



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

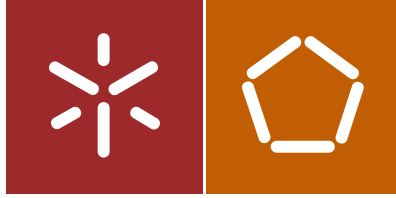
Fernando Jorge Oliveira Castro Freitas Novais

Benchmarking de
Simuladores Organizacionais

Fernando Jorge Oliveira Castro Freitas Novais Benchmarking de Simuladores Organizacionais

UMinho | 2014

outubro de 2014



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Fernando Jorge Oliveira Castro Freitas Novais

Benchmarking de
Simuladores Organizacionais

Dissertação de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao Grau de
Mestre em Engenharia e Gestão de Sistemas de Informação

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Filipe de Sá-Soares

Declaração

Declara-se que é concedida à Universidade do Minho e aos seus agentes uma licença não-exclusiva para arquivar e tornar acessível, nomeadamente através do seu repositório institucional, nas condições abaixo indicadas, esta dissertação, em suporte digital.

Aceita-se que esta dissertação seja colocada no repositório da Universidade do Minho com o seguinte estatuto:

- Disponibilização do trabalho de acordo com o Despacho RT-98/2010 c) (embargo 3 anos)

Universidade do Minho, 31 de Outubro de 2014

Assinatura: _____

Dedico este trabalho à minha Mãe,
pois só assim faz sentido.

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação contou com a importante contribuição de algumas pessoas às quais agradeço.

Ao meu orientador, Professor Filipe de Sá-Soares pela partilha de conhecimento e experiências, pela disponibilidade que demonstrou ao longo deste trabalho, mas sobretudo, pela motivação e dedicação na orientação do mesmo.

Ao Eng. Jorge Figueiredo do Departamento de Sistemas de Informação pelo solícito auxílio na resolução das questões de ordem técnica.

Aos amigos e colegas de curso com os quais ao longo deste período troquei conhecimentos, experiências e principalmente incertezas.

À minha irmã Carolina por todo o apoio, preocupação e sobretudo pela paciência.

À minha mãe Isabel por ser a principal impulsionadora para que tenha ingressado no ensino superior, por todo o apoio, preocupação e sobretudo pela paciência.

RESUMO

Atualmente, as organizações deparam-se com a constante necessidade de adaptação a mercados cada vez mais competitivos, globalizados e instáveis. A resposta a esta envolvente recai, invariavelmente, na capacidade das organizações se moldarem de forma rápida, eficaz e eficiente, de acordo com os seus recursos e condicionantes, ao ambiente, de forma a conseguir superar as dificuldades.

Neste contexto, o papel desempenhado pelos gestores reveste-se de vital importância, pois recai sobre eles a responsabilidade de decidir de forma acertada os destinos da organização.

É neste ponto que os simuladores organizacionais podem, e devem, revelar-se como uma mais-valia para as organizações e, particularmente, para os gestores.

A possibilidade de simular vários cenários, onde a estrutura hierárquica, a circulação de documentos, a alocação de recursos, entre outros fatores relevantes, podem ser parametrizados, com um software de simulação já é uma realidade.

Desta forma, cada vez mais estes programas vão-se afigurando como uma potencial ferramenta indispensável no auxílio ao planeamento e previsão dos resultados, que, quer a implementação de mudanças organizacionais, quer a adoção de determinadas estratégias podem produzir.

É assim esperado que, com tais recursos, os gestores possam suportar as suas decisões em simulações tão representativas da realidade quanto possível ou economicamente viável, e, fruto disso, decidir, por um lado, com um grau de incerteza menor e, por outro, com uma maior consciencialização dos efeitos que tais decisões acarretarão.

O presente trabalho visa o estudo de ferramentas de simulação organizacional, nomeadamente a forma como estas podem ser comparadas e classificadas, concluindo-se, à luz da realização de um *benchmarking* laboratorial que terá por base um conjunto de casos organizacionais, qual ou quais os melhores simuladores organizacionais.

Adicionalmente, espera-se produzir um conjunto de recomendações, fundamentadas em tal estudo, que promovam o uso e desenvolvimento de simuladores organizacionais no futuro.

Palavras-chave: Simulação, Organização, Simuladores, *Benchmarking*

ABSTRACT

Today, organizations are faced with the constant need to adapt to increasingly competitive, globalized and unstable markets. The answer to this context depends on the ability of organizations to quickly, effectively and efficiently reshape, according to their resources and constraints, adjusting themselves to the environment in order to be able to overcome the difficulties.

In this context, the role of managers has a vital importance as it falls upon them the responsibility for deciding the best route to the organization.

This is where organizational simulators can, and should prove to be, an asset for organizations and particularly for managers.

The possibility of simulating multiple scenarios, where the hierarchical structure, circulation of documents, allocation of resources, among other relevant factors, can be parameterized, with a simulation software is already a reality.

Thus, increasingly these programs are a potentially indispensable tool to aid in the planning and forecasting of results, by the implementation of organizational changes or the adoption of certain strategies.

Hopefully, with such resources, managers can support their decisions on representative simulations of reality as possible or economically feasible, and as the result of that, to decide with a lesser degree of uncertainty and with greater awareness of the effects of such decisions.

This paper presents the study of organizational simulation tools, including how they can be compared and classified, determining, in light of the realization of a laboratorial benchmarking, with a set of organizational cases, which are the best organizational simulators.

Additionally, it is expected to produce a set of recommendations, based on this study, to promote the use and development of organizational simulators in the future.

Keywords: Simulation, Organization, Simulators, Benchmarking

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	v
RESUMO	vii
ABSTRACT.....	ix
Índice	xi
Índice de Figuras	xiii
Índice de Gráficos.....	xvii
Índice de Tabelas	xix
Capítulo 1 – Introdução	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Problema e Objetivos da Investigação.....	5
1.3 Estratégia de Investigação.....	5
1.4 Organização do Documento	6
Capítulo 2 – Revisão da Literatura.....	9
2.1 Estratégia de Pesquisa Bibliográfica	9
2.2 Simulação	11
2.3 Modelo	13
2.4 Tipos de Modelação	16
2.5 Tipos de Simulação	18
2.6 Simulação Computacional.....	21
2.7 Simulação no Domínio dos Sistemas de Informação.....	27
2.8 Razões para a Adoção da Simulação pelas Organizações.....	32
2.9 Estudos no Domínio da Simulação Organizacional.....	34
2.10 Avaliação do Sucesso em Sistemas Informáticos	39
2.11 Survey de Software de Simulação.....	43
2.12 Estudo da Popularidade das Ferramentas de Simulação.....	50
2.13 Problema de Investigação	52

Capítulo 3 – Abordagem de Investigação.....	55
3.1 Questão de Investigação	55
3.2 Abordagem Metodológica.....	57
3.3 Atividades Realizadas.....	59
3.4 Benchmarking Laboratorial	62
Capítulo 4 – Descrição do Estudo	65
4.1 Critérios de Benchmarking.....	65
4.2 Matriz de Avaliação	72
4.3 Seleção de Ferramentas	75
4.4 Elaboração dos Casos de Estudo.....	78
4.5 Experimentação	88
Capítulo 5 – Realização do Benchmarking Laboratorial.....	132
5.1 Protocolo	132
5.2 Resultados do Benchmarking Laboratorial.....	133
5.3 Discussão de Resultados	140
5.4 Recomendações para Uso e Desenvolvimento de Simuladores Organizacionais	144
Capítulo 6 – Conclusão.....	147
6.1 Contribuições	147
6.2 Limitações.....	148
6.3 Trabalhos Futuros.....	149
6.4 Considerações Finais	149
Anexo A.....	151
Referências	177

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Estudos sobre Simulação no Campo SI e em Disciplinas de Referência dos SI	1
Figura 2 – O Processo Interativo da Modelação e Simulação na Teoria de Gestão	24
Figura 3 – Modelo de Sucesso de Sistemas Informáticos (1992)	40
Figura 4 – Modelo de Sucesso de Sistemas Informáticos (2002)	41
Figura 5 – Abordagem Metodológica	58
Figura 6 – Planeamento do Projeto de Investigação.....	61
Figura 7 – Diagrama de <i>Gantt</i>	61
Figura 8 – Matriz de Avaliação	73
Figura 9 – Diagrama Publicação JISSec	80
Figura 10 – Modelo do Processo da Pizza Co.	85
Figura 11 – Modelo de Investimento em Segurança dos SI.....	87
Figura 12 – Modelo de Simulação Iteração 1 Caso Revista Científica – Arena	98
Figura 13 – Modelo de Simulação Iteração 1 Caso Revista Científica – SIMUL8.....	99
Figura 14 – Modelo de Simulação Iteração 1 Caso Revista Científica – Simio	100
Figura 15 – Alteração Submissão de Manuscritos 1/2 Caso Revista Científica – Arena	101
Figura 16 – Alteração Submissão de Manuscritos 2/2 Caso Revista Científica – Arena	101
Figura 17 – Alteração Submissão de Manuscritos 1/2 Caso Revista Científica – SIMUL8..	101
Figura 18 – Alteração Submissão de Manuscritos 2/2 Caso Revista Científica – SIMUL8..	101
Figura 19 – Alteração Submissão de Manuscritos 1/2 Caso Revista Científica – Simio	102
Figura 20 – Alteração Submissão de Manuscritos 2/2 Caso Revista Científica – Simio	102
Figura 21 – Percentagens de Atividade com Tomada de Decisão – Arena.....	105
Figura 22 – Percentagens de Atividade com Tomada de Decisão – SIMUL8	105
Figura 23 – Percentagens de Atividade com Tomada de Decisão – Simio	105
Figura 24 – Alteração do Tempo de Simulação Caso Revista Científica 1/2 – Arena	107
Figura 25 – Alteração do Tempo de Simulação Caso Revista Científica 2/2 – Arena	107
Figura 26 – Alteração do Tempo de Simulação Caso Revista Científica 1/2 – SIMUL8.....	108
Figura 27 – Alteração do Tempo de Simulação Caso Revista Científica 2/2 – SIMUL8.....	108
Figura 28 – Alteração do Tempo de Simulação Caso Revista Científica 1/2 – Simio	108
Figura 29 – Alteração do Tempo de Simulação Caso Revista Científica 2/2 – Simio	108

Figura 30 – Menu no Arena	110
Figura 31 – Menu no SIMUL8.....	110
Figura 32 – Menu no Simio	110
Figura 33 – Botões de Execução do Modelo no Arena	111
Figura 34 – Botões de Execução do Modelo no SIMUL8	111
Figura 35 – Botões de Execução do Modelo no Simio.....	111
Figura 36 – Alerta de Erro no Arena.....	112
Figura 37 – Alerta de Erro no SIMUL8.....	112
Figura 38 – Alerta de Erro no Simio	112
Figura 39 – Importação para SIMUL8 de Ficheiro VSD	114
Figura 40 – Importação para SIMUL8 de Ficheiro BPMN.....	114
Figura 41 – Opções de Criação/Importação no SIMUL8.....	115
Figura 42 – Objetos Linguagem BPMN no SIMUL8.....	115
Figura 43 – Edição do Processo Principal no SIMUL8.....	116
Figura 44 – Alerta na Cópia de Objetos no SIMUL8	117
Figura 45 – Gráficos do Processo Principal no SIMUL8	118
Figura 46 – Edição de 3D no Arena	119
Figura 47 – Edição de Ícones e Imagens no Arena	119
Figura 48 – Detalhe da Animação do Processo no Arena.....	120
Figura 49 – Painel de Navegação no Arena	121
Figura 50 – Verificação de Erros no Arena.....	121
Figura 51 – Modelação do Processo em 2D no Simio.....	122
Figura 52 – Execução do Processo em 3D no Simio.....	123
Figura 53 – Exemplo da Aplicação da Decisão Lógica no Simio	124
Figura 54 – Matriz de Avaliação do Arena	134
Figura 55 – Matriz de Avaliação do SIMUL8	136
Figura 56 – Matriz de Avaliação do Simio.....	138
Figura 57 – Mapa do <i>Survey</i>	152
Figura 58 – Parte A1 do <i>Survey</i>	153
Figura 59 – Parte B1 do <i>Survey</i>	154
Figura 60 – Parte C1 do <i>Survey</i>	155

Figura 61 – Parte A2 do <i>Survey</i>	156
Figura 62 – Parte B2 do <i>Survey</i>	157
Figura 63 – Parte C2 do <i>Survey</i>	158
Figura 64 – Parte A3 do <i>Survey</i>	159
Figura 65 – Parte B3 do <i>Survey</i>	160
Figura 66 – Parte C3 do <i>Survey</i>	161
Figura 67 – Parte A4 do <i>Survey</i>	162
Figura 68 – Parte B4 do <i>Survey</i>	163
Figura 69 – Parte C4 do <i>Survey</i>	164
Figura 70 – Parte A5 do <i>Survey</i>	165
Figura 71 – Parte B5 do <i>Survey</i>	166
Figura 72 – Parte C5 do <i>Survey</i>	167
Figura 73 – Parte A6 do <i>Survey</i>	168
Figura 74 – Parte B6 do <i>Survey</i>	169
Figura 75 – Parte C6 do <i>Survey</i>	170
Figura 76 – Parte A7 do <i>Survey</i>	171
Figura 77 – Parte B7 do <i>Survey</i>	172
Figura 78 – Parte C7 do <i>Survey</i>	173
Figura 79 – Parte A8 do <i>Survey</i>	174
Figura 80 – Parte B8 do <i>Survey</i>	175
Figura 81 – Parte C8 do <i>Survey</i>	176

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Compatibilidade com o Sistema Operativo.....	45
Gráfico 2 – Existência de Suporte de Análise Externo.....	45
Gráfico 3 – Tipos de Software Utilizado em Funções Especiais	46
Gráfico 4 – Tipos de Animação Gráfica.....	46
Gráfico 5 – Tipos de Licenças para Estudantes	47
Gráfico 6 – Registo de Diversas Funcionalidades	47
Gráfico 7 – Suporte Técnico Disponibilizado	48
Gráfico 8 – Domínios Aplicacionais Predominantes	49

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Palavras-chave/ <i>Keywords</i> Utilizadas nas Pesquisas Realizadas	10
Tabela 2 – Desenvolvimento da Teoria Utilizando Métodos de Simulação.....	25
Tabela 3 – Acrónimos dos Tipos de Simulação.....	28
Tabela 4 – Tipos de Simulação vs. Contribuição Teórica.....	30
Tabela 5 – Tipos de Simulação vs. Domínio de Investigação	31
Tabela 6 – Tipos de Simulação vs. Vistas de Informação	31
Tabela 7 – Comparação da Classificação 2006 – 2011	51
Tabela 8 – Critérios de <i>Benchmarking</i>	68
Tabela 9 – Atividades e Tempos Associados à Publicação na JISSec	82
Tabela 10 – Especificação das Atividades de Tomada de Decisão.....	83
Tabela 11 – Classificação dos Modelos dos Casos de Estudo	88
Tabela 12 – Correspondência de Atividades entre Modelos e Diagrama JISSec.....	91
Tabela 13 – Atividades e Tempos da Iteração 1 do Caso Revista Científica	95
Tabela 14 – Condição das Atividades de Tomada de Decisão da Iteração 1 do Caso Revista Científica	95
Tabela 15 – Resultados Globais da Iteração 1 do Caso Revista Científica	96
Tabela 16 – Resultados da Iteração 2 do Caso Revista Científica no Arena	102
Tabela 17 – Resultados da Iteração 2 do Caso Revista Científica no SIMUL8	103
Tabela 18 – Resultados da Iteração 2 do Caso Revista Científica no Simio.....	103
Tabela 19 – Condição das Atividades de Tomada de Decisão da Iteração 3 do Caso Revista Científica	104
Tabela 20 – Resultados Globais da Iteração 3 do Caso Revista Científica	106
Tabela 21 – Atividades e Tempos da Iteração 4 do Caso Revista Científica	107
Tabela 22 – Resultados da Iteração 4 do Caso Revista Científica no Arena	108
Tabela 23 – Resultados da Iteração 4 do Caso Revista Científica no SIMUL8	109
Tabela 24 – Resultados da Iteração 4 do Caso Revista Científica no Simio.....	109
Tabela 25 – Resultados Globais do <i>Benchmarking</i>	140
Tabela 26 – Resultados na Categoria Modelação.....	141
Tabela 27 – Resultados na Categoria Execução.....	141

Tabela 28 – Resultados na Categoria Exploração	142
Tabela 29 – Resultados na Categoria Apoio/Suporte	142

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

Atualmente, a utilização da tecnologia como ferramenta de apoio à gestão estratégica das organizações é tida como uma mais-valia, e são várias as áreas onde a mesma é aplicada, como são exemplo a física, química, biologia, economia, engenharia e ciências sociais [Lyons et al. 2011]. Tal, é possível graças à permanente evolução da tecnologia que leva a que os produtos desenvolvidos sejam progressivamente mais sofisticados e apropriados às diversas utilizações que lhes são conferidas.

Neste contexto tecnológico, e no que se refere particularmente ao domínio da simulação constata-se que o número de interessados tem vindo a aumentar ao longo dos últimos 30 anos, sendo cada vez mais as empresas a produzir software específico para a simulação, o número de investigadores e respetiva produção são maiores, e as conferências especializadas no tema têm, consequentemente, maior participação e relevo no contributo que prestam para a difusão e desenvolvimento da simulação [Ören 2011; Spagnoletti et al. 2013].

O exemplo deste crescimento é constatado pelo estudo de Spagnoletti et al. [2013], onde são apresentados os dados referentes à pesquisa realizada em três diferentes repositórios, (ISI Web of Knowledge, Scopus e AISel), pelo termo “*Simulation*” nos campos Resumo, Assunto e Keywords, para as disciplinas relacionadas com os Sistemas de Informação (SI), e cujo resultado é retratado na Figura 1.

