (Saraiva, 2008). Além disso, é natural que surja a necessidade de investir em equipamentos não previstos, ou ajustar o quadro de equipamentos existentes às necessidades despoletadas com o desenrolar da atividade. A análise de sensibilidade permitiu constatar que uma variação de 10% no valor das principais rubricas de investimento, representará uma variação negativa de 42% do VAL.

No que concerne aos custos de financiamento alheio, não existe um grau de incerteza elevado, uma vez que o empréstimo está contratualizado e os custos previstos são já conhecidos. Portanto, não faz sentido realizar a análise de risco desta variável.

Considerou-se ainda oportuno verificar o impacto que a variável Taxa de Imposto pode ter sobre a rentabilidade do projeto. De facto, a Taxa de Imposto pode oscilar consoante

alterações políticas e governamentais. Colocando a hipótese de a Taxa de Imposto aumentar para 25%, então o VAL do projeto diminuiria cerca de 26%. Neste sentido, definiu-se também a variável Taxa de Imposto como variável de entrada no modelo.

Quanto à taxa de atualização, WACC, considera-se que existe alguma incerteza associada a esta. Analisando cada uma das componentes do cálculo do WACC, verifica-se que algumas delas não representam uma fonte de incerteza. Por exemplo, a estrutura de capital prevista e o custo do capital alheio. No entanto, o prémio de risco do mercado e o beta não alavancado do setor utilizados para o cálculo do custo do capital da empresa, podem variar em função do desempenho e evolução dos mercados. Desta forma, relativamente ao prémio de risco do mercado, e atendendo às oscilações históricas registadas, considerou-se fulcral considerar esta variável como variável de entrada. Realizada a análise de sensibilidade, concluiu-se que uma variação de 10% no Prémio de Risco do Mercado, representa uma variação negativa de 18% no VAL do projeto. No que respeita ao beta não alavancado do setor, também se verifica que tem apresentado alguma volatilidade desde 2011 até ao momento. Posto isto, considerou-se adequado realizar a análise de sensibilidade para estudar o impacto que uma variação da variável Beta não alavancado do setor tem no VAL do projeto. Conclui-se que uma variação positiva de 10% nesta variável representará uma variação negativa 19% no VAL do projeto.

Selecionadas as variáveis de entrada, procedeu-se à validação das relações de correlação existentes entre elas, bem como à definição das distribuições de probabilidades e limites máximo e mínimos. Para validar a existência de correlação entre as variáveis, calculou-se o coeficiente de correlação de *Pearson*, conforme Tabela 11.

Tabela 11:

Cálculo do Coeficiente de Pearson

<i>Variáveis</i>	<i>VN</i>
<i>VN</i>	1
<i>% FSE sobre VN</i>	-0,82368

Nota. Fonte: Elaborado pelo autor

Apenas foi encontrada correlação entre a variável VN e percentagem de FSE sobre o VN. No entanto esta correlação é explicada pelo facto de a percentagem de FSE sobre VN assumida para os primeiros dois anos de atividade, ou seja, para os anos de implementação de projeto, ser superior aos restantes anos de análise, onde diminui e mantêm-se constante.

Assim, apesar do valor apurado para o coeficiente de *Pearson*, não se pode considerar que existe uma correlação negativa entre estas variáveis, ou seja, não é pelo facto do VN aumentar que a percentagem de FSE sobre o VN diminuirá.

4.3.3. Definição das Distribuições de Probabilidades

No que concerne à variável Taxa de Crescimento do VN, e conforme sugerido na literatura (Neves, *et al.*, 2009), utilizou-se a distribuição triangular para modelar esta variável. De facto, existe uma noção de qual será o valor mais provável e quais serão os valores extremos que a variável pode assumir. Assim, definiu-se como valor mais provável o valor assumido para Taxa de Crescimento do VN na análise económico-financeira e como valor máximo e mínimo, uma variação de 15% face ao valor mais provável. A Figura 3 apresenta a distribuição de probabilidades definida para a Taxa de Crescimento do VN no ano 2020.

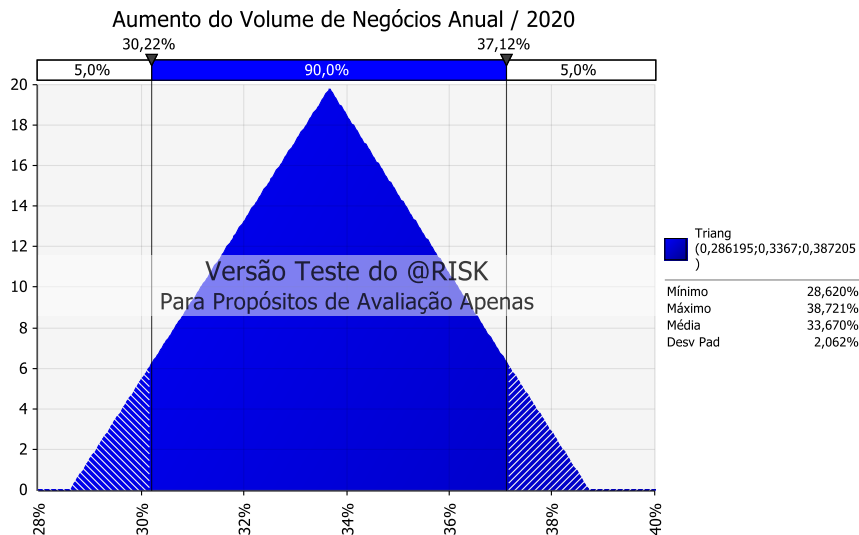


Figura 3: Distribuição Variável Taxa de Crescimento VN

Nota. Fonte: Elaborado pelo autor

Quanto à variável Percentagem FSE sobre VN, tal como na variável Taxa de Crescimento do VN, existe uma intuição sobre o valor mais provável e uma noção de quais os valores extremos. Neves, *et. al* (2009) sugerem também a utilização desta distribuição para estimar custos comerciais e de marketing, entre outros. Neste sentido, definiu-se como valor mais provável o utilizado na análise económico-financeira, e tal como na variável anterior, assumiu-se que esta pode variar até 15%, tanto positiva como negativamente. A Figura 4 mostra a probabilidade de distribuição definida.

Análise de risco de um projeto de investimento – Método Monte Carlo

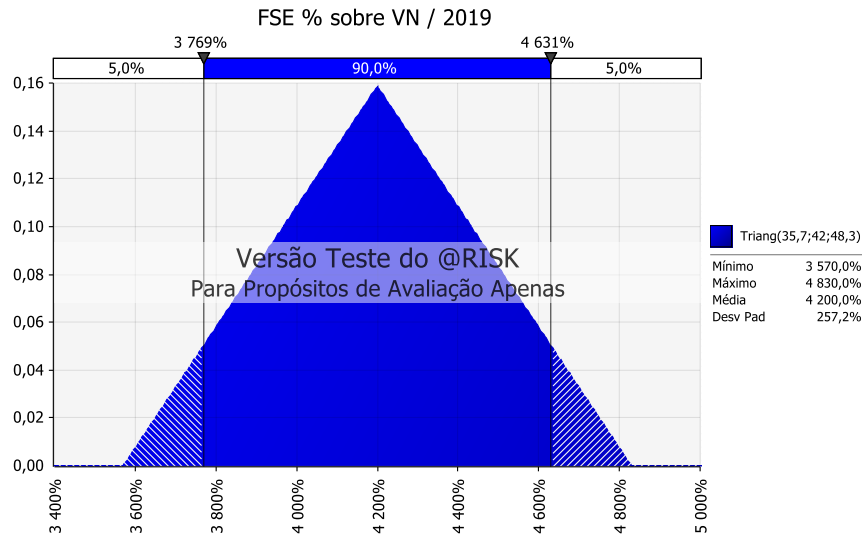


Figura 4: Distribuição Variável % FSE sobre VN

Nota. Fonte: Elaborado pelo autor

De igual forma, e atendendo às características que a variável assume, foi utilizada a distribuição triangular para modelar a variável Taxa de Crescimento Gastos Pessoal. Definiu-se como valor mais provável 2%, o mínimo 1,9% e o máximo 2,3%. A Figura 5 demonstra a configuração da distribuição de probabilidades.

