



LISBON  
SCHOOL OF  
ECONOMICS &  
MANAGEMENT  
UNIVERSIDADE DE LISBOA

**MESTRADO EM**  
**GESTÃO E ESTRATÉGIA INDUSTRIAL**

**TRABALHO FINAL DE MESTRADO**

DISSERTAÇÃO

UM MODELO PARA ANÁLISE DE RISCO PARA O  
DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS EM  
CONTEXTO DE INOVAÇÃO ABERTA

MARTA CATARINA TENERA FERNANDES

NOVEMBRO - 2020

**MESTRADO EM**  
**GESTÃO E ESTRATÉGIA INDUSTRIAL**

**TRABALHO FINAL DE MESTRADO**

DISSERTAÇÃO

UM MODELO PARA ANÁLISE DE RISCO PARA O  
DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS EM  
CONTEXTO DE INOVAÇÃO ABERTA

MARTA CATARINA TENERA FERNANDES

**ORIENTAÇÃO:**

PROF. DOUTOR JOSÉ MIGUEL ARAGÃO CELESTINO SOARES

PROF. DOUTOR RICARDO SIMÕES SANTOS

NOVEMBRO - 2020

## RESUMO

Num mundo cada vez mais competitivo e globalizado, as empresas têm explorado vantagens competitivas e diferenciação, com a colocação de novos produtos no mercado.

O processo de desenvolvimento de novos produtos é complexo, e exige recursos e competências que, frequentemente as organizações não dispõem. Deste modo, as organizações desenvolvem redes colaborativas, como é o caso de uma *Virtual Enterprise*, que fomentam essa partilha. No entanto, e tal como em todos os projetos, é necessário alocar recursos humanos (e não humanos), definir a cronologia do projeto, o orçamento e também, analisar os riscos a que a organização e o projeto em si, estão expostos.

A análise e gestão de risco, recorre de um modo geral a métodos tradicionais, os quais, e na sua maioria, não é tido em conta a subjetividade inerente a perceção do gestor responsável pela análise de risco, bem como a influência do projeto e as suas componentes nos diferentes domínios da organização.

Recorrendo à metodologia de estudo de caso, pretende-se com o presente trabalho, desenvolver uma metodologia de risco, que incorpore os aspetos acima descritos, associada ao desenvolvimento de novos produtos em Inovação Aberta, e no contexto de uma *Virtual Enterprise*. A abordagem desenvolvida, será suportada em métodos de inteligência artificial (Lógica *Fuzzy*), e a sua robustez será analisada através da sua aplicação a uma rede colaborativa, criada com o propósito de desenvolver um veículo elétrico *Plug-in* de elevada autonomia.

A partir do modelo desenvolvido, procura-se identificar e avaliar os níveis de risco envolvidos no processo de desenvolvimento de novos produtos, com o intuito de reduzir a incerteza e a ambiguidade inerente à análise de risco, por parte de um gestor bem como, estudar a influência do risco associado a cada componente, sobre o desenvolvimento do produto, e em particular sobre cada domínio da organização.

Em suma, realiza-se a apresentação e aplicação do modelo aqui proposto, para efeitos de melhoria do processo de análise de risco, contribuindo deste modo a discussão da problemática levantada.

**Palavras-chave:** Inovação Aberta, *Virtual Enterprise*, Desenvolvimento de Novos produtos, Gestão de Projetos, Gestão de Risco, Lógica *Fuzzy*

## ABSTRACT

In an increasingly competitive and globalized World, companies have been looking for competitive advantage and differentiation, with the placing of new products in the market.

New product development process is complex and requires resources and skills that Organizations frequently don't have. In this way, Organizations develop collaborative networks, as is the case of a Virtual Enterprise (VE), with the aim to foster this sharing. However, as in all projects, it's necessary to allocate human (and non-human) resources, define the project chronology, the budget and, also analyze the risks that the Organization and the project itself are exposed.

Analyses and Risk management generally rely on traditional methods most of which don't take into account, the subjectivity of the manager's perception and, the influence of the project and its components in the different areas or domains of the Organizations.

By using the case study methodology, with this dissertation, it's intended to develop a risk methodology, which incorporates the aspects above described, associated on new product development in Open Innovation, in a Virtual Enterprise (VE) context. The methodology developed it will be supported by an Artificial Intelligence model, (Fuzzy Logic), to implement in a collaborative network of 11 Industries and 3 Research and Development centers, in order to create a highly autonomy electric plug-in vehicle.

Based on the already developed method, it's attempted to identify and evaluate the risks involved in new product development process in order to reduce the uncertainty and inherent ambiguity in risk analysis by a manager, as well as, to study the influence of risk associated with each component on product development, and in particular on each area of the organization.

Finally, we make an application of the model, as a proposal to improve the risk analysis process, contributing to the discussion of the issues initially raised.

**Keywords:** Open Innovation, Virtual Enterprise, New Product Development, Project Management, Risk Management, Fuzzy Logic

## AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho de Mestrado, só foi possível graças à colaboração e contributo, de forma direta ou indireta de um conjunto de pessoas e Instituições, às quais quero exprimir algumas palavras de agradecimento e reconhecimento, em particular:

Ao Professor Doutor José Miguel Soares, expresso o meu profundo agradecimento pela disponibilidade manifestada para orientar este trabalho, pela orientação técnica e científica prestada, pela exigência de método e rigor, pela revisão crítica do texto e pelo interesse sempre demonstrado.

Ao Professor Doutor Ricardo Simões Santos, como Coorientador, o meu sincero e especial agradecimento pela incansável orientação científica prestada, pelo rigor e revisão crítica do texto, pelos comentários, esclarecimentos e sugestões. Obrigada, pelos profundos conselhos, pela acessibilidade e simpatia demonstradas, pela confiança que sempre me concedeu e pelo premente estímulo, que por vezes, se tornaram relevantes para a elaboração deste trabalho.

À minha família, que me apoia incondicionalmente, agradeço pela motivação, e exigência, pela compreensão e constante encorajamento.

Finalmente, e não menos importante, agradeço a todos os professores do Instituto Superior de Economia e Gestão (ISEG), que de uma forma direta ou indireta partilharam os seus conhecimentos e saberes durante o período em que frequentei esta Instituição. Foi a partir do conjunto de conhecimentos partilhados, da cultura e valores transmitidos que me formei como pessoa, desenvolvi competências e pensamento crítico, que me permitiram atingir hoje, mais um desafio a que me propus.

## ÍNDICE

<b>RESUMO</b> .....	<b>I</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>II</b>
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>III</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>IV</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>V</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>VI</b>
<b>GLOSSÁRIO DE TERMOS E ABREVIATURAS</b> .....	<b>VII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
2.1 <i>GESTÃO DE INOVAÇÃO E REDES COLABORATIVAS NO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS</i> .....	<b>3</b>
2.1.1 <i>Inovação Aberta e Fechada</i> .....	<b>4</b>
2.2 <i>GESTÃO DE PROJETOS E GESTÃO DE RISCO</i> .....	<b>6</b>
2.2.1 <i>Gestão de Projetos</i> .....	<b>6</b>
2.2.2 <i>Gestão de Risco</i> .....	<b>7</b>
2.2.3 <i>Modelos de Gestão de Risco</i> .....	<b>8</b>
2.3 <i>LÓGICA FUZZY</i> .....	<b>10</b>
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>14</b>
3.1. <i>PROBLEMÁTICA INICIAL E DESCRIÇÃO DO MODELO</i> .....	<b>14</b>
3.1.1 <i>Arquitetura do Modelo</i> .....	<b>17</b>
3.2 <i>IMPLEMENTAÇÃO EM SOFTWARE MATLAB</i> .....	<b>23</b>
<b>4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>26</b>
<b>5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES DE TRABALHO FUTURO</b> .....	<b>31</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>32</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>38</b>
ANEXO I – <i>TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE RISCO</i> .....	<b>38</b>
ANEXO II – <i>REGRAS DE INFERÊNCIA</i> .....	<b>40</b>
ANEXO III – <i>RESULTADOS OBTIDOS DA APLICAÇÃO DO SISTEMA DE INFERÊNCIA FUZZY</i> .....	<b>42</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Funções de pertinência para a variável "Temperatura" .....	12
Figura 2 - Sistema de Inferência <i>Fuzzy</i> .....	13
Figura 3 - Metodologia de Risco adotada.....	15
Figura 4 - Relação entre os riscos $RC_{S_{Csn}}$ e $RS$ .....	15
Figura 5 - Modelo proposto .....	17
Figura 6 - Implementação em <i>Matlab</i> , de acordo com os SIF considerados.....	24
Figura 7 - Combinações dos resultados obtidos de cada categoria de risco do SIF F1: a) Custo, b) Prazo, c) Desempenho .....	25
Figura 8 - <i>Virtual Enterprise</i> e diversidade dos processos envolvidos .....	27

## LISTA DE TABELAS

Tabela I - Valores relativos à variável linguística "Probabilidade de ocorrência (P)" e funções de pertença .....	21
Tabela II - Valores relativos à variável linguística "Impacto esperado (I)" e funções de pertença.....	22
Tabela III - Valores relativos à variável linguística "Nível de Risco (R)" e funções de pertença.....	22
Tabela IV - Tipo de variável utilizada: valores linguísticos e valores numéricos correspondentes .....	23
Tabela V - Descrição dos Componentes e parceiros envolvidos no desenvolvimento do veículo .....	26
Tabela VI - Dados e Resultados do Sistema de Inferência <i>Fuzzy</i> (SIF).....	29
Tabela VII - Resultados obtidos relativamente aos riscos dos Componentes e do Sistema .....	30
Tabela VIII - Dados utilizados no Sistema de Inferência <i>Fuzzy</i> (SIF); a) SIF F1 b) SIF F2 c) SIF F3.....	42
Tabela IX – Resultados obtidos do Sistema de Inferência <i>Fuzzy</i> .....	43
Tabela X - Resultados obtidos para o Risco de cada Componente do Sistema.....	44
Tabela XI - Resultados obtidos dos níveis de Risco do Sistema.....	45

## GLOSSÁRIO DE TERMOS E ABREVIATURAS

IA	Inovação Aberta
I&D	Investigação e Desenvolvimento
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge</i>
ISO	<i>International Organization of Standards</i>
MPI	Matriz de Probabilidade e Impacto
SIF	Sistema de Inferência <i>Fuzzy</i>
$C_{sn}$	Componente $n$ do Sistema
$IP_{C_{sn}}$	Impacto da categoria “Prazo” no Componente $n$ do Sistema
$PP_{C_{sn}}$	Probabilidade da categoria “Prazo” no Componente $n$ do Sistema
$ID_{C_{sn}}$	Impacto da categoria “Desempenho” no Componente $n$ do Sistema
$PD_{C_{sn}}$	Probabilidade da categoria “Desempenho” no Componente $n$ do Sistema
$IC_{C_{sn}}$	Impacto da categoria “Custo” no Componente $n$ do Sistema
$PC_{C_{sn}}$	Probabilidade da categoria “Custo” no Componente $n$ do Sistema
$RP_{C_{sn}}$	Risco da Categoria “Prazo” no Componente $n$ do Sistema
$RD_{C_{sn}}$	Risco da categoria “Desempenho” no Componente $n$ do Sistema
$RC_{C_{sn}}$	Risco da categoria “Custo” no Componente $n$ do Sistema
$RC_{C_{sn}}$	Risco do Componente $n$ do Sistema
$IP_{C_{sn} \rightarrow E}$	Impacto da categoria “Prazo” no domínio “Estratégia” do Sistema
$IP_{C_{sn} \rightarrow O}$	Impacto da categoria “Prazo” no domínio “Operações” do Sistema
$IP_{C_{sn} \rightarrow M}$	Impacto da categoria “Prazo” no domínio “Marketing” do Sistema
$IC_{C_{sn} \rightarrow E}$	Impacto da categoria “Custo” no domínio “Estratégia” do Sistema
$IC_{C_{sn} \rightarrow O}$	Impacto da categoria “Custo” no domínio “Operações” do Sistema
$IC_{C_{sn} \rightarrow M}$	Impacto da categoria “Custo” no domínio “Marketing” do Sistema
$ID_{C_{sn} \rightarrow E}$	Impacto da categoria “Desempenho” no domínio “Estratégia” do Sistema
$ID_{C_{sn} \rightarrow O}$	Impacto da categoria “Desempenho” no domínio “Operações” do Sistema

$ID_{Csn \rightarrow M}$	Impacto da categoria “Desempenho” no domínio “Marketing” do Sistema
$IP_{Csn \rightarrow DS}$	Impacto da categoria “Prazo” no Sistema
$ID_{Csn \rightarrow DS}$	Impacto da categoria “Desempenho” no Sistema
$IC_{Csn \rightarrow DS}$	Impacto da categoria “Custo” no Sistema
$I_{Csn \rightarrow E}$	Impacto do Componente $n$ no domínio “Estratégia” do Sistema
$I_{Csn \rightarrow O}$	Impacto do Componente $n$ no domínio “Operações” do Sistema
$I_{Csn \rightarrow M}$	Impacto do Componente $n$ no domínio “Marketing” do Sistema
$I_{Csn \rightarrow DS}$	Impacto do Componente no Sistema
$Dir\_Inf_{Csn}$	Influência direta do Componente $n$ no Sistema
$Ind\_Inf_{Csn}$	Influência indireta do Componente $n$ no Sistema
$IndRS_{Csn}$	Influência do Componente $n$ no Risco do Sistema
$RS$	Risco do Sistema
$I_{RS \rightarrow E}$	Impacto externo no domínio “Estratégia” do Sistema
$P_{RS \rightarrow E}$	Probabilidade externa no domínio “Estratégia” do Sistema
$I_{RS \rightarrow O}$	Impacto externo no domínio “Operações” do Sistema
$P_{RS \rightarrow O}$	Probabilidade externa no domínio “Operações” do Sistema
$I_{RS \rightarrow M}$	Impacto externo no domínio “Marketing” do Sistema
$P_{RS \rightarrow M}$	Probabilidade externa no domínio “Marketing” do Sistema
$I_{RS \rightarrow DS}$	Impacto externo no Sistema
$P_{RS \rightarrow DS}$	Probabilidade externa no Sistema
$RS_{Csn}$	Risco do Sistema influenciado pelo Componente $n$
$I_{\rightarrow DS}$	Impacto do componente $n$ num dado domínio (DS) do Sistema
$P_{\rightarrow DS}$	Probabilidade do componente $n$ num dado domínio (DS) do Sistema

## 1. INTRODUÇÃO

O mundo globalizado da atualidade, caracterizado por processos de integração económica, social, cultural, política e tecnológica, têm estimulado as organizações a adotar estratégias inovadoras, a incorporar no desenvolvimento dos seus produtos e processos de gestão. Mergulhadas num espaço de inovação tecnológica, facilidades de obtenção de capital, partilha e transferência de conhecimento, estas instituições procuram incessantemente por se superar a si e ao mercado envolvente, através do benefício de vantagens competitivas e diferenciação (Altuntas, Özsoy & Mor, 2019; Choi *et al.*, 2020).

No entanto, este espaço dinâmico, é acompanhado de incerteza, complexidade, crises e conflitos que, requerem uma gestão cuidada do seu risco, pois só assim será possível aproveitar as oportunidades e mitigar eventos menos positivos (ISO Guide, 2009).

Neste seguimento, os processos de análise e gestão de risco, foram ganhando maior notoriedade, e as Organizações começaram a integrar processos cada vez mais específicos e direcionados para os seus produtos ou áreas da organização, e a adotar ferramentas que permitiam resolver o problema da subjetividade inerente à perceção humana na análise de risco, e estudar o impacto de um produto na sua organização, o que não acontecia nas abordagens tradicionais (Santos *et al.*, 2020).

Neste sentido, assiste-se atualmente, a uma tendência das organizações, na adoção de técnicas de gestão de risco cada vez mais viáveis e que geram *outputs* reais.