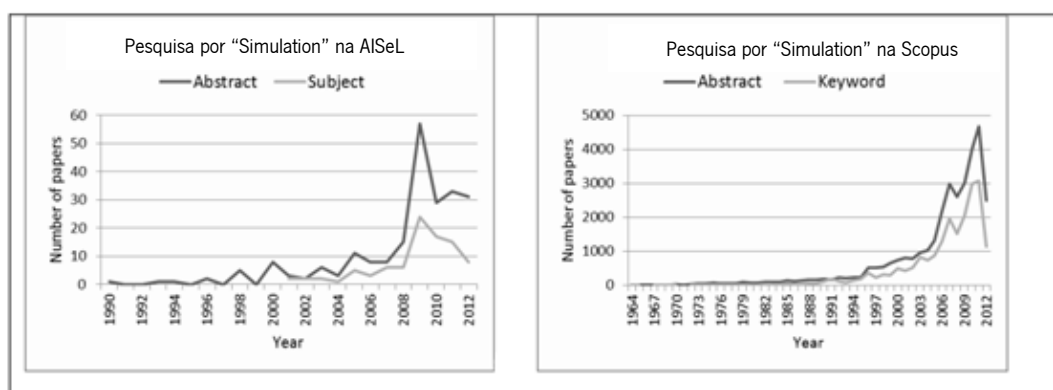


Figura 1 – Estudos sobre Simulação no Campo SI e em Disciplinas de Referência dos SI
Adaptado de Spagnoletti et al. [2013]

Conforme se pode observar verifica-se um aumento acentuado de resultados da pesquisa, ao longo da última década, para o termo “*Simulation*” nos campos mencionados, e que segundo os autores após o ano de 2008 reflete uma tendência positiva¹ passando a representar entre 1% e 2% do total de artigos publicados no repositório AISeL.

De igual forma, circunscrevendo a pesquisa aos domínios da Psicologia, Ciências Sociais, Economia, Econometria e Finanças, Gestão e Contabilidade, Ciências da Decisão e Ciências da Computação, no repositório da Scopus, a percentagem de artigos ligados à Simulação representa, após 2006, entre 2% e 3% do total de artigos publicados.

Este estudo vem assim corroborar, com dados concretos e explícitos, outros autores que também reportam, e justificam, o crescimento acentuado do domínio da simulação ao longo dos últimos anos, particularmente Brown [2011].

Adicionalmente, a simulação computacional é já considerada por alguns autores como uma disciplina científica única. Aqueles sustentam a unicidade da disciplina com o facto de ser possível identificar e definir, sem necessitar de recorrer ou conectar a simulação a outros domínios, os quatro fatores que podem, categorizá-la com esse estatuto, nomeadamente: Foco de estudo, Principal questão de investigação, Teorias e princípios, e Subáreas [Padilla et al. 2011].

A disciplina é reconhecida como um método poderoso para o avanço da teoria e investigação sobre os comportamentos e sistemas complexos, apropriado para a pesquisa, análise e descoberta das relações, problemas e teste de cenários dentro das organizações [Axelrod 2005; Eason et al. 2007; Wolfram 2002].

Ora, é precisamente dentro das organizações que, num futuro próximo, se espera que a simulação, em particular os simuladores organizacionais, possam vir a assumir-se como uma ferramenta indispensável para os gestores e decisores organizacionais. Esta ideia acredita-se resultar, principalmente, de três fatores. Desde logo, da reconhecida e reportada capacidade que é evidenciada pelos simuladores em se posicionarem como um recurso multifacetado que oferece, entre outras, a possibilidade de prever, descobrir e comparar relações, problemas e cenários dentro de um ambiente controlado e manipulável, possibilitando a formulação de teorias e hipóteses sobre diferentes fenómenos.

¹ Os autores assumem que a queda abrupta nos registos para os anos de 2011 e 2012 se deve a problemas na qualidade nos metadados, pelo que na sua opinião não representa uma tendência decrescente.

Paralelamente, o facto dos simuladores serem um produto tecnológico e, fruto disso, acompanharem a evolução da própria tecnologia, leva a que os mesmos estejam em constante aperfeiçoamento. Desta forma, quanto maior for o nível de refinamento tecnológico que se atinja nesta vertente, particularmente no que diz respeito à capacidade computacional, mais capazes serão os simuladores de, progressivamente, representar melhor, e mais fielmente, a realidade [Antonoaie e Antonoaie 2010].

Por último, mas não de somenos importância, registre-se o facto da crise económica mundial que, quase invariavelmente, faz refletir o seu impacto negativo em grande parte das organizações e, de forma um pouco indiscriminada do setor ou área onde aquelas se inserem. Apesar dos gestores reconhecerem o valor que as ferramentas tecnológicas podem aportar à organização, a capacidade de investimento é cada vez menor, e com ela a tolerância a uma aposta errada. De tais condicionantes, resulta a necessidade de uma ponderada, e sobretudo justificada, escolha sobre quais os investimentos a realizar no que aos recursos tecnológicos diz respeito [Brown 2011]. Com isto, a importância da simulação revelar-se-á na possibilidade de estudar, criar e alterar de forma mais pormenorizada e cautelosa toda a infraestrutura tecnológica da organização, permitindo que os investimentos em tecnologia, que são normalmente avultados, possam ser realizados após avaliado o seu grau de adequação aos objetivos e metas da organização.

Deste modo, a adopção de um recurso tecnológico, no caso um simulador organizacional, que possa por um lado, reproduzir a realidade da organização e, por outro, e com um considerável grau de certeza simular, e assim prever, o resultado que irá advir de determinadas opções estratégicas, a repercussão que a alteração na hierarquia ou na circulação de documentos entre diferentes departamentos ou postos de trabalho dentro da organização terá nos indicadores de desempenho da mesma, ou ainda a alocação de novos, ou reorganização dos atuais, recursos humanos a determinadas tarefas, entre outros cenários de teste e comparação possíveis, será, na maioria dos casos, uma vantagem que um gestor organizacional gostaria de usufruir. Este investimento, poder-se-á dizer com um considerável grau de certeza, seria justificado a longo prazo, pois levaria à redução da incerteza e, em virtude disso, à tomada de decisão mais ajustada e a precaver, logo à partida, eventuais constrangimentos futuros, que não raras vezes, acarretam custos elevados às organizações.

Desta forma, e face a todas as considerações sobre estas ferramentas, assume-se que os simuladores podem e devem, cada vez mais, fazer parte das ferramentas tecnológicas indispensáveis a uma organização, ou pelo menos à grande maioria delas.

Assim, e com base na pesquisa realizada, observa-se que a oferta de simuladores existentes no mercado é bastante alargada, tanto nas funcionalidades como nas características que cada um predispõe, e que levam a que determinado simulador possa ser mais indicado para a realização de uma dada tarefa de simulação e, eventualmente, mais indicado também para um dado tipo de organização.

Decorrente da análise elaborada ao *Survey de Software de Simulação* [Swain 2013], disponibilizado pela INFORMS e referente ao ano de 2013, que, no presente trabalho, mais adiante se explanará, pode-se desde já destacar que são contabilizados 43 produtos, ou seja, programas de simulação de 23 diferentes fornecedores e para os quais são registados dados sobre a compatibilidade com sistemas operativos, a existência de manuais de utilizador, o tipo de animação gráfica disponível, entre outras características técnicas e também comerciais como o preço e tipos de licença existentes.

Com isto pretende-se chamar a atenção para o facto de que, em virtude do grande número de aspetos tidos em consideração neste tipo de estudos, apesar de pertinentes e de considerável relevância, a dificuldade com a qual a organização se depara no momento de escolher de forma acertada o simulador mais indicado e que irá de encontro às suas pretensões é significativa.

Na verdade, esta dificuldade advém da falta de resposta à questão “Qual, ou quais, os melhores simuladores organizacionais?”, pois, apesar de compilar e analisar um sem número de aspetos técnicos, os estudos não estão voltados para sustentar uma resposta cabal a essa questão.

Assim, se por um lado se admite que um gestor ou decisor de uma organização possa reconhecer as pontencialidades de um simulador organizacional, por outro, verifica-se que a dificuldade na escolha e conseqüente justificação do investimento realizado poder-se-ão revelar contraproducentes.

É, então, neste hiato que se contextualiza e enquadra o presente trabalho de investigação. Neste sentido procura-se realizar um *benchmarking* laboratorial que, para além de considerar um conjunto de aspectos relativos às características dos simuladores organizacionais, possa, no final e através da experimentação, com recurso a um conjunto de casos organizacionais,

classificar e apurar qual, ou quais, os melhores simuladores organizacionais e, adicionalmente, produzir-se com recurso ao mesmo um conjunto de recomendações para o uso e desenvolvimento de simuladores organizacionais.

1.2 Problema e Objetivos da Investigação

É finalidade deste estudo responder à questão de investigação “Qual, ou quais, os melhores simuladores organizacionais?”.

Assim, o principal foco do trabalho estará ligado à realização de um *benchmarking* laboratorial de simuladores computacionais organizacionais.

Com vista a obter resposta para aquela questão de investigação enunciam-se os seguintes objetivos para este estudo:

- Identificação de simuladores computacionais organizacionais atualmente em uso;
- Definição dos parâmetros para a realização do *benchmarking* de simuladores organizacionais;
- Definição de um pequeno conjunto de casos organizacionais para o *benchmarking*;
- Comparação de simuladores organizacionais;
- Recomendações para o uso e desenvolvimento de simuladores organizacionais.

Com este trabalho, pretende-se identificar os principais simuladores organizacionais disponíveis no mercado, para que, após a definição de um conjunto de critérios e respetiva experimentação e tendo por base um conjunto de casos organizacionais, sejam analisados os resultados e se possa produzir, à luz dos mesmos, um conjunto de recomendações para o uso e desenvolvimento dos simuladores.

1.3 Estratégia de Investigação

Para a realização desta investigação, efetuou-se uma revisão da literatura existente no domínio da simulação de forma a apresentar os conceitos-chave, técnicas, modelos, e outros fundamentos basilares para a compreensão do enquadramento do presente trabalho.

De igual modo, foi alvo de revisão a literatura relacionada com as organizações e concretamente com a simulação organizacional. Esta revisão de literatura serve de suporte

teórico ao trabalho realizado e, como tal, deve assentar numa rigorosa e bem definida estratégia de pesquisa bibliográfica que, mais adiante, se explanará.

Após a revisão e apresentação dos fundamentos teóricos, foi realizado o levantamento do software existente na área da simulação computacional e procedeu-se à escolha dos simuladores. Importa ressaltar que a escolha dos simuladores utilizados foi feita com recurso a um conjunto de critérios definidos e que, a título de exemplo, atentou em aspetos como a área ou domínio aplicacional predominante, ou ainda ao tipo e custo de licença disponíveis.

Adicionalmente, definiu-se o conjunto de casos organizacionais, descritos na literatura analisada, que serviram de apoio à experimentação dos simuladores escolhidos.

Paralelamente, foi também definido o conjunto de escalas e parâmetros a analisar no processo de *benchmarking*, que, julgou-se pertinente para um melhor entendimento, agrupar em diferentes classes e subclasses numa matriz de avaliação.

Por último, realizou-se a experimentação dos simuladores escolhidos com recurso aos casos selecionados e a respetiva análise dos resultados obtidos e testes realizados para se proceder à elaboração de recomendações.

1.4 Organização do Documento

Após este capítulo introdutório, neste documento segue-se a revisão da literatura, onde, para além da apresentação da estratégia de pesquisa bibliográfica utilizada, são apresentados os conceitos teóricos revistos e considerados como relevantes para a contextualização do projeto.

Os principais conceitos, termos e aspetos analisados e explicitados são a simulação, os modelos e respetivos conjuntos e classificações, os tipos de modelação e simulação, a definição de simulação computacional, a resumida descrição de estudos que versaram a aplicação da simulação no domínio dos SI, as razões para a adoção da simulação pelas organizações, estudos realizados no âmbito da aplicação da mesma num contexto organizacional, a avaliação do sucesso de Sistemas Informáticos, a análise realizada ao *survey* de Software de Simulação, a apresentação de um estudo sobre a popularidade das ferramentas de simulação, e, finalmente, a exposição do problema de investigação identificado que motiva o presente trabalho.

O documento prossegue com o capítulo referente à abordagem de investigação onde é apresentada a formulação e explanação da Questão de Investigação e dos objetivos inerentes à

mesma, bem como da abordagem metodológica, das atividades realizadas e, por último, da definição e contextualização do método de *benchmarking*.

Segue-se o capítulo da descrição do estudo realizado, com a apresentação do conjunto de critérios de *benchmarking*, da matriz de avaliação elaborada, da seleção de ferramentas, dos casos de estudo utilizados e, por fim, da experimentação.

Adicionalmente, é apresentado o capítulo referente à realização do *benchmarking* laboratorial onde consta o protocolo seguido, os resultados obtidos e respetiva discussão dos mesmos que, por sua vez, antecede o conjunto de recomendações para o uso e desenvolvimento de simuladores organizacionais.

O último capítulo diz respeito à conclusão e compreende as contribuições, limitações, trabalhos futuros e considerações finais.

Após o anexo relativo ao *survey* analisado (Anexo A) o documento encerra-se com as referências.

CAPÍTULO 2 – REVISÃO DA LITERATURA

Para contextualizar o trabalho a realizar no âmbito deste projeto, importa desde logo apresentar os conceitos-chave que ao longo deste documento serão referenciados.

Assim, a definição de termos como simulação, simulação computacional, modelo, organização, entre outros será importante. De igual modo, a explicitação e entendimento da relevância que a simulação terá num contexto organizacional será de considerável interesse abordar.

Desta forma, e após resumidamente se relatar a estratégia de pesquisa bibliográfica, o presente capítulo destina-se a fazer um enquadramento aos fundamentos basilares que, fruto da revisão bibliográfica realizada, se consideraram pertinentes apresentar para uma melhor compreensão do trabalho desenvolvido.

2.1 Estratégia de Pesquisa Bibliográfica

Para uma melhor e mais eficiente recolha de informação, assim como mais específica e concreta ao nível dos tópicos a abordar, existe a necessidade de definir os métodos de pesquisa da documentação nas fontes de informação respeitantes e mais indicadas para os pontos temáticos sobre os quais o presente trabalho incide.

As fontes selecionadas para a recolha de informação são as mais variadas: através do canal mais prático e acessível, a Internet, realizaram-se pesquisas em repositórios de artigos científicos, *journals*, *papers*, *websites* da especialidade, assim como em ferramentas destinadas à pesquisa académica.

De todas as fontes de informação consultadas, é importante ressaltar as que se poderão considerar como principais no processo de pesquisa, a saber:

- Google Scholar² – ferramenta destinada à pesquisa académica;
- Web of Knowledge³ – ferramenta de pesquisa que reúne e indexa fontes de informação de diversas áreas;

² <http://scholar.google.pt>

³ <http://wokinfo.com>

- Scopus⁴ – ferramenta de pesquisa que reúne e indexa fontes de informação de diversas áreas;
- Microsoft Academic Search⁵ – ferramenta destinada à pesquisa académica;
- RepositóriUM⁶ – repositório institucional da Universidade do Minho;

Na Tabela 1, abaixo apresentada, listam-se as palavras-chave e *keywords* utilizadas nas pesquisas realizadas.

Tabela 1 – Palavras-chave/ *Keywords* Utilizadas nas Pesquisas Realizadas

Palavras-chave	Keywords
Simulação	Simulation
Simulação computacional	Computer simulation
Organização	Organization
Simulação organizacional	Organizational simulation
Simulação computacional de organizações	Computer simulation and organizational studies
Tipos de simulação	Types of simulation
Modelos de simulação	Models of simulation
Simuladores	Simulators
Aferição de software de simulação	Survey of simulation
Benchmarking	Benchmarking

Naturalmente que, face ao canal utilizado para a recolha de informação, a Internet, a quantidade de artigos, documentos em repositórios, *websites* da especialidade, e outros tipos de formatos de ficheiro que estão à disposição dos utilizadores é muito grande.

Deste modo, o processo de pesquisa necessita de ser criterioso de forma a circunscrever-se apenas aos temas essenciais e claramente correlacionados com a temática a abordar no presente trabalho. Este é um procedimento importante, pois restringirá a quantidade de documentos, para os quais se realizará a análise à qualidade e relevância.

Desta forma, e decorrente do procedimento atrás mencionado, abandonaram-se diversos documentos ao longo do processo de recolha de informação, maioritariamente numa primeira

⁴ <http://scopus.com>

⁵ <http://academic.research.microsoft.com>

⁶ <http://repositorium.sdum.uminho.pt>

análise. As razões pelas quais se verificou tal facto foram a falta de qualidade e relevância da informação, a distorção quanto ao tema abordado, e, em alguns casos, os custos associados à disponibilização dos conteúdos da versão integral, entre outras.

Para todos os documentos que no final se reuniram, ou seja, aqueles que passaram no que se poderá considerar o primeiro filtro à qualidade e relevância dos mesmos, elencou-se um conjunto de características que tais documentos devem possuir, para que possam ser utilizados como fonte bibliográfica credível.

Em seguida, apresentam-se as características selecionadas:

- Identificação do(s) autor(es);
- Data de publicação;
- Possibilidade de consultar carreira bibliográfica, e/ou académica, e/ou profissional do(s) autor(es);
- Elaboração sob supervisão de instituições académicas;
- Número de referências bibliográficas a nível de conteúdos;
- Número de citações ao artigo por parte de outras publicações;
- Publicado por entidades e/ou organizações com créditos reconhecidos na área.

Ao estabelecer a supramencionada lista de características, denotou-se uma simplificação e melhoria no processo de análise da qualidade da informação recolhida, pois ficou definido um procedimento iterativo que foi aplicado para os documentos recolhidos, que ao ser transversal uniformizou os critérios de qualidade para a seleção de documentos, assim como permitiu sustentar a revisão bibliográfica realizada.

Nos próximos pontos do presente capítulo, apresentam-se os principais conceitos teóricos para o âmbito deste trabalho, bem como alguns dos estudos no domínio dos SI revistos, o *survey* de software de simulação analisado e ainda o problema de investigação formulado.

2.2 Simulação

Uma das primeiras definições gerais para o termo Simulação surge em meados da década de 60 e é da autoria de Naylor et al. [1966], que definiram simulação como sendo essencialmente

uma técnica que envolve a criação de um modelo de uma situação real e, em seguida, a realização de experiências sobre o modelo.

Para Gordon [1975], a simulação é definida como a técnica de resolver problemas através da observação do desempenho, ao longo do tempo, de um modelo dinâmico do sistema, enquanto Korn e Wait [1978, p.9] sucintamente descrevem o termo como sendo “a experimentação de modelos”.

Outra definição de relevância é formulada pelo Department of Defense of United States of America [2008] que sumariamente sugere que será uma técnica utilizada para testar, analisar e dar formação com recurso a um modelo que representará um sistema do “mundo real” ou um conceito.