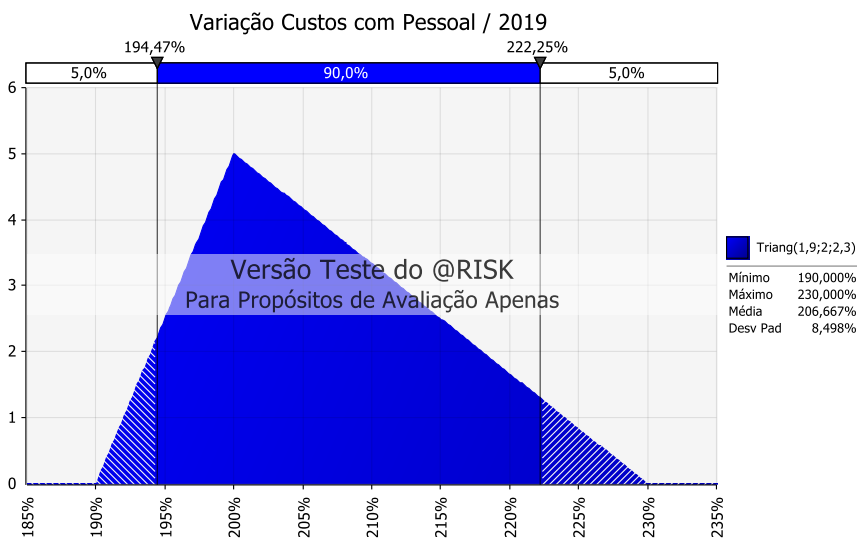


Figura 5: Distribuição Variável Taxa Crescimento Gastos com Pessoal

Nota. Fonte: Elaborado pelo autor

Já a variável Criação Líquida de Emprego foi modelada pela distribuição *Discrete Uniform*. Apenas foram modelados os valores previstos a partir de 2022 para a criação de emprego não qualificado. De facto, até 2021 considera-se pouco provável que existam alterações à estrutura de recursos humanos definida. No entanto, a partir de 2022, e atendendo ao facto

de que o valor esperado para a Criação Líquida de Emprego é zero, considera-se que pode aumentar. De facto, até 2022 a empresa conta contratar 25 colaboradores, 20 deles não qualificados, ou seja, afetos à área operacional. Estando a empresa numa fase de crescimento e de aumento da capacidade produtiva, pode ser necessário contratar mais pessoal do que aquele previsto. Assim, parece razoável que até 2027, a empresa contrate mais 10 colaboradores não qualificados. Como a variável apenas pode assumir valores inteiros, esta tem de ser modelada com uma distribuição discreta. Posto isto, a variável Criação Líquida de Emprego, registada entre os anos 2023 a 2027, foi modelada com a distribuição *Discrete Uniform*, com valor mínimo de zero e máximo de dois, sendo que cada um destes números tem a mesma probabilidade de ocorrer. A Figura 6 apresenta a distribuição de probabilidades definida.

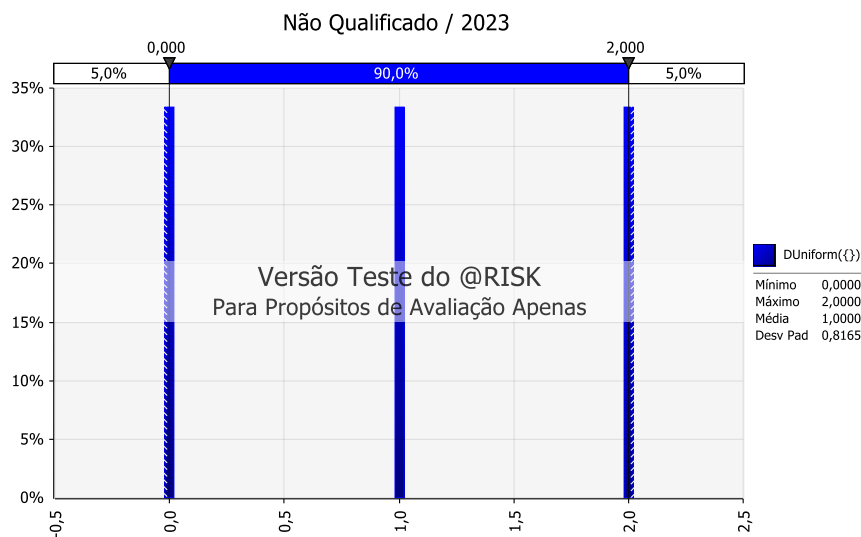


Figura 6: Distribuição Variável Criação Líquida de Emprego

Nota. Fonte: Elaborado pelo autor

Quanto à variável CAPEX, foi utilizada a distribuição triangular para modelar as rubricas de investimento com maior relevância. Optou-se por não modelar as rubricas de investimento com valor inferior a 10 mil euros, uma vez que apresentam um risco menor e a sua variação não terá um impacto significativo no VAL do projeto. A Figura 7 exemplifica a distribuição de probabilidades utilizada para esta variável.

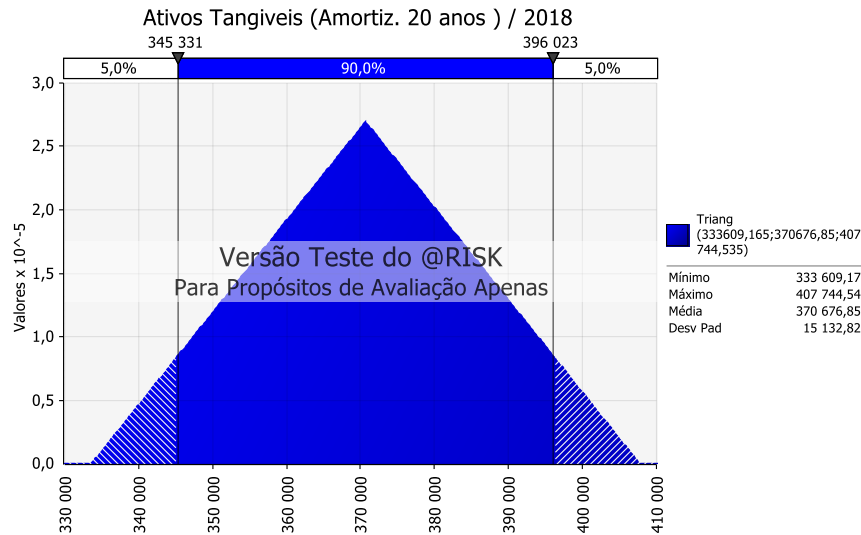


Figura 7: Distribuição Variável CAPEX

Nota. Fonte: Elaborado pelo autor

Para a variável Taxa de Imposto também foi utilizada a distribuição triangular. De facto, o considerou-se que o valor mais provável é 23%. No entanto, face à conjuntura económica e política atual, não é descartável a hipótese de a taxa diminuir até 17%. Não obstante, a desaceleração da economia, bem como o agravamento dos problemas estruturais das finanças públicas também pode levar a um aumento da taxa de imposto, mesmo que este cenário seja pouco provável a curto prazo.

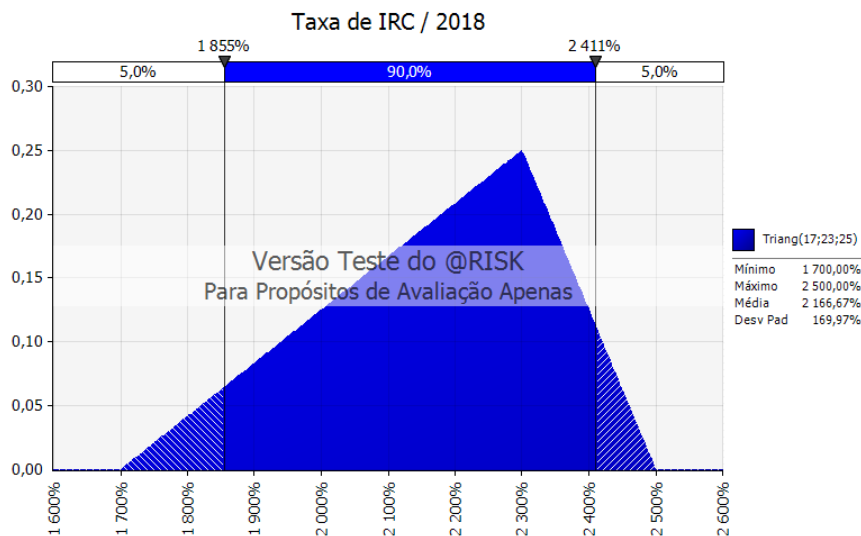


Figura 8: Distribuição Variável Taxa de Imposto

Nota. Fonte: Elaborado pelo autor

Para definir a distribuição de probabilidades a utilizar para a variável Prémio de Risco do Mercado foi necessário recolher e analisar os seus dados históricos. Foram recolhidos os

dados disponíveis desde o ano 2000 até ao ano 2018. Através do software @Risk foi realizado o ajuste desses dados a uma distribuição de probabilidades. O software permitiu verificar que a distribuição de probabilidades Exponencial é a que melhor define o comportamento da variável.