Neste contexto, surge um método de Inteligência Artificial, baseado em lógica difusa (Lógica *Fuzzy*), na qual, e a partir de um conjunto de observações e integração de técnicas de controle, permite expressar em termos matemáticos, informação imprecisa e vaga, através da aplicação de um conjunto de regras linguísticas (Santos *et al.*, 2021).

O termo Lógica *Fuzzy*, apresenta diversas aplicações nas áreas da saúde, robótica, sistemas inteligentes, previsão estatística e nos setores produtivos: indústrias de aviação, eletrodomésticos, agricultura (Gharajeh & Jond, 2020; Kahraman, Deveci, Boltürk & Türk, 2020; Singh & De, 2020).

Interligando estes conceitos, o presente trabalho visa propor e estudar a viabilidade da implementação de um modelo de análise de risco numa rede colaborativa, num contexto de Inovação Aberta, recorrendo para o efeito, ao estudo da implementação do modelo Lógica *Fuzzy*, numa *Virtual Enterprise*, com o objetivo de analisar e medir o impacto de um produto no todo da sua organização, resolver o problema da subjetividade

inerente à perceção humana na análise de risco e auxiliar na escolha de um parceiro de rede.

Uma *Virtual Enterprise* consiste numa rede de inovação colaborativa que incorpora um conjunto de empresas independentes que agregam competências, recursos e conhecimento, com o objetivo de explorar uma determinada oportunidade de mercado (Ferreira *et al.*, 2017).

Para o efeito, será analisado o caso de estudo, relativo ao desenvolvimento de um veículo híbrido *Plug-in* que pode atingir uma autonomia de 350 km, sem necessidade de recarregamento. Adicionalmente, este veículo apresenta um *design* aerodinâmico que garante uma maior autonomia e eficiência energética.

No que respeita à estrutura e organização do presente trabalho, este encontra-se dividido em cinco capítulos, sendo o primeiro capítulo a presente introdução.

No capítulo 2, é realizado um enquadramento teórico do tema, através de uma revisão de literatura, onde se descreve a evolução do contexto e processo de desenvolvimento de novos produtos, e o conceito de Inovação Aberta.

De seguida, é abordado o conceito de gestão de projetos e o seu processo de desenvolvimento bem como, os diferentes modelos de análise e avaliação do risco inerente aos mesmos. Através da revisão de literatura é realizada uma pequena introdução à problemática.

No capítulo 3, é descrita a metodologia de investigação utilizada, bem como as principais questões associadas à problemática criada, sendo que no capítulo 4, se procura levantar a discussão acerca da viabilidade da implementação do modelo para análise do risco numa rede colaborativa, apresentando as dificuldades encontradas, eventuais incompatibilidades e formas de superação das mesmas. Adicionalmente, procura-se discutir sobre eventuais vantagens a obter através da implementação do modelo.

Por fim, no capítulo 5, apresentam-se as conclusões e limitações do trabalho realizado bem como, recomendações para investigação futura.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 *Gestão de Inovação e redes colaborativas no desenvolvimento de novos produtos*

O mundo empresarial globalizado da atualidade, é caracterizado como um espaço dinâmico. Devido à Internet, inovação tecnológica e facilidades na obtenção de capital têm permitido às empresas encurtar distâncias, reduzir custos e beneficiar os seus consumidores. Esta realidade, traduz-se num desafio para as novas empresas e estas, de forma a garantirem a sua sobrevivência, procuram incessantemente pela obtenção de vantagens competitivas e diferenciação (Genç & Benedetto, 2015; Choi *et al.*, 2020).

Atualmente, com o intuito de corresponder às exigências dos consumidores e do mercado, (Altuntas *et al.*, 2019), os processos e ritmos de introdução de novos produtos têm apresentado uma estrutura complexa (Genç & Benedetto, 2015; Kiran, 2019).

Segundo a abordagem tradicional de Ulrich, Eppinger e Yang (2020), o processo de desenvolvimento de novos produtos resulta em ciclos de conceção longos, que ocorrem de forma sequencial e isolada e agregam seis fases: planeamento, desenvolvimento do conceito, *design* do sistema, detalhe do projeto, teste e melhorias e por fim, entrada em produção (Cooper, 1990). No entanto, este processo apresenta limitações e nesse seguimento Cooper desenvolveu o modelo *Stage-Gate* (Cooper, 2008).

O Modelo *Stage-Gate* consiste num processo de desenvolvimento de novos produtos baseado na otimização de recursos, cuja metodologia se divide em cinco etapas distintas, as denominadas *Stage*, acompanhadas por cinco portas, *Gate*. Cada uma das etapas é composta por equipas pluridisciplinares, responsáveis pelo incremento de um conjunto de tarefas (Kiran, 2019; Bianchi, Marzi & Guerini, 2020). A particularidade deste processo encontra-se nas *gate* presentes no final de cada uma das cinco etapas. Estas correspondem a pontos de avaliação ou pontos de decisão, nos quais são analisados os resultados obtidos, o esforço previsto e gasto bem como, os riscos inerentes antes do início da etapa seguinte.

Ao longo dos anos, o modelo de Cooper foi sofrendo melhorias, fomentadas por empresas transformadoras, passando o modelo a contemplar flexibilidade, decisões de continuidade condicionais, foco e fluidez de informação (Cooper, 2014).

Atualmente, algumas Organizações têm adotado uma abordagem XPTO, que através do uso de interfaces, permitem explorar as interações com os parceiros (Santos, Abreu & Anes, 2019).

No seguimento das tendências e transformações descritas, a gestão da inovação também enfrentou novos paradigmas, tornando-se um fator crítico para a redução de custos, melhoria de qualidade e desempenho (Sağ, Sezen & Güzel, 2016), que, conseqüentemente se refletem em competitividade e ganhos financeiros (Lu, Yuan & Wu, 2017).

Nesta sequência, o conceito de inovação foi evoluindo, desde a Proposta de Schumpeter (1934) a Chesbrough (2003) e, de acordo com o Manual de Oslo (OCDE, 2018), desenvolvido pela OCDE, com o intuito de orientar e padronizar conceitos: «*Uma inovação é (...) o desenvolvimento de um produto ou processo novo ou melhorado (ou a sua combinação), que difere significativamente dos produtos ou processos já existentes, e que pode ser caracterizado como um novo produto ou parte integrante de um processo*».

### 2.1.1 Inovação Aberta e Fechada

Sendo o conceito de inovação tão irrestrito, as formas de inovação podem ser organizadas em quatro categorias: inovação de produto, processo, comercial e organizacional (OCDE, 2018). Adicionalmente, para além da classificação apresentada, a inovação pode ser analisada quanto à sua natureza: inovação incremental e inovação radical. Uma inovação incremental expressa-se em pequenas mudanças, resultantes da incorporação de novos ou melhorados elementos num produto, processo, serviço ou atividade de produção existente, e no qual é reforçado o *design* dominante. Por outro lado, uma inovação radical apoia-se no desenvolvimento de produtos, serviços ou processos novos, constituídos por especificações tecnológicas que incorporam novas funcionalidades (Lennerts, Schulze & Tomczak, 2020), com o intuito de apoiar as empresas a obter vantagens competitivas e, auxiliar no desenvolvimento das indústrias (Lyu, Zhu, Han, He & Bao, 2020).

Relembrando contextos passados, entre a década de 1950 a 1980, o processo de inovação era regulado por uma visão linear, no qual de forma sequencial e hierárquica se passava da investigação fundamental (ciência) para a investigação aplicada (tecnologia), e desta, para o desenvolvimento, produção e comercialização do produto. Neste Modelo,

a inovação tinha a sua origem, sobretudo, na descoberta científica resultante de atividades de I&D, as quais eram tipicamente realizadas em instituições públicas e de ensino superior, e só de um modo secundário pelas próprias empresas (Rothwell, 1992).

Kline e Rosenberg (1986) criticam o modelo linear, considerando que este distorce a realidade do processo de inovação quanto à sua natureza e origem. Deste modo, desenvolveram o Modelo das “ligações em cadeia”, que defende que a inovação é um processo resultante da interação entre os agentes envolvidos, e cujas atividades determinam e são determinadas pelo mercado (Choi *et al.*, 2020). Segundo este modelo, existem cinco vias possíveis de inovação: cadeia central de inovação, efeitos de *feedback* e retroação, conhecimentos acumulados, inovações radicais e *feedback* dos produtos.

Por sua vez, as atividades de inovação não se circunscrevem apenas ao âmbito tecnológico e neste seguimento, Caraça e Mendonça (2006), propõem o Modelo de Interações em Cadeia, constituído por três interfaces que representam os fluxos de competências e transferência de conhecimento entre a atividade inovadora e o meio envolvente. No entanto, o conhecimento interno tornou-se insuficiente para acompanhar e responder aos novos desafios do mercado (Choi *et al.*, 2020), e nesse sentido, as empresas optaram por integrar redes de colaboração numa lógica de partilha e acesso a conhecimentos, o que constitui um caso específico de Inovação Aberta (IA).

A Inovação Aberta (IA) consiste num conjunto de fluxos de entrada e saída de conhecimento, que permitem acelerar o processo de inovação ao nível de uma empresa, bem como, alargar e penetrar em novos mercados para a utilização externa dessa inovação. A IA assenta em princípios tais como: abertura ao exterior, especialização, colaboração, perspetiva global, exploração interna e externa de I&D.

Para Saeed, Yousafzai, Paladino e De Luca (2015) a IA é muito mais do que uma dicotomia entre aberto e fechado, correspondendo a diferentes graus de abertura. Desse modo, dividiram a IA em dois grupos: *Inside-out* e *Outside-in*. O processo *Inside-out* corresponde ao fluxo de conhecimento de dentro para fora da empresa, cuja partilha pode ocorrer na forma de concessão de licenças a parceiros, patentes ou partilha de tecnologia. Por outro lado, o processo *Outside-in* define-se pela integração de conhecimento externo, proveniente de clientes, fornecedores ou de outras empresas, nas atividades internas da empresa.

Um exemplo de processo *Outside-in* são as redes. De acordo com Galvin *et al.*, (2020): «*Entende-se por Rede um grupo de indivíduos que (...), se relacionam entre si, com um fim específico, caracterizando-se pela existência de fluxos de informação. As redes podem ter muitos ou poucos atores e uma ou mais categorias de relações (...)*». Adicionalmente, as redes apresentam uma natureza dinâmica e são o resultado da criação e abandono de relações que se revelam muito ou pouco relevantes, correspondentemente.

O acesso a conhecimentos e complementaridade de recursos são a razão pela qual as redes colaborativas e as relações interorganizacionais se caracterizam como grande motor da inovação (Stock, Tsai, Jiang & Klein, 2020). Complementarmente, a este termo, existem as redes de inovação colaborativa que se caracterizam pela inexistência de uma hierarquia organizacional e cujas relações são predominantemente virtuais (Wei, Zhang, Ke & Chen, 2019).

Uma *Virtual Enterprise* (VE), é um exemplo de rede de inovação colaborativa, e surge geralmente, para desenvolver produtos/sistemas específicos, unindo diferentes competências e recursos de um conjunto de parceiros para atingir elevados níveis de inovação a baixo custo. Esta rede é desenvolvida por um conjunto de empresas independentes, que agregam competências e recursos, com o objetivo de explorar uma determinada oportunidade de mercado. Após a concretização dessa oportunidade, a rede é desfeita ou reconfigurada para o desenvolvimento de uma nova oportunidade. Assim, a VE apresenta-se como uma “nova lógica estratégica” na qual, através de uma rede reconfigurável as empresas mobilizam recursos e processos, em vez de os possuírem (Lyu *et al.*, 2020). De forma a garantir o próspero funcionamento de uma VE, deve existir um alinhamento das tarefas a realizar, de forma a serem aproveitadas as competências de cada parceiro na satisfação dos requisitos e objetivos estipulados (Ferreira *et al.*, 2017).

## 2.2 *Gestão de Projetos e Gestão de Risco*

### 2.2.1 *Gestão de Projetos*

Segundo o *Project Management Institute* (PMI), organização não governamental orientada para a disseminação das melhores práticas de gestão de projetos internacionalmente, um projeto consiste numa atividade temporária, que possui um início e um término bem definidos, e que tem como objetivo o desenvolvimento de um produto, serviço ou resultado, tangível ou intangível (PMBOK, 2017).

De acordo com Chapman e Ward (2003), o processo de desenvolvimento de um projeto deve seguir um conjunto de passos, que incluem: a definição dos Intervenientes, Objetivos, Objeto, Planeamento, Recursos, Agendamento e Caracterização do Ciclo de Vida. Complementarmente, de forma auxiliar na definição deste processo, estes autores, apresentaram um conjunto de questões “Os seis W’s” associadas aos passos descritos: “*Quem são os Intervenientes?*”, “*Com que motivações?*”, “*O que é que procuram?*”, “*Como será atingido?*”, “*Com que recursos?*” e “*Quando será realizado?*”.

A aplicação de conhecimentos, competências e técnicas às atividades de um projeto, bem como, o planeamento, delegação, monitorização e controle de todos os aspetos do mesmo consistem no conjunto de atividades geridas por um Gestor de Projeto (Ferreira *et al.*, 2017). Suplementarmente, este apoia os atores envolvidos, a fim de atingir os objetivos e garantir o cumprimento e desempenho esperado, tendo em consideração, as limitações orçamentais e de recursos, o tempo, a qualidade e o risco (Kerzner, 2017).

Sendo os projetos conjuntos de atividades articuladas, além da adoção das melhores práticas de gestão, estes exigem, a capacidade de gerir a incerteza e mudança, causadas pelos processos inovadores e pelos riscos de falha inerente (Marle, 2020).

### 2.2.2 Gestão de Risco

Com o objetivo de guiar as melhores práticas e procedimentos, a *International Organization of Standards (ISO)* definiu um conjunto de normas (família de normas 31000) associadas à Gestão de Risco, apresentadas no documento ISO Guide (2009). E, segundo o exposto neste guia, o risco não é mais o efeito do acaso ou probabilidade de perda mas, “*o efeito da incerteza sobre os objetivos*”.

A lógica descrita é sustentada por Kerzner (2017), que na sua definição, afirma que o risco é o resultado da combinação das consequências ou alteração das circunstâncias de um evento, e a probabilidade da sua ocorrência. À vista disso, este autor definiu quantitativamente o risco e, definiu o risco de cada evento como a função:

$$\text{Risco} = f(\text{probabilidade}, \text{impacto}) \quad (1)$$

De acordo com a FERMA (2003) (*Federation of European Risk Management Associations*), o risco é implícito à ação e, a sua gestão é uma atividade fulcral na gestão estratégica das organizações. É através deste processo que as empresas analisam os riscos inerentes às suas atividades, tomam decisões tendo em consideração a incerteza,

probabilidade de ocorrência e respetivos efeitos com o objetivo de atingirem vantagens competitivas em cada atividade individual e no seu conjunto (Marle, 2020).

No âmbito da gestão de projetos, o PMBOK (2017) define a gestão de risco como: «...evento ou condição incerta que, se ocorrer, provocará um efeito positivo ou negativo em um ou mais objetivos do projeto...». Sendo uma componente relevante na gestão de projetos, a gestão de risco compreende os processos de Identificação, Análise, Estimativa e Tratamento de riscos com o intuito de reduzir as probabilidades e impacto de ocorrências negativas e fomentar o das ocorrências positivas (Cagliano, Grimaldi & Rafele, 2015).

De notar que os riscos negativos e positivos estão interligados às ameaças e oportunidades de um projeto. Nesta lógica, é fundamental mitigar os prejuízos e perdas de valor e, explorar os benefícios criando valor acrescentado ao projeto (Marle, 2020).

Relembrando o exposto acima, relativamente ao processo de definição de um projeto, segundo os mesmos autores, as seis questões de auxílio à definição de um projeto podem corresponder à origem de incerteza (ou riscos) pois, na fase de conceptualização de um projeto a incerteza é maior. Deste modo, a perceção dos riscos e a sua gestão devem estar presentes desde os estágios iniciais de desenvolvimento de um projeto pois, uma definição cuidada e rigorosa é a primeira medida da Gestão de Risco (PMBOK, 2017).