Embora se encontrem diversas definições na literatura para o conceito de simulação, crê-se que Azevedo et al. [2010, p.642] caracterizam, de forma particularmente completa, mas ao mesmo tempo sucinta, aquilo que se pode entender por simulação, quando escrevem que:

“A simulação consiste na recriação de um sistema num ambiente controlado, de modo que seja possível compreender, manipular e verificar seu comportamento de forma segura e a custos relativamente menores (Vaccaro (1999) e Cassel e Vaccaro (2007); por esse motivo a simulação é geralmente aplicada em sistemas ou processos complexos. Mais especificamente, compreende-se por simulação uma metodologia experimental e aplicada que tem por objetivo usar modelos para (Shannon, 1992):

- Descrever o comportamento de sistemas;
- Construir teorias ou hipóteses a partir de comportamentos observados;
- Inferir comportamentos futuros, ou seja, efeitos produzidos por mudanças na estrutura ou no método de operação do sistema.”

Da análise à definição apresentada, pode observar-se alguns dos pontos em que a utilização da simulação no âmbito organizacional será mais tida em conta.

Atentando-se nos três pontos enunciados por Shannon [1992], que concretizam o objetivo da simulação, é fácil de compreender que todos eles se enquadram no que se perspetiva ser pretendido pelos gestores e decisores organizacionais.

Descrever o comportamento de sistemas será, com certeza, uma das vantagens que advém da simulação, podendo, assim, a organização ter uma visão abrangente, à escala, de todo o seu sistema que por norma é constituído por três elementos principais, nomeadamente, estrutura hierárquica, pessoas e processos [Brown 2011].

Outra possibilidade, que se relaciona com o segundo ponto, é a de construir teorias ou hipóteses a partir dos comportamentos observados no sistema real, reproduzindo-os e analisando sob os mais diversos pontos de vista os seus resultados, ressalvando-se que tudo é realizado num ambiente controlado e em que existe um controlo do tempo de simulação.⁷ Esta observação pode detetar eventuais falhas e/ou problemas que existem no sistema da organização.

Por último, a possibilidade de inferir comportamentos futuros e testar o resultado que tais mudanças na estrutura ou método de operação do sistema podem originar é, sem dúvida, uma mais-valia que auxiliará os decisores.

Apesar de consideravelmente espaçadas temporalmente, nas definições apresentadas, a referência ao(s) modelo(s) é evidente, assumindo-se este como ponto comum entre as visões, mais ou menos elaboradas, que os autores possuem da simulação.

Deste modo, antes de avançar para o enquadramento da simulação no contexto organizacional, considera-se importante dedicar uma secção à definição de modelo assim como à de outros conceitos conexos.

2.3 Modelo

O termo modelo pode ser definido recorrendo a uma visão abrangente, porém redutora, e que sugere tratar-se de uma “representação simplificada de algum aspeto do mundo real” [Dye 1995, p.41], ou com base numa outra perspetiva, mais elaborada e complexa, que aponta para que modelo seja “uma réplica matemática, lógica ou mecânica de uma relação, de um sistema, ou de uma sequência de eventos de tal maneira que um estudo do modelo pode produzir algum entendimento do mundo real”[Hurst 1974, p.405].

⁷ Tempo de simulação pode ser manipulado pelo utilizador para avançar mais, ou menos, rapidamente de forma a analisar determinados fenómenos no processo de simulação.

Mais contemporâneas podem-se encontrar as definições do atualmente Department of Defense of United States of America [2008, p.6], em que “um modelo é uma representação física, matemática ou de outra forma lógica de um sistema, entidade, fenômeno ou processo”, e a de Kellner et al. [1999, p.92] que apresentam uma definição mais vasta, completa e contextualizada, designadamente “Um modelo é uma abstração (isto é, uma representação simplificada) de um sistema complexo real ou conceptual. Um modelo é projetado para exibir características importantes e as características do sistema que se deseja estudar, prever, modificar ou controlar. Assim, um modelo inclui alguns, mas não todos, os aspetos do sistema a ser modelado. Um modelo é valioso na medida em que fornece informações úteis, previsões e respostas”.

Conforme mais adiante se perceberá, modelo e simulação são conceitos que dificilmente serão dissociados, assim como os tipos de modelos existentes não serão muito distintos dos tipos de simulação que se podem realizar.

Adicionalmente, poder-se-á afirmar que, mediante o objetivo específico da simulação, terá de fazer-se corresponder o tipo de modelo que melhor preencha as necessidades inerentes a tal objetivo, para que se cumpram os pressupostos necessários para uma mais correta e realista obtenção de resultados.

Concretamente, os modelos estão dependentes do fenómeno ou sistema que se pretende entender ou representar com a sua utilização, ao mesmo tempo que a simulação procurará modelos que de melhor forma representem a realidade e proporcionem melhores resultados para, claro está, obter um melhor entendimento do objeto de estudo.

Os modelos, segundo Filho [2001], podem ser classificados em três conjuntos:

- Estáticos vs. Dinâmicos;
- Determinísticos vs. Estocásticos;
- Discretos vs. Contínuos.

A cada conjunto, está associada uma dicotomia que pode ser observada do seguinte modo:

- Sistema é representado num instante particular de tempo (Estáticos) vs. Sistema é representado ao longo do tempo (Dinâmicos);
- Os parâmetros e solução são descritos por valores concretos (Determinísticos) vs. Os parâmetros e solução são aleatórios (Estocásticos);

- As variáveis de estado variam ao longo do tempo em instantes particulares (Discretos) vs. As variáveis de estado variam ao longo do tempo continuamente (Contínuos).

Em termos práticos, a idealização do processo de simulação irá partir da definição do objetivo da simulação e do objeto de estudo da mesma, os quais devem ser passíveis de, por um lado, serem alcançáveis (objetivos) e, por outro, retratados (objeto), com recurso ao modelo e aquilo que ele oferece.

Por último, convém destacar e resumidamente descrever os tipos de modelo, apontados por aquele autor, como os mais comuns de serem encontrados e que deverão ser utilizados de acordo com o objetivo pretendido para a simulação, pois possuem características próprias para dar resposta a diferentes propósitos.

Modelos Orientados à Previsão

Utilizados para prever o estado de um sistema num momento futuro, baseando-se nas suposições observadas no comportamento atual e na forma expectável de como evoluirá o seu comportamento ao longo do tempo.

Modelos Orientados à Investigação

Utilizados para recolher informação e desenvolver hipóteses sobre o comportamento dos sistemas. Nos casos em que os objetivos do estudo não estão completamente definidos no início do mesmo, estes modelos podem ser utilizados para construir e organizar informações, à partida desconhecidas, sobre o sistema.

Modelos Orientados à Comparação

Utilizados para apurar em que medida a variação das diferentes condicionantes influenciam o sistema. Nestes modelos, são realizadas baterias de simulação em que são definidos os critérios e variáveis a considerar para proceder ao registo dos resultados das experimentações e consequentes conclusões.

Modelos Específicos

Utilizados graças à proliferação e simplificação da simulação são projetados para auxiliar na tomada de decisão sobre situações específicas como a falta de recursos financeiros.

2.4 Tipos de Modelação

Depois de apresentadas as definições de simulação e de modelo, a primeira particularmente contextualizada no domínio organizacional, e a segunda com especial ênfase nos diferentes tipos e classificações que pode assumir, prossegue-se com a distinção entre modelação analítica, modelação empírica e modelação por simulação.

Assim, e de acordo com Kenneth [1987], os modelos analíticos são conjuntos de equações matemáticas que, quando resolvidos, predizem o comportamento esperado do sistema.

Segundo aquele autor, e sob uma visão intimamente ligada à área da produção e logística e a questões como a otimização dos planos de produção e tempos de espera, tal modelo é utilizado para estudar as dinâmicas de um sistema em termos da concorrência, falhas de uma máquina, variações de tempos de chegada de *inputs*, assim como prever as taxas de produção e utilização de um equipamento.

Os modelos analíticos podem ser desenvolvidos utilizando vários meios de comunicação, para sistemas simples, papel e lápis podem ser suficientes, enquanto sistemas mais complexos requerem programas de computador.

A resolução destes modelos implica resolver uma série de equações representando diferentes estados do sistema. O modelo analítico só precisa ser executado uma vez para se obter as características desejadas do sistema.

Consequentemente, os resultados do modelo analítico são únicos e exatos, expressos sem intervalos de confiança e tais resultados serão sempre inerentes à modelação realizada, levando a que uma matemática mais complexa produza um modelo por ventura mais realista [Hewitt 2002].

Quanto à modelação empírica, será pertinente fazer uma breve alusão às suas origens e, desta forma, referenciar a teoria que está na sua criação, o empirismo, e que sustenta que o conhecimento advém, quase exclusivamente, da experiência sensorial [Sober 2008].

O empirismo releva o papel da experiência e da evidência para a formação de ideias [Baird e Kaufmann 2008]. Assim, poder-se-á dizer que este tipo de modelação assenta nos pressupostos de tal teoria, e que será com base no método pela experiência que a formulação de ideias ou, num contexto organizacional, de teorias de gestão será realizada.

Deste modo, a principal característica neste tipo de modelação é a experimentação, baseando-se estes modelos no registo das observações ao fenómeno em estudo.

Por contraposição aos modelos analíticos que produzem resultados únicos e exatos, independentemente do número de vezes que o modelo seja resolvido, na modelação empírica estão associadas ao resultado várias condicionantes que vão influenciar a experiência e assim levar a que sejam obtidos diferentes resultados. Porém, a sua essência é mesmo essa, ou seja, a de analisar a situação ou fenómeno através da repetição e daí retirar as devidas conclusões.

Assim, as vantagens e desvantagens de cada processo vão estar associadas ao tipo de situação ou fenómeno que se pretende simular e analisar.

Será fácil de imaginar um grande número de situações ou fenómenos particulares em que a análise empírica não se revela como solução viável, o que pode acontecer por razões de diversa ordem, como os custos ou o risco.

Desta forma, será sempre necessária a correta e apropriada formulação de todo o processo, ponderando qual a melhor abordagem, estratégia, processo de modelação, assim como vantagens e desvantagens dos mesmos e, por último, se estes estão de acordo com o que é esperado observar [Braghetto 2011].

Por último, no que diz respeito à modelação por simulação, concluiu-se da bibliografia revista que este tipo de modelação pressupõe quase sempre a utilização da tecnologia computacional como suporte para o seu desenvolvimento e aplicação.

Segundo Norton e Suppe [2001], a modelação por simulação pode ser utilizada como um instrumento para investigar fenómenos do mundo real.

Os autores referem que os dados empíricos sobre tais fenómenos podem ser produzidos sob condições controladas e que este tipo de modelação é apenas uma forma de experimentação em que os resultados da simulação advêm dos modelos de dados criados.

De igual forma, Maria [1997] afirma que uma das finalidades será a de permitir prever o efeito de mudanças no sistema real e, como tal, a modelação deverá representar as características mais importantes do sistema, porém, de forma simples.

Adicionalmente, refere que a posterior simulação desse modelo bem como as futuras reconfigurações ao mesmo possibilitará a realização de experimentos que devido a diversos fatores se revela impossível de concretizar no sistema real.

Deste modo, pode-se afirmar que este tipo de modelação resulta por um lado da complexidade cada vez maior dos problemas e fenómenos com os quais os profissionais se deparam e, por outro, da possibilidade oferecida pelo avanço tecnológico em utilizar a capacidade computacional para estudar e procurar resolver esses casos.

Entre as diversas áreas de aplicação podem ser referidas a medicina, a economia, a agroindústria e as engenharias.

2.5 Tipos de Simulação

Assuma-se que, após uma análise aos pressupostos que motivam os investigadores a estudarem determinado fenómeno a escolha pelo tipo de modelação a utilizar recai, por ser a mais indicada para responder às questões de investigação formuladas, na modelação por simulação.

Partindo desta premissa verifica-se que o próximo passo a dar será o de selecionar qual o tipo de simulação que, face às suas características, é mais adequado para dar resposta aos objetivos formulados e desse modo ser utilizado na investigação.

Da literatura revista, nomeadamente na que se enquadra no estudo das questões organizacionais, destaca-se a utilização da Modelação e Simulação Baseada em Agentes, quando o foco incide no comportamento organizacional, por exemplo na observação do impacto que a alteração na estrutura, nos processos e nos recursos da organização provocam, ou a Simulação de Monte Carlo, na redução do grau de incerteza que está associado à previsão dos resultados de investimentos e outras operações financeiras.

2.5.1 Modelação e Simulação Baseada em Agentes

Segundo Macal e North [2008], a Modelação baseada em agentes é conhecida por muitos nomes, entre os quais destacam ABM (*Agent-Based Modeling*), ABS (*Agent-Based Systems*) e

IBM (*Individual-Based Modeling*). Apesar disso, os autores utilizam na sua produção científica a nomenclatura ABMS (*Agent-Based Modeling and Simulation*).⁸

Porém, os mesmos destacam desde logo o facto do termo “*Agent*” possuir diferentes conotações, ressaltando que “*Agents* ABMS” são diferentes dos agentes encontrados, por exemplo, em sistemas de agente móvel.

Não obstante, existem ainda várias versões no que diz respeito à problemática da definição do comportamento de um componente independente. Deste modo, o comportamento de um componente pode ser descrito de maneira simples, com recurso a regras do tipo Se-Então, ou de forma mais complexa através de modelos comportamentais dos domínios da ciência cognitiva ou inteligência artificial.

Alguns autores afirmam que o comportamento de um componente também deve ser adaptável, para que possa ser considerado um agente. Assim, o rótulo de agente seria reservado para componentes que podem aprender com seu ambiente e dinamicamente mudar seus comportamentos em resposta às suas experiências.

Por sua vez, Casti [1997] sustenta que os agentes devem conter ambas as regras, ou seja, as de nível básico para o comportamento, bem como um conjunto de um nível superior de regras para mudar as próprias regras. Em suma, as regras de nível básico devem fornecer respostas ao meio ambiente, enquanto as de nível superior fornecer e permitir a adaptação.

Outro ponto de esclarecimento diz respeito ao termo "simulação". Simulação baseada em agentes refere-se a um modelo em que os processos dinâmicos de interação são simulados várias vezes ao longo do tempo, sendo este um modelo em que os agentes interagem repetidamente.

O facto deste tipo de modelação se estar a tornar cada vez mais generalizado deve-se, à luz dos autores, ao mundo cada vez mais complexo em que vivemos, isto é, os sistemas que se pretendem analisar e respetivas interdependências são também cada vez mais complexos, pelo que outros tipos de simulação, mais convencional, não dão resposta às necessidades.

Paralelamente e corroborado por outros autores como Brown [2011], é realçada a importância para a generalização deste tipo de simulação do desenvolvimento da tecnologia,

⁸ As designações podem ser assim traduzidas: ABM (*Agent-Based Modeling*) em Modelação Baseada em Agentes; ABS (*Agent-Based Systems*) em Sistemas Baseados em Agentes ou Simulação; IBM (*Individual-Based Modeling*) em Modelação Baseada no Indivíduo; e ABMS (*Agent-Based Modeling and Simulation*) em Modelação e Simulação Baseada em Agentes.

nomeadamente o maior poder computacional que hoje existe e permite simular sistemas que há alguns anos seria impossível.

No que às áreas predominantes na utilização deste tipo de simulação se refere, destacam-se nomeadamente o Controlo de Tráfego Aéreo, Investigação Biomédica, Química, Análise Energética, de Crime e de Mercado, e por fim Tomada de Decisão Organizacional.

Por último, podem ainda ser realçados como exemplos práticos de trabalhos realizados os problemas clássicos do estudo de populações, como o caso dos bandos de aves de Reynolds [1987], e os estudos mais recentes realizados com o objetivo de desenvolver um modelo formal do processo de investigação, através da simulação, para proceder à avaliação do impacto que o meio para a publicação de artigos de investigação, por revistas ou conferências, no domínio da informática tem [Niazi et al. 2008].

2.5.2 Simulação de Monte Carlo

A Simulação de Monte Carlo é definida por Hammersley e Handscomb [1964, p.2] como “a parte da matemática experimental que está preocupada em experiências com números aleatórios”.

Já Raychaudhuri [2008] aponta para o facto de este ser um tipo de simulação que se baseia numa amostragem aleatória repetida e consequente análise estatística para computar os resultados. O método de Monte Carlo relaciona-se intimamente com experiências aleatórias, ou seja, experiências em que o resultado não é conhecido com antecedência. Pode, portanto, ser considerada como uma forma metódica de fazer o chamado teste de hipóteses.

Procurando representar de maneira mais realista a incerteza é, por norma, utilizada uma distribuição de probabilidade, sendo as mais comuns a normal, lognormal, uniforme, triangular, ou discreta.

Segundo Chen e Hong [2007], a simulação de Monte Carlo tem várias vantagens, desde logo, a de ser fácil de utilizar e, na maioria das situações, o caminho da amostra do modelo do processo estocástico poder ser simulado e, de seguida, o valor ser estimado. Paralelamente, a sua taxa de convergência normalmente não depende da dimensão do problema, o que se revela vantajoso em problemas com dimensões elevadas.

No que diz respeito à possibilidade de utilizar a simulação de Monte Carlo em computadores, segundo Raychaudhuri [2008], pode ser utilizada qualquer linguagem de programação de alto nível, como C, C++, Java, ou uma das línguas de programação .NET, para desenvolver um programa de computador para a geração de números aleatórios uniformes, geração de números aleatórios para distribuições específicas e análise de saída.

Importa ainda ressaltar que, normalmente, estes programas serão feitos para dar resposta a situações específicas e que para facilitar o processo de programação da simulação de Monte Carlo existem várias bibliotecas de software disponíveis.

Finalmente, o autor destaca o facto de ser possível realizar a simulação com recurso a ferramentas de produtividade, como folhas de cálculo, a título de exemplo, sugere-se o Excel.

Como domínios de aplicação deste tipo de simulação podem-se referir os problemas que envolvem a minimização ou maximização de funções de alguns vetores que, normalmente, possuem um grande número de dimensões. São exemplos disso problemas relacionados com a investigação operacional para a gestão de rotas e recursos onde se procura otimizar os modelos para percorrer distâncias menores, ou ainda a criação de possíveis cenários para a previsão e gestão de risco associado a projetos de investimento.

2.6 Simulação Computacional

Depois de considerados os tipos de modelação e de simulação, importa na presente secção atentar na definição de simulação computacional, uma vez que é nesta, principalmente, que assenta a possibilidade de utilizar a simulação como ferramenta de gestão num contexto organizacional.

Para Law e Kelton [1991], a simulação baseada em computador ou, simplesmente, simulação computacional é um método para usar software de computador para modelar o funcionamento dos processos do “mundo real”, sistemas ou de eventos.