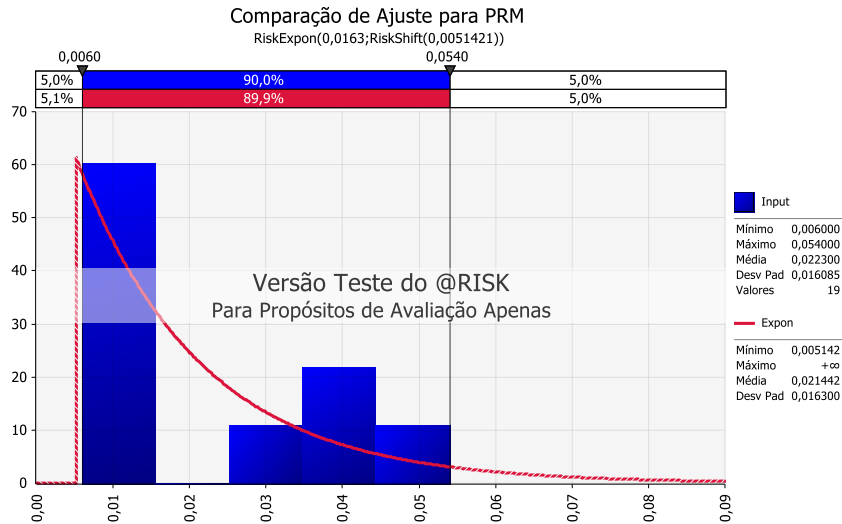


Figura 9: Teste Ajuste de Distribuições à Variável Prémio de Risco do Mercado

Nota. Fonte: Elaborado pelo autor

Neste seguimento, a variável Prémio de Risco do Mercado foi modelada com a distribuição Exponencial, utilizando para o efeito a fórmula anteriormente fornecida pelo software. A Figura 10 apresenta a distribuição definida para a variável Prémio de Risco do Mercado.

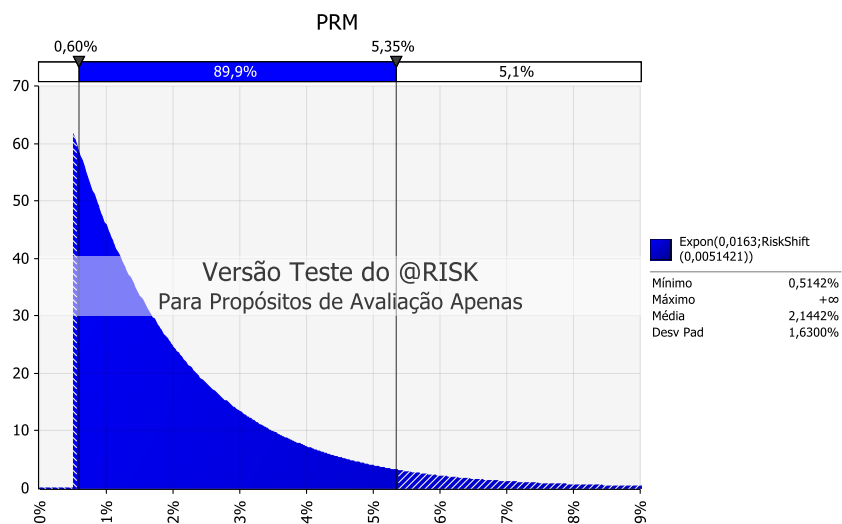


Figura 10: Distribuição Variável Prémio de Risco do Mercado

Nota. Fonte: Elaborado pelo autor

Por fim, e tal como na variável anterior, foi necessário recorrer ao software @Risk para apurar qual a distribuição que melhor retrata a variável Beta não Alavancado do Setor. Para

o efeito, foram analisados os dados disponíveis para o setor, na Europa, desde 2011 até 2018. A Figura 11 apresenta os resultados da análise realizada, sendo que o software sugere a utilização da distribuição de valor extremo mínimo. Para o modelar a variável foi utilizada a fórmula fornecida pela análise realizada. A Figura 12 apresenta a distribuição de probabilidades definida.

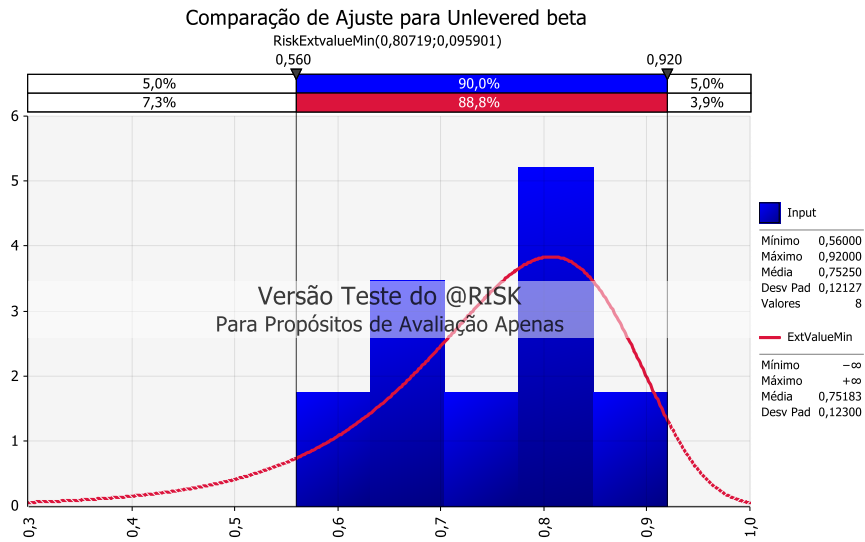


Figura 11: Teste Ajuste de Distribuições à Variável Beta não Alavancado do Setor

Nota. Fonte: Elaborado pelo autor

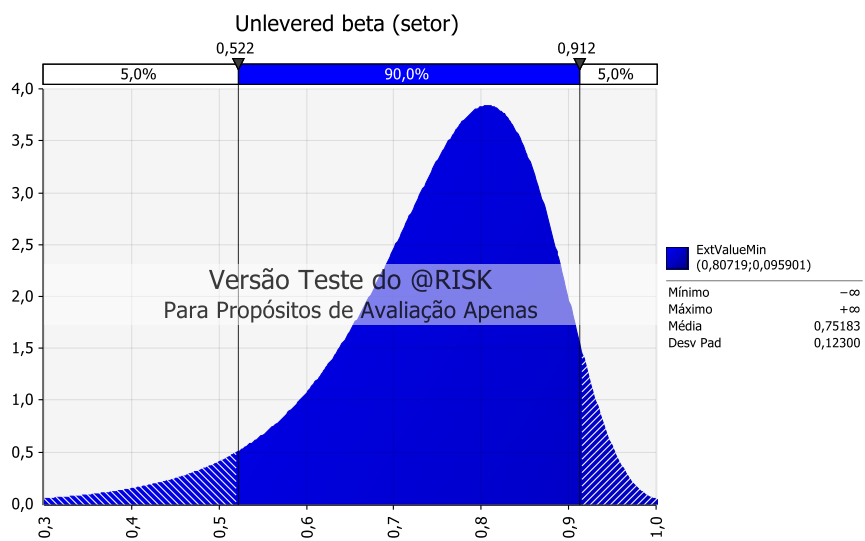


Figura 12: Distribuição Variável Beta não Alavancado do Setor

Nota. Fonte: Elaborado pelo autor

Concluída esta análise, foram definidas as variáveis de entrada e respetivas distribuições de probabilidades conforme apresentado na Tabela 12.

Tabela 12:

Variáveis de Entrada

<i>Variáveis</i>	<i>Distribuição</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
<i>Taxa crescimento VN</i>	Triangular	- 15%	+ 15%
<i>% FSE sobre VN</i>	Triangular	- 15%	+ 15%
<i>Taxa de crescimento Gastos Pessoal</i>	Triangular	- 5%	+ 15%
<i>Criação Líquida de Emprego</i>	Uniforme Discreta	0	2
<i>CAPEX</i>	Triangular	- 10%	+ 10%
<i>Taxa de Imposto</i>	Triangular	17%	25%
<i>Prémio de Risco do Mercado</i>	Exponencial	0,5142%	+∞
<i>Beta não alavancado do setor</i>	Valor Extremo Mínimo	-∞	+∞

Nota. Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.4. Simulação e Análise de resultados

Nesta fase, foi necessário definir o número de iterações que a simulação deveria realizar. Para tal, foram realizadas simulações com 10 mil e 100 mil iterações. Na Tabela 13 e na Tabela 14 são apresentadas as estatísticas de cada modelo.