### 2.2.3 Modelos de Gestão de Risco

A revisão bibliográfica realizada no contexto do presente trabalho, permitiu identificar um conjunto de abordagens de avaliação de risco. Estas abordagens, tais como a metodologia processual apresentada pelo PMBOK, e os métodos da ISO/IEC 31010, apesar de apresentarem aspetos em comum, cada uma evidência as suas particularidades.

O método apresentado pelo PMBOK integra uma metodologia processual que engloba 6 fases: o planeamento, gestão, identificação de riscos, análise qualitativa e quantitativa, o planeamento de resposta e por fim, o controlo. No caso da norma ISO/IEC 31010 este processo integra métodos lógicos e ordenados, para a comunicação e consulta, estabelecimento de contexto, avaliação de riscos que engloba a sua análise, estimativa e avaliação, tratamento de riscos e por fim, monitorização e revisão.

A primeira etapa denominada por planeamento, segundo o PMBOK (2017), corresponde à fase de agregação da informação necessária ao processo de gestão de risco. Para tal, é tido em consideração o contexto interno do projeto que corresponde aos

Intervenientes, Objetivos, Objeto, Planeamento, Recursos e Agendamento, e o contexto externo que abrange a envolvente/ambiente em que a organização opera. Após a agregação da informação, são aplicados os processos de identificar, descrever e registar riscos. Para esta análise, os métodos adotados podem ser de carácter factual ou, processual em que a identificação de riscos é realizada por meio de técnicas indutivas, tais como o HAZOP (Cagliano *et al.*, 2015).

A avaliação de risco, terceira fase deste processo, consiste na compreensão e estimativa dos riscos identificados, com intuito de os classificar e priorizar. Para Kerzner (2017) este processo contínuo envolve estimar a probabilidade de ocorrência de cada evento e converter esse resultado num nível de risco correspondente.

A avaliação do risco pode ser de natureza qualitativa, quantitativa ou ambas. Esta escolha dependerá do definido na fase de planeamento, do nível de detalhe exigido, da informação disponível e/ou da decisão da organização. Uma avaliação de natureza qualitativa caracteriza-se pela atribuição a cada evento, de uma classificação de potencial do risco. Esta classificação depende do contexto do projeto e, geralmente é realizada uma atribuição por: risco alto, médio ou baixo. Consoante o grau de precisão exigido, podem ser atribuídos graus intermédios de risco (Kerzner, 2017).

Uma avaliação desta natureza, pode recorrer a uma ferramenta, Matriz de Probabilidade e Impacto (MPI), que permite de forma visual identificar quais os riscos a que se deve dar maior ou menor relevância (Kerzner, 2017).

Por outro lado, quando é exigida uma estimativa numérica dos impactos nos objetivos definidos para o projeto, uma avaliação de natureza quantitativa é a mais aconselhada, pois os resultados podem ser expressos em termos de variáveis mensuráveis.

As ferramentas apresentadas, podem funcionar de forma complementar, no sentido em que a avaliação qualitativa pode ser parte integrante do processo de avaliação quantitativa na priorização dos riscos. Adicionalmente, dependendo do âmbito, contexto, recursos ou nível de exigência, podem ser adotadas diversas técnicas (Kerzner, 2017).

Do conjunto de ferramentas de auxílio à avaliação de risco presentes na literatura, a norma ISO/IEC 31010: 2019 – “*Risk management – Risk assessment techniques*”, define um conjunto de técnicas para identificar e compreender o risco, no âmbito da gestão de projetos. Complementarmente a esta, Cagliano *et al.* (2015) agregaram numa

tabela, Anexo I, as técnicas e ferramentas de gestão de risco em projetos, desenvolvidas por diversos autores presentes na literatura.

As conclusões face à avaliação de risco, permitirão à organização delinear uma estratégia. Segundo o PMBOK (2017), se um determinado risco for considerado como uma ameaça, a estratégia de atuação poderá ser a de prevenir, mitigar, transferir ou aceitar. Por outro lado, se se tratar de uma oportunidade então, dever-se-á explorar, maximizar, partilhar ou aceitar o risco.

No contexto do presente trabalho, a abordagem a adotar prender-se-á pela Avaliação do Risco, com foco na análise dos riscos negativos que constituem ameaças ao cumprimento dos objetivos de um projeto, e o modelo desenvolvido, de auxílio a essa mesma avaliação, terá como base, a Lógica *Fuzzy*, mencionada no estudo de Cagliano *et al.* (2015) e frequentemente utilizada na modulação de risco.

Concluindo, na última fase, fase de tratamento de riscos, são definidas as ações que permitirão a efetivação da estratégia. Esta fase segue um processo cíclico de reavaliação do risco, com o intuito de identificar a necessidade de abordagens adicionais.

### 2.3 Lógica Fuzzy

A Teoria de Conjuntos *Fuzzy* desenvolvida por L.A. Zadeha, no ano 1965, com base na teoria clássica dos conjuntos, consiste numa ferramenta matemática que, por meio da aplicação de um conjunto de regras linguísticas de inferência, permite expressar em termos matemáticos informação imprecisa e vaga. No seguimento da aplicação desta ferramenta, surge um modelo ou sistema de inferência que, com base na combinação regras linguísticas previamente definidas, mapeia conjuntos *fuzzy* de entrada em conjuntos *fuzzy* de saída. Após uma análise dos conjuntos *fuzzy* de saída é possível atribuir um nível de risco a cada componente do sistema e ao sistema (Abreu, Martins & Calado, 2018).

As regras linguísticas a aplicar, podem ser expressas através de implicações de lógica condicional na forma *IF... THEN*, que representam uma relação entre o antecedente *A* e o conseqüente *B*,  $R_{A \rightarrow B}$ .

Segundo a Teoria Clássica dos Conjuntos, considerando um conjunto *A* integrado num universo *X*, os elementos desse universo podem pertencer ou não àquele

conjunto. A isto, dá-se o nome de conceito de pertença de um elemento  $x$  a um determinado conjunto, definido pela função,  $f_A$  :

$$f_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{se e somente se } x \in A \\ 0 & \text{se e somente se } x \notin A \end{cases} \quad (2)$$

No seguimento da função apresentada, Zadeh com o intuito de alargar o conjunto de valores que a função podia assumir, desenvolveu o conjunto *fuzzy*, no qual esta função podia assumir um número infinito de valores compreendidos no intervalo  $[0,1]$ . Deste modo, um  $f_A$ , conjunto *fuzzy*  $A$  pertencente a um universo  $X$ , pode ser definido pela função de pertença  $\mu_A(x) : X \rightarrow [0,1]$ , e representado pelo conjunto de pares ordenados em que  $\mu_A(x)$  representa o grau de pertença de um elemento  $x$  no conjunto  $A$  :

$$A = \{ \mu_A(x) / x \} \quad x \in X \quad (3)$$

Os conjuntos *fuzzy* podem ser classificados em universos contínuos ou discretos. Num universo  $X$  discreto e finito, o conjunto *fuzzy*  $A$  exprime-se por um vetor que compreende os graus de pertença no conjunto  $A$ , dos elementos correspondentes de  $X$ . Por outro lado, se este universo for classificado como contínuo então, o conjunto *fuzzy*  $A$  será representado por um integral, que assume o mesmo significado que o somatório do universo classificado como discreto.

Enquanto que na Matemática as variáveis assumem valores numéricos, na lógica *fuzzy* os termos linguísticos são frequentemente utilizados para expressar regras. Neste seguimento, uma variável linguística consiste numa variável, cujos valores são conjuntos *fuzzy*. Assim, considerando, por exemplo, a variável linguística Temperatura ( $T$ ) esta, quando interpretada num contexto particular, pode assumir um conjunto de valores, a que se dá o nome de termos, tais como "*baixa*", "*média*" ou "*alta*". Deste modo, a variável  $T$  pode ser expressa pela expressão:

$$T = \{baixa, média, alto\} \quad (4)$$

onde cada termo em  $T$  pode ser caracterizado por um conjunto difuso no universo  $U$ , em que  $U = [0,100]$ , podendo-se interpretar:

- › *baixa* como “temperatura abaixo dos 25°C”;
- › *média* como “temperatura entre os 25°C e os 50°C”;
- › *alta* como “temperatura acima dos 50°C”.

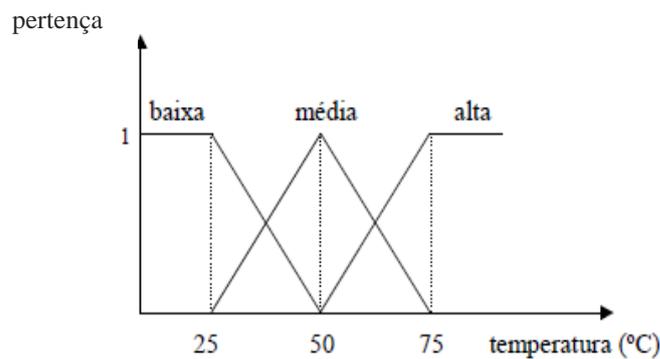


Figura 1 - Funções de pertinência para a variável "Temperatura"

Fonte: Tanscheit (2004)

Os valores das variáveis linguísticas podem corresponder a termos primários, conectores frásicos ou modificadores verbais. Independentemente dos termos adotados, a função das variáveis linguísticas prende-se pela caracterização de fenómenos complexos ou imprecisos que, permitem o tratamento/análise de dados com o auxílio de ferramentas matemáticas tradicionais. Deste modo, as variáveis linguísticas podem ser interpretadas como conjuntos difusos, caracterizadas pelas respetivas funções de pertinência. Estas funções de pertinência podem assumir diferentes formas: linear (forma padrão apresentada na Figura 1), sigmoide ou gaussiana.

Uma das características a ter em consideração aquando da definição de uma função de pertinência é o contexto. Dependendo da perceção e noção do observador, uma variável pertencente a um universo  $X$ , pode apresentar diferentes graus de pertinência num determinado universo.

Revisitando a Figura 1, “*temperaturas de até 25°C*” apresentam um grau de pertinência igual a 1 no conjunto  $A$  e, à medida que esse valor vai aumentando, essa correspondência vai decrescendo. No entanto, dependendo da perspetiva ou experiência do observador, uma temperatura de 25°C pode apresentar um grau de pertinência diferente de 1 e desse modo, as funções de pertinência por ele definidas, serem diferentes.

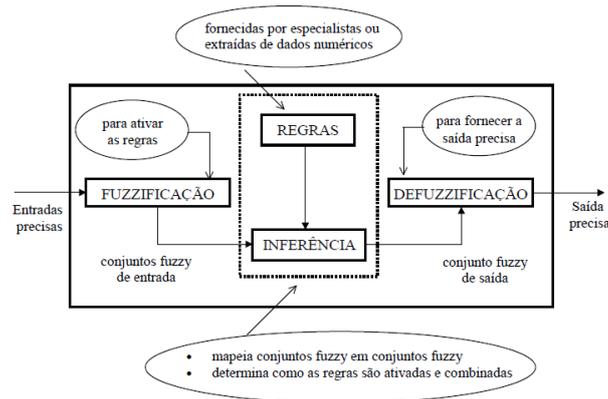


Figura 2 - Sistema de Inferência *Fuzzy*

Fonte: Tanscheit (2004)

Após a definição das variáveis linguísticas e respetivas funções de pertinência, é gerado o sistema de inferência *fuzzy* (Figura 2) responsável pelo processo de formulação e mapeamento de uma entrada precisa numa saída, usando para o efeito, a lógica *fuzzy*. A primeira etapa deste processo corresponde à fuzzificação, na qual é determinado o grau de pertinência de cada entrada precisa ou conjuntos de valores, em relação a cada conjunto *fuzzy*. De seguida, são ativadas e combinadas as regras de inferência previamente definidas, de onde resultam as saídas *fuzzy*, posteriormente agrupadas num único conjunto *fuzzy*. Uma vez obtido o conjunto *fuzzy* de saída, fase de desfuzzificação, são interpretados os valores obtidos no contexto da problemática (Santos *et al.*, 2020).

A relevância do conceito descrito prende-se pela capacidade de descrever e manipular informação imprecisa e vaga frequentemente influenciada pela perceção humana na sua análise, melhoria da precisão das ferramentas de análise de risco qualitativas tais como a Matriz de Risco (Probabilidade x Impacto) bem como, permitir a hierarquização dos riscos. Adicionalmente, devido à flexibilidade do sistema utilizado, é possível a criação de modelos versáteis e facilmente adaptáveis a diferentes contextos de análise (Santos *et al.*, 2020).

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. *Problemática inicial e descrição do modelo*

Em virtude do exposto na revisão de literatura, surgiram as questões iniciais que definem a problemática deste estudo:

- › Como medir o impacto associado ao desenvolvimento de novos produtos, em cada um dos domínios de uma Organização?
- › Como resolver o problema da subjetividade inerente à perceção humana, na análise de risco?
- › Com base na análise de risco, como seleccionar o melhor parceiro a integrar numa rede colaborativa?

Para responder às questões apresentadas, foi seguido um processo de análise e consulta da bibliografia de referência, desenvolvidos os conceitos chave, proposto um modelo exploratório e, conseqüentemente, a sua aplicação num caso de estudo.

Revisitando um dos conceitos expostos ao longo deste trabalho, uma *Virtual Enterprise* (VE) consiste numa rede desenvolvida por um conjunto de empresas independentes que agregam competências e recursos, com o objetivo de explorar uma determinada oportunidade de mercado e, obter elevados níveis de inovação a baixo custo.

No seguimento da elevada importância que as VE's têm vindo a apresentar no mercado, surgiu a necessidade de desenvolver um modelo que permita avaliar e relacionar o risco entre um determinado componente de um sistema  $n$  ( $Cs_n$ ) (de acordo com um conjunto de categorias de risco) e o risco referente a cada domínio ou área funcional ( $DS$ ) da VE, aqui representado pelo produto/sistema a ser desenvolvido (Figura 4).

Deste modo, com base na metodologia adotada, que consiste na organização dos diferentes riscos em dois níveis hierárquicos, irei denominar por  $RCs_{Cs_n}$  o risco de cada componente do sistema e por  $RS$  o risco do sistema (Figura 3).

Realizando uma leitura das figuras apresentadas, cada componente do sistema ( $Cs_n$ ) pode ser gerido/analísado como um projeto isolado. E, por sua vez, o sucesso ou insucesso deste componente pode causar um impacto num determinado domínio da VE.