De acordo com Antonoaie e Antonoaie [2010, p.172], o desenvolvimento da simulação computacional está “intimamente alinhado com os desenvolvimentos da tecnologia. A investigação em ciências da computação na área da inteligência artificial tem um grande impacto na gama de ferramentas de simulação disponíveis. À medida que o poder

computacional aumenta, as simulações serão capazes de modelar a realidade de uma melhor forma”.

A ideia de que a simulação evoluiu ao longo das últimas décadas e que a sua proliferação está correlacionada com a tecnologia é corroborada por Brown [2011]. Este autor afirma que os avanços realizados nas redes de computadores contribuem para o crescimento da simulação, uma vez que em conjunto com a maior largura de banda e o advento da Internet, propiciam a colaboração entre pares, independentemente da disposição física dos mesmos.

Adicionalmente, refere que as novas e sofisticadas tecnologias, em paralelo com a explosão de aplicações na Internet, que permitem difundir os estudos e projetos realizados neste domínio e assim atrair mais interessados, serão os responsáveis por alimentar este ciclo de desenvolvimento e, dessa forma, contribuir para o crescimento da área.

Para Axelrod [2005] e Wolfram [2002], a simulação por computador é hoje reconhecida como uma terceira forma de fazer ciência, e “como dedução, ela começa com um conjunto de pressupostos explícitos. Mas, ao contrário de dedução, não prova teoremas. Em vez disso, uma simulação gera dados que podem ser analisados indutivamente” [Axelrod 2005, p.5].

Num contexto organizacional procurar-se-á então beneficiar dos recursos que a simulação computacional poderá oferecer, para que desta se possa extrair o máximo de proveito em prol da organização.

Complementarmente, importa destacar a definição de Bekey [2003, p.60] uma vez que traz à discussão a subtilidade das ações da atividade humana, quando observa que “Se olharmos atentamente para a atividade humana, verifica-se que o uso de modelos e a simulação de atividade está sempre presente, desde a infância até à velhice. Ela aparece muitas vezes escondida sob frases como “Vamos tentar o seguinte””.

É com a frase, “Vamos tentar o seguinte”, que os gestores e decisores organizacionais podem ser confrontados ao longo do processo de tomada de decisão. E será neste ponto que a simulação pode revelar-se uma ferramenta de auxílio e de enorme valor para tais agentes, uma vez que possibilitará, através dos seus mecanismos de representação da realidade, a obtenção de respostas que possam prever o resultado que o conjunto de ações e alterações, desencadeado pelo mote “Vamos tentar o seguinte”, poderá ter no seio da organização.

Ou seja, poder simular e avaliar em que medida hipotéticas alterações, configurações ou disposições, entre outros fatores importantes, produzirão impacto na organização, em suma,

todas as ideias provenientes e associadas a “Vamos tentar o seguinte”, será benéfico, uma vez que proporcionará também um conhecimento do que numa implementação real poderá acontecer, precavendo-se então os gestores para eventuais problemas futuros resultantes de tais alterações. Isto é corroborado por McHaney [1991, p.43] que afirma: "A incerteza é removida e substituída com certeza sobre a operação esperada de um novo sistema ou sobre os efeitos das alterações num sistema existente”.

Este recurso torna-se possível pois, de acordo com Antonoaie e Antonoaie [2010, p.169] “Uma simulação por computador reproduz um ambiente através de um programa de computador projetado para considerar variáveis múltiplas, interações e limitações do sistema.”

Concretamente, esses benefícios podem ser resumidos no excerto da definição adaptada de Ören [2010, p.2] que de seguida se transcreve:

“Simulação é o uso de uma representação (um modelo) da realidade para proporcionar uma experiência sob condições controladas de treino para ganhar e/ou melhorar três tipos de habilidades:

- as habilidades motoras (simulação virtual);
- a tomada de decisão e/ou habilidades de comunicação (simulação construtiva, jogos de gestão, simulação de jogos);
- habilidades operacionais, obtendo experiência da vida real como num ambiente controlado (simulação ao vivo).”

Aqui, e no que diz respeito à habilidade da tomada de decisão, revela-se ainda pertinente destacar a importância da gestão das organizações, em particular na mudança da organização, que vários autores relatam no âmbito de estudos e trabalhos de investigação nesta área.

Desde logo, Huber et al. [1995, p.216] sugerem que a mudança pode envolver alterações "na forma como uma organização funciona, em quem são os membros e líderes, qual a forma que assume, ou como aloca os seus recursos"; Porras e Silvers [1991] realçam o facto de a mudança ser um processo contínuo e que evolui de forma incremental.

Por sua vez By [2007, p.9] sugere, também em acordo com os anteriores, que “uma abordagem contínua é mais eficaz na geração da mudança sustentada e positiva”; enquanto Porras e Berg [1978] corroborando, por um lado, toda esta visão da simulação e do seu impacto

no contexto organizacional em termos da persecução dos objetivos acima referidos, sintetizando que as simulações podem ajudar os líderes organizacionais a entender os passos incrementais para uma mudança com sucesso e, por outro, a importância do constante acompanhamento e intervenção no processo de mudança organizacional, observando que múltiplas intervenções serão melhores do que apenas uma na geração de uma mudança sustentada.

Já Harrison et al. [2007] procuram ilustrar o papel da modelação e simulação no processo de desenvolvimento da teoria de gestão conforme se pode observar na Figura 2.

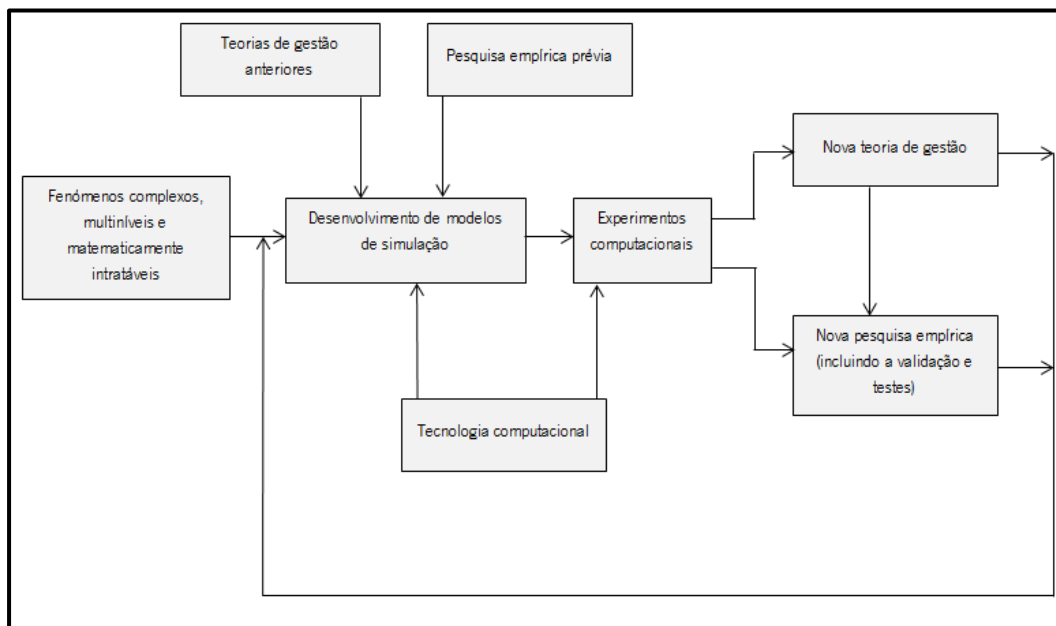


Figura 2 – O Processo Iterativo da Modelação e Simulação na Teoria de Gestão
Adaptado de Harrison et al. [2007]

Os autores defendem que existe uma relação entre os problemas complexos, de multiníveis e matematicamente intratáveis e a escolha da modelação por simulação como um processo para o desenvolvimento da teoria.

Os modelos são construídos com base na teoria anterior e na pesquisa empírica prévia, enquanto cabe à tecnologia computacional proporcionar os meios para implementar e executar os modelos. Porém, esta também coloca algumas limitações resultantes da capacidade de processamento, de armazenamento, entre outros aspetos tecnológicos que vão restringir o grau de fidelidade com que é possível retratar a realidade.

No final a nova teoria e pesquisa empírica serão responsáveis por alimentar o desenvolvimento de novos modelos, completando assim o ciclo do processo.

Por último, Davis et. al [2007] estabelecem um outro contributo para a área da simulação, nomeadamente, com a elaboração de um guião para o “Desenvolvimento da Teoria Utilizando Métodos de Simulação”, o qual é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Desenvolvimento da Teoria Utilizando Métodos de Simulação

Adaptado de Davis et al. [2007]

Etapa	Atividades	Importância
Começar com uma questão de pesquisa	Determinar uma questão de pesquisa teoricamente intrigante	Concentrar esforços numa questão teoricamente relevante para a qual a simulação é especialmente eficaz
	Procurar uma tensão entre estrutura vs. caos ou longo vs. curto prazo	
Identificar teoria simples	Selecionar teoria simples que aborde a questão de pesquisa	Criar a base da representação computacional dando forma à lógica teórica, proposições, construções e pressupostos
	Procurar processos interligados (por exemplo, concorrência e legitimação), não-linearidades e feitos longitudinais	
Escolher uma abordagem de simulação	Atentar numa teoria que exige dados que são difíceis de obter	Concentrar esforços no desenvolvimento teórico para o qual a simulação seja especialmente eficaz
	Escolher a abordagem de simulação que se encaixa com a pergunta de pesquisa, pressupostos e teoria lógica	
Criar a representação computacional	Se a pesquisa não couber numa abordagem ou se a abordagem requer uma modificação extensa, escolher processos estocásticos	Garantir que a pesquisa utiliza uma abordagem de simulação apropriada ao estudo
	Operacionalizar construções teóricas	
	Construir o algoritmo computacional que espelhe a teoria lógica	Fornecer validade à construção
	Especificar os pressupostos	Melhorar a validade interna, exigindo lógica, construções e suposições precisas

Tabela 2 – Desenvolvimento da Teoria Utilizando Métodos de Simulação

Adaptado de Davis et al. [2007] (continuação)

Etapa	Atividades	Importância
Criar a representação computacional	Certificar que a representação computacional permite uma experimentação teórica valiosa	Preparar a formulação de contribuições teóricas
Verificar a representação computacional	Replicar proposições da teoria simples com resultados de simulação	Confirmar a precisão e robustez da apresentação computacional
	Realizar testes de robustez de representação computacional	Confirmar a validade interna da teoria
Experimentar para construir nova teoria	Criar projeto experimental (por exemplo, variar valores da construção, alterar os pressupostos, adicionar novos recursos) com base na contribuição teórica e realismo prováveis	Focar a experimentação sobre o desenvolvimento da teoria
		Construir nova teoria através da exploração, elaboração e extensão da teoria simples
Validar com dados empíricos	Comparar os resultados da simulação com dados empíricos	Fortalecer a validade externa da teoria

Em suma, pode-se concluir das várias visões dos diferentes autores que, entre outras, a possibilidade oferecida pela simulação para testar novas ideias, esquemas, disposições e configurações, sem que isso afete o sistema real, podendo reformular todo o processo até à obtenção do que se possa designar pelo modelo ótimo, ou seja, o mais adequado ao funcionamento do sistema, e só aí partir para a implementação real, será, provavelmente, uma das maiores vantagens e o verdadeiro contributo que a simulação computacional de organizações pode proporcionar nos tempos que correm.

Adicionalmente, verifica-se que as publicações existentes neste domínio definem e explicitam de forma concreta o que é a simulação computacional e como esta se pode tornar uma ferramenta de utilidade para as organizações. As mesmas sugerem ainda que a simulação e os contributos que esta pode fornecer às organizações sejam resultantes de um processo interativo e cíclico, que a sua evolução estará alinhada com a tecnologia, uma vez que esta proporcionará uma representação mais fiel da realidade à medida que se torna mais sofisticada, e estabelecem ainda as linhas orientadoras para o desenvolvimento da teoria com recurso aos métodos de simulação.

2.7 Simulação no Domínio dos Sistemas de Informação

Da literatura revista sobressai que a simulação é utilizada em muitas áreas ou disciplinas científicas como método de pesquisa e avanço na formulação de novas teorias, no caso do domínio dos Sistemas de Informação isso não é exceção.

Assim, importa dado o contexto da presente investigação atentar na utilização da simulação no âmbito dos SI.

Para isso sintetizam-se as principais considerações e conclusões que Spagnoletti et al. [2013] produziram no estudo que teve como objetivo compreender como os diferentes tipos de simulação são utilizados com sucesso na área de investigação dos SI.

Como base de análise para a investigação os autores realizaram um levantamento, com recurso a três repositórios (ISI Web of Knowledge, Scopus e AISeL), de 69 trabalhos de investigação no domínio dos SI.

O principal foco de análise recaiu nas três dimensões que de seguida se apresentam e, sumariamente, se descrevem:

Contribuição teórica

Nesta dimensão o interesse está em explorar e analisar como as abordagens de simulação têm sido utilizadas com sucesso na investigação de diferentes domínios dos SI.

Desta forma, será relevante compreender a relação que existe entre as abordagens de simulação e a natureza do contributo teórico que o conhecimento gerado pelas mesmas irá proporcionar.

Segundo a taxonomia utilizada, a contribuição teórica poderá ser dividida em cinco diferentes tipos de teoria, nomeadamente de Análise, Explicação, Previsão, Explicação e Previsão, e por fim Projeto e Ação.

Assim, as teorias de Análise procuram apenas verificar o que é o fenómeno sem se preocuparem com a causa que o origina, enquanto as de Explicação, conforme o nome indica, pretendem explicar como e porquê é que os fenómenos ocorrem.

Por sua vez, as teorias de Previsão tentam apenas prever o que vai acontecer, enquanto as de Previsão e Explicação, complementam a anterior pois procuram apurar outros aspetos (O que, Como, Porquê, Quando, e O Que será um fenómeno de SI).

Por último, as teorias para o Projeto e Ação são normalmente utilizadas para a prescrição explícita de recomendações para a construção de um artefacto das Tecnologias de Informação.

Domínio de investigação

Esta dimensão está relacionada na forma como a simulação é utilizada para estudar o conceito da organização. Os autores baseiam-se em Lee [2010] que por sua vez argumenta que o âmbito da investigação em Sistemas de Informação deve recair sobre a organização e não apenas nos aspetos tecnológicos. Dado que o termo “organização” é indiscriminadamente utilizado para referir quaisquer fenómenos que estejam relacionados com pessoas, o estudo recorre ao mesmo autor para definir como devem posicionar os trabalhos analisados face aos tipos de simulação utilizados.

Vistas de Informação

Esta dimensão procura investigar Se e Como uma determinada abordagem de simulação implica algumas suposições sobre o significado de “informação”. Uma vez que, defendem aqueles autores, o fenómeno dos Sistemas de Informação está ligado ao comportamento de um sistema de processamento de informações, e a forma como o conceito de “informação” é concebido ou percecionado por quem realiza a pesquisa poderá produzir impactos.

Também nesta dimensão é utilizada uma taxonomia de referência que divide os tipos de vistas de informação em diferentes campos, nomeadamente *Token*, Sintaxe, Representação e Adaptação [Lee 2010].

De seguida apresentam-se na Tabela 3 os acrónimos utilizados no estudo e posteriormente as principais conclusões produzidas pelos autores.

Tabela 3 – Acrónimos dos Tipos de Simulação
Adaptado de Spagnoletti et al. [2013]

Acrónimo	Tipo de Simulação
AG	Baseada em Agentes
AN	Analítica
HU	Baseada em Humanos
SD	Dinâmica de Sistemas
ST	Processos Estocásticos

Para os diferentes tipos de simulação referenciados os autores adotaram as definições provenientes da revisão bibliográfica efetuada.

Assim, no que diz respeito à simulação baseada em agentes, referem que esta assenta num modelo que é descrito pelo conjunto de parâmetros que caracterizam o ambiente em que os agentes atuam e pelo conjunto de funcionalidades mais ou menos complexas (comportamentos) e atributos (estados) do próprio agente. Os estados deste também se podem basear na perceção cognitiva (real ou presumida) que o agente tem da realidade.

Para este tipo de abordagem, importa realçar o facto de todos os estudos compartilharem a visão de que o fenómeno dos SI emerge da interação entre agentes e módulos e dessa forma o mesmo não pode ser previsto apenas da análise individual às características dos agentes ou às regras de interação entre estes.

Quanto às abordagens analíticas, é assumido que essas dizem respeito à conceção e aplicação de um modelo matemático através do qual seja possível representar e simular um fenómeno em particular.

Por sua vez, as abordagens baseadas em humanos são utilizadas quando a complexidade da tomada de decisão por parte de humanos quer ser analisada em conjunto com as regras do jogo que reproduzem o sistema.

A dinâmica de sistemas representa um tipo de simulação que se foca no comportamento de um sistema e na sua complexidade causal ao longo do tempo, procurando uma lógica descritiva que explique de que forma o conjunto de *loops* causais, níveis e fluxos produzem os resultados do sistema.

Por último, a abordagem por processos estocásticos que se caracteriza por ser recorrentemente utilizada em estudos estatísticos onde se pretende a produção de enormes conjuntos de dados aleatórios, para realizar o teste de algum modelo de regressão ou a análise da correlação de coeficientes.

Importa ainda lembrar que de todos os tipos de simulação analisados no estudo, foram em secções anteriores do presente trabalho, particularmente destacados os tipos de simulação baseada em agentes (cf. p. 18) e por processos estocásticos (cf. p. 20), bem como a abordagem analítica na construção de modelos para a previsão do comportamento de sistemas (cf. p. 16).

No que concerne à dimensão na contribuição teórica os autores constataram que apenas as abordagens de simulação por processos estocásticos estão mais limitadas às teorias de projeto e ação. Todas as outras abordagens de simulação têm sido utilizadas com sucesso em vários tipos de contribuição teórica, à exceção das teorias de previsão que não contam qualquer registo.

Na Tabela 4 consta o número de estudos analisados que versaram um tipo de simulação e a sua respetiva contribuição teórica.

Tabela 4 – Tipos de Simulação vs. Contribuição Teórica
Adaptado de Spagnoletti et al. [2013]

Tipos de Simulação	Análise	Explicação	Previsão	Previsão e Explicação	Conceção e Ação
AG	1	6		3	7
AN	1	1		13	7
HU				6	5
SD				5	2
ST		2			10

Para a segunda dimensão verificam que enquanto os tipos de simulação baseada em agentes e a simulação humana na sua maioria são aplicados para explicar o comportamento individual ou organizacional, as simulações de dinâmica de sistemas e analítica são normalmente aplicadas para analisar ou projetar artefactos de TI.