Tabela 13:

Estatística da Simulação com 10 mil iterações

<i>Estatísticas</i>		<i>Percentil</i>	
<i>Mínimo</i>	-450 360,09 €	1,0%	-198 534,20 €
<i>Máximo</i>	381 032,33 €	2,5%	-144 869,78 €
<i>Média</i>	65 765,13 €	5,0%	-105 541,15 €
<i>Desv Pad</i>	100 188,31 €	10,0%	-61 338,00 €
<i>Variância</i>	10037697788	20,0%	-15 212,33 €
<i>Assimetria</i>	-0,296659845	25,0%	2 900,90 €
<i>Curtose</i>	3,375930244	50,0%	69 065,28 €
<i>Mediana</i>	69 065,28 €	75,0%	134 303,65 €
<i>Moda</i>	65 806,20 €	80,0%	149 071,16 €
<i>X Esquerda</i>	-105 541,15 €	90,0%	189 747,45 €
<i>P Esquerda</i>	5%	95,0%	222 223,25 €
<i>X Direito</i>	222 223,25 €	97,5%	252 633,09 €
<i>P Direito</i>	95%	99,0%	284 265,59 €

Nota. Fonte: Elaborado pelo autor

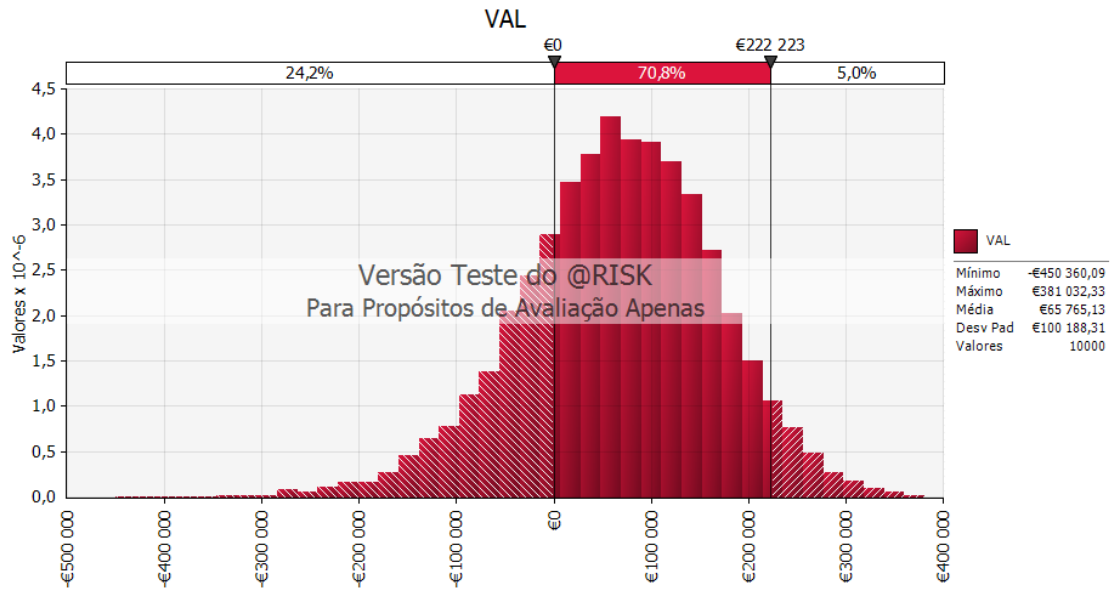


Figura 13: Simulação do VAL com 10 mil iterações

Nota. Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 14:

Estatística da Simulação com 100 mil iterações

<i>Estatísticas</i>		<i>Percentil</i>	
<i>Mínimo</i>	-465 704,06 €	1,0%	-198 885,96 €
<i>Máximo</i>	444 069,10 €	2,5%	-146 989,83 €
<i>Média</i>	65 940,62 €	5,0%	-106 187,87 €
<i>Desv Pad</i>	100 560,13 €	10,0%	-63 153,79 €
<i>Variância</i>	10112340087	20,0%	-14 343,83 €
<i>Assimetria</i>	-0,331780843	25,0%	3 100,78 €
<i>Curtose</i>	3,434409429	50,0%	70 653,03 €
<i>Mediana</i>	70 653,03 €	75,0%	134 127,03 €
<i>Moda</i>	69 501,12 €	80,0%	149 735,31 €
<i>X Esquerda</i>	-106 187,87 €	90,0%	189 854,68 €
<i>P Esquerda</i>	5%	95,0%	222 716,09 €
<i>X Direito</i>	222 716,09 €	97,5%	251 037,38 €
<i>P Direito</i>	95%	99,0%	283 091,06 €

Nota. Fonte: Elaborado pelo autor

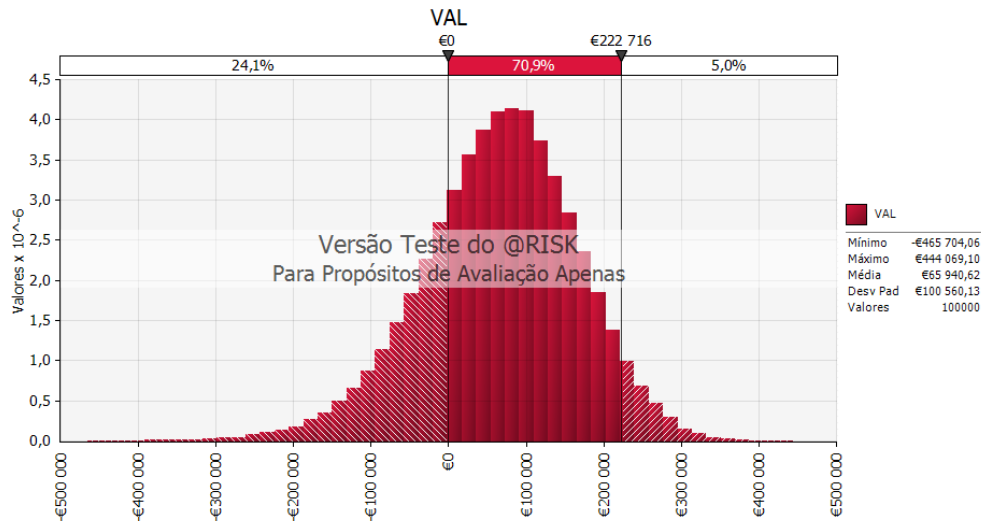


Figura 14: Simulação do VAL com 100 mil iterações

Nota. Fonte: Elaborado pelo autor

Para definir o tamanho da amostra, calculou-se o erro padrão de cada simulação. A simulação com 10 mil apresenta um erro padrão de 1001,88, enquanto que a simulação com 100 mil iterações apresenta um erro padrão de 318. Assim, optou-se por utilizar a simulação com 100 mil iterações.

4.3.4.1. Análise de Resultados

O VAL médio é de 65.940,62 euros, valor inferior ao apurado a partir do modelo determinístico (variação negativa de 27%). O valor máximo observado para o VAL foi de 444 069,10 euros, enquanto que o mínimo foi de - 465 704,06 euros. A amostra apresenta um desvio padrão de 100 560,13.

Análise de risco de um projeto de investimento – Método Monte Carlo

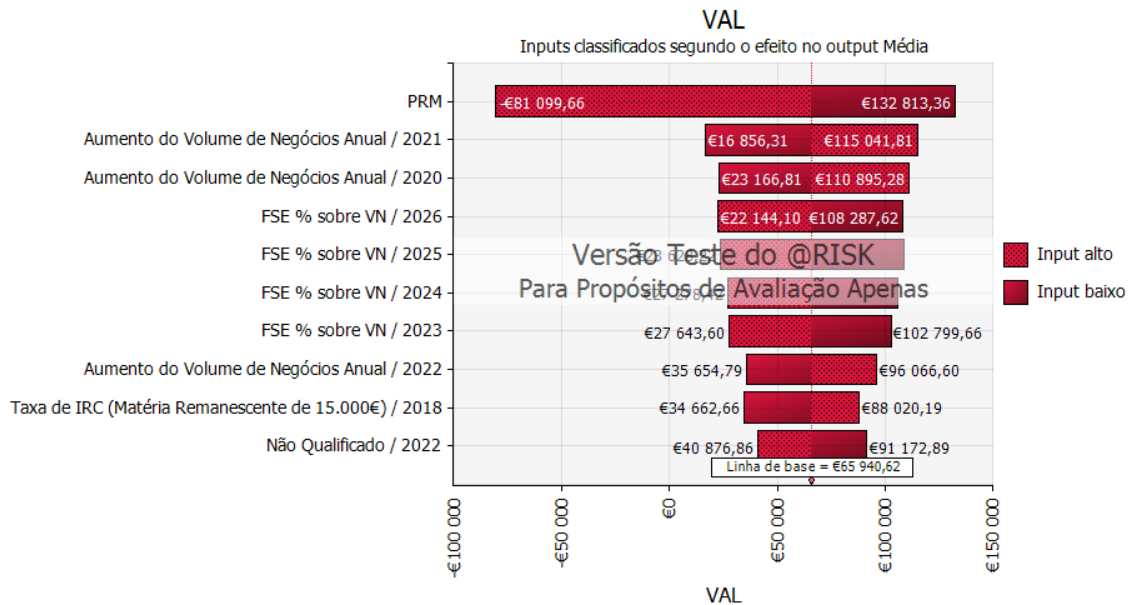


Figura 15: Análise do impacto das variáveis de entrada no VAL

Nota. Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 15 e a Figura 16 permitem verificar que as variáveis que têm maior correlação com o VAL são o Prémio de Risco do Mercado, seguido da Taxa de Crescimento do VN do ano 2021 e do ano 2020. Refira-se que o Prémio de Risco do Mercado apresenta um coeficiente de correlação de *Spearman* de -0,65, o que significa que a variável está correlacionada negativa e moderadamente com o VAL.