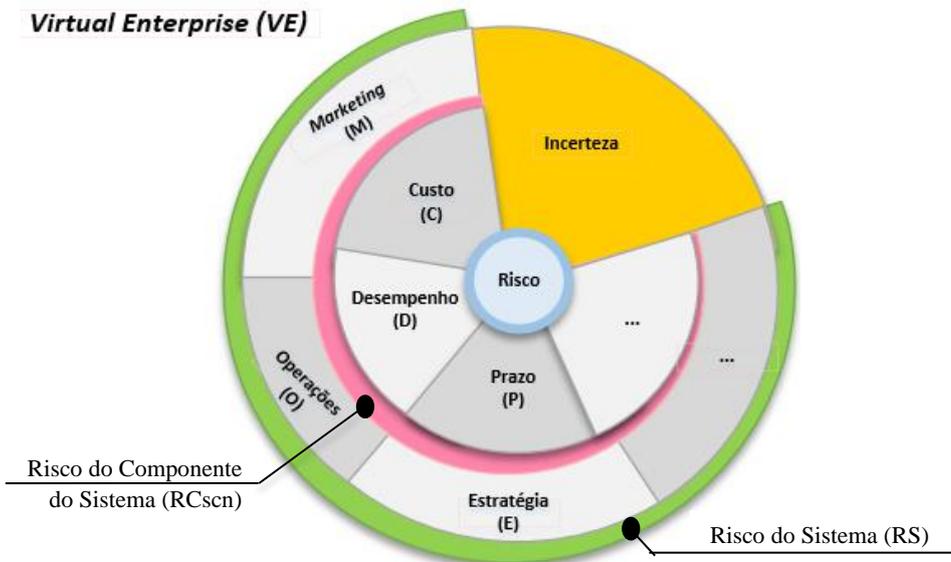


Figura 3 - Metodologia de Risco adotada

Fonte: Adaptado de Abreu *et al.*, (2018)

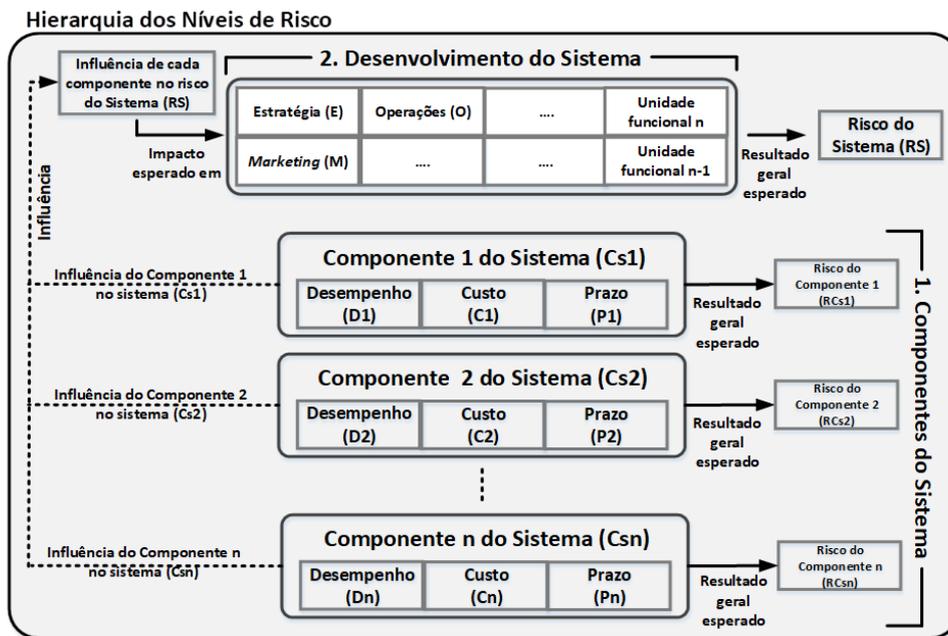


Figura 4 - Relação entre os riscos  $RC_{S_{Csn}}$  e  $RS$

Fonte: Adaptado de Santos *et al.* (2021)

O risco de cada componente do sistema  $n$  ( $RC_{S_{Csn}}$ ) pode ser obtido através do nível de risco das várias categorias de risco que o definem, nomeadamente Prazo, Custo, Desempenho, entre outros. Neste trabalho serão utilizadas as categorias Prazo ( $P$ ), Custo ( $C$ ) e Desempenho ( $D$ ) por, de acordo com a literatura serem consideradas categorias de risco, em gestão de risco nos projetos (Asadabadi & Zwikael, 2019).

À parte do risco associado a cada componente do sistema ( $RCs_{C_{sn}}$ ), o risco do sistema ( $RS$ ) de acordo com a Figura 3, pode ser avaliado nos seguintes domínios de risco: Estratégia, Operações, Financeiro, Marketing, Meio ambiente entre outros.

A Figura 4, descreve a possível existência de relação entre os dois riscos referidos,  $RCs_{C_{sn}}$  e  $RS$  bem como, as suas categorias ou domínios de risco envolvidos. Deste modo, o risco associado a cada componente pode influenciar o nível de risco do sistema, nos seus diferentes domínios que, neste trabalho serão: Estratégia ( $E$ ), Operações ( $O$ ) e Marketing ( $M$ ).

Assim, e segundo Mansor, Yahaya e Okazaki (2016) e PMBOK (2017), o  $RCs$  foi categorizado da seguinte maneira:

- › Custo ( $C$ ) – Capacidade de cumprir a restrição orçamental estipulada para a conclusão do projeto;
- › Desempenho ( $D$ ) – Capacidade de cumprir com os objetivos comerciais e técnicos que resultam nos *outputs* do projeto;
- › Prazo ( $P$ ) – Capacidade de cumprir com o cronograma definido nomeadamente, prazo de conclusão e prazos intermédios (*milestones*).

Por fim, relativamente aos domínios de risco do sistema, foram considerados:

- › Estratégia ( $E$ ) – Relacionado com a estratégia adotada nomeadamente, desenvolvimento de uma tecnologia que vai ao encontro das necessidades do cliente ou até mesmo, a interligação das tecnologias dos componentes do produto;
- › *Marketing* ( $M$ ) – Capacidade de perceção do valor do projeto por parte dos clientes, que está relacionado com as ações de *Marketing*;
- › Operações ( $O$ ) – Relacionado com os riscos de implementação do processo produtivo nomeadamente, aquisição e distribuição, atraso no lançamento do produto.

De salientar que para os domínios apresentados, as categorias de risco podem ser expandidas.

### 3.1.1 Arquitetura do Modelo

O modelo apresentado neste trabalho, baseia-se no conceito de desenvolvimento de novos produtos e consiste numa abordagem integrada, que inclui a Lógica *Fuzzy* para incorporar a incerteza e ambiguidade, quanto à perceção humana na avaliação de risco no desenvolvimento de novos produtos.

Deste modo, com base na relação apresentada na Figura 4, a abordagem deste trabalho recorre à Lógica *Fuzzy* para realizar uma análise qualitativa e quantitativa da avaliação de risco de um produto desenvolvido num contexto de Inovação Aberta. Esta análise integra dois níveis de risco: componente do sistema ( $RC_{Csn}$ ) e desenvolvimento do sistema como um todo ( $RS$ ) e, encontra-se exposta na Figura 5.

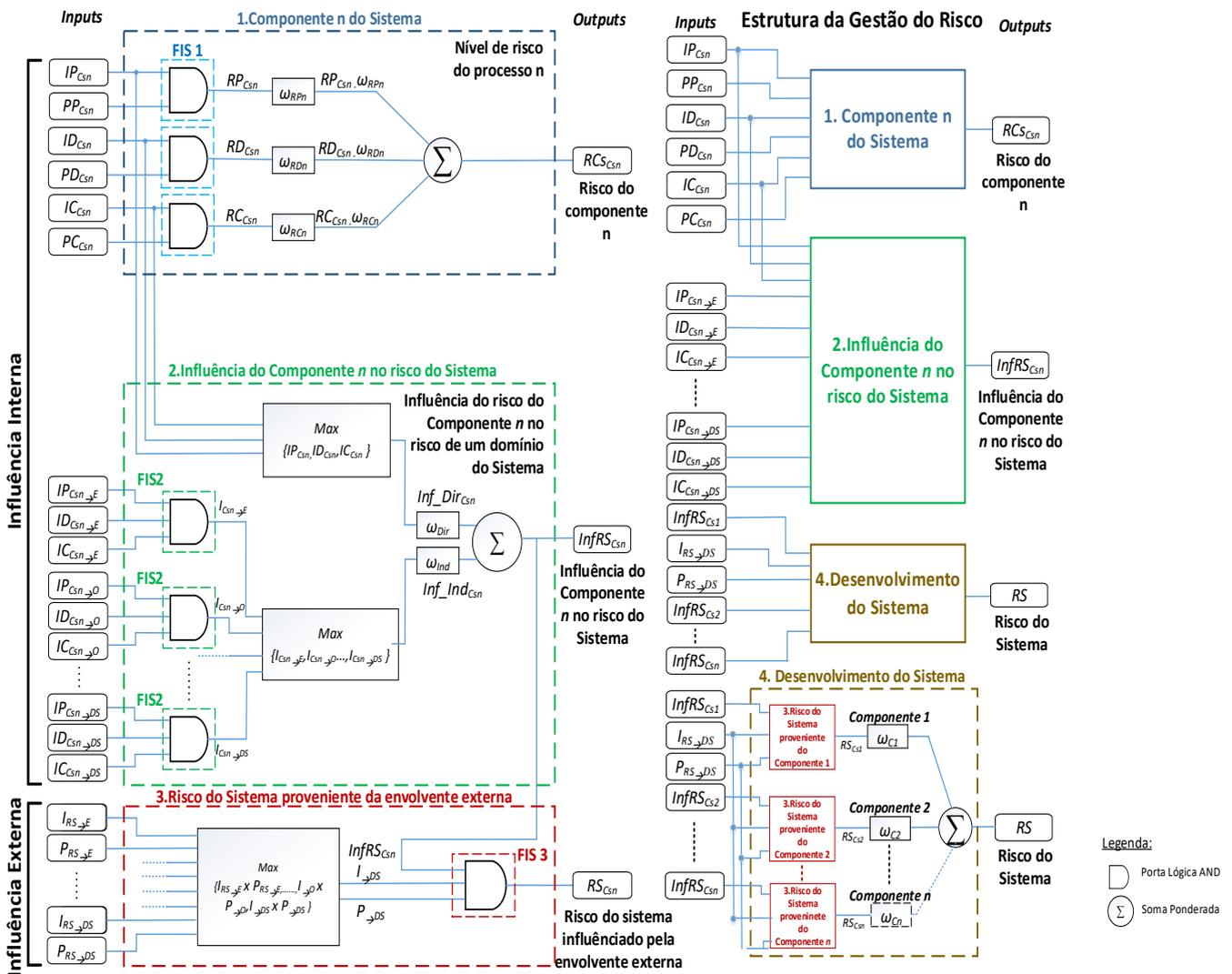


Figura 5 - Modelo proposto

Fonte: Elaboração própria

O primeiro nível de risco delineado pela cor azul, tem como objetivo avaliar o risco de cada componente do sistema. Assim, para cada categoria de risco ou seja, Desempenho ( $D$ ), Custo ( $C$ ) e Prazo ( $P$ ), associada a cada componente do sistema, será calculado o risco, que resulta da combinação do impacto esperado ( ${}^{-}I_{Csn}$ ) e a correspondente probabilidade de ocorrência ( ${}^{-}P_{Csn}$ ):

$$RD_{Csn} = PD_{Csn} \cdot ID_{Csn} \quad (5)$$

$$RC_{Csn} = PC_{Csn} \cdot IC_{Csn} \quad (6)$$

$$RP_{Csn} = PP_{Csn} \cdot IP_{Csn} \quad (7)$$

Como nem todas as categorias de risco apresentam o mesmo peso/ relevância no componente de um sistema, após calculado o risco de cada categoria, foram aplicados pesos, expressos por  $\omega_{RCsn}$ , que demonstram essa distinção. Depois de aplicados os pesos a cada categoria de risco, será realizado o somatório dos valores obtidos, de onde resultará o risco de cada componente do sistema ( $RCs_{Csn}$ ):

$$RCs_{Csn} = RP_{Csn} \cdot \omega_{RPn} + RC_{Csn} \cdot \omega_{RCn} + RD_{Csn} \cdot \omega_{RDn} \quad (8)$$

$$1 = \omega_{RPn} + \omega_{RCn} + \omega_{RDn} \quad (9)$$

Prosseguindo numa ótica de influências, cada componente pode influenciar/manipular de forma direta ou indireta um ou mais domínios do sistema (2º nível de risco), obtendo-se daí, a variável de impacto correspondente ( $InfRS_{Csn}$ ). Para realizar esta análise, delineada a verde na Figura 5, começaremos por calcular a influência direta de cada componente no sistema e, de seguida a influência indireta.

A influência direta de um componente  $n$  no sistema ( $Inf\_Dir_{Csn}$ ) resulta na seleção do valor máximo do valor do impacto esperado, referente a cada categoria de risco, e é contabilizada uma vez que, os recursos utilizados em cada processo, podem afetar a disponibilidade de recursos no contexto do desenvolvimento de um produto:

$$Inf\_Dir_{Csn} = \max \{ IP_{Csn}, IC_{Csn}, ID_{Csn} \} \quad (10)$$

De seguida, e para o cálculo da influência indireta de cada categoria de risco do componente  $n$  em cada domínio do sistema, será obtido o máximo valor, dos 3 impactos considerados, referentes a cada categoria, e para cada domínio do sistema considerado:

$$Inf_{-}Ind_{Csn} = \max \{ IP_{Csn \rightarrow S}, IC_{Csn \rightarrow S}, ID_{Csn \rightarrow S}, \dots, IP_{Csn \rightarrow O}, IC_{Csn \rightarrow O}, ID_{Csn \rightarrow O} \} \quad (11)$$

Suplementarmente, o gestor de risco irá definir a relevância de cada uma das influências (influência direta e indireta) do componente no sistema. E para tal, serão considerados os pesos para a influência direta ( $\omega_{Dir-n}$ ) e indireta ( $\omega_{Ind-n}$ ):

$$1 = \omega_{Ind-n} + \omega_{Dir-n} \quad (12)$$

A influência total de um determinado componente no sistema ( $InfRS_{Csn}$ ), é expressa pelo somatório:

$$InfRS_{Csn} = InfInd_{Csn} * \omega_{Ind_{Csn}} + InfDir_{Csn} * \omega_{Dir_{Csn}} \quad (13)$$

Posto isto, e após calculada a influência interna de um componente  $n$  no sistema (delineadas pelas cores azul e verde na Figura 5), fica em falta o cálculo da influência externa do mesmo (delineada pela cor vermelha).

A influência externa do componente  $n$  no sistema ( $RCs_{Csn}$ ), resulta da probabilidade de ocorrência do evento ( $P_{RS \rightarrow DS}$ ), o impacto externo em cada domínio do sistema ( $I_{RS \rightarrow DS}$ ) e a influência total de cada componente no risco do sistema ( $InfRS_{Csn}$ ):

$$RS_{Csn} = P_{RS \rightarrow DS} \cdot I_{RS \rightarrow DS} \cdot InfRS_{Csn} \quad (14)$$

Onde os valores de  $I_{RS \rightarrow DS}$  e  $P_{RS \rightarrow DS}$  serão obtidos com base no valor máximo do produto entre  $I_{RS \rightarrow DS}$  e  $P_{RS \rightarrow DS}$ , considerados para cada domínio do sistema (i.e. *Marketing (M)*, *Operações (O)* e *Estratégia (E)*), ou seja:

$$\langle I_{RS \rightarrow DS} \cdot P_{RS \rightarrow DS} \rangle = \max \{ I_{RS \rightarrow M} \times P_{RS \rightarrow M}, I_{RS \rightarrow O} \times P_{RS \rightarrow O}, I_{RS \rightarrow E} \times P_{RS \rightarrow E} \} \quad (15)$$

Do resultado da conjugação de cada  $RCs_{Csn}$  com a sua importância relativa ( $\omega_{Cns}$ ), obtém-se o risco do sistema  $RS$ :

$$RS = \omega_{Cs1} \cdot RS_{Cs1} + \omega_{Cs2} \cdot RS_{Cs2} + \omega_{Cs3} \cdot RS_{Cs3} \quad (16)$$

Os níveis de risco apresentados, foram obtidos a partir de cada Sistema de Inferência *Fuzzy* (SIF) (Figura 6), sendo estes, baseados num conjunto de regras de inferência condicionais do tipo “*IF-AND-THEN*” e de acordo com a categoria de risco associada.