Entre as abordagens de simulação que são utilizadas em estudos comportamentais, as abordagens de simulação baseada em agentes são o único tipo que é claramente focado no comportamento individual.

De realçar que os estudos referentes às abordagens por processos estocásticos não foram considerados para esta dimensão, nem para a seguinte, uma vez que a natureza demasiado genérica de tal abordagem impede que a mesma se possa relacionar com um domínio de investigação, ou vistas de informação, em específico. O resultado para esta dimensão é apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Tipos de Simulação vs. Domínio de Investigação
Adaptado de Spagnoletti et al. [2013]

Tipos de Simulação	Comportamento		Artefacto de TI
	Individual	Organizacional	
AG	10	4	3
AN	4	7	11
HU	6	3	2
SD	1	3	3

Para a terceira e última dimensão as dependências mais fortes foram observadas quando se relacionam os tipos de simulação com as vistas de informação dominante na respetiva investigação.

Os tipos de simulação analítica, dinâmica de sistemas e baseada em humanos posicionam-se exclusivamente nos campos de sintaxe, representação e adaptação da informação, respetivamente. Por seu lado a simulação baseada em agentes divide-se em dois campos.

Importa ainda destacar que segundo os autores o motivo pelo qual a vista de informação “*Token*” não possui nenhum registo é explicado pelo facto de que neste tipo de vista os dados são interpretados e manipulados sem qualquer relação particular entre si. Deste modo, é pouco provável que em estudos que através da simulação se procura analisar o comportamento dos SI e das suas relações os dados sejam apenas e só processados. O resultado para esta dimensão é apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Tipos de Simulação vs. Vistas de Informação
Adaptado de Spagnoletti et al. [2013]

Tipos de Simulação	<i>Token</i>	Sintaxe	Representação	Adaptação
AG			11	6
AN		22		
HU				11
SD			7	

O estudo realizado revela-se importante pois, com base num conjunto alargado de trabalhos de pesquisa, relaciona diferentes dimensões com os tipos de simulação e dessa forma consegue posicionar a utilização destes no domínio da investigação em Sistemas de Informação.

2.8 Razões para a Adoção da Simulação pelas Organizações

No artigo intitulado “*Software process simulation modeling; Why? What? How?*”, Kellner et al. [1999] apontam um conjunto variado de razões para que uma organização ligada ao desenvolvimento de software opte pela simulação como ferramenta de apoio à tomada de decisão.

Da análise dessas razões, concluiu-se que as mesmas serão transversais a muitas organizações, isto é, podem ser apontadas como fator impulsionador para que organizações de diferentes ramos optem também pela simulação para tratar questões das mais diversas áreas.

Da tradução e adaptação das razões apresentadas pelos autores, elencam-se sumariamente as mais relevantes:

Gestão Estratégica

A simulação pode ajudar a resolver uma ampla gama de questões de gestão estratégica, tais como:

- O trabalho deve ser distribuído em diferentes locais ou deveria ser centralizado num único local?
- Seria melhor para o desempenho o desenvolvimento *in-house*⁹ ou a subcontratação?
- Qual é o provável impacto a longo prazo de determinadas políticas e iniciativas?

Em cada um destes casos, o modelo de simulação teria que conter vários parâmetros organizacionais da empresa a serem desenvolvidos para investigar questões específicas. Nota-se, também, que os gestores ou decisores podem comparar os resultados da simulação com modelos e cenários alternativos para apoiar a tomada de decisão.

Planeamento

Ao desenvolver modelos de simulação, é necessário identificar a finalidade e as questões ou problemas de gestão a abordar, os quais constituirão o elemento central para a definição do

⁹ Refere-se ao desenvolvimento de determinado trabalho ser realizado pelos recursos existentes dentro da organização.

âmbito do modelo e dos dados que precisam ser recolhidos. Entre as aplicações da simulação no domínio do planeamento, enumeram-se:

- Previsão do esforço/custo, cronograma e qualidade do produto;
- Previsão de pessoal necessário ao longo do tempo;
- Gestão de limitações de recursos e alocação dos mesmos;
- Previsão do nível de serviço fornecido;
- Análise de riscos.

Controlo e Gestão Operacional

A simulação também pode fornecer um suporte eficaz para o controlo e gestão operacional. Da mesma forma, pode facilitar o acompanhamento e supervisão de projetos, na medida em que os parâmetros-chave daqueles (por exemplo, estado atual e progresso nos produtos de trabalho, consumo de recursos por dia, entre outros) podem ser monitorados e comparados com os valores planeados através da simulação. Isso auxiliará os gestores a determinar quando pode ser necessária uma possível ação corretiva.

Melhoria de Processos e Adoção de Tecnologia

A simulação pode também apoiar a melhoria de processos e a adoção de tecnologia de diversas formas. Num processo de melhoria contínua, as organizações são frequentemente confrontadas com muitas melhorias sugeridas. Neste ponto, a simulação pode ajudar a tomar decisões sobre como proceder em determinados casos, ou seja, face a uma qualquer proposta específica, ou priorização de múltiplas propostas, apontar qual a melhor solução, uma vez que é possível prever o impacto de cada uma delas antes do processo de mudança, isto é, antes da sua implementação na organização.

Compreensão

A simulação pode promover uma melhor compreensão de muitas questões dos processos organizacionais. Por exemplo, os modelos de simulação podem ajudar pessoas como os gestores de projetos, os responsáveis pelo desenvolvimento de software ou o pessoal ligado à garantia da qualidade, por exemplo, a melhor entender o fluxo de determinado processo.

Em suma, todos os modelos de simulação ajudam a uma maior compreensão organizacional, em virtude de ser mais fácil, no que diz respeito aos processos, visualizar o sequenciamento destes, o paralelismo com os seus similares e o fluxo de trabalho, entre outros aspetos importantes, realizando-se tudo isto com recurso a simulações animadas.

Formação e Aprendizagem

A simulação pode ajudar na formação e aprendizagem sobre os processos¹⁰ de várias maneiras. As simulações permitem aos utilizadores praticar e aprender gestão de projetos, o que é análogo aos pilotos que praticam em simuladores de voo.

Um ambiente simulado pode ajudar estagiários da área de gestão a aprender os prováveis impactos de decisões comuns, muitas vezes erradas, o que também pode ajudar as pessoas a aceitar a falta de fiabilidade das suas expectativas iniciais sobre os resultados de determinadas ações.

A inclusão deste estudo, como secção do presente trabalho, considerou-se pertinente uma vez que estabelece de forma estruturada um conjunto de razões para que a simulação e, nesta investigação em particular, o uso dos softwares de simulação organizacional sejam adotados como ferramenta de gestão.

2.9 Estudos no Domínio da Simulação Organizacional

Conforme já foi observado no presente relatório, o número de publicações no domínio da simulação teve um crescimento acentuado nas últimas três décadas.

Assim, e dado que por um lado este trabalho de investigação se relaciona com a simulação, na medida em que é feita uma comparação a diferentes simuladores e, por outro, com a forma como esta pode ser adotada num contexto organizacional, como ferramenta de gestão alicerçada nesses mesmos simuladores, elaborou-se esta secção com o propósito de apresentar os estudos analisados que se consideraram mais relevantes no domínio da simulação organizacional.

¹⁰ A título de exemplo Kellner et al. [1999] em "*Software process simulation modeling: Why? What? How?*" referem os processos de software como um dos tipos de processos em que a simulação pode ajudar na formação e aprendizagem.

Deste modo, com base na pesquisa efetuada por Spagnoletti et al. [2013] aos repositórios ISI Web of Knowledge, Scopus and AISEL, resultou uma lista de 69 publicações relacionadas com a temática da simulação.

De tal lista, foi feita uma análise aos resultados apresentados pelos autores e excluídos os estudos que, apesar de se enquadrarem no domínio da simulação, não estão relacionados com a simulação organizacional. A título de exemplo podem-se apontar as publicações referentes a casos de estudo de linhas de montagem ou cadeias de fornecimento, ou ainda à construção de uma arquitetura, protótipo e apresentação de resultados preliminares de sistemas de deteção de fraudes em cartões de crédito, entre muitos outros estudos de diversas áreas.

Posteriormente, foram selecionados os dois estudos que de seguida se apresentam por se considerarem os mesmos importantes e de relevância no âmbito da simulação organizacional.

2.9.10 Impacto da Reestruturação Organizacional na Estabilidade das Redes de Processamento de Informações

O estudo realizado por Kwon et al. [2007] visa perceber o impacto que a reestruturação organizacional tem na estabilidade das Redes de Processamento de Informações (RPI). Inicia-se com a constatação do interesse na temática abordada ser cada vez maior, particularmente na capacidade das RPI suportarem e fazerem uso da tecnologia, e realça o facto da literatura existente não ser muito abrangente na exploração de diversas estruturas RPI e respetiva eficiência estrutural.

De seguida, são apresentados os quatro modelos propostos pelo estudo, passíveis de serem assumidos pela RPI, e que serão tidos em conta no estudo, nomeadamente, a Estrutura Aleatória, Mundo Pequeno, Escala Moderada Livre e Barabasi. De igual forma, são apresentados os objetivos da investigação, que passam pela avaliação de como reage cada estrutura corporativa à reestruturação, particularmente redução do tamanho, e investigação com base na simulação computacional da medida em que cada estrutura corporativa promove a eficiência do trabalhador e a estrutura da rede de processamento de informação.

De ressaltar que, no presente estudo, a redução levada em linha de consideração não se cinge apenas à diminuição do número de trabalhadores, mas também à alteração de canais de comunicação.

O estudo prossegue com a formulação das duas questões de investigação, que seguidamente se apresentam:

“Q11: Em que estrutura RPI é a eficiência dos funcionários maximizada e a rede de integridade mais bem preservados em caso de downsizing corporativo?”;

“Q12: Em que medida as diferentes "estratégias de conexão" (por exemplo, aleatório ou planeado) após a redução da força de trabalho afetam o desempenho de um RPI?”.

Posteriormente, é realizado o enquadramento teórico dos principais conceitos-chave abordados, são apresentadas as topologias dos quatro modelos de redes, assim como a sua contextualização teórica com base na literatura revista.

Adicionalmente, é apresentado o método de pesquisa, onde se definem os procedimentos para a Simulação computacional, as medidas de desempenho e as variáveis analisadas.

De seguida, são apontadas as razões pelas quais a simulação computacional foi escolhida como uma ferramenta de pesquisa fundamental para responder às questões subjacentes ao estudo. Entre outras destaca-se o facto da simulação computacional revelar-se um método robusto que oferece uma abordagem holística para a análise de uma situação do mundo real. De igual forma o facto da modelação por simulação oferecer a flexibilidade e robustez em termos de validação de vários aspetos de proposições teóricas necessárias. Em particular, a simulação computacional foi considerada como ferramenta adequada para compreender os detalhes das propriedades de redes complexas.

Os resultados do processo de simulação são apresentados e discutidos. O estudo faz várias contribuições, em particular em termos práticos, onde fornece aos gestores uma visão sobre o planeamento eficaz, desenho e reconfiguração de uma RPI, que pode auxiliá-los, em caso de *downsizing* da estrutura, de modo a minimizar os obstáculos para o processamento de informações.

É ainda observado, da leitura do estudo, o destaque e importância que a simulação computacional teve na realização da investigação, revelando-se uma ferramenta eficaz e bastante satisfatória para dar resposta aos objetivos à partida delineados, e que com base na mesma foi possível descobrir algumas particularidades adicionais das estruturas de RPI em estudo.

2.9.2 Teoria da Adoção Sequencial: Uma Teoria para Entender o Comportamento de Seguimento na Adoção Antecipada de Novas Tecnologias

O estudo realizado por Walden e Browne [2009] foca o comportamento de seguimento na adoção antecipada de novas tecnologias por parte das organizações, mais concretamente a forma como a decisão de adotar, ou não, uma tecnologia por determinada organização irá influenciar outras a seguirem o mesmo caminho.

No artigo é efetuada uma revisão da literatura sobre a aprendizagem por observação, isto é, em que medida as pessoas utilizam a informação obtida através da observação do comportamento dos outros para se informarem e tomarem as suas decisões. É observado que as decisões em condições de incerteza são feitas numa grande variedade de negócios e domínios pessoais, e que as pessoas costumam observar os comportamentos dos seus similares a fim de decidir levar a cabo determinada ação. Em particular, na área dos Sistemas de Informação a decisão quanto à adoção de tecnologia é de grande importância.

Após o capítulo introdutório, o estudo prossegue com a revisão da literatura acerca da aprendizagem observacional e do comportamento imitativo, onde, para além da definição e contextualização, se apontam diversos estudos versados sobre os temas. Tais estudos vão desde a constatação que as pessoas atualizam as suas próprias crenças com base na observação, que o fenómeno acontece frequente e repetidamente, e que os efeitos são muitas vezes fugazes e possíveis de serem revertidos.

No caso particular da adoção de tecnologia, o grau de incerteza que envolve a tomada de decisão e a complexidade do software fazem com que a aprendizagem observacional seja muito utilizada pelos gestores. Algumas particularidades relevantes são observadas nos estudos já publicados, em especial o facto de as organizações copiarem as suas concorrentes mesmo acreditando que isso não será benéfico para si. Este tipo de comportamentos é explicado não pela decisão racional, mas pelo que se designa por aceitação social, isto é, as normas e pressões impostas pelo setor onde as organizações se inserem e pela ideia que depois de aceites tais imposições a organização se posicionará melhor e será reconhecida dentro do setor.

O estudo prossegue com a formulação da questão de investigação que de seguida se apresenta:

“Que decisões de adoção convergem? Ou seja, se há pouca informação no meio ambiente as pessoas simplesmente imitam-se e ignoram a pequena quantidade de informações que têm pessoalmente?”.

Adicionalmente, são definidos os seguintes objetivos para a investigação:

“Examinar o caminho da convergência e rapidez dos potenciais adotantes em começar a seguir as decisões de outros”;

“Examinar o que acontece quando há decisões que revertem o sentido de decisões anteriores idênticas”;

“Examinar o comportamento e opções dos decisores quando são colocados em grupos com tamanhos diferentes”.

Para responder às questões de investigação é definido o modelo matemático rigoroso das cascatas de informação que podem ser aplicadas pelos investigadores de Tecnologias de Informação (TI). É frisado que a teoria da informação em cascata não é muito favorável à aplicação direta e que mesmo pequenas alterações não são uma tarefa trivial. Como tal, o modelo que os autores pretendem criar terá que ser facilmente implementável e ajustável. Posteriormente, são definidos e apresentados os pressupostos simplificadores do modelo, e dado pretender-se que um modelo se possa ajustar a diferentes circunstâncias, salienta-se o facto de que tais pressupostos são passíveis de serem alterados. Paralelamente, é formulado e apresentado o cenário que servirá de base ao processo de simulação, que com recurso à distribuição de probabilidades replica a decisão de escolher uma de duas tecnologias com base no conhecimento da adoção, ou não, de determinada tecnologia pelo decisor antecedente.

Depois de estabelecidas todas as considerações referentes à modelação das questões de investigação em estudo, os autores avançam para a realização do processo de simulação e respetiva apresentação dos gráficos referentes aos resultados obtidos.

Por último são apresentadas as conclusões onde são analisados e sintetizados os resultados da investigação. Aqui há que destacar a comprovação através do processo de simulação que os decisores tendem a imitarem-se, isto é, a seguirem as decisões dos antecessores. Porém, tendencialmente fazem-no na direção correta, ou seja, de maneira benéfica para a organização.

Quanto à rapidez da convergência é sugerido que a mesma para uma alta probabilidade de decisões corretas tende a ser relativamente lenta. Já para decisões que revertem o sentido anterior de decisões idênticas, a probabilidade de reverter cascatas incorretas é maior do que o

inverso. Apesar disso, em certos casos este comportamento está dependente dos custos e benefícios e quando estes são extremos os tomadores de decisão não convergem necessariamente para uma cascata correta.

Para a última questão de investigação é constatado que para grupos grandes na maioria das vezes será tomada a decisão correta por todos, enquanto para grupos pequenos alguns decisores irão tomar a decisão errada, apesar de a maioria tomar a decisão mais acertada.

Em suma, o estudo revela a utilização da simulação para investigar e explicar questões intrigantes no domínio organizacional e que seriam dificilmente tratáveis com recurso apenas a modelações matemáticas. A simulação revelou-se uma ferramenta importante e que foi capaz de dar resposta às questões de investigação formuladas.

2.10 Avaliação do Sucesso em Sistemas Informáticos

O enquadramento teórico e conceptual, independentemente da área de investigação ou da atividade que se procure desenvolver, será sempre considerado como um dos principais orientadores para a definição de caminhos, estratégias, metas e objetivos com vista à realização dos trabalhos planeados.

Paralelamente, a compreensão dos pressupostos mais elementares vai-se afigurar como suporte importante para que de maneira estruturada se possam apresentar os resultados e conclusões decorrentes dos trabalhos desenvolvidos.

Neste sentido, e com o propósito de enquadrar teoricamente a avaliação do sucesso de um sistema informático considerou-se adotar o modelo proposto por DeLone e McLean [2002]. A adoção deste modelo julgou-se pertinente uma vez que apesar do mesmo estabelecer o conjunto de dimensões, e relações entre si, importantes para a avaliação do sucesso de um sistema informático, crê-se que poderá ser utilizado para orientar, dado que estabelece os princípios gerais, a avaliação de outros sistemas, neste caso simuladores organizacionais.

Este modelo é a versão reformulada do original, apresentado na Figura 3, que faz parte de um dos principais e mais influentes artigos criados acerca da avaliação do sucesso dos Sistemas Informáticos. Nesse artigo os autores analisam e comparam uma série de estudos publicados até à data (1992) e utilizam-nos como base para apresentar medidas para avaliar o sucesso dos sistemas através da análise de seis aspetos dos Sistemas Informáticos, nomeadamente a

qualidade do sistema, a qualidade da informação, satisfação do utilizador, utilização, impacto individual e impacto organizacional [DeLone e McLean 1992].

Neste conjunto, as variáveis relacionam-se entre si, ou seja, são interdependentes e afetam-se reciprocamente. Assim, a qualidade do sistema e a qualidade da informação influenciam a utilização e a satisfação do utilizador, que por sua vez se influenciam mutuamente. Estes últimos produzem efeito no impacto individual que posteriormente o irá refletir no impacto organizacional.

As relações definidas no primeiro modelo de DeLone e McLean [1992] são apresentadas na Figura 3.