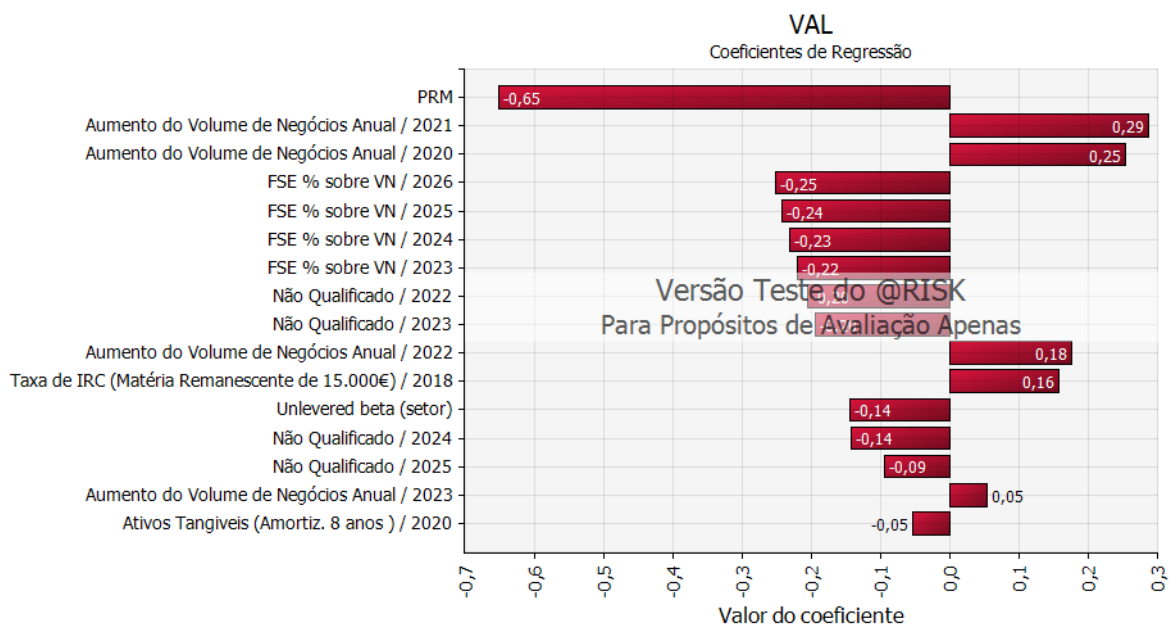


Figura 16: Análise de correlação entre as variáveis de entrada e o VAL

Nota. Fonte: Elaborado pelo autor

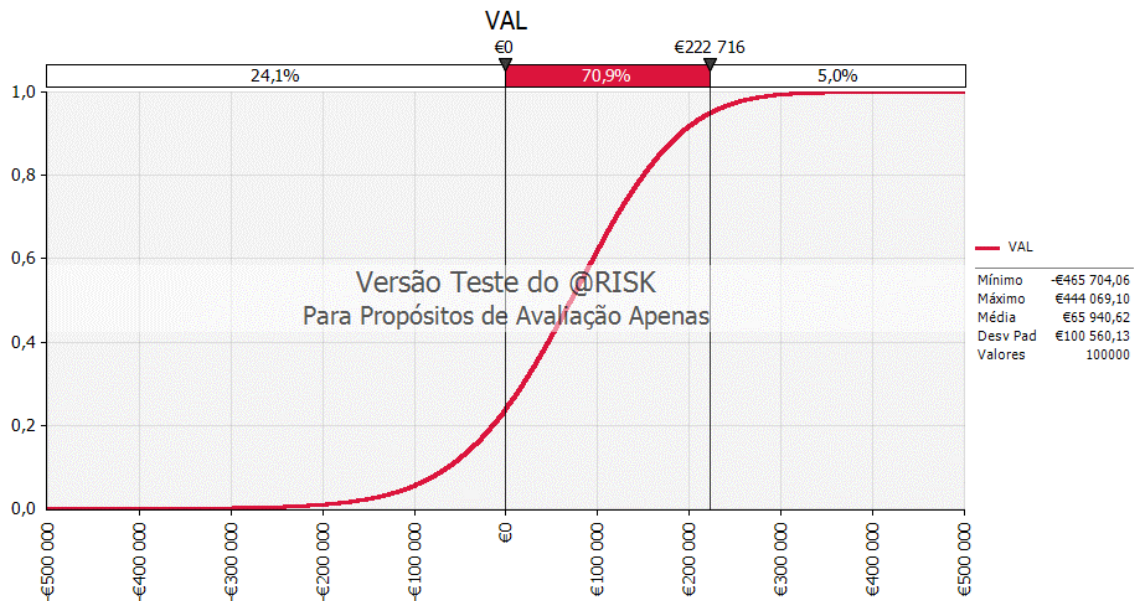


Figura 17: Distribuição de Frequência Cumulativa de Probabilidades do VAL

Nota. Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 17 permite concluir que, em 24,1% das observações, os valores obtidos para o VAL são negativos, ou seja, o projeto não é viável em 24,1% dos cenários construídos. Por outro lado, em 5% das observações o VAL foi inferior a -106 187,87 euros. No outro extremo, constatou-se que, em 5% das observações, o VAL é superior a 222 716,09 euros.

Savvides (1994) defende que nos casos em que o ponto máximo da distribuição de resultados é superior a zero, mas o ponto mínimo é inferior, então existe tanto probabilidade dos resultados obtidos serem positivos como serem negativos. Assim, a decisão de aceitar o projeto dependerá da predisposição do investidor para aceitar riscos.

Quanto à média e à mediana verificou-se que os valores não são exatamente coincidentes, como deveriam ser numa distribuição normal. A relação entre elas evidencia que a distribuição obtida não é totalmente simétrica.

O coeficiente de assimetria obtido, -0,331780843, demonstra a presença de uma assimetria negativa. Existe então a necessidade de formular o teste de hipótese para a assimetria dos dados, seguindo-se para o efeito os passos realizados por Saraiva (2008) no seu trabalho. Formularam-se as seguintes hipóteses:

$$H_0 = \text{Assimetria igual } 0;$$

$H_1 =$ Assimetria diferente de 0;

Sabendo que a Estatística de Teste é dada pela fórmula:

$$ET = \frac{\text{Assimetria}}{\sqrt{\frac{6}{n}}} \quad (6)$$

$$ET = \frac{-0,331780843}{\sqrt{\frac{6}{100000}}}$$

$$ET = -42,83272$$

Com um intervalo de confiança de 95%, ou seja, um nível de significância $\alpha = 5\%$, os valores padronizados para uma distribuição normal devem situar-se entre -1,96 e 1,96. Posto isto, rejeita-se a hipótese H_0 , logo existe evidência estatística suficiente para afirmar que a variável apresenta assimetria diferente de 0.

Já o coeficiente de achatamento (*Curtose*) permite validar se a distribuição tem um pico, ou seja, uma grande concentração de valores em torno da média. O coeficiente de *Curtose* obtido foi de 3,434409429. Numa distribuição normal é de 3 (mesocúrtica). Para reforçar esta análise foram formuladas as seguintes hipóteses:

$H_0 =$ Achatamento igual 0;

$H_1 =$ Achatamento diferente de 0;

Neste seguimento, para realizar a Estatística de Teste foi utilizada a seguinte fórmula (Saraiva, 2008):

$$ET = \frac{\text{Achatamento}}{\sqrt{\frac{24}{n}}} \quad (7)$$

$$ET = \frac{3,43440942885}{\sqrt{\frac{24}{100000}}}$$

$$ET = 221,6901754$$

Logo rejeita-se a hipótese H_0 , significa isto que existe evidência estatística suficiente para afirmar que a variável não apresenta uma distribuição plana.