De acordo com a Figura 6, o SIF “F1” é baseado nas expressões  $\neg P_{C_{sn}}$  e  $\neg I_{C_{sn}}$ , e as regras de inferência do sistema podem ser formuladas por: “*IF* a probabilidade de ( $\neg P_{C_{sn}}$ ) é *P* *AND* o impacto ( $\neg I_{C_{sn}}$ ) é *I* *THEN*, o risco do processo ( $\neg R_{C_{sn}}$ ) é *R*”.

$$\neg R_{C_{sn}} = \neg P_{C_{sn}} \cap \neg I_{C_{sn}} \quad (17)$$

A mesma abordagem pode ser adotada para o impacto  $\neg I_{C_{sn} \rightarrow DS}$ , que permite obter a influência indireta  $Inf\_Ind_{C_{sn}}$  expressa no SIF “F2”. Deste modo, com base em Vargas-Hernández e García-Santillán (2011), o impacto  $\neg I_{C_{sn} \rightarrow DS}$ , é alcançado através das seguintes expressões:

$$I_{C_{sn} \rightarrow E} = IP_{C_{sn} \rightarrow E} \cap IC_{C_{sn} \rightarrow E} \cap ID_{C_{sn} \rightarrow E} \quad (18)$$

$$I_{C_{sn} \rightarrow M} = IP_{C_{sn} \rightarrow M} \cap IC_{C_{sn} \rightarrow M} \cap ID_{C_{sn} \rightarrow M} \quad (19)$$

$$I_{C_{sn} \rightarrow O} = IP_{C_{sn} \rightarrow O} \cap IC_{C_{sn} \rightarrow O} \cap ID_{C_{sn} \rightarrow O} \quad (20)$$

O SIF *F2* procura analisar a possível influência dos componentes do sistema em cada domínio ( $DS$ ). Para tal, são consideradas um conjunto de regras e variáveis linguísticas, que podem ser formuladas como: “*IF* o impacto ( $IP_{C_{sn} \rightarrow DS}$ ) é *Ip* *AND* o impacto ( $ID_{C_{sn} \rightarrow DS}$ ) é *Id* *AND* o impacto ( $IC_{C_{sn} \rightarrow DS}$ ) é *Ic* *THEN*, o impacto médio do componente no sistema em cada  $DS$  é  $\neg I_{C_{sn} \rightarrow DS}$ ”.

Relativamente ao risco do sistema ( $RS_{C_{sn}}$ ), com base em Santos, Abreu, Calado e Anes (2019), e considerando a influência do componente ( $C_{s_n}$ ) no desenvolvimento no risco do sistema  $InfRS_{C_{sn}}$ ,  $RS_{C_{sn}}$  é obtido por meio da expressão:

$$RS_{C_{sn}} = P_{RS \rightarrow DS} \cap I_{RS \rightarrow DS} \cap InfRS_{C_{sn}} \quad (21)$$

Por conseguinte, as regras de inferência no que se refere ao SIF “F3” são definidas como: “*IF* a probabilidade ( $P_{RS \rightarrow DS}$ ) é *P* *AND* o impacto ( $I_{RS \rightarrow DS}$ ) é *I*, *AND* a influência do  $C_{sn}$  no risco do sistema ( $InfRS_{C_{sn}}$ ) é *Inf*, *THEN* o nível de risco do sistema ( $RS_{C_{sn}}$ ) é *RS*”.

Em conformidade com a revisão de literatura realizada, relativamente às variáveis linguísticas a adotar, propõem-se que os níveis para cada variável linguística sejam inferiores a nove uma vez que, um valor superior a este, ultrapassa os limites da perceção

humana, quando se trata da discriminação de um valor. Neste sentido, foram adotados cinco níveis para cada variável linguística considerada no presente trabalho.

As Tabelas II-IV, representam os cinco níveis de risco para cada variável linguística bem como, as funções de pertença correspondentes. Relativamente às funções de pertença, foram adotadas as funções triangulares cujos parâmetros  $a$ ,  $b$  e  $c$  se encontram descritos nessas mesmas tabelas.

Neste seguimento, as variáveis linguísticas relacionadas com o impacto esperado e probabilidade, consideradas para cada componente ( $C_{S_n}$ ), e tendo em consideração as três categorias, Prazo ( $P$ ), Desempenho ( $D$ ) e Custo ( $C$ ), encontram-se descritas nas Tabelas II e III.

No que diz respeito ao risco do componente ( $R_{C_{sn}}$ ) e tendo em consideração as suas categorias, as variáveis linguísticas encontram-se expressas na Tabela IV através das funções de pertença e dos parâmetros triangulares correspondentes. Adicionalmente, foi adotada uma abordagem semelhante para definir as variáveis linguísticas quanto ao risco do Sistema ( $RS_{C_{sn}}$ ).

Tabela I - Valores relativos à variável linguística "Probabilidade de ocorrência ( $P$ )" e funções de pertença

Níveis de Pertença	Descrição	Frequência	Parâmetros Fuzzy [a,b,c]
<b>Raro</b>	É esperado que o evento só ocorra em determinadas circunstâncias.	O evento ocorreu ou é esperado que ocorra uma vez nos próximos 48 meses.	(0,0,0.25)
<b>Improvável</b>	Não é provável que o evento ocorra, mas pode ocorrer.	O evento ocorreu ou é esperado que ocorra nos próximos 24 meses.	(0,0.25,0.50)
<b>Provável</b>	É provável que o evento ocorra.	O evento ocorreu ou é esperado que ocorra nos próximo 18 meses.	(0.25,0.50,0.75)
<b>Muito Provável</b>	É muito provável que o evento ocorra.	O evento ocorreu ou é esperado que ocorra nos próximos 12 meses.	(0.5,0.75,1.0)
<b>Esperado</b>	É esperado que o evento ocorra.	O evento ocorreu ou é esperado que ocorra nos próximos 6 meses.	(0.75,1.0,1.0)

Fonte: Elaboração própria

Tabela II - Valores relativos à variável linguística "Impacto esperado (I)" e funções de pertinência

Níveis de Pertinência	Domínios do processo			Parâmetros Fuzzy
	Custo (C)	Desempenho (D)	Prazo (P)	
<b>Insignificante</b>	O atraso no tempo é facilmente recuperável.	Impacto insignificante no orçamento do projeto (<2%).	Impacto insignificante nos processos necessários para garantir as entregas. Sem alterações nas atividades estabelecidas.	(0,0,2.5)
<b>Baixo</b>	O baixo atraso na programação não é recuperável.	Baixo impacto no orçamento do projeto (2-5%).	Impede o cumprimento de uma ou mais atividades estabelecidas para cada tarefa do projeto. Nenhuma mudança de tarefa.	(0,2.5, 5.0)
<b>Moderado</b>	Atraso moderado na conclusão do projeto. Sem comprometer os requisitos do projeto.	Impacto moderado no orçamento inicial do projeto (5-10%).	Impede o cumprimento de uma ou mais tarefas. Sem alterações de requisitos.	(2.5,5.0,7.5)
<b>Elevado</b>	Aceleração no cumprimento das tarefas com antecipação do calendário do projeto.	Elevado impacto no orçamento inicial do projeto (10-30%).	Impede o cumprimento de um ou mais requisitos do projeto. Necessária mudança no âmbito.	(5.0,7.5,10.0)
<b>Severo</b>	O prazo do projeto foi ultrapassado, impossibilitando a conclusão do projeto pois, o mesmo já não está adequado à realidade organizacional.	Elevado impacto no orçamento inicial do projeto, tornando o projeto inviável (>30%).	Impede o cumprimento dos objetivos do projeto, não sendo possível atingi-lo mesmo com alterações no seu âmbito.	(7.5,10.0,10.0)

Fonte: Elaboração própria

Tabela III - Valores relativos à variável linguística "Nível de Risco (R)" e funções de pertinência

Níveis de Pertinência	Descrição	Parâmetros Fuzzy
<b>Muito Baixo</b>	O risco pode ser aceite pois não representa uma ameaça ao projeto/organização e deve ser monitorizado para garantir que o seu nível não muda.	(0, 0, 0.25)
<b>Baixo</b>	O risco pode ser aceite. O controle do risco deve ser realizado com base numa análise de custo-benefício.	(0, 0.25, 0.50)
<b>Moderado</b>	O risco deve ser mitigado e a eficiência dos controles deve ser monitorizada.	(0.25, 0.50, 0.75)
<b>Alto</b>	Devem ser feitos esforços para mitigar o risco o mais rapidamente possível.	(0.50, 0.75,1.0)
<b>Muito Alto</b>	Devem ser adotadas ações imediatas para mitigar o risco.	(0.75, 1.0, 1.0)

Fonte: Elaboração própria

Para além dos parâmetros apresentados nas Tabelas II-IV, a partir do conjunto de intervalos expostos na Tabela V, será possível fazer corresponder os valores linguísticos em numéricos, o que permitirá realizar uma análise quantitativa dos resultados obtidos, referentes aos riscos nos componentes do sistema e ao risco geral do mesmo.

Tabela IV - Tipo de variável utilizada: valores linguísticos e valores numéricos correspondentes

Tipo de variável					
Impacto da ocorrência		Probabilidade de ocorrência		Risco de ocorrência	
Níveis linguísticos	Correspondência numérica	Níveis linguísticos	Correspondência numérica	Níveis linguísticos	Correspondência numérica
Insignificante	[0,2]	Raro	[0,0.2]	Muito baixo	[0,2]
Baixo	]2,4]	Improvável	]0.2,0.4]	Baixo	]2,4]
Moderado	]4,6]	Provável	]0.4,0.6]	Moderado	]4,6]
Elevado	]6,8]	Muito Provável	]0.6,0.8]	Alto	]6,8]
Severo	]8,10]	Expectável	]0.8,1.0]	Muito Alto	]8,10]

Fonte: Elaboração própria

### 3.2 Implementação em software Matlab

No seguimento do exposto acima, o modelo de Inferência *Fuzzy*, será implementado com recurso ao *software* MATLAB® mais especificamente à sua ferramenta *Fuzzy Logic Toolbox™* (designada por *Fuzzy Logic Designer* na versão R2015a).

Dos dois sistemas de inferência apresentados pela ferramenta: *Mamdani* e *Sugeno*, optou-se por utilizar o sistema *Mamdani* nos três SIF. A preferência por este sistema justifica-se pela capacidade de integrar mecanismos de inferência, de onde resultam *outputs* na forma de conjuntos difusos, fácil adaptabilidade e ampla aceitação na literatura (Santos *et al.*, 2020).

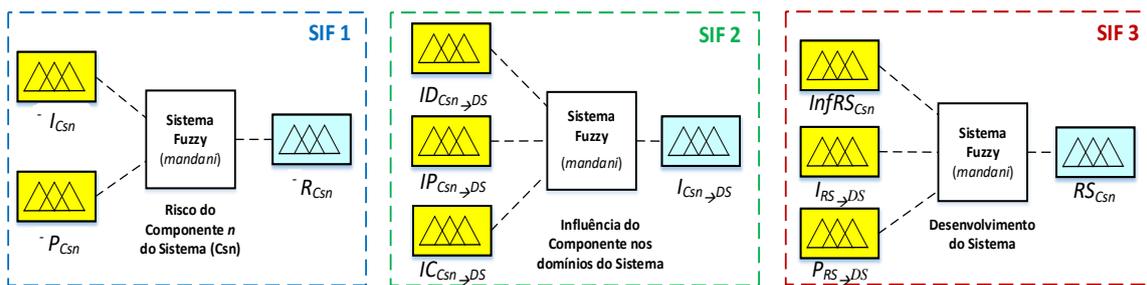


Figura 6 - Implementação em *Matlab*, de acordo com os SIF considerados

Fonte: Elaboração própria

Nos três SIF considerados, foram aplicadas funções triangulares cujos parâmetros correspondem aos expostos nas Tabelas II-IV bem como, funções de pertinência cujas regras de inferência foram implementadas utilizando o mecanismo de inferência acima descrito.

Relativamente ao componente do sistema SIF *F1*, este apresenta como *inputs* as variáveis linguísticas de probabilidade de ocorrência ( $\bar{P}_{C_{sn}}$ ) bem como, o respetivo valor do impacto esperado ( $\bar{I}_{C_{sn}}$ ), de onde resulta o nível de risco do componente ( $\bar{R}_{C_{sn}}$ ), que está relacionado com cada uma das categorias definidas neste trabalho.

O SIF *F2*, expressa a influência/impacto de um determinado componente ( $C_{sn}$ ) em cada domínio do sistema, e deste modo, possui como variáveis linguísticas de entrada  $IP_{C_{sn} \rightarrow DS}$ ,  $IC_{C_{sn} \rightarrow DS}$  e  $ID_{C_{sn} \rightarrow DS}$  e, como variável de saída  $\bar{I}_{C_{sn} \rightarrow DS}$ . Por fim, o SIF *F3* é constituído pelas variáveis linguísticas  $P_{RS \rightarrow DS}$ ,  $I_{RS \rightarrow DS}$  e  $InfRS_{C_{sn}}$  de onde resulta a variável linguística de saída  $RS_{C_{sn}}$ .

Quanto ao método de desfuzificação, foi adotada a abordagem *centroid* em todos os SIF, por ser a mais utilizada em aplicações deste âmbito (Abreu *et al.*, 2018).

Posteriormente, recorrendo à ferramenta *Membership Function Editor*, foram introduzidas e caracterizadas as funções de pertinência expostas nas Tabelas II-IV.

Quanto às regras de inferência, apresentadas no Anexo II, estas foram introduzidas no *Rule Editor*, ferramenta com capacidade para caracterizar os sistemas.

Finalmente, depois de caracterizados os sistemas, através da ferramenta *Surface Viewer*, foi possível simular e analisar as diferentes alternativas de *outputs* resultantes do comportamento do componente, da sua probabilidade de ocorrência e do seu impacto.

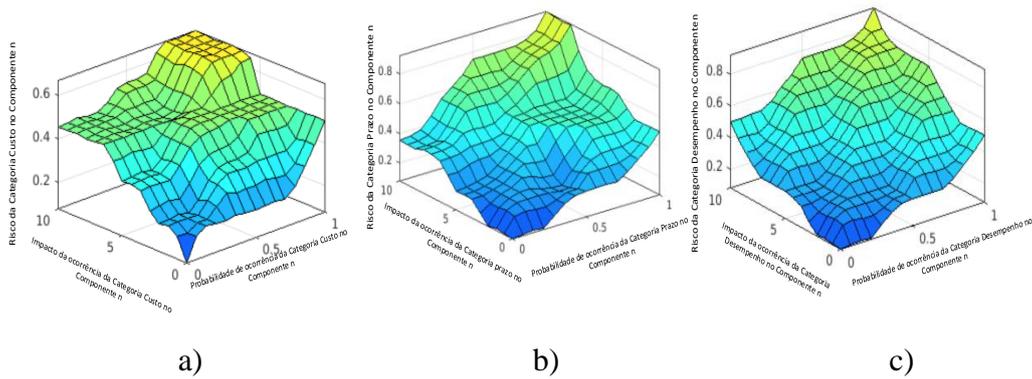


Figura 7 - Combinações dos resultados obtidos de cada categoria de risco do SIF  
F1: a) Custo, b) Prazo, c) Desempenho

Fonte: Elaboração própria

Como se pode observar pela Figura 7 a), b) e c), a discrepância nas três superfícies obtidas, respeitantes a cada uma das três categorias, resulta essencialmente na diversidade das regras aplicadas, referentes a cada uma das categorias de risco consideradas.

#### 4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

No seguimento do capítulo anterior, com o intuito de comprovar a aplicabilidade do modelo apresentado bem como, responder às motivações e objetivos propostos neste trabalho, na qual se pretende analisar o risco no desenvolvimento de novos produtos em contexto de Inovação Aberta, nomeadamente compreender o impacto de cada categoria de risco de um componente em cada domínio de uma organização, e resolver o problema da subjetividade humana inerente à análise de risco, será realizada uma demonstração por meio de um caso de estudo.

A *Virtual Enterprise* considerada no presente caso de estudo, consiste numa rede colaborativa, composta por onze Indústrias e três centros de Investigação e Desenvolvimento (I&D), cujo objetivo se prende pela partilha de *know-how* e competências entre os parceiros envolvidos, a fim de desenvolver um produto para responder da melhor forma aos requisitos do mercado.

O produto a desenvolver consiste num veículo híbrido *Plug-in*, cuja autonomia pode atingir 350 km, sem a necessidade de recarregamento. Este veículo, apresenta um *design* aerodinâmico que permite obter uma maior autonomia e eficiência energética. Para o seu desenvolvimento, foram introduzidas inovações ou componentes adicionais, expostas na Tabela V.