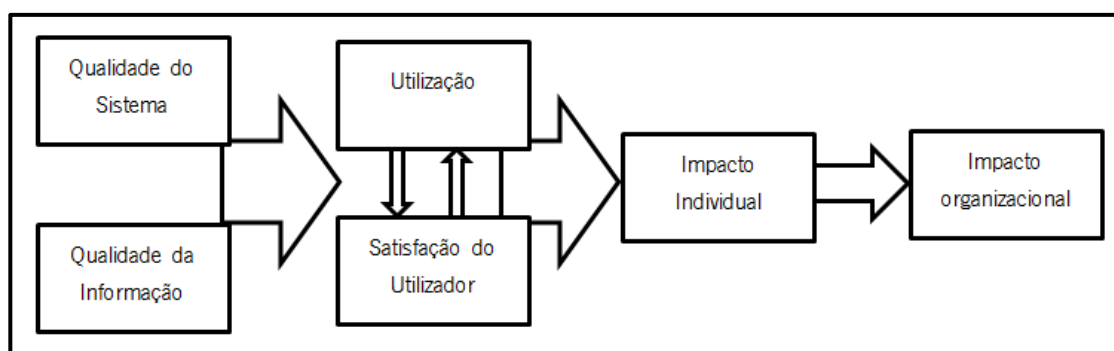


Figura 3 – Modelo de Sucesso de Sistemas Informáticos (1992)

Adaptado de DeLone e McLean [1992]

Mais tarde, numa revisão ao artigo publicado, os autores, elencam as principais conclusões da sua produção original, entre estas [DeLone e MacLean 2002]:

1 - A natureza multidimensional e interdependente do sucesso dos Sistemas Informáticos exige uma atenção especial para a definição e medição de cada aspeto. É importante medir as possíveis interações entre as dimensões de sucesso, a fim de isolar os efeitos de várias variáveis independentes com uma ou mais destas dimensões do sucesso dependentes;

2 - A seleção de dimensões e medidas de sucesso deve depender dos objetivos e âmbito da investigação empírica; mas, sempre que possível, devem ser utilizadas medidas testadas e comprovadas;

3 - Apesar da natureza multidimensional contingente ao sucesso dos Sistemas Informáticos deve ser feita uma tentativa para reduzir significativamente o número de diferentes medidas utilizadas para medir o sucesso para que os resultados da investigação possam ser comparados e os resultados validados.

Analisando o modelo original verifica-se que a dimensão “Utilização” e “Satisfação do Utilizador” estão intimamente relacionadas. Isto é fácil de entender pois se a “Utilização” deverá preceder a “Satisfação do utilizador” será muito provável que se esta for positiva irá resultar na motivação do utilizador para que mais vezes recorra ao Sistema Informático havendo assim um ciclo de “causa e efeito” em que a “Satisfação do Utilizador” aumentará a intenção de utilizar o sistema e decorrente disso a “Utilização”.

Todavia, a medição desta dimensão afigura-se difícil uma vez que agrega todas as utilizações que por exemplo decorrem de decisões de gestão e que obrigam os utilizadores a adotarem o Sistema Informático, aquelas que são feitas por utilizadores informados ou desinformados, isto é, aqueles que conhecem ou não o sistema e paralelamente terão maior ou menor possibilidade de conseguir mais eficácia no desempenho das suas atividades ou tarefas.

Da consideração e reflexão dos pressupostos apresentados, de entre muitos outros devidamente detalhados nos estudos produzidos acerca do modelo, resultou a alteração do mesmo para a configuração que abaixo se ilustra (Figura 4).

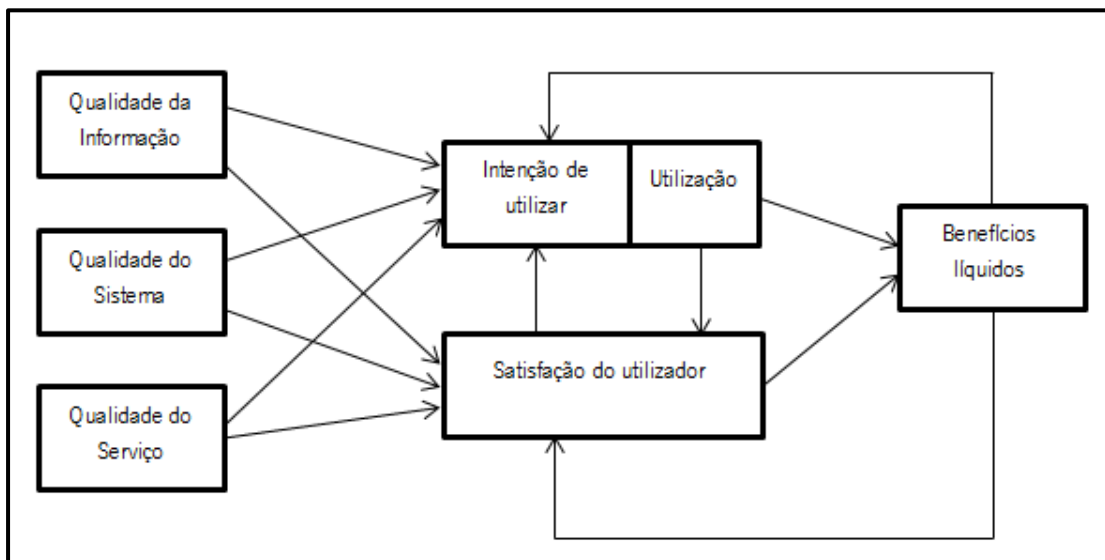


Figura 4 – Modelo de Sucesso de Sistemas Informáticos (2002)

Adaptado de DeLone e McLean [2002]

Do novo modelo destaca-se a nova dimensão “Qualidade do Serviço”, uma das principais propostas recomendadas por outros autores, apesar de que a mesma, segundo DeLone e McLean, já estaria subentendida na dimensão “Qualidade do Sistema” do modelo original.

Adicionalmente, os autores clarificam que a criação de uma dimensão única deverá levar a que o contexto em que o Sistema Informático se insere seja particularmente tido em conta, para

que o peso que se atribui a cada dimensão possa refletir corretamente o impacto que cada dimensão tem para o sucesso do sistema em causa. Portanto, a definição e especificação do modelo deverá ficar dependente do nível de análise a realizar, ou seja, para medir um sistema único a “Qualidade da informação” ou “Qualidade do sistema” pode ser o componente mais importante, no entanto, para medir o sucesso global de um departamento poderá ser mais útil recorrer à “Qualidade do Serviço”.

Com este novo modelo também se procura resolver o problema da medição da dimensão “Utilização” através da separação entre esta e “Intenção de Utilizar”. Tal alteração permite que em diferentes dimensões seja espelhada por um lado a utilização do sistema em si, incluindo as utilizações originadas por decisões que a isso obrigam o utilizador, e por outro aquelas em que o próprio utilizador sente vontade de recorrer ao sistema para a realização das suas tarefas.

Por último, refira-se a agregação das dimensões “Impacto Individual” e “Impacto Organizacional” numa única dimensão designada por “Benefícios Líquidos”. Esta explica-se pelo facto de que a implementação de um Sistema Informático ou serviço terá como um dos objetivos a produção de benefícios líquidos para a organização, e como tal o aumento da “Utilização” do mesmo e da “Satisfação do Utilizador” contribuirão diretamente para estes que por sua vez irão potenciar a dimensão “Intenção de Utilizar” e “Satisfação do Utilizador”.

Para ilustrar genericamente as diferentes dimensões, os autores recorrem a um exemplo da aplicação do modelo num serviço de *E-commerce* explicitando a definição e especificação do mesmo. Assim, devidamente traduzido e adaptado às características da generalidade dos sistemas apresenta-se o modelo de seguida:

- Qualidade do Sistema – As características desejáveis de um sistema. Por exemplo, facilidade de uso, flexibilidade, confiabilidade e facilidade de aprendizagem, bem como características do sistema de intuição, sofisticação e tempo de resposta;
- Qualidade da Informação – As características desejáveis das saídas do sistema como relatórios gerenciais e páginas web. Entre estas, relevância, compreensibilidade, precisão, concisão, integridade, pontualidade e usabilidade;
- Qualidade do Serviço – A qualidade do apoio que os utilizadores do sistema recebem do departamento de SI e Suporte do Pessoal de TI. Por exemplo,

capacidade de resposta, precisão, confiabilidade, competência técnica, e empatia da equipa com funcionários;

- Satisfação do utilizador – Nível de satisfação com os relatórios dos *sites* e serviços de apoio;
- Intenção de utilizar e Utilização – O grau e a forma em que funcionários/clientes utilizam os recursos do sistema de informação, por exemplo a quantidade, frequência, adequação, grau e finalidade da utilização;
- Benefícios Líquidos – A medida em que estão a contribuir para o sucesso de indivíduos, grupos e organizações, nomeadamente em melhorar a tomada de decisão, reduzir custos, aumentar as vendas, a produtividade, os lucros, e a eficiência de mercado.

Com base em cada definição, supracitada, para as dimensões do modelo de DeLone e McLean [2002] procuraram-se associar os critérios definidos para a avaliação dos simuladores em estudo com a respetiva dimensão.

Mais adiante apresentar-se-á no presente relatório a respetiva matriz de correspondência.

2.11 Survey de Software de Simulação

A pesquisa que é apresentada no artigo “*Simulation Software Survey – Simulation: a better reality?*” da autoria de Swain [2013]¹¹ tem o apoio da INFORMS Simulation Society, e é a nona bienal realizada, predominantemente, no âmbito dos *software* de simulação de sistemas de eventos discretos de simulação e produtos relacionados.

Todas as informações acerca dos diferentes produtos foram prestadas pelos fornecedores, e por opção da entidade que promove o estudo é dado um maior destaque aos produtos possíveis de executar em computadores pessoais e que se destinam à simulação de eventos discretos, dado considerarem-nos os mais adequados para o uso na gestão de ciência e investigação operacional.

Deste modo, é ressaltado que produtos de simulação cuja principal capacidade é a simulação contínua, a título de exemplo referem-se os sistemas de equações diferenciais

¹¹ A pesquisa encontra-se disponível via o seguinte *link* <http://www.orms-today.org/surveys/Simulation/Simulation.html>

observados em sistemas físicos, ou ainda o treino e formação de pilotos com recurso a simuladores de voo, foram omitidos.

A pesquisa é composta por uma lista de 43 produtos provenientes de 23 fornecedores e regista dados referentes a diversos aspetos, desde informações mais comerciais como o nome do software, do vendedor, a área aplicacional predominante, ou ainda aos diferentes tipos de licença e custos associados, a aspetos mais técnicos dos simuladores, que passam pelo registo dos tipos e versões dos sistemas operativos para os quais existe compatibilidade, assim como ferramentas complementares utilizadas para a realização de análises e funções especiais. Adicionalmente, são ainda apresentadas informações acerca da animação gráfica, como a animação em 3D, possibilidade de exportar o ficheiro de animação sob diferentes formatos, ou ainda a construção do modelo de forma gráfica, com recurso a ícones ou à função *Drag-and-Drop* e na presença do modo depurador em tempo de execução.

Importa também destacar os campos onde são registadas as informações acerca do suporte e treino, para as quais é indicada a existência, ou não, de uma linha de apoio ao utilizador, grupos de discussão, exercícios e cursos disponíveis, maioritariamente no *site* do fabricante.

A pesquisa foi agregada numa folha de cálculo e encontra-se no Anexo A.

Além disso, procedeu-se à elaboração de um conjunto de gráficos que, de seguida, se apresentam, de modo a sintetizar os principais registos verificados e as ilações mais relevantes desta revisão.

Da análise ao Gráfico 1 verifica-se que, num total de 43 registos, 41 apresentam compatibilidade para os sistemas operativos de 32-bit e 64-bit do Windows. Esta classe agrega as versões, NT ou superior, Windows XP, Windows Vista, Windows Seven e Windows 8.

Registam-se dois programas que requerem como sistema operativo a versão Server do Windows.

Quanto às distribuições Linux, contabilizam-se 10 registos que garantem a compatibilidade dos programas, adicionalmente também operam em Windows, não existindo, porém, nenhum registo para programas que operem exclusivamente em Linux.

Por último, verificam-se apenas 6 registos de softwares que operam em MacOS com a particularidade de serem compatíveis com versões Windows.

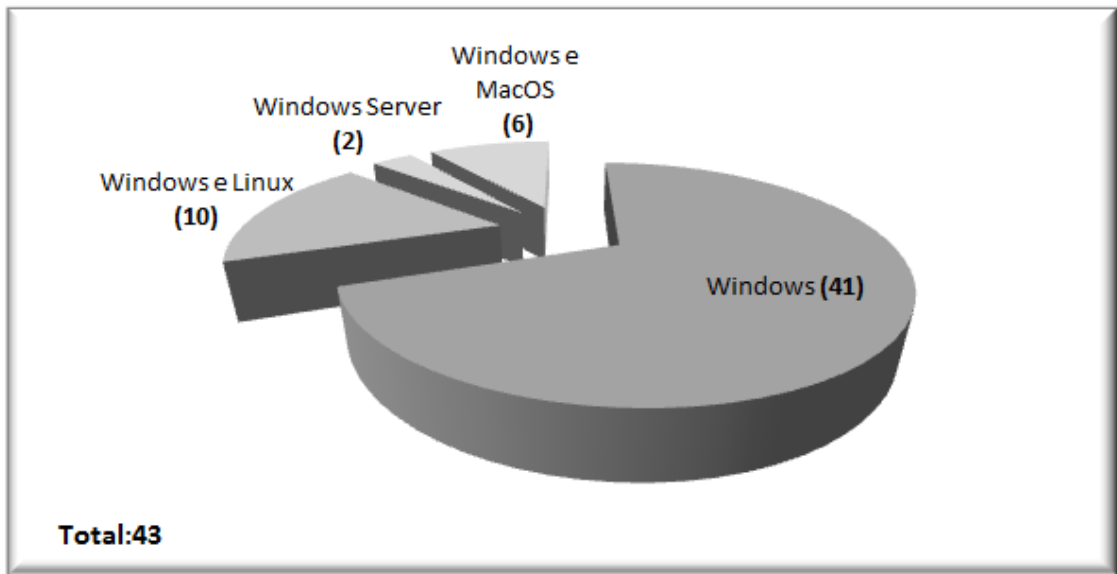


Gráfico 1 – Compatibilidade com o Sistema Operativo

Quanto ao Suporte de Análise Externo, indicado no Gráfico 2, dos 43 programas, 35 registam tal funcionalidade. Destes, 13 possuem compatibilidade com o Excel, 11 já incluem Relatórios e Gráficos e cinco permitem realizar Análise de Sensibilidade.

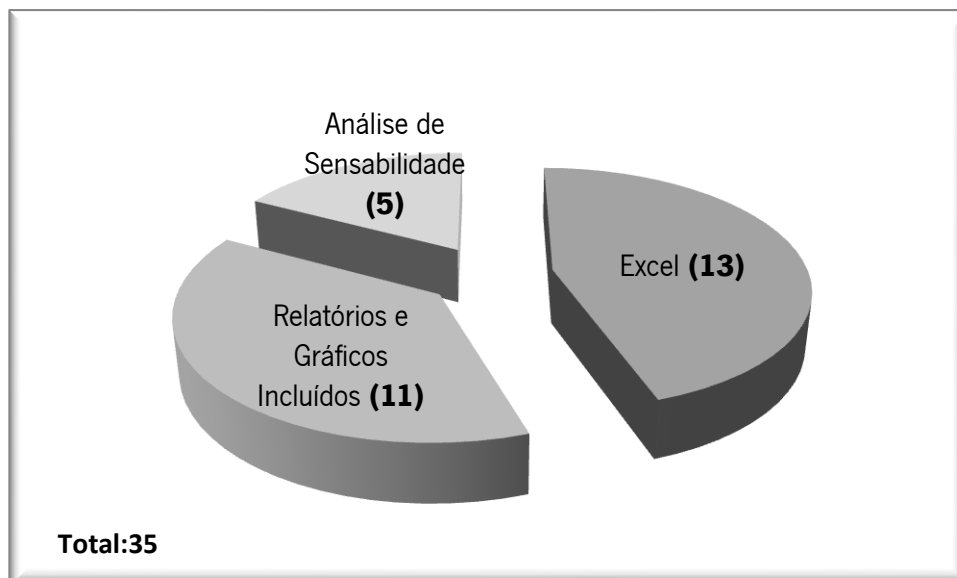


Gráfico 2 – Existência de Suporte de Análise Externo

No que diz respeito à utilização de diverso software para funções especiais, no Gráfico 3 ilustra-se que dos 36 simuladores que registam tal funcionalidade, 18 são compatíveis com o Excel, três com Microsoft Project Server e 10 com Aplicações DLL ou C++.

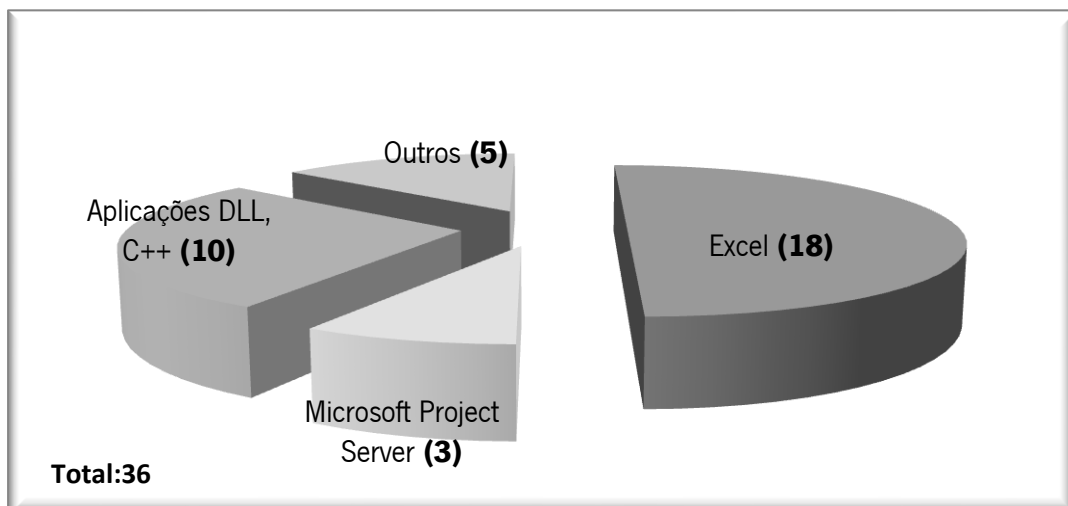


Gráfico 3 – Tipos de Software Utilizado em Funções Especiais

A funcionalidade de Animação Gráfica encontra-se disponível em 30 dos 43 simuladores. Dos que possuem a funcionalidade, 27 permitem animação em Tempo Real, sendo que, destes, 17 apresentam Animação 3D e 10 acrescentam a tal recurso a possibilidade de exportar o ficheiro de animação em diferentes formatos, nomeadamente, vídeo ou sequência de imagens estáticas. Os resultados desta análise podem ser observados no Gráfico 4.