De forma, a concluir a análise procedeu-se ao cálculo do intervalo de confiança para o valor esperado μ_A . Este intervalo de confiança é dado pela seguinte fórmula (Saraiva, 2008):

$$\mu_A \in \left[\bar{X} - z(\alpha / 2) \frac{S}{\sqrt{n}}, \bar{X} + z(\alpha / 2) \frac{S}{\sqrt{n}} \right] \quad \text{com } (1 - \alpha) \text{ de confiança (8)}$$

$$\mu_A \in \left[65940,62 \pm 1,96 \frac{100560,13}{\sqrt{100000}} \right] \quad \text{com 95\% de confiança.}$$

$$\mu_A \in [65317,34;66563,90]$$

Logo, pode-se garantir com 95% de confiança que o valor esperado do VAL, irá estar compreendido entre 65.317,34 euros e 66.563,90 euros.

Em suma, a análise de risco do projeto de investimento permite corroborar os sinais dados pela análise determinística, ou seja, o projeto é viável. O VAL médio da amostra gerada é superior a zero. Apesar disso, é necessário ter em conta que em 24,1% dos cenários gerados, o VAL obteve valores negativos e o mínimo foi de - 465 704,06 euros. Os gestores devem ainda estar atentos ao comportamento das variáveis Prémio de Risco do Mercado e Taxa de Crescimento do VN para os anos 2020 a 2021, que conforme observado, tem um elevado impacto no VAL apurado.

Neste sentido, os gestores podem adotar algumas medidas de forma a minimizar o risco associado a estas variáveis. Quanto ao Prémio de Risco do Mercado, trata-se de uma variável não controlável pela empresa. No entanto, a empresa pode optar por uma estratégia de diversificação de mercados geográficos. Relativamente à Taxa de Crescimento do VN, além da diversificação de mercados já referida, a empresa deve também seguir uma estratégia de diversificação de produtos. É importante a criação de produtos diferenciados, com maior valor acrescentado, que permitam à empresa entrar em novos nichos de mercado. A empresa deve ainda assegurar o aumento da capacidade produtiva, de forma a garantir resposta ao eventual crescimento do mercado, mantendo uma posição competitiva. De igual forma, deve

assegurar que existe eficiência produtiva para que consiga ter um preço competitivo, mantendo a margem de comercialização.

Conclusões

Com a realização do presente Projeto pretendia-se analisar a viabilidade económica de um projeto de investimento pela aplicação da análise de risco proposta por Hertz (1964), utilizando uma simulação lógico-matemática pelo Método de Monte Carlo (MMC). Neste sentido, foi analisado o projeto de inovação produtiva da empresa Freshwood.

Foram abordados os conceitos de risco e incerteza, bem como as suas implicações nos projetos de investimento e na forma como estes são avaliados. Nesta sequência, realçaram-se os métodos tradicionais ou determinísticos utilizados para avaliação de projetos de investimento, destacando a sua maior limitação, isto é, o facto de apenas incluírem a incerteza na análise económico-financeira através da aplicação de uma taxa de atualização. Para suprir esta limitação, a análise económico-financeira deve ser complementada com a análise de risco.

A análise de risco permite assim quantificar os riscos associados ao projeto, fornecendo ao gestor importantes informações para a tomada de decisão. Neste projeto, foi utilizada a simulação lógico-matemática pelo Método de Monte Carlo para realizar a análise de risco. Neste sentido, foram sintetizados os passos e ferramentas necessárias para a aplicação deste método, desde a construção do modelo à interpretação de resultados. De realçar que, para determinar as variáveis críticas ou de entrada para o modelo de simulação, foram utilizadas a análise de incerteza e a análise de sensibilidade.

Por fim, foi aplicada a análise de risco ao projeto desenvolvido pela empresa Freshwood. Neste contexto, foi analisado o meio envolvente da empresa, bem como os pressupostos utilizados para a estimação dos valores apresentados no projeto. Foi aplicada a metodologia abordada, concluindo-se que o projeto apresenta um VAL médio positivo. No entanto, existe o risco do VAL do projeto assumir valores negativos. Desta forma, a decisão de aceitar ou rejeitar o projeto será determinada pela predisposição do investidor para correr riscos.

Este Projeto permitiu assim desenvolver e aplicar a análise de risco num contexto real, reforçando a importância desta análise. Esta análise forneceu, ainda, informações pertinentes para a empresa, tais como as variáveis que apresentam maior risco para o sucesso do projeto. Espera-se que com a realização deste Projeto se consigam sensibilizar os analistas e

empresários para a importância da análise de risco como ferramenta de apoio à tomada de decisão.

Este estudo apresenta algumas limitações, nomeadamente quanto aos dados utilizados para realizar esta análise. De facto, seria importante que existissem dados mais concretos sobre a previsão do Volume de Negócios e dos Gastos CMVMC, tais como, quantidades vendidas, preço unitário de venda, quantidades de matérias-primas adquiridas, preço unitário da matéria-prima, entre outros. Face a estas limitações, foram tomadas as devidas medidas para se realizar a melhor análise possível.

Por fim, e atendendo a toda a pesquisa realizada e ao trabalho desenvolvido, sugere-se que no futuro, se realize um estudo que considere o efeito das opções reais no projeto, utilizando a simulação logico-matemática pelo Método de Monte Carlo para desenvolver o modelo de avaliação. Assim, seria possível quantificar o valor que as diferentes opções estratégicas possíveis teriam sobre o resultado do projeto.

Referências Bibliográficas

- Arnold, U., & Yildiz, Ö. (2015). Economic risk analysis of decentralized renewable energy infrastructures - A Monte Carlo Simulation approach. *Renewable Energy*, 77(1), 227–239.
- Aven, T. (2016). Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation. *European Journal of Operational Research*, 253(1), 1–13.
- Banco de Portugal (2019). Boletem Económico junho 2019. Consultado em julho de 2019. Disponível em: https://www.bportugal.pt/sites/default/files/anexos/pdf-boletim/be_jun2019_p.pdf
- Batra, R., & Verma, S. (2017). Capital budgeting practices in Indian companies. *IIMB Management Review*, 29(1), 29–44.
- Benallou, O., & Aboulaich, R. (2017). Improving capital budgeting through probabilistic approaches. *Review of Pacific Basin Financial Markets and Policies*, 20(03), 1750018 (21).
- Bennouna, K., Meredith, G. G., & Marchant, T. (2010). Improved capital budgeting decision making : evidence from Canada, *Management Decision*, 48(2), 225–247.
- Black, F., & Scholes, M. (1973). The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*, 81(3), 637–654.
- Block, S. (1997) Capital budgeting techniques used by small business firms in the 1990s. *The Engineering Economist*, 42(4), 289–302.
- Block, S. (2007). Are “real options” actually used in the real world? *The Engineering Economist*, 52(3), 255–267.
- Block, S. (2011). Does the weighted average cost of capital describe the real world approach to the discount rate? *The Engineering Economist: A Journal Devoted to the Problems of Capital Investment*, 56(2), 170–180.
- Burns, R., & Walker, J. (2009). Capital budgeting surveys: the future is now. *Journal of Applied Finance (Formerly Financial Practice and Education)*, 19(1–2), 78-90.

- Canada, J. (1967). The consideration of risk and uncertainty in capital investment analyses: a literature summary. *Management International Review*, 7 (6), 47-57.
- Cebola, A. (2017). Projectos de investimento de pequenas e médias empresas - elaboração e análise. (2ª Edição, Cap. 5, pp. 179-287) Lisboa: Edições Sílado.
- Cuthbert, J. R., & Magni, C. A. (2016). Measuring the inadequacy of IRR in PFI schemes using profitability index and AIRR. *International Journal of Production Economics*, 179, 130–140.
- Damodaran, A. (2002). Investment valuation: tools and techniques for determining the value of any asset. New York: John Wiley & Sons.
- Damodaran, A. (2019) Risk premiums for other markets. Consultado em setembro de 2019. Disponível em: <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>
- Damodaran, A. (2019) Levered and unlevered beta by industry. Consultado em setembro de 2019. Disponível em: <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>
- De Visscher, F., Aronoff, C. e Ward, J. (1995). Financing transitions: managing capital and liquidity in the family business, GA: Business owner resources.
- De Souza, P., & Lunkes, R. J. (2016). Capital budgeting practices by large Brazilian companies. *Contaduria y Administracion*, 61(3), 514–534.
- Gentle, J. E. (2003) Random number generation and Monte Carlo methods (2ª Edição). New York: Springer Science.
- Ghahremani, M., Aghaie, A., & Abedzadeh, M. (2012). Capital budgeting technique selection through four decades: with a great focus on real option. *International Journal of Business and Management*, 7(17), 98-119.
- Graham, J. R., & Harvey, C. R. (2001). The theory and practice of corporate finance: Evidence from the field. *Journal of Financial Economics*, 60, 187-243.
- Gitman, L. J., & Forrester, J. R., Jr. (1977). A survey of capital budgeting techniques used by major US firms. *Financial Management*, 6(3), 66–71.
- Gitman, L. J., & Vandenberg, P. A. (2000). Cost of capital techniques used by major US firms: 1997 vs. 1980. *Financial Practice and Education*, 10, 53-68.