Tabela V - Descrição dos Componentes e parceiros envolvidos no desenvolvimento do veículo

Componente	Referência	Descrição	Parceiros Envolvidos
1	K81Pr1	Sistema de carregamento e gestão de carga de baterias	P8, P7, P11
2	K34Pr6	Sistema de Navegação GPS	P6, P10
3	K15Pr1	Sistema de Controlo de Tração	P3
4	K02Pr3	Desenho do <i>chassis</i>	P1, P2
5	K01Pr7	Sistema de Comunicação em caso de Emergência	P4
6	K83Pr4	Conceção da carroçaria do veículo	P7, P9
7	K50Pr1	Sistema de Condução Autónoma	P5, P12
8	K03Pr2	<i>Design</i> do reservatório de combustível	P2, P14
9	K01Pr9	Sistema de sensores e Câmaras	P5, P13
10	K81Pr8	Motor Elétrico	P8, P11

Fonte: Elaboração própria

Observando a tabela exposta e a Figura 9 complementar, cada processo apresentado corresponde a um componente, parte ou fase do produto a desenvolver, cuja responsabilidade é compartilhada por um ou mais parceiros da rede.

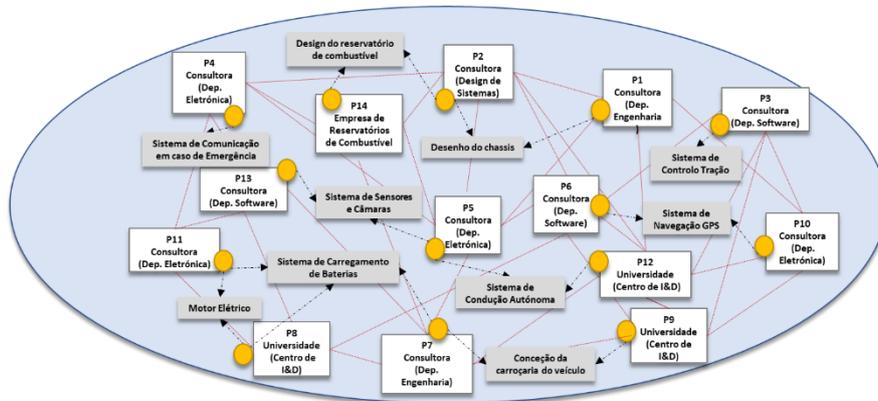


Figura 8 - Virtual Enterprise e diversidade dos processos envolvidos

Fonte: Elaboração própria

Cada um dos processos descritos, agrega conjuntos de risco relacionados com o cronograma, desempenho e custo do projeto e, nesse sentido, de forma a ser realizada uma análise precisa de risco do sistema, será alocado um gestor de risco a cada processo a desenvolver, que será responsável por avaliar 17 variáveis de entrada do modelo, com base nos três níveis de risco identificados, i.e.:  $IP_{Csn}$ ,  $PP_{Csn}$ ,  $ID_{Csn}$ ,  $PD_{Csn}$ ,  $IC_{Csn}$ ,  $PC_{Csn}$  (Risco de cada componente do sistema),  $IP_{Csn \rightarrow E}$ ,  $ID_{Csn \rightarrow E}$ ,  $IC_{Csn \rightarrow E}$ ,  $IP_{Csn \rightarrow O}$ ,  $ID_{Csn \rightarrow O}$ ,  $IC_{Csn \rightarrow O}$ ,  $IP_{Csn \rightarrow M}$ ,  $ID_{Csn \rightarrow M}$ ,  $IC_{Csn \rightarrow M}$  (influência de cada componente, em cada domínio do sistema) e  $I_{\rightarrow DS}$ ,  $P_{\rightarrow DS}$ ,  $InfRS_{Csn}$  (risco do sistema).

De forma a dar início à aplicação do modelo e, recordando o modelo proposto, exposto na Figura 5, foram aplicados os três Sistemas de Inferência (SIF) F1, F2 e F3 na ferramenta de cálculo numérico *Matlab*. E, com o intuito de auxiliar a sua análise, os diferentes níveis de risco obtidos, foram apresentados numa tabela, com recurso a uma matriz de cores e variáveis linguísticas correspondentes (Tabela IV), na qual a intensidade de cor aumenta à medida que o nível de risco aumenta.

O primeiro nível de risco, expresso pelo Sistema de Inferência F1, tem como objetivo avaliar o risco de cada categoria de risco (Prazo, Desempenho e Custo) em cada componente do sistema. Para tal, foi calculada a probabilidade de ocorrência e respetivo

impacto, relativo a cada categoria de risco para cada componente do sistema, cujos valores qualitativos obtidos se encontram expressos na Tabela VI, Da combinação do impacto esperado ( $\bar{I}_{C_{sn}}$ ) e correspondente probabilidade de ocorrência ( $\bar{P}_{C_{sn}}$ ), para cada categoria de risco, foi calculado o risco de cada componente.

Com base nos resultados obtidos (Tabela VI e análise complementar no Anexo III), verificou-se que o componente *Sistema de carregamento e gestão de carga de Baterias* (Componente 1) apresenta um nível de risco para a categoria *Desempenho* “Severo”, pois a probabilidade e o impacto de não garantir o cumprimento dos requisitos estipulados é elevado bem como, o componente *Motor Elétrico* (Componente 10). Por outro lado, o *Sistema de Controlo de Tração* (Componente 3) e o *Sistema de Comunicação em caso de Emergência* (Componente 5), para a mesma categoria de risco, apresentam um nível “Baixo”, ou seja, uma maior segurança no cumprimento dos requisitos.

Complementarmente à informação recolhida, cada Gestor de Risco estipulou um nível de importância relativa para cada categoria de risco, referente a cada componente do sistema, através da atribuição de pesos ( $\omega_{R_{C_{sn}}}$ ). Nesse seguimento, verificou-se que o componente/processo *Conceção da carroçaria do veículo* (Componente 6), apresenta maior probabilidade de ultrapassar o orçamento inicial estipulado, apresentando de uma forma geral, um risco superior para o Sistema. Por outro lado, e apesar do nível de risco obtido, o Gestor de Risco apresentou uma importância relativa para este componente, pelo que o mesmo apresenta uma influência baixa no produto final.

De seguida, foi realizada a aplicação do SIF F2, com o intuito de analisar a probabilidade e impacto, de cada categoria em cada domínio do sistema, para cada componente. Do resultado desta análise, verificou-se que, no geral, o domínio “Operações” responsável pela implementação do sistema produtivo, é o que sofrerá um maior impacto por parte dos componentes a desenvolver, nomeadamente na categoria de risco “Desempenho”. Deste modo, um desenvolvimento correto do sistema de produção de um dos componentes provocará uma diminuição da probabilidade de ocorrência de eventos negativos face a esta categoria de risco.

Adicionalmente, dado tratar-se de um veículo híbrido *plug-in*, verifica-se que os componentes *Sistema de carregamento e gestão de carga de Baterias* (Componente 1), *Sistema de Condução Autónoma* (Componente 7) e *Motor Elétrico* (Componente 10) apresentam um impacto “Severo” no domínio de “Marketing” da VE.

Tabela VI - Dados e Resultados do Sistema de Inferência *Fuzzy* (SIF)

SIF F1										SIF F3		
Entradas	Componentes	$IP_{Csm}$	$PP_{Csm}$	$ID_{Csm}$	$PD_{Csm}$	$IC_{Csm}$	$PC_{Csm}$	$I_{\rightarrow DS}$	$P_{\rightarrow DS}$	$InfRS_{Csm}$		
	1	Baixo	Moderado	Severo	Muito Provável	Severo	Moderado	Elevado	Esperado	Muito Alto		
	2	Elevado	Moderado	Moderado	Moderado	Insignificante	Raro	Baixo	Improvável	Moderado		
	3	Moderado	Moderado	Baixo	Raro	Baixo	Improvável	Moderado	Improvável	Moderado		
	4	Insignificante	Improvável	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Provável	Moderado		
	5	Baixo	Moderado	Baixo	Improvável	Moderado	Improvável	Moderado	Improvável	Moderado		
	6	Moderado	Raro	Baixo	Esperado	Insignificante	Moderado	Elevado	Muito Provável	Elevado		
	7	Elevado	Moderado	Severo	Moderado	Severo	Moderado	Elevado	Provável	Elevado		
	8	Moderado	Improvável	Severo	Improvável	Moderado	Muito Provável	Elevado	Improvável	Moderado		
	9	Baixo	Raro	Baixo	Esperado	Elevado	Improvável	Moderado	Raro	Elevado		
10	Baixo	Raro	Moderado	Esperado	Elevado	Moderado	Elevado	Esperado	Muito Alto			

SIF F2										
Entradas	Componentes	$IP_{Csm \rightarrow E}$	$ID_{Csm \rightarrow E}$	$IC_{Csm \rightarrow E}$	$IP_{Csm \rightarrow O}$	$ID_{Csm \rightarrow O}$	$IC_{Csm \rightarrow O}$	$IP_{Csm \rightarrow M}$	$ID_{Csm \rightarrow M}$	$IC_{Csm \rightarrow M}$
	1	Moderado	Severo	Elevado	Moderado	Elevado	Elevado	Moderado	Severo	Elevado
	2	Insignificante	Baixo	Insignificante	Moderado	Baixo	Moderado	Baixo	Baixo	Moderado
	3	Insignificante	Baixo	Baixo	Elevado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Baixo
	4	Baixo	Insignificante	Insignificante	Baixo	Baixo	Moderado	Baixo	Moderado	Baixo
	5	Baixo	Moderado	Baixo	Severo	Moderado	Baixo	Insignificante	Moderado	Baixo
	6	Moderado	Insignificante	Moderado	Elevado	Elevado	Moderado	Baixo	Baixo	Moderado
	7	Moderado	Baixo	Moderado	Moderado	Elevado	Elevado	Elevado	Severo	Elevado
	8	Severo	Moderado	Moderado	Severo	Severo	Elevado	Moderado	Baixo	Insignificante
	9	Severo	Moderado	Baixo	Insignificante	Insignificante	Moderado	Elevado	Moderado	Baixo
10	Elevado	Severo	Elevado	Moderado	Elevado	Elevado	Moderado	Severo	Severo	

Saídas	SIF F1			SIF F2			SIF F3	Legenda (Níveis das Variáveis)		
	Componentes	$RP_{Csm}$	$RD_{Csm}$	$RC_{Csm}$	$I_{Csm \rightarrow E}$	$I_{Csm \rightarrow O}$	$I_{Csm \rightarrow M}$	$RS_{Csm}$	Linguísticas	Númericas
	1	Moderado	Muito Alto	Alto	Elevado	Elevado	Severo	Severo	Insignificante	[0,2]
	2	Alto	Moderado	Baixo	Insignificante	Baixo	Baixo	Moderado	Baixo	[2,4]
	3	Moderado	Baixo	Baixo	Baixo	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	[4,6]
	4	Muito Baixo	Moderado	Moderado	Insignificante	Baixo	Insignificante	Baixo	Elevado	[6,8]
	5	Moderado	Baixo	Baixo	Moderado	Elevado	Moderado	Moderado	Severo	[8,10]
	6	Baixo	Moderado	Alto	Moderado	Elevado	Moderado	Moderado		
	7	Alto	Moderado	Alto	Moderado	Elevado	Severo	Elevado		
	8	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Elevado	Baixo	Moderado		
9	Baixo	Moderado	Alto	Moderado	Insignificante	Baixo	Moderado			
10	Baixo	Moderado	Alto	Elevado	Elevado	Severo	Elevado			

Fonte: Elaboração própria

De seguida, para o cálculo do Risco do Sistema proveniente dos componentes que o constituem, SIF F3 foi estipulado um valor para os pesos a aplicar nas variáveis de influência direta e indireta de cada componente, de onde resultou a influência de cada componente no sistema. Com base nos valores obtidos, verificou-se que os componentes *Sistema de carregamento e gestão de carga de Baterias* (Componente 1) e *Motor Elétrico* (Componente 10) são os que apresentam uma influência “*Muito Alta*” no Veículo.

Dado o elevado valor de risco não só no processo no seu geral, como na sua influência no risco total do sistema o Componente 1, *Sistema de carregamento e gestão de carga de Baterias*, irá carecer de maior atenção por parte do Gestor de Risco.

Tabela VII - Resultados obtidos relativamente aos riscos dos Componentes e do Sistema

Componente	$RP_{Cn}$	$RD_{Cn}$	$RC_{Cn}$	$\omega_{RPn}$	$\omega_{RDn}$	$\omega_{RCn}$	$\omega_{I\&Dn}$	$\omega_{Dev.n}$	$RC_{S_{Cn}}$	$RS_{Cn}$	$\omega_{Cn}$	$RS_{Cn} \cdot \omega_{Cn}$
1	5,4	8,7	6,8	0,4	0,21	0,39	0,53	0,47	6,6	7,98	0,17	1,36
2	6,0	4,1	3,0	0,16	0,42	0,42	0,11	0,89	3,9	5,03	0,05	0,25
3	5,2	3,4	3,9	0,35	0,22	0,43	0,2	0,8	4,3	4,65	0,06	0,28
4	2,0	5,8	4,1	0,19	0,46	0,35	0,46	0,54	4,5	3,9	0,11	0,43
5	4,4	2,3	3,4	0,24	0,25	0,51	0,57	0,43	3,4	4,34	0,04	0,17
6	2,9	5,9	7,8	0,14	0,56	0,3	0,47	0,63	6,0	5,73	0,13	0,87
7	6,0	5,6	7,1	0,26	0,56	0,18	0,18	0,72	6,0	6,42	0,13	0,83
8	4,1	5,2	4,0	0,3	0,27	0,43	0,42	0,58	4,4	5,0	0,08	0,40
9	2,6	4,4	7,1	0,35	0,1	0,55	0,56	0,44	5,3	4,7	0,08	0,38
10	2,8	5,8	7,3	0,18	0,33	0,48	0,49	0,51	6,2	6,76	0,15	1,01
<b>Risco do Sistema (RS)</b>												<b>5,98</b>

Fonte: Elaboração própria

Com base nos resultados obtidos na Tabela VII, verifica-se que os componentes com maior risco, são por ordem decrescente: o Componente 5, o Componente 2, o Componente 3, o Componente 8, o Componente 4, o Componente 6 e o Componente 7, sendo os piores o Componente 10 e o Componente 1.

Por fim, tendo em consideração todos os riscos dos componentes do sistema e respetiva importância relativa, foi possível avaliar o risco total do produto a desenvolver, que apresentou o valor de 5,98, o que corresponde a um nível “Moderado” de risco, de acordo com a classificação de risco definido para o modelo e dadas as condições associadas ao estudo de caso, aplicado no presente trabalho.

Adicionalmente, verificou-se que existe uma oportunidade de melhoria no componente *Conceção da carroçaria do veículo* (Componente 6), nomeadamente na categoria “Custo”. Como Gestor de Risco, deverão ser abordados os parceiros P9 – Universidade (Centro de I&D) e P7 – Consultadoria (Departamento Engenharia) com o intuito de compreender os motivos que levam a um aumento do orçamento estipulado (escassez de recursos e/ou mão de obra, custos de importação, entre outros) e definir medidas para os evitar (i.e. adotar outros métodos ou materiais de produção).

Em suma, e com base nos dados apresentados, caberá ao Gestor de Risco identificar os componentes que apresentam um maior risco, a origem do risco e os parceiros envolvidos, a fim de estudar novas formas de reduzir esse risco, que podem passar por alterar os parceiros envolvidos, precaver orçamentos ou tempos de concessão, ainda mesmo antes de dar início ao processo de desenvolvimento de um novo produto.