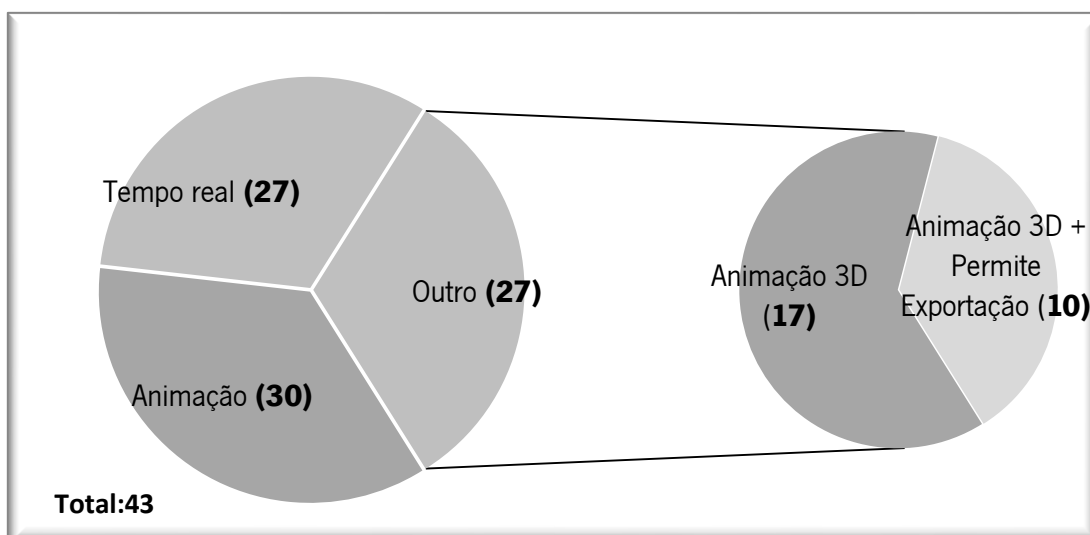


Gráfico 4 – Tipos de Animação Gráfica

No Gráfico 5 indicam-se os resultados para a análise dos Tipos de Licenças para Estudantes, os quais se dividem em Grátis, com 11 registos, e Não Grátis, com 32 registos. Das licenças Não Grátis, existem 11 programas que o custo ascende a um máximo de \$100 USD, e os

restantes, 21 registos, ultrapassam a quantia de \$100 USD para uma licença de utilização do tipo Estudante. Regista-se o facto de alguns preços serem apenas divulgados mediante contacto com o vendedor.

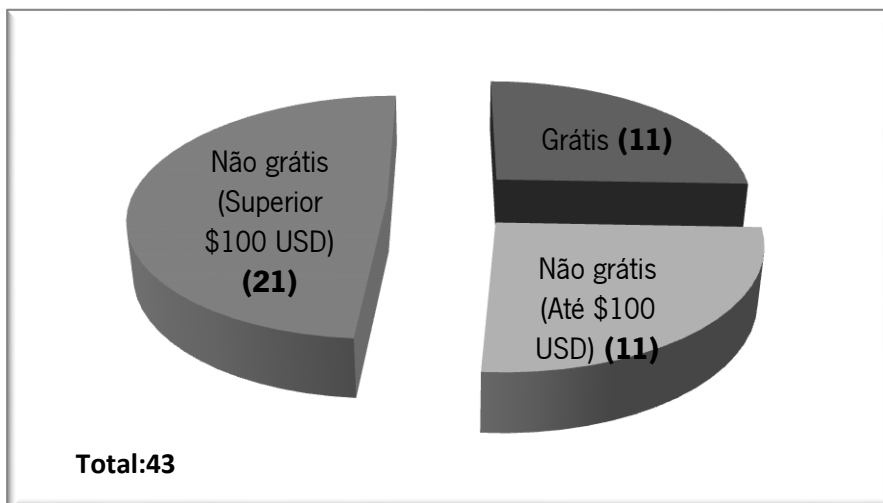


Gráfico 5 – Tipos de Licenças para Estudantes

No que se refere ao Suporte Técnico, quase todos os programas (40), num universo de 43, disponibilizam uma linha de apoio ao utilizador, destes, 32 ainda garantem Grupos de discussão, por exemplo fóruns, e 30 disponibilizam um *Site* para treino, com manuais e exercícios, conforme se apresenta no Gráfico 6.

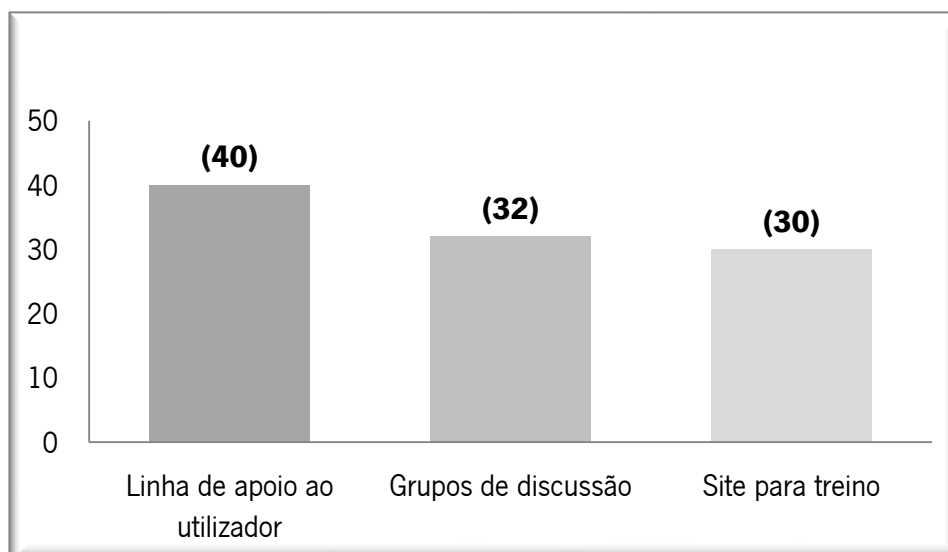


Gráfico 6 – Registo de Diversas Funcionalidades

No Gráfico 7 registam-se outros aspetos importantes, como a possibilidade de reutilizar código, como *templates*, em 35 dos 43 programas; o Modo de *Debug* em tempo de execução em 36 simuladores; a possibilidade da construção do modelo com recurso ao *Drag-and-Drop* em 23 programas, por último a possibilidade de conciliar Simulação de Eventos Discretos e Contínuos, em 18 simuladores.

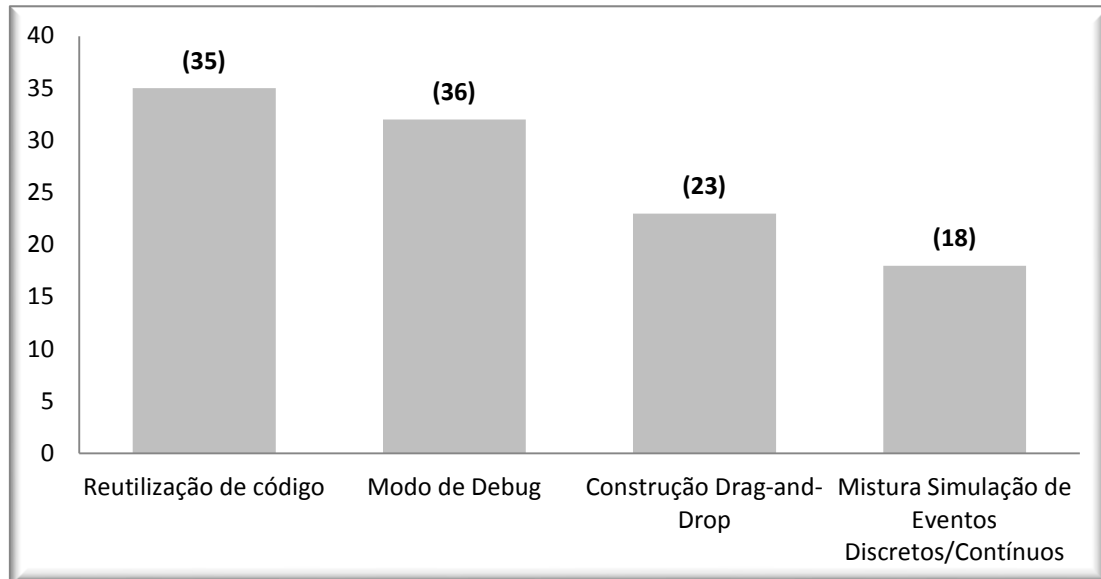


Gráfico 7 – Suporte Técnico Disponibilizado

Entre outros domínios aplicacionais, registam-se, no Gráfico 8, os predominantes. Assim, na categoria que agrega a Análise, *Mining*, Negócios e Finanças, existem 16 simuladores, o mesmo valor para os programas que possuem características destinadas à simulação na área da Manufatura. Seguem-se as categorias de Saúde e Logística, ambas com 13 registos, logo seguidas pela área dos Transportes e Defesa, com 12 e 11 registos respetivamente.

Merece ainda destaque a utilização dos simuladores na área da Educação, com sete simuladores, seis registos para a categoria que agrega a exploração do Petróleo, Gás, Energia e outros Recursos Naturais e, por último, a Engenharia com quatro programas dedicados a tal utilização.

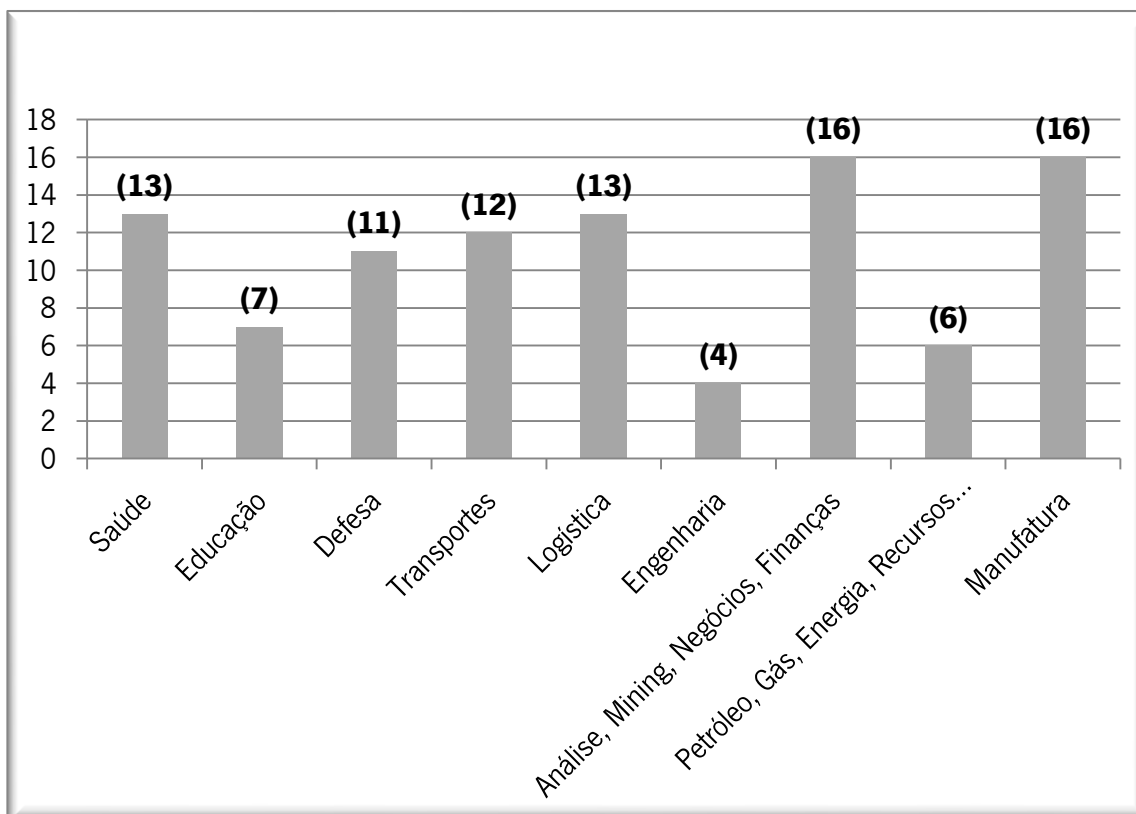


Gráfico 8 – Domínios Aplicacionais Predominantes

Da análise realizada, destaca-se a predominância em termos de compatibilidade com o sistema operativo das versões do Windows e o facto de não existir nenhum simulador que funcione em exclusivo numa plataforma Linux.

Também no que concerne ao software compatível e utilizado quer para o Suporte de Análise Externo, quer para as Funções Especiais, verifica-se a presença em maioria de um produto da Microsoft, no caso o Excel.

Para os simuladores que possuem animação gráfica, a funcionalidade que permite que a mesma seja feita em tempo real verifica-se também em praticamente todos, sendo ainda de realçar a possibilidade de exportar os ficheiros de animação sob diferentes formatos, o que poder revelar-se de grande utilidade, particularmente, na comparação *a posteriori* de simulações onde são representados cenários com ligeiras modificações nas suas configurações. Igualmente úteis serão as funcionalidades de construir o modelo através da função *Drag-and-Drop* e o modo de *debug*, ambas presentes também num considerável número de simuladores.

Quanto aos tipos de licença para estudantes, pode considerar-se que o número de simuladores com licença Grátis é satisfatório, acima de um quarto do universo de estudo. Se a

estes forem adicionados os simuladores para os quais as licenças apesar de Não Grátis não ultrapassam os \$100 USD, quantia que se poderá assumir como aceitável para este tipo de software, o número sobe para mais de metade do universo de estudo.

Ainda em termos de funcionalidades, é de destacar o elevado número de fabricantes que disponibilizam uma linha de apoio ao utilizador, grupos de discussão e um *site* para treino com manuais e exercícios de adaptação ao simulador.

Por último, e no que concerne aos Domínios Aplicacionais, é com naturalidade que se verifica que a Manufatura apresenta o número mais alto de registos. A estes resultados não será alheio o facto da produção industrial, particularmente na temática das linhas de montagem e das filas de espera ser, há largos anos, objeto de estudo da Simulação. A Logística, os Transportes, a Saúde e a Defesa apresentam valores menores, porém, muito idênticos e espelham também domínios aplicacionais bastante versados pela simulação.

2.12 Estudo da Popularidade das Ferramentas de Simulação

Este estudo é da autoria de Dias et. al [2011] e é a publicação mais recente dos autores no âmbito da avaliação das ferramentas de simulação de eventos discretos. Nesse estudo, os investigadores procuram medir a intensidade da utilização das diferentes ferramentas, bem como a sua presença em diferentes fontes consideradas como populares.

Deste modo, foram analisadas e contabilizadas as ocorrências na *Web*, em publicações científicas, em bases de dados de *sites* especializados, redes sociais, entre outras fontes. De tal levantamento, foram registadas as entradas para as quais estava presente o nome da ferramenta e do fornecedor para, posteriormente, se proceder ao tratamento matemático dos dados e de forma ponderada estabelecer as classificações finais.

É de destacar a utilização de cerca de 40 parâmetros ou fatores para a avaliação de cada ferramenta de simulação e a distinção realizada entre os resultados obtidos através dos motores de busca e provenientes de redes sociais e *sites* de documentação especializados, e os resultados baseados na seleção de trabalhos de revisão científica e *surveys*.

Os autores justificam ainda como motivação para a escolha de uma ferramenta de simulação popular dois motivos diferentes, porém complementares. Assim, argumentam que, se um indivíduo é responsável por uma empresa e procura um especialista com reconhecida

competência para trabalhar com uma ferramenta de simulação de eventos discretos, ser-lhe-á mais fácil encontrá-lo no conjunto de especialistas que trabalham com uma ferramenta popular. Por outro lado, se o indivíduo é um especialista que trabalha com ferramentas de simulação, será mais facilmente encontrado pelas empresas se essa ferramenta for popular.

Porém, é feita a ressalva de que a popularidade das ferramentas nunca deverá ser utilizada como parâmetro único para a seleção de ferramentas de simulação, até porque, caso tal acontecesse, as novas ferramentas nunca conseguiriam ganhar quota de mercado.

Na Tabela 7, observa-se o principal contributo do estudo realizado através da comparação da classificação das ferramentas de simulação entre os anos de 2006 e 2011.

Tabela 7 – Comparação da Classificação 2006 – 2011
Adaptado de Dias et. al [2011]

Lugar	Ferramenta	Classificação 2006	Classificação 2011
1	Arena	1	1
2	SIMUL8	7	2
3	WITNESS	5	3
4	ProModel	2	4
5	ExtendSim	6	5
6	AnyLogic	15	6
7	FlexSim	10	7
8	AutoMod	3	8
9	Plant Simulation	17	9
10	QUEST	8	10
11	Enterprise Dyn.	16	11
12	SIMPROCESS	4	12
13	ProcessModel	12	13
14	Simio	-	14
15	Micro Saint	14	15
16	SimCAD Pro	-	16
17	SLX + Proof 3D	11	17
18	ShowFlow	-	18
19	GPSS World	18	19

Relativamente à tabela apresentada pode-se constatar a permanência da ferramenta Arena no primeiro lugar e da subida do SIMUL8 do sétimo para o segundo lugar. O AnyLogic e o Plant Simulation merecem destaque pela subida de 9 e 8 lugares, respetivamente, bem como o Simio, uma ferramenta nova que entrou diretamente para o décimo quarto lugar.

2.13 Problema de Investigação

Da revisão da literatura efetuada verificou-se que a oferta de software de simulação computacional é muito variada e que se dispersa por diferentes domínios. No entanto, apesar de ser possível encontrar as especificações de um largo conjunto de características e funcionalidades dos diferentes programas, estas não são apresentadas de maneira a que seja fácil ao utilizador final comparar e decidir qual o melhor software a selecionar.

Desta forma, a formulação do problema de investigação resulta da constatação da lacuna existente nas análises e compilações de características e funcionalidades dos simuladores.