- Hertz, D. (1964). Risk analysis in capital investment. *Harvard Business Review*, 4(1), 95-106.
- ISO (2009a). Risk management—Vocabulary. Guide 73:2009.
- ISO (2009b). Risk management—Principles and Guidelines. ISO 31000:2009.
- Lefley, F., (1996). The payback method of investment appraisal: a review and synthesis. *International Journal of Production Economics*, 44(3), 207-244.
- Lefley, F., (1997). Approaches to risk and uncertainty in the appraisal of new technology capital projects. *International Journal of Production Economics*, 53, 21-33.
- Lindblom, T., Sjögren, S., 2009. Increasing goal congruence in project evaluation by introducing a strict market depreciation schedule. *International Journal of Production Economic*, 121, 519–532.
- Kahneman, D. & Tversky, A. (1979). Prospect theory: an analysis of decision under risk. *Econometrica*, 47, 263–291.
- Karmperis, A. C., Sotirchos, A., Tatsiopoulos, I. P., & Aravossis, K. (2012). Environmental project evaluation: IRR-based decision support with a monte carlo simulation algorithm. *Civil Engineering and Environmental Systems*, 29(4), 291–299.
- Kemshall, H. (2000). Conflicting knowledges on risk: the case of risk knowledge in the probation service. *Health, Risk & Society*, 2(2), 143–158.
- Kierulff, H. (2008). MIRR: A better measure. *Business Horizons*, 51(4), 321–329.
- Kim, B. C., Shim, E., & Reinschmidt, K. F. (2013). Probability distribution of the project payback period using the equivalent cash flow decomposition. *Engineering Economist*, 58(2), 112–136.
- Klakegg, O., & Lichtenberg, S. (2016). Successive cost estimation – successful budgeting of major projects. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 226, 176–183.
- Kulakov, N. Y., & Kastro, A. (2015). Evaluation of nonconventional projects: GIRR and GERR vs. MIRR. *Engineering Economist*, 60(3), 183–196.
- Magalhães, M. C. (2006). Probabilidade e variáveis aleatórias. (2ª Edição). São Paulo:

Edups - Editora da Universidade de São Paulo.

- Magni, C.A., 2010. Average internal rate of return and investment decisions: a new perspective. *Engineering Economist*, 55(2), 150–181.
- Magni, C.A., 2013. The internal-rate-of-return approach and the airr paradigm: a refutation and a corroboration. *Engineering Economist*, 58(2), 73–111.
- Martinelli, G. do C., Schlindwein, M. M., Padovan, M. P., & Gimenes, R. M. T. (2019). Decreasing uncertainties and reversing paradigms on the economic performance of agroforestry systems in Brazil. *Land Use Policy*, 80(September 2018), 274–286.
- Meier, R., Newell, W., & Pazer, H. (1969). *Simulation in business and economics*. São Paulo: Prentice-Hall, 1969.
- Merton, R. C. (1973). Theory of rational option pricing. *The Bell Journal of Economics and Management Science*, 4(1), 141–183.
- Neves, J. C., Montezuma, J., & Laia, A. (2009). Análise de investimentos imobiliários. (1ª Edição, Cap. 8, pp. 215-254). Alfragide: Texto Editores.
- Oliveira, M.R.G., & Neto, L.B.N. (2012). Simulação de monte carlo e valuation: uma abordagem estocástica. *REGE - Revista de Gestão*, 19(3), 493-511.
- Pianosi, F., Beven, K., Freer, J., Hall, J. W., Rougier, J., Stephenson, D. B., & Wagener, T. (2016). Sensitivity analysis of environmental models: a systematic review with practical workflow. *Environmental Modelling and Software*, 79, 214–232.
- Pivorienė, A. (2017). Real options and discounted cash flow analysis to assess strategic investment projects. *Economics and Business*, 30(1), 91–101.
- Platon, V., & Constantinescu, A. (2014). Monte carlo method in risk analysis for investment projects. *Procedia Economics and Finance*, 15(14), 393–400.
- Project Management Institute, I. (2013). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide)*. (5ª Edição). Project Management Institute, Inc.
- Purnus, A., & Bodea, C.-N. (2013). Considerations on project quantitative risk analysis. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 74, 144–153.

- Rosa, C. A. (2016). Números aleatórios geração, qualidade e aplicações. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do ABC, Santo André, Brasil.
- Roseke, B. (2015). Checklists of potential project risks. Consultado em maio de 2019. Disponível em: <https://www.projectengineer.net/checklist-of-potential-project-risks/>
- Ryan, P. A., & Ryan, G. P. (2002). Capital budgeting practices of the fortune 1000: how have things changed? *Journal of Business and Management*, 8(4), 355–364.
- Salazar R., & Sen. S. (1968). A simulation model of capital budgeting under uncertainty. *Management Science*, 15(4), B161–B179.
- Saraiva, M. C. (2008). Análise de risco em projectos de investimento pelo método de monte carlo. Relatório de Estágio, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.
- Smith, D. J. (1994). Incorporating risk into capital budgeting decisions using simulation. *Management Decision*, 32(9), 20–26.
- Soares, I., Moreira, J., Pinho, C., Couto, J. (2015). Decisões de investimento - análise financeira de projetos. (4ª Edição, Cap. 6-7, pp. 187-249). Lisboa: Edições Sílabo.
- Toma, S., & Chiti, M. (2012). Risk and uncertainty. *Procedia Economics and Finance*, 3(12), 975–980.
- Virlics, A. (2013). Investment decision making and risk. *Procedia Economics and Finance*, 6(13), 169–177.
- Yard, S. (2000). Developments of the payback method. *International Journal of Production Economics*, 67(2), 155–167.

Anexos

Anexo A - Pressupostos

Pressupostos para Projeto	Previsional									
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Aumento do Volume de Negócios Anual	5,0%	18,0%	33,7%	39,9%	21,3%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%
Por aumento de capacidade	0,0%	11,0%	25,7%	30,9%	14,3%					
Por aumento de eficiência Produtiva	2,0%	2,0%	3,0%	4,0%	2,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
Por aumento valor acrescentado produto	1,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%
Por efeito da inflação	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%
% CMVMC sobre VN		38%	36%	34%	33%	33%	33%	33%	33%	33%
% FSE sobre VN		42%	37%	33%	32%	33%	33%	33%	33%	33%
Variação Custos com Pessoal	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%
Criação Líquida Emprego	0,0	10,0	9,0	4,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Altamente Qualificado (>= Nível 6)	0,0	2,0	2,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Não Qualificado	0,0	8,0	7,0	3,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Aumento anual de outros rendimentos e ganhos	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%
Aumento anual de outros gastos e perdas	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%

Taxa de Incentivo	55,0%
Taxa de Incentivo Não Reembolsável Inov	27,5%
Taxa de Incentivo Não Reembolsável Inter	45,0%
Taxa de IRC (Matéria Remanescente de 15.000€)	23,0%
Taxa de Juros Anual	2,5%
Periodo empréstimo (anos)	8
Fator Aumento de Inventários (Relativo ao Aumento de Vol. Negócios)	80,0%
Prazo Médio de Recebimento (Meses)	2,00
Prazo Médio de Pagamento (Meses)	2,00