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES DE TRABALHO FUTURO

O presente trabalho, em resposta à primeira questão mencionada na problemática inicial: *“Como medir o impacto associado ao desenvolvimento de novos produtos, em cada um dos domínios de uma Organização?”*, permitiu por meio do modelo desenvolvido realizar uma análise quantitativa e qualitativa de risco, inerente a cada componente do produto/projeto a ser desenvolvido em contexto de Inovação Aberta, estimar o respetivo impacto em cada um dos domínios do produto e, atenuar o problema da subjetividade humana, inerente à perceção da análise de risco.

Relativamente à segunda questão exposta na metodologia, *“Como resolver o problema da subjetividade inerente à perceção humana, na análise de risco?”*, enquanto que os modelos tradicionais de análise de risco, são fundamentados com base na probabilidade de ocorrência e respetivo impacto, referentes ao produto a ser desenvolvido, e cujos dados, geralmente são obtidos por meio de inquéritos, a abordagem adotada, de modo a reduzir a subjetividade inerente à perceção humana, recorre a métodos baseados em lógica difusa (*Fuzzy*), baseada em abordagens de inteligência artificial.

Complementarmente, foi ainda tida em consideração, uma possível influência, referente a cada categoria de risco analisada, e relativa a cada componente, sobre cada um dos domínios do produto/sistema a ser objeto de desenvolvimento.

Adicionalmente, em resposta à última questão colocada, *“Com base na análise de risco, como seleccionar o melhor parceiro a integrar numa rede colaborativa?”*, com base na análise realizada, e devido ao valor numérico de risco associado a cada componente, foi ainda possível priorizar os casos de risco mais severos, com base nos respetivos valores de risco individual obtidos, referente a cada componente. Deste modo, foi possível, identificar os casos mais severos, de forma a reduzir (ou ainda mitigar) esses mesmos riscos.

Como sugestões de trabalho futuro, salienta-se a necessidade de incorporar no modelo desenvolvido, não apenas o risco inerente as ameaças, como também a eventualidade de surgirem oportunidades (i.e., o surgimento de uma tecnologia nova que permita realizar melhorias no desempenho de um dado componente do sistema).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abreu, A., Martins, J., & Calado, J. M. F. (2018). Fuzzy Logic Model to Support Risk Assessment in Innovation Ecosystems. *13<sup>th</sup> APCA International Conference on Automatic Control and Soft Computing (CONTROLO)* (pp. 104-109). Ponta Delgada: IEEE.  
Disponível em: <https://doi.org/10.1109/CONTROLO.2018.8514281>
2. Altuntas, S., Özsoy, E. B. & Mor, Ş. (2019). Innovative new product development: A case study. *Procedia Computer Science*, 158, 214-221.  
Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.044>
3. Asadabadi, M. R. & Zwikael, O. (2019). Integrating Risk into Estimations of Project Activities' Time and Cost: A Stratified Approach. *European Journal of Operational Research*, (In Press, Corrected Proof).  
Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.11.018>
4. Bianchi, M., Marzi, G., & Guerini, M. (2020). Agile, Stage-Gate, and their combination: Exploring How They Relate to Performance in Software Development. *Journal of Business Research*, 110, 538-553.  
Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.05.003>
5. Cagliano, A. C., Grimaldi, S. & Rafele, C. (2015). Choosing project risk management techniques. A theoretical framework. *Journal of risk research*. 18(2), 232-248.  
Disponível em: <https://doi.org/10.1080/13669877.2014.896398>
6. Caraça, J. F. J. & Mendonça, S. (2006). *Modelo de interações em cadeia*. Iniciativa COTEC “Desenvolvimento sustentado da inovação empresarial”.  
Disponível em: [https://www.innovationscoring.pt/media/1274/is\\_manualapoio-web.pdf](https://www.innovationscoring.pt/media/1274/is_manualapoio-web.pdf)
7. Chapman, C & Ward, S. (2003). *Project Risk Management: Processes, Techniques, and Insight* (2<sup>nd</sup> ed.). Chichester: John Wiley & Sons
8. Chesbrough, H. W. (2003). *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Harvard: Harvard Business Press.  
Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2004.10.001>
9. Choi, J., Kim, B., Han, H. C., Hahn, H., Park, H., Yoo, J. & Jeong, M. K. (2020). Methodology for assessing the contribution of knowledge services during the new

product development process to business performance. *Expert Systems with Applications*, (In Press, Corrected Proof).

Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113860>

10. Cooper, R. G. (1990). Stage-Gate Systems: A New Tool for Managing New Products. *Business Horizons*, 33(3), 44–54.

Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0007-6813\(90\)90040-I](https://doi.org/10.1016/0007-6813(90)90040-I)

11. Cooper, R. G. (2008). The stage-gate idea-to-launch process—update, what’s new and NexGen systems. *Journal of Product Innovation Management*, 25(3), 213–232.

Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1540-5885.2008.00296.x>

12. Cooper, R. G. (2014). Invited Article: What’s Next? After Stage-gate. *Research Technology Management*, 57(1), 20-31.

Disponível em: <https://doi.org/10.5437/08956308X5606963>

13. FERMA (2003). *Norma de Gestão de Riscos*. Federation of European Risk Management Associations.

Disponível em: <https://www.ferma.eu/app/uploads/2011/11/a-risk-management-standard-portuguese-version.pdf>

14. Ferreira, L., Lopes, N., Ávila, P.S., Castro, H., Varela, M. L. R., Putnik, G. D., Martinho, R., Rijo, R., Miranda, I. M., & Cruz-Cunha, M. M. (2017). Virtual Enterprise integration management based on a Meta-enterprise – a PMBok approach. *Procedia Computer Science*, 121, 1112-1118.

Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.12.120>

15. Galvin, P., Burton, H., Singh, P. J., Sarpong, D., Bach, N., & Teo, S. (2020). Network rivalry, Competition and Innovation. *Technological Forecasting & Social Change*, 161, 120-153.

Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120253>

16. Gharajeh, M. S., & Jond, H. B. (2020). Hybrid Global Positioning System-Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System based autonomous mobile robot navigation. *Robotics and Autonomous Systems*, 134, 103669.

Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.robot.2020.103669>

17. Genç, E., & Benedetto, C. (2015). Cross-functional integration in the sustainable new product development process: The role of the environmental specialist. *Industrial Marketing Management*, 50, 150-161.  
Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2015.05.001>
18. ISO Guide (2009). ISO/IEC: 73:2009 - Risk management -Vocabulary.  
Disponível em: <https://www.iso.org/standard/51073.html>
19. Kahraman, C., Deveci, M., Boltürk, E., & Türk, S. (2020). Fuzzy Controlled Humanoid robots: Literature review. *Robotics and Autonomous Systems*, 134, 103643.  
Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.robot.2020.103643>
20. Kerzner, H. (2017). *Project Management. A Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling* (12<sup>th</sup> ed.). New Jersey: Wiley.
21. Kiran, D. R. (2019). *Production Planning and Control: A Comprehensive Approach*. Oxford: Butterworth-Heinemann.  
Disponível em: <https://doi.org/10.1016/C2018-0-03856-6>
22. Kline, S., J. & Rosenberg, N. (1986). An Overview of Innovation. In Landau, R. & Rosenberg, N. (Eds.). *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*. Washington DC: The National Academies Press  
Disponível em:  
[http://dec.ec.unipg.it/~fabrizio.pompei/KlineRosenberg\(1986\).pdf](http://dec.ec.unipg.it/~fabrizio.pompei/KlineRosenberg(1986).pdf)
23. Lennerts, S., Schulze, A., & Tomczak, T. (2020). The asymmetric effects of exploitation and exploration on radical and incremental innovation performance: An uneven affair. *European Management Journal*, 38, 121-134.  
Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.emj.2019.06.002>
24. Lu, P., Yuan, S., & Wu, J. (2017). The interaction effect between intra-organizational and inter-organizational control on the project performance of new product development in open innovation. *International Journal of Project Management*, 35, 1627-1638.  
Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.09.009>
25. Lyu, Y., Zhu, Y., Han, S., He, B., & Bao, L. (2020). Open innovation and innovation “Radicalness” – the moderating effect of network embeddedness. *Technology in Society*, 62, 101292.

- Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101292>
26. Mansor, N., Yahaya S. N. & Okazaki, K. (2016). Risk factors affecting new product development (NPD) Performance in small Medium Enterprises (SMES). *International Journal of Review in Applied and Social Sciences*, 27(1), 18-25.  
Disponível em:  
[https://www.arpapress.com/Volumes/Vol27Issue1/IJRRAS\\_27\\_1\\_03.pdf](https://www.arpapress.com/Volumes/Vol27Issue1/IJRRAS_27_1_03.pdf)
27. Marle, F. (2020). An Assistance to Project Risk Management Based on Complex Systems Theory and Agile Project Management. *Complexity*, 2020, 3739129.  
Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2020/3739129>
28. OCDE. (2018). *Guidelines for Collecting, Reporting and Using data on Innovation*. Manual de Oslo (4<sup>a</sup> ed.).  
Disponível em: <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>
29. PMBOK Guide. (2017). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge: PMBOK Guide* (6<sup>th</sup> ed.). Pennsylvania: Project Management Institute.  
Disponível em: [Google Scholar](#)
30. Saeed, S., Yousafzai, S., Paladino, A., & De Luca, L. (2015). Inside-out and Outside-in orientations: A meta-analysis of orientations effects on innovation and firm performance. *Industrial Marketing Management*, 47(4), 121-133.  
Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2015.02.037>
31. Sağ, S., Sezen, B., & Güzel, M. (2016). Factors That Motivate or Prevent Adoption of Open Innovation by SMEs in Developing Countries and policy Suggestions. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 235, 756-763.  
Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.11.077>
32. Rothwell, R. (1992). Development toward the fifth-generation model of innovation. *Technology Analysis & Strategic Management*, 1(4), 73-75.  
Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09537329208524080>
33. Santos, R., Abreu, A., Calado, J. M. F., & Anes, V. (2019). An Approach Based on Fuzzy Logic, to Improve Quality Management on Research and Development Centres. *International Conference on Vision, Image and Signal Processing (ICVISIP)*, 36, 1–6.  
Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3387168.3387232>

34. Santos R., Abreu A., Calado, J. M. F., Soares J. M., Martins J. D. M., & Anes V. (2021). A Fuzzy Based Model to Assess the Influence of Project Risk on Corporate Behavior. In Gonçalves J. A., Braz-César M., & Coelho J. P. (Eds.), *CONTROLO 2020. Lecture Notes in Electrical Engineering, Vol. 695* (pp. 383-393). Berlin: Springer.  
Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-58653-9\\_37](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58653-9_37)
35. Santos, R., Abreu, A., Calado, J. M. F., Soares, J. M., Martins, J. D. M. & Anes, V. (2020). A Framework for Risk Assessment in Collaborative Networks to Promote Sustainable Systems in Innovation Ecosystems. *Sustainability*, 12, 6218.  
Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su12156218>
36. Santos, R., Abreu, A., & Anes, V. (2019). Developing a Green Product-Based in an Open Innovation Environment. Case Study: Electrical Vehicle. *Collaborative Networks and Digital Transformation*, 115-127.  
Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-28464-0\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-030-28464-0_11)
37. Schumpeter, J. (1934). *The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle* Harvard: Harvard University Press
38. Singh, S. P., & De, A. (2020). Analysis of Fuzzy Applications in the Agri-supply chain: A literature review. *Journal of Cleaner Production*, (In Press, Corrected Proof).  
Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124577>
39. Stock, G. N., Tsai, J. C., Jiang, J. J., & Klein, G. (2020). Coping with uncertainty: Knowledge sharing in new product development projects International. *Journal of Project Management*. (In Press, Corrected Proof).  
Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2020.10.001>
40. Tanscheit, R. (2004). *Sistema Fuzzy*. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Consultado em 31 de julho de 2020 desde <http://www.inf.ufsc.br/~mauro.roisenberg/ine5377/leituras/ICA-Sistemas%20Fuzzy.pdf>
41. Ulrich, K. T., Eppinger, S. D., & Yang, M. C. (2020). *Product Design and Development* (7ª ed.). New York: McGraw-Hill Education.

Disponível em:

[https://www.academia.edu/36714721/product\\_design\\_and\\_development\\_ulrich\\_karl\\_srg\\_pdf](https://www.academia.edu/36714721/product_design_and_development_ulrich_karl_srg_pdf)

42. Vargas-Hernández, J. G., & García-Santillán, A. (2011). Management in the Innovation Project. *Journal of Knowledge Management, Economics and Information Technology*, 1(7), 1–24.
43. Wei, S., Zhang, Z., Ke, G. Y., & Chen, X. (2019). The more cooperation, the better? Optimizing enterprise cooperative strategy in collaborative innovation networks. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 534, 120810.

Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.04.046>

## ANEXOS

## Anexo I – Técnicas de Avaliação de Risco

Nome	Descrição	Referência	Grau de Incerteza	Grau de Complexidade
<i>Preliminary hazard analysis</i>	Método indutivo que por meio da análise de um conjunto de factos permite relacionar acontecimentos e assim, obter uma visão geral dos mesmos	<i>Adler et al., 2003</i>	Alto	Médio
<i>Structured Interview and Brainstorming</i>	Método de recolha de informação por meio de um “ <i>Brainstorming</i> ”	<i>Project Management Institute, 2008</i>	Baixo	Baixo
<i>Delphi Technique</i>	Método semelhante ao descrito acima no qual, os intervenientes possuem um conhecimento especializado na questão levantada.	<i>Project Management Institute, 2008</i>	Médio	Médio
<i>SWIFT – Structured What If</i>	Método que consiste no desenvolvimento de uma equipa cujas funções se prendem pela identificação de riscos, geralmente no local da atividade em questão	<i>Mullai, 2006</i>	Médio	Variada
<i>Human reliability analysis (HRA)</i>	Método que permite identificar o risco da falha humana e o seu impacto nas atividades	<i>Lyons et al., 2005</i>	Médio	Médio
<i>Scenario analysis</i>	Método que consiste no desenvolvimento de cenários com o intuito de prever ações e riscos associados aos mesmos.	<i>Porter, 1996</i>	Alto	Médio
<i>Fault tree analysis</i>	Método a partir do qual é eleita uma determinada falha e, a partir da mesma é construída uma árvore ou pirâmide de forma a compreender a origem do seu evento.	<i>Eidesen, Sollid and Aven, 2009</i>	Alto	Médio
<i>Event Tree Analysis</i>	Método de análise de uma ou mais ações que levam ao desenvolvimento de um acontecimento indesejado.	<i>Mullai, 2006</i>	Médio	Médio
<i>Cause/Consequence analysis</i>	Método que agrega os dois métodos descritos acima, e a partir do qual é desenvolvido um diagrama com as ações e respetivos efeitos.	<i>Project Management Institute, 2008</i>	Médio	Alto
<i>Cause/Effect Analysis</i>	Método que por meio de um “ <i>brainstorming</i> ”, permite desenvolver um diagrama que relaciona as ações a tomar e respetivos efeitos.	<i>Project Management Institute, 2008</i>	Baixo	Médio
<i>FMEA and FMECA</i>	Método que permite identificar falhas num produto, processo ou sistema e as ações que as originam. Adicionalmente permite realizar uma análise quantitativa e qualitativa dos riscos.	<i>Bouti and Kadi, 1994</i>	Médio	Médio
<i>Fuzzy Logic</i>	Método que recorre à Inteligência Artificial para identificar o risco de cada processo ou componente de um produto bem como, avaliá-lo de forma quantitativa e qualitativa, por meio da aplicação de funções de pertinência	<i>Bellagamba, 1999</i>	Médio	Médio

<b><i>HAZOP – Hazard and operability studies</i></b>	Método de identificação e avaliação dos pontos críticos, com o intuito de mitigar os riscos.	<i>Kletz, 1999</i>	Alto	Alto
<b><i>HACCP – Hazard analysis and critical control points</i></b>	Método de monitorização preventivo e corretivo, utilizado para assegurar a qualidade dos produtos, segundo os requisitos estipulados.	<i>Kletz, 1999</i>	Médio	Médio
<b><i>Monte-Carlo analysis</i></b>	Método utilizado no estudo e compreensão da variação geral do sistema, decorrentes das ações praticadas.	<i>Project Management Institute, 2008</i>	Baixo	Alto