Anexo B – Balanço Previsional

RUBRICAS	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
A T I V O										
Ativo não corrente										
Ativos fixos tangíveis	370676,85	756266,42	1307639,22	1105497,40	901088,92	734821,77	574658,96	429749,19	342964,92	256180,65
Ativos intangíveis	11000,00	10763,34	29953,34	17143,34	8000,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Inventários	0,00	93500,00	113696,00	132796,92	149794,92	156985,07	164520,35	172417,32	180693,35	189366,63
Clientes	0,00	137500,00	183796,25	257221,25	354481,04	375749,90	398294,90	422192,59	447524,15	474375,60
Caixa e depósitos bancários	129800,00	159600,00	151557,92	293488,32	387314,39	554970,44	594971,82	711927,42	771300,18	824807,18
TOTAL DO ATIVO	511476,85	1157629,76	1786642,73	1806147,23	1800679,29	1822527,18	1732446,03	1736286,52	1742482,59	1744730,06
CAPITAL PRÓPRIO E PASSIVO										
Capital realizado	15800,00	15800,00	15800,00	15800,00	15800,00	15800,00	15800,00	15800,00	15800,00	15800,00
Outros instrumentos de capital próprio	131335,37	301156,62	537413,80	543434,78	543434,78	543434,78	543434,78	543434,78	543434,78	543434,78
Reservas legais	0,00	0,00	2856,54	4911,41	4911,41	4911,41	4911,41	4911,41	4911,41	4911,41
Resultados transitados	0,00	-4900,00	49374,18	88416,79	136550,06	256866,51	273591,97	293902,03	318113,22	349635,30
Resultado líquido do período	-4900,00	57130,71	41097,49	50666,59	126648,89	167254,60	203100,65	242111,85	315220,85	349106,12
TOTAL DO CAPITAL PRÓPRIO	142235,37	369187,33	646542,00	703229,58	827345,14	988267,30	1040838,81	1100160,08	1197480,26	1262887,61
PASSIVO										
Passivo não corrente										
Financiamentos obtidos	234541,48	501981,29	959228,12	867982,65	702719,59	537456,53	372193,47	292442,67	166106,32	102625,45
Passivo corrente										
Fornecedores	134700,00	235827,66	108428,27	156667,44	184328,36	198391,65	210295,15	222912,85	236287,63	250464,88
Estado e outros entes públicos	0,00	26656,18	48467,04	54290,26	62308,90	74434,40	85141,30	96793,62	118631,08	128752,12
Financiamentos obtidos	0,00	23977,30	23977,30	23977,30	23977,30	23977,30	23977,30	23977,30	23977,30	0,00
TOTAL DO PASSIVO	369241,48	788442,43	1140100,73	1102917,65	973334,15	834259,88	691607,22	636126,44	545002,33	481842,45
TOTAL DO CAPITAL PRÓPRIO + PASSIVO	511 476,85	1 157 629,76	1 786 642,73	1 806 147,23	1 800 679,29	1 822 527,18	1 732 446,03	1 736 286,52	1 742 482,59	1 744 730,06

Anexo C – Demonstração de Resultados Previsional

Rendimentos e Gastos	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Vendas e serviços prestados	0,00	750000,00	1002525,00	1403025,00	1701509,00	1803599,54	1911815,51	2026524,44	2148115,91	2277002,86
Subsídios à exploração	0,00	32985,75	51195,32	13547,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CMVMC	0,00	285000,00	360895,00	477031,67	561513,98	595204,82	630917,11	668772,13	708898,46	751432,37
Fornecimentos e serviços externos	3450,00	315000,00	370912,50	462972,98	544456,22	595145,09	630853,79	668705,02	708827,32	751356,96
Gastos com o pessoal	1450,00	82679,00	155732,58	189647,23	213040,17	217300,97	221646,98	226079,91	230601,50	235213,53
EBITDA (Resultado antes de depreciações, gastos financeiros e impostos)	-4900,00	100306,75	166180,24	286920,33	382498,63	395948,66	428397,63	462967,37	499788,62	539000,00
Gastos/reversões de depreciações e de amortização	0,00	22200,50	108455,73	216651,82	213551,81	174267,15	160162,81	144909,77	86784,27	86784,27
EBIT (Resultado operacional)	-4900,00	78106,25	57724,51	70268,51	168946,82	221681,51	268234,82	318057,60	413004,35	452215,73
Juros e gastos similares suportados	0,00	5079,36	5519,98	5636,57	5636,57	5636,57	5636,57	4795,46	4795,46	0,00
Resultado antes de impostos	-4900,00	73026,89	52204,53	64631,93	163310,24	216044,93	262598,24	313262,14	408208,89	452215,73
Imposto sobre o rendimento do período	0,00	15896,18	11107,04	13965,34	36661,35	48790,33	59497,59	71150,29	92988,04	103109,61
RESULTADO LÍQUIDO DO PERÍODO	-4900,00	57130,71	41097,49	50666,59	126648,89	167254,60	203100,65	242111,85	315220,85	349106,12

Anexo D – Cálculo Taxa de juro sem risco

Data	Taxa
01/07/2017	0,4600%
01/08/2017	0,3500%
01/09/2017	0,3500%
01/10/2017	0,3700%
01/11/2017	0,3100%
01/12/2017	0,3000%
01/01/2018	0,4700%
01/02/2018	0,6600%
01/03/2018	0,5300%
01/04/2018	0,4800%
01/05/2018	0,4500%
01/06/2018	0,3300%
01/07/2018	0,2800%
01/08/2018	0,2900%
01/09/2018	0,3700%
01/10/2018	0,4000%
01/11/2018	0,3100%
01/12/2018	0,1900%
01/01/2019	0,1300%
01/02/2019	0,0600%
01/03/2019	0,0100%
01/04/2019	-0,0400%
01/05/2019	-0,1300%
01/06/2019	-0,3100%
Média	0,2489%

Anexo E – Investimentos Previsto

Ativo	Vida útil (anos)	2018	2019	2020	Totais
Ativos Tangíveis	20	370 676,85	0,00	0,00	370 676,85
Ativos Tangíveis	8	0,00	96 049,64	417 800,00	513 849,64
Ativos Tangíveis	7	0,00	0,00	28 134,60	28 134,60
Ativos Tangíveis	6	0,00	117 317,95	500,00	117 817,95
Ativos Tangíveis	5	0,00	73 431,82	192 445,90	265 877,72
Ativos Tangíveis	4	0,00	2 900,00	0,00	2 900,00
Ativos Tangíveis	3	0,00	106 500,00	14 638,03	121 138,03
Ativos Intangíveis	3	11 000,00	3 430,00	24 000,00	38 430,00
Não Amortizáveis		0,00	24 500,00	15 000,00	39 500,00
Investimento/ano		381 676,85	424 129,41	692 518,53	1 498 324,79
		25,5%	28,3%	46,2%	

Anexo F – Mapa Financiamento Previso

Rubricas	2019	2020	2021	TOTAL
Capitais Próprios (1)	147 135,37	155 160,92	213 503,71	515 799,99
Capital	15 800,00			15 800,00
Prestações Suplementares Capital	131 335,37	155 160,92	213 503,71	500 000,00
Autofinanciamento (2)	0,00	0,00	0,00	0,00
Capitais Alheios	234 541,48	268 968,48	479 014,82	982 524,78
Financiamento de Instituições de Crédito	57 991,48	35 697,32	98 129,63	191 818,43
Empréstimos por obrigações				0,00
Financiamento de Sócios/Accionistas	0,00	0,00	0,00	0,00
Suprimentos Consolidados (3)				0,00
Outras dívidas a Sócios/Acionistas				0,00
Fornecedores de Investimentos				0,00
Locação Financeira				0,00
Financiamento SI Inov	176 550,00	233 271,17	380 885,19	790 706,36
Outros				0,00
FINANCIAMENTO TOTAL	381 676,85	424 129,40	692 518,52	1 498 324,77
INVESTIMENTO TOTAL	381 676,85	424 129,41	692 518,53	1 498 324,77
INVESTIMENTO ELEGÍVEL TOTAL	321 000,00	424 129,41	692 518,53	1 498 324,77

Anexo G – Cálculo WACC

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
CA	234541,48	525958,59	983205,42	891959,95	726696,89	561433,83	396170,77	316419,97	190083,62
CP	369187,33	646542,00	703229,58	827345,14	988267,30	1040838,81	1100160,08	1197480,26	1262887,61
CA/CP	63,53%	81,35%	139,81%	107,81%	73,53%	53,94%	36,01%	26,42%	15,05%
Bel	1,37	1,50	1,91	1,68	1,44	1,30	1,18	1,11	1,03
Kel	4,00%	4,34%	5,49%	4,86%	4,19%	3,81%	3,46%	3,27%	3,05%
WACC	3,19%	3,26%	3,41%	3,34%	3,23%	3,15%	3,05%	2,99%	2,90%

Anexo H – Cálculo VAL

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
EBIT	-4900,00	78106,25	57724,51	70268,51	168946,82	221681,51	268234,82	318057,60	413004,35	452215,73
Imposto	0,00	17964,44	13276,64	16161,76	38857,77	50986,75	61694,01	73153,25	94991,00	104009,62
Resultados operacionais após impostos	-4900,00	60141,81	44447,87	54106,75	130089,05	170694,76	206540,81	244904,35	318013,35	348206,11
Dep, Imp, Provisões e VJV	0,00	22200,50	108455,73	216651,82	213551,81	174267,15	160162,81	144909,77	86784,27	86784,27
FM	-4900,00	104138,86	268177,56	448571,49	620975,79	790902,06	838373,31	962853,56	1020621,66	1109332,41
Varição FMN	-4900,00	109038,86	164038,70	180393,93	172404,31	169926,27	47471,26	124480,24	57768,10	88710,75
CAPEX	381676,85	424129,41	692518,53							
FCF	-381676,85	-450825,95	-703653,63	90364,64	171236,56	175035,65	319232,36	265333,88	347029,52	346279,63
WACC		3,192%	3,259%	3,410%	3,338%	3,232%	3,150%	3,054%	2,991%	2,904%
VAL	90007,32									