Fonte: Adaptado de Cagliano *et al.*, (2015)

## Anexo II – Regras de Inferência

Item	Formulação das Regras de Inferência
1.1	<i>If</i> probabilidade é <u>esperada</u> <i>and</i> impacto é <u>insignificante</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>moderado</u> .
1.2	<i>If</i> probabilidade é <u>esperada</u> <i>and</i> impacto é <u>baixo</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>moderado</u> .
1.3	<i>If</i> probabilidade é <u>esperada</u> <i>and</i> impacto é <u>moderado</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>alto</u> .
1.4	<i>If</i> probabilidade é <u>esperada</u> <i>and</i> impacto é <u>elevado</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>muito alto</u> .
1.5	<i>If</i> probabilidade é <u>esperada</u> <i>and</i> impacto é <u>severo</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>Muito Alto</u> .
1.6	<i>If</i> probabilidade é <u>muito provável</u> <i>and</i> impacto é <u>insignificante</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>baixo</u> .
1.7	<i>If</i> probabilidade é <u>muito provável</u> <i>and</i> impacto é <u>baixo</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>moderado</u> .
1.8	<i>If</i> probabilidade é <u>muito provável</u> <i>and</i> impacto é <u>moderado</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>moderado</u> .
1.9	<i>If</i> probabilidade é <u>muito provável</u> <i>and</i> impacto é <u>elevado</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>alto</u> .
1.10	<i>If</i> probabilidade é <u>muito provável</u> <i>and</i> impacto é <u>severo</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>alto</u> .
1.11	<i>If</i> probabilidade é <u>provável</u> <i>and</i> impacto é <u>insignificante</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>baixo</u> .
1.12	<i>If</i> probabilidade é <u>provável</u> <i>and</i> impacto é <u>baixo</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>baixo</u> .
1.13	<i>If</i> probabilidade é <u>provável</u> <i>and</i> impacto é <u>moderado</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>moderado</u> .
1.14	<i>If</i> probabilidade é <u>provável</u> <i>and</i> impacto é <u>elevado</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>moderado</u> .
1.15	<i>If</i> probabilidade é <u>provável</u> <i>and</i> impacto é <u>severo</u> <i>then</i> nível de risco do componente <u>alto</u> .
1.16	<i>If</i> probabilidade é <u>improvável</u> <i>and</i> impacto é <u>insignificante</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>muito baixo</u> .
1.17	<i>If</i> probabilidade é <u>improvável</u> <i>and</i> impacto é <u>baixo</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>baixo</u> .
1.18	<i>If</i> probabilidade é <u>improvável</u> <i>and</i> impacto é <u>moderado</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>baixo</u> .
1.19	<i>If</i> probabilidade é <u>improvável</u> <i>and</i> impacto é <u>elevado</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>moderado</u> .
1.20	<i>If</i> probabilidade é <u>improvável</u> <i>and</i> impacto é <u>severo</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>moderado</u> .
1.21	<i>If</i> probabilidade é <u>raro</u> <i>and</i> impacto é <u>insignificante</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>muito baixo</u> .
1.22	<i>If</i> probabilidade é <u>raro</u> <i>and</i> impacto é <u>baixo</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>muito baixo</u> .
1.23	<i>If</i> probabilidade é <u>raro</u> <i>and</i> impacto é <u>moderado</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>baixo</u> .
1.24	<i>If</i> probabilidade é <u>raro</u> <i>and</i> impacto é <u>elevado</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>baixo</u> .
1.25	<i>If</i> probabilidade é <u>raro</u> <i>and</i> impacto é <u>severo</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>moderado</u> .
1.26	<i>If</i> probabilidade é <u>raro</u> <i>and</i> impacto é <u>moderado</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>muito baixo</u> .
1.27	<i>If</i> probabilidade é <u>raro</u> <i>and</i> impacto é <u>elevado</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>moderado</u> .
1.28	<i>If</i> probabilidade é <u>improvável</u> <i>and</i> impacto é <u>severo</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>alto</u> .
1.29	<i>If</i> probabilidade é <u>improvável</u> <i>and</i> impacto é <u>elevado</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>baixo</u> .

1.30	<i>If</i> probabilidade é <u>provável</u> <i>and</i> impacto é <u>moderado</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>baixo</u> .
1.31	<i>If</i> probabilidade é <u>provável</u> <i>and</i> impacto é <u>insignificante</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>muito baixo</u> .
1.32	<i>If</i> probabilidade é <u>provável</u> <i>and</i> impacto é <u>elevado</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>alto</u> .
1.33	<i>If</i> probabilidade é <u>provável</u> <i>and</i> impacto é <u>elevado</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>moderado</u> .
1.34	<i>If</i> probabilidade é <u>provável</u> <i>and</i> impacto é <u>severo</u> <i>then</i> nível de risco do componente <u>muito alto</u> .
1.35	<i>If</i> probabilidade é <u>muito provável</u> <i>and</i> impacto é <u>baixo</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>baixo</u> .
1.36	<i>If</i> probabilidade é <u>muito provável</u> <i>and</i> impacto é <u>elevado</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>moderado</u> .
1.37	<i>If</i> probabilidade é <u>esperada</u> <i>and</i> impacto é <u>elevado</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>alto</u> .
1.38	<i>If</i> probabilidade é <u>esperada</u> <i>and</i> impacto é <u>insignificante</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>baixo</u> .
1.39	<i>If</i> probabilidade é <u>provável</u> <i>and</i> impacto é <u>insignificante</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>muito baixo</u> .
1.40	<i>If</i> probabilidade é <u>improvável</u> <i>and</i> impacto é <u>insignificante</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>baixo</u> .
1.41	<i>If</i> probabilidade é <u>improvável</u> <i>and</i> impacto é <u>baixo</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>muito baixo</u> .
1.42	probabilidade é <u>esperada</u> <i>and</i> impacto é <u>baixo</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>moderado</u> .
1.43	<i>If</i> probabilidade é <u>esperada</u> <i>and</i> impacto é <u>moderado</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>moderado</u> .
1.44	<i>If</i> probabilidade é <u>esperada</u> <i>and</i> impacto é <u>elevado</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>alto</u> .
1.45	<i>If</i> probabilidade é <u>provável</u> <i>and</i> impacto é <u>severo</u> <i>then</i> nível de risco do componente <u>moderado</u> .
1.46	<i>If</i> probabilidade é <u>provável</u> <i>and</i> impacto é <u>insignificante</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>moderado</u> .
1.47	<i>If</i> probabilidade é <u>esperado</u> <i>and</i> impacto é <u>severo</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>moderado</u> .
1.48	<i>If</i> probabilidade é <u>improvável</u> <i>and</i> impacto é <u>moderado</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>muito baixo</u> .
1.49	<i>If</i> probabilidade é <u>muito provável</u> <i>and</i> impacto é <u>severo</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>moderado</u> .
1.50	<i>If</i> probabilidade é <u>esperado</u> <i>and</i> impacto é <u>severo</u> <i>then</i> nível de risco do componente é <u>alto</u> .

Fonte: Elaboração própria

Anexo III – Resultados obtidos da aplicação do Sistema de Inferência *Fuzzy*

Tabela VIII - Dados utilizados no Sistema de Inferência *Fuzzy* (SIF); a) SIF F1 b) SIF F2 c) SIF F3

a)

SIF F1							
	Componente	$IP_{Csn}$	$PP_{Csn}$	$ID_{Csn}$	$PD_{Csn}$	$IC_{Csn}$	$PC_{Csn}$
Entradas	1	Baixo	Moderado	Severo	Muito Provável	Severo	Moderado
	2	Elevado	Moderado	Moderado	Moderado	Insignificante	Raro
	3	Moderado	Moderado	Baixo	Raro	Baixo	Improvável
	4	Insignificante	Improvável	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
	5	Baixo	Moderado	Baixo	Improvável	Moderado	Improvável
	6	Moderado	Raro	Baixo	Esperado	Elevado	Moderado
	7	Elevado	Moderado	Severo	Moderado	Severo	Moderado
	8	Moderado	Improvável	Severo	Improvável	Moderado	Muito Provável
	9	Baixo	Raro	Baixo	Esperado	Elevado	Improvável
	10	Baixo	Raro	Moderado	Esperado	Elevado	Moderado

Fonte: Elaboração própria

b)

SIF F2										
	Componente	$IP_{Csn \rightarrow E}$	$ID_{Csn \rightarrow E}$	$IC_{Csn \rightarrow E}$	$IP_{Csn \rightarrow O}$	$ID_{Csn \rightarrow O}$	$IC_{Csn \rightarrow O}$	$IP_{Csn \rightarrow M}$	$ID_{Csn \rightarrow M}$	$IC_{Csn \rightarrow M}$
Entradas	1	Moderado	Severo	Elevado	Moderado	Elevado	Elevado	Moderado	Severo	Elevado
	2	Insignificante	Baixo	Insignificante	Moderado	Baixo	Moderado	Baixo	Baixo	Moderado
	3	Insignificante	Baixo	Baixo	Elevado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Baixo
	4	Baixo	Insignificante	Insignificante	Baixo	Baixo	Moderado	Baixo	Moderado	Baixo
	5	Baixo	Moderado	Baixo	Severo	Moderado	Baixo	Insignificante	Moderado	Baixo
	6	Moderado	Insignificante	Moderado	Elevado	Elevado	Moderado	Baixo	Baixo	Moderado
	7	Moderado	Baixo	Moderado	Moderado	Elevado	Elevado	Elevado	Severo	Elevado
	8	Severo	Moderado	Moderado	Severo	Severo	Elevado	Moderado	Baixo	Insignificante
	9	Severo	Moderado	Baixo	Insignificante	Insignificante	Moderado	Elevado	Moderado	Baixo
	10	Elevado	Severo	Elevado	Moderado	Elevado	Elevado	Moderado	Severo	Severo

Fonte: Elaboração própria

c)

SIF F3										
	Componente	$I_{\rightarrow E}$	$P_{\rightarrow E}$	$I_{\rightarrow O}$	$P_{\rightarrow O}$	$I_{\rightarrow M}$	$P_{\rightarrow M}$	$I_{\rightarrow DS}$	$P_{\rightarrow DS}$	$InfRS_{Csn}$
Entradas	1	Elevado	Provável	Moderado	Provável	Elevado	Esperado	Elevado	Esperado	Muito Alto
	2	Insignificante	Improvável	Baixo	Raro	Baixo	Provável	Baixo	Improvável	Moderado
	3	Insignificante	Improvável	Moderado	Provável	Moderado	Raro	Moderado	Improvável	Moderado
	4	Baixo	Provável	Baixo	Raro	Moderado	Muito Provável	Moderado	Provável	Moderado
	5	Moderado	Improvável	Moderado	Improvável	Moderado	Insignificante	Moderado	Improvável	Moderado
	6	Moderado	Muito Provável	Elevado	Provável	Moderado	Esperado	Elevado	Muito Provável	Elevado
	7	Moderado	Muito Provável	Elevado	Provável	Severo	Esperado	Elevado	Provável	Elevado
	8	Elevado	Improvável	Severo	Raro	Moderado	Improvável	Elevado	Improvável	Moderado
	9	Elevado	Esperado	Baixo	Raro	Moderado	Raro	Moderado	Raro	Elevado
	10	Elevado	Muito Provável	Moderado	Muito Provável	Elevado	Provável	Elevado	Esperado	Muito Alto

Fonte: Elaboração própria

Tabela IX – Resultados obtidos do Sistema de Inferência Fuzzy

		SIF F1			SIF F2			SIF F3
	Componente	$RP_{Csn}$	$RD_{Csn}$	$RC_{Csn}$	$I_{Csn \rightarrow E}$	$I_{Csn \rightarrow O}$	$I_{Csn \rightarrow M}$	$RS_{Csn}$
Saídas	1	Moderado	Muito Alto	Alto	Elevado	Elevado	Severo	Elevado
	2	Alto	Moderado	Baixo	Insignificante	Baixo	Baixo	Moderado
	3	Moderado	Baixo	Baixo	Baixo	Moderado	Moderado	Moderado
	4	Muito Baixo	Moderado	Moderado	Insignificante	Baixo	Insignificante	Baixo
	5	Moderado	Baixo	Baixo	Moderado	Elevado	Moderado	Moderado
	6	Baixo	Moderado	Alto	Moderado	Elevado	Moderado	Moderado
	7	Alto	Moderado	Alto	Moderado	Elevado	Severo	Elevado
	8	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Elevado	Baixo	Moderado
	9	Baixo	Moderado	Alto	Moderado	Insignificante	Baixo	Moderado
	10	Baixo	Moderado	Alto	Elevado	Elevado	Severo	Elevado

Fonte: Elaboração própria

Tabela X - Resultados obtidos para o Risco de cada Componente do Sistema

Componente	$RP_{Csn}$	$RD_{Csn}$	$RC_{Csn}$	$\omega_{RPn}$	$\omega_{RDn}$	$\omega_{RCn}$	Risco do Componente do Sistema ( $RC_{Csn}$ )
1	5,4	8,7	6,8	0,4	0,21	0,39	6,6
2	6	4,1	3	0,16	0,42	0,42	3,9
3	5,2	3,4	3,9	0,35	0,22	0,43	4,3
4	2	5,8	4,1	0,19	0,46	0,35	4,5
5	4,4	2,3	3,4	0,24	0,25	0,51	3,4
6	2,9	5,9	7,8	0,14	0,56	0,3	6
7	6	5,6	7,1	0,26	0,56	0,18	6
8	4,1	5,2	4	0,3	0,27	0,43	4,4
9	2,6	4,4	7,1	0,35	0,1	0,55	5,3
10	2,8	5,8	7,3	0,18	0,33	0,49	6,2

Fonte: Elaboração própria

Tabela XI - Resultados obtidos dos níveis de Risco do Sistema

Componente	$I_{Csn \rightarrow E}$	$I_{Csn \rightarrow O}$	$I_{Csn \rightarrow M}$	$Max$ $\{I_{Csn \rightarrow DS}\}$	$Max$ $\{IP_{Csn}, ID_{Csn}, IC_{Csn}\}$	$\omega_{Ind.n}$	$\omega_{Dir.n}$	$InfRS_{Csn}$	$Max$ $\{I_{RS \rightarrow DS} * P_{RS \rightarrow DS}\}$		$RS_{Csn}$	$\omega_{Csn}$	$RS_{Csn} \cdot \omega_{Csn}$
									$RD_{Csn}$	$RP_{Csn}$			
1	7,2	6,8	9,3	9,3	8,7	0,53	0,47	9,01	8,7	5,4	7,98	0,17	1,36
2	1,3	3,1	2,8	3,1	6,0	0,11	0,89	5,68	4,1	6,0	5,03	0,05	0,25
3	3,3	4,3	4,9	4,9	5,2	0,2	0,8	5,14	3,4	5,2	4,65	0,06	0,28
4	1,1	3,8	1,7	3,8	5,8	0,46	0,54	4,88	5,8	2,0	3,9	0,11	0,43
5	5,3	6,0	5,7	6,0	4,4	0,57	0,43	5,31	2,3	4,4	4,34	0,04	0,17
6	5,4	6,4	4,8	6,4	7,8	0,47	0,63	7,92	5,9	2,9	5,73	0,13	0,87
7	4,3	7,0	8,2	8,2	7,1	0,18	0,72	6,59	5,6	6,0	6,42	0,13	0,83
8	4,8	6,1	3,7	6,1	5,2	0,42	0,58	5,58	5,2	4,1	5,0	0,08	0,40
9	5,5	1,8	2,8	5,5	7,1	0,56	0,44	6,20	4,4	2,6	4,7	0,08	0,38
10	7,7	6,6	9,1	9,1	7,3	0,49	0,51	8,18	5,8	2,8	6,76	0,15	1,01
<b>Risco do Sistema (RS)</b>													<b>5,98</b>

Fonte: Elaboração própria