De maneira a compreender melhor este problema conceba-se um gestor organizacional que, depois de se inteirar de todas as vantagens que a simulação computacional poderá aportar à organização, pretende adquirir um simulador organizacional. Por certo que esse mesmo gestor conseguirá reconhecer o auxílio que o simulador organizacional lhe poderá conferir na tomada de decisão, na redução do grau de incerteza, na exploração, identificação e resolução de problemas nas relações organizacionais, entre muitas outras tarefas importantes e para as quais se pretendem tomar opções acertadas.

Porém, apenas com base nas compilações existentes será difícil, se não impossível, dar resposta às questões que a título de exemplo de seguida se formulam e, que para além de derivarem da questão talvez mais genérica que o gestor organizacional poderá formular, *“Como saber que simulador organizacional escolher?”*, são igualmente pertinentes e passíveis de surgir ao mesmo no momento da seleção do software a adquirir. De seguida elencam-se as questões:

- Será que a dimensão da organização deverá influenciar a escolha por determinado software?
- Será que a possibilidade de analisar os resultados das simulações com recurso a outras ferramentas é importante?

- Poder exportar as animações gráficas sob diversos formatos de ficheiro será uma funcionalidade útil ou que não terá grande relevância para o tipo de comparações que após o processo de simulação serão realizadas?
- O que será preferível um simulador que possua bastantes funcionalidades e de um fabricante que disponibilize manuais de utilizador, linha de apoio, fóruns de discussão e exercícios de treino, mas que obrigue a um longo período de aprendizagem até se atingir um domínio do software aceitável para uma utilização autónoma? Ou um software que possua menos funcionalidades, apenas o manual do utilizador mas para o qual o período de adaptação é menor e com isso o utilizador possa rapidamente tirar total partido do mesmo?
- Existirá compatibilidade para o processo de modelação, ou seja, a modelação poderá ser realizada com recurso a outras ferramentas e posteriormente interpretada pelo simulador para executar apenas a simulação?
- Existirão *templates* que possam auxiliar o utilizador por exemplo no processo de modelação ou são rígidos e impossíveis de adaptar para retratar a realidade da organização?
- Será que o tipo de processos que se pretendem simular deverá influenciar a escolha por determinado software?
- Quais as restrições que são impostas pelos diferentes tipos de licenças?

O conjunto de questões apresentado poderia ser ainda mais extenso, todavia julga-se que as mesmas serão suficientes para ilustrar o problema identificado que irá motivar a realização da presente investigação.

CAPÍTULO 3 – ABORDAGEM DE INVESTIGAÇÃO

3.1 Questão de Investigação

Após identificado o problema de investigação, pretende-se nesta secção formular a Questão de Investigação, que motiva a realização do presente trabalho, bem como estabelecer os objetivos do mesmo. Assim, este trabalho pretende dar resposta à questão de investigação “Qual, ou quais, os melhores simuladores organizacionais?”.

Da literatura revista, conclui-se que a simulação computacional se afirma cada vez mais como uma ferramenta capaz de trazer às organizações a possibilidade de obter inúmeras vantagens nas mais diversas vertentes.

De igual modo, ficou explícito que o número de interessados nesta área específica aumentou nas últimas décadas, assim como a proliferação dos simuladores organizacionais.

Dado o crescimento de toda a área, sendo que aqui é de particular interesse a simulação computacional de organizações, revela-se pertinente realizar uma aferição que coloque em estudo alguns dos simuladores organizacionais existentes no mercado.

É objetivo deste trabalho estabelecer um conjunto de critérios que sirvam de base para a avaliação dos simuladores organizacionais. Tais critérios deverão ter em conta vários aspetos e especificidades das ferramentas em análise, priorizando-os de acordo com o grau de importância que à luz da aplicação das ferramentas no contexto organizacional estes podem assumir.

O referido conjunto deverá servir para avaliar e concluir qual, ou quais, os melhores simuladores organizacionais que foram objeto de análise.

Importa ainda observar que para responder cabalmente à questão de investigação formulada seria necessário testar todos os simuladores organizacionais existentes. Porém, a realização de tal tarefa não se torna viável, desta forma os resultados obtidos com a presente investigação reportar-se-ão apenas ao conjunto de simuladores organizacionais selecionado, ponderadamente, de acordo com um conjunto de critérios a estabelecer.

De seguida, enumeram-se e descrevem-se resumidamente os objetivos da presente investigação.

Identificação de simuladores computacionais organizacionais atualmente em uso

A satisfação deste objetivo pressupõe a realização do levantamento dos simuladores computacionais organizacionais disponíveis no mercado, analisando de maneira geral as principais características e aspectos técnicos dos mesmos, de forma a perceber de maneira abrangente a gama de simuladores existentes.

Definição dos parâmetros para a realização do benchmarking de simuladores organizacionais

O alcance do objetivo envolve a identificação e seleção dos diferentes parâmetros ou aspectos a considerar e que serão ponderados por grau de importância com vista a poder, com base nestes, classificar os simuladores computacionais organizacionais relativamente à sua qualidade.

Definição de um conjunto de casos organizacionais para o benchmarking

O atingir deste objetivo pressupõe a definição de um conjunto de casos organizacionais, preferencialmente descritos na bibliografia, a utilizar no processo de *benchmarking*. Estes servirão de base ao processo de experimentação dos simuladores computacionais organizacionais.

Comparação de simuladores organizacionais

A concretização deste objetivo está intimamente ligada ao processo de *benchmarking*, em particular ao processo de experimentação dos simuladores computacionais organizacionais selecionados para teste com recurso ao conjunto de casos organizacionais definido.

Recomendações para o uso e desenvolvimento de simuladores organizacionais

Este objetivo pressupõe a produção de um conjunto de recomendações para o uso e desenvolvimento futuro de simuladores computacionais organizacionais, com base na análise aos resultados obtidos decorrentes do processo de experimentação.

3.2 Abordagem Metodológica

Para a prossecução dos objetivos anteriormente mencionados, realizar-se-á um levantamento do software existente na área dos simuladores.

De seguida, definir-se-ão os critérios a utilizar na seleção do conjunto de simuladores a analisar, ou seja, atentar-se-á em aspetos como o tipo do simulador, sistema operativo e espaço em disco requerido para instalação, tipo de licença e ainda a existência, ou não, de documentação variada, como manual do utilizador, exemplos, exercícios de aprendizagem, entre outros.

De modo semelhante, e com base na literatura, definir-se-á o conjunto de critérios a considerar para a avaliação dos simuladores organizacionais. Estes serão devidamente explicitados, assumindo-se de forma clara e concisa o que será tido em conta para avaliação do simulador em determinado critério.

Paralelamente, serão escolhidos e, caso seja necessário, adaptados ou modelados o conjunto de casos organizacionais que servirá de base para a experimentação dos simuladores.

Preferencialmente, estes casos deverão ser provenientes da literatura existente e estar devidamente documentados.

Realizar-se-á então o conjunto de testes aos simuladores organizacionais, que passará pela simulação dos casos escolhidos, durante um determinado número de iterações, procedendo-se à anotação dos resultados obtidos.

Da análise dos resultados e do processo de experimentação, deverá ser produzida uma lista de critérios priorizados pelos quais será possível avaliar e comparar as ferramentas de simulação organizacional, bem como uma lista de recomendações para o uso e desenvolvimento de tais ferramentas no futuro.

Por fim, importa destacar que a abordagem metodológica terá como foco principal a realização de um *Benchmarking* Laboratorial, este é assim definido uma vez que todo processo realizar-se-á em laboratório, não sendo portanto recolhidos dados no campo trabalho, (organizações).

A abordagem metodológica elaborada para dar resposta à Questão de Investigação é ilustrada de forma simplificada na Figura 5.

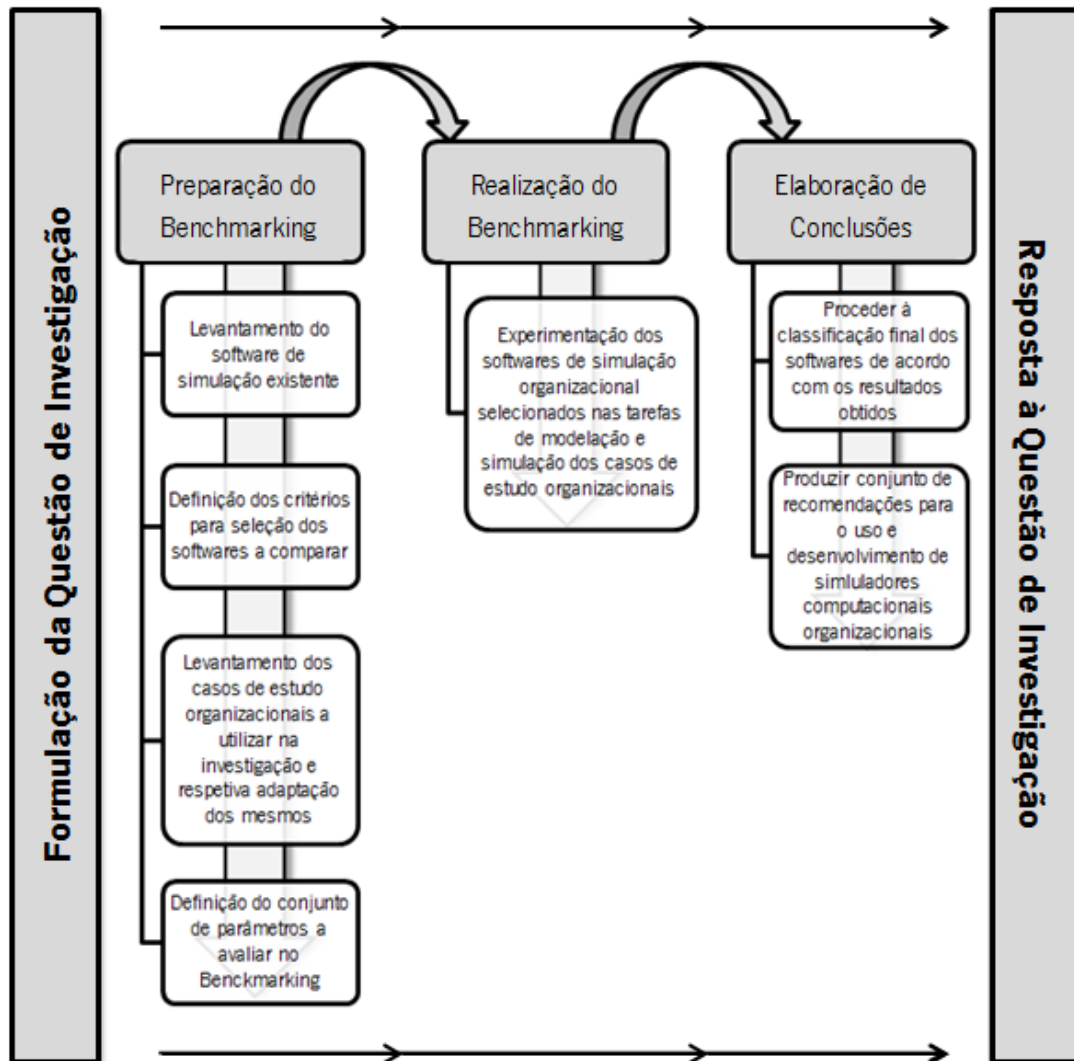


Figura 5 – Abordagem Metodológica

Na figura anterior é apresentada a abordagem metodológica desenvolvida, esta parte da Formulação da Questão de Investigação e contempla três atividades principais, nomeadamente Preparação do *Benchmarking*, Realização do *Benchmarking* e Elaboração de Conclusões. Da realização das atividades principais, desmultiplicadas em atividades mais elementares e que também se apresentam, é esperado que se consiga chegar de forma satisfatória à Resposta à Questão de Investigação.

3.3 Atividades Realizadas

A elaboração deste trabalho de investigação compreendeu a realização de um conjunto de atividades. De seguida, listam-se e descrevem-se sumariamente tais atividades.

Selecionar e rever literatura

Inclui a construção de uma base teórica de conhecimento que sustente o trabalho de investigação desenvolvido. A literatura é referente a conceitos como simulação, simulação computacional, organizações, tipos de modelos, simuladores organizacionais e realização de estudos de *benchmarking*.

Identificar e analisar genericamente os simuladores computacionais organizacionais

Abrange o levantamento do software de simulação existente e disponível no mercado, e a análise genérica a alguns aspetos relevantes dos simuladores computacionais organizacionais a fim de sintetizar os resultados do levantamento e a perceber a gama de simuladores existentes.

Definir o conjunto de critérios de seleção para os simuladores a testar

Consiste na definição do conjunto de critérios a ter em linha de conta no processo de seleção dos simuladores computacionais organizacionais a serem utilizados no *benchmarking*.

Definir o conjunto de critérios a avaliar no processo de benchmarking

Compõem-se pela definição dos parâmetros a considerar no processo de avaliação dos simuladores computacionais organizacionais. Estes foram analisados e foi criada uma matriz de avaliação de forma a poder classificar os simuladores organizacionais após o processo de *benchmarking*.

Definir os casos de estudo a considerar na realização do benchmarking

Engloba a seleção, adaptação e modelação dos casos organizacionais que serviram de base para a realização do *benchmarking*.

Realizar o processo de experimentação

Abrange a experimentação dos simuladores com recurso aos casos organizacionais selecionados e segundo um protocolo criado para o efeito, procedendo-se à respetiva anotação dos resultados na matriz de avaliação bem como ao registo das principais considerações às funcionalidades e potencialidades das ferramentas.

Analisar os resultados obtidos e produzir conjunto de recomendações

Consiste na análise aos resultados obtidos no processo de *benchmarking* e às considerações efetuadas durante todo o processo, para que daí possa resultar um conjunto de recomendações para o uso e desenvolvimento futuro dos simuladores organizacionais, bem como a obtenção da resposta à questão de investigação e satisfação dos objetivos da mesma.

Escrever o relatório de dissertação

Envolve a descrição escrita, de forma científica e cuidada, da investigação realizada, onde se pretende relatar o trabalho desenvolvido, bem como sintetizar os resultados obtidos, procurando, assim, produzir contributos consideráveis no tema em questão.

Para a realização das diferentes atividades, como é apreensível, o tempo dedicado a cada uma delas não foi, naturalmente, o mesmo. Deste modo, apresenta-se o planeamento do projeto de investigação e o diagrama de *Gantt* associado ao mesmo na Figura 6 e Figura 7, respetivamente.

	Nome da Atividade	Duração	Início	Fim	% Conclusão	Predecessoras
1	Selecionar e rever literatura	80 days	Mon 11/11/13	Fri 28/02/14	100%	
2	Identificar e analisar genericamente os simuladores computacionais organizacionais	22 days	Fri 03/01/14	Mon 03/02/14	100%	1
3	Definir o conjunto de critérios de seleção para os simuladores a testar	10 days	Fri 14/02/14	Thu 27/02/14	100%	2
4	Definir o conjunto de critérios a avaliar no processo de benchmarking	22 days	Fri 21/03/14	Mon 21/04/14	100%	3;2
5	Definir os casos de estudo a considerar na realização do benchmarking	30 days	Fri 18/04/14	Thu 29/05/14	100%	
6	Realizar o processo de experimentação	84 days	Sun 01/06/14	Wed 24/09/14	100%	2;3;4;5
7	Analisar os resultados obtidos e produzir conjunto de recomendações	42 days	Tue 26/08/14	Wed 22/10/14	100%	6
8	Escrever o relatório de dissertação	98 days	Wed 11/06/14	Fri 24/10/14	100%	7

Figura 6 – Planeamento do Projeto de Investigação

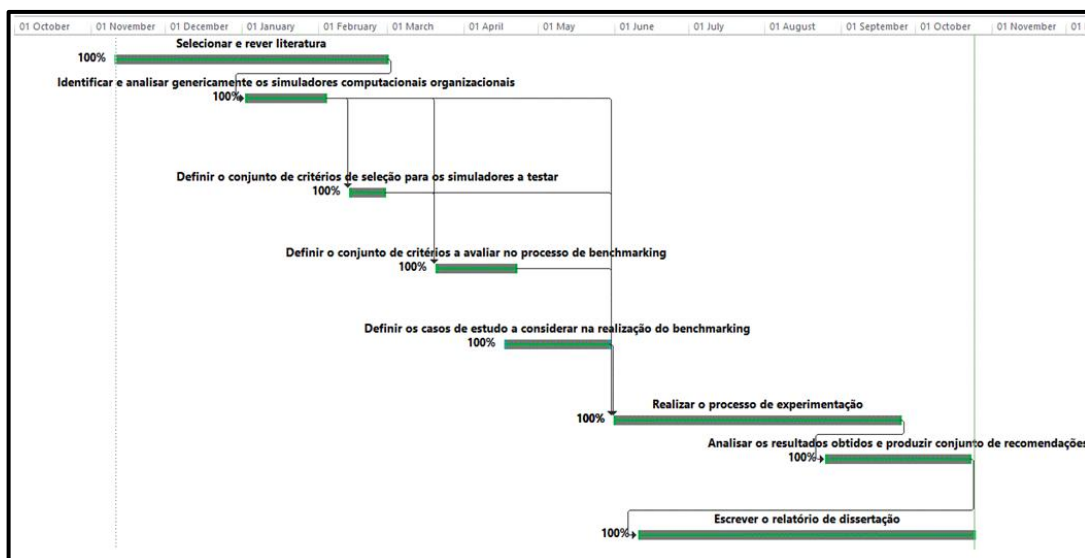


Figura 7 – Diagrama de *Gantt*

Assim, importa destacar a atividade que compreendeu a seleção e revisão da literatura, com 80 dias despendidos na sua realização, bem como as atividades que contemplaram o processo de experimentação dos diferentes simuladores e a de análise dos resultados obtidos e produção do conjunto de recomendações, a que se destinaram 84 e 42 dias, respetivamente.

Por fim, a atividade destinada à escrita e revisão do relatório de dissertação foi aquela em que o número de dias de trabalho empregue foi maior, 98 dias, o que se explica pela preocupação de relatar, o mais fiel e pormenorizadamente possível, a investigação desenvolvida.

3.4 *Benchmarking* Laboratorial

Dado o principal foco da investigação efetuada incidir sobre a realização de um *benchmarking* laboratorial, apresenta-se de seguida a definição e contextualização do conceito de *benchmarking* adotado.

Da literatura revista constata-se que o termo *benchmarking* é bastante abrangente e pode-se relacionar com várias áreas. Na origem deste crê-se estar o facto de o mesmo se assumir como um ponto de referência para a medição, segundo Codling [1998, p.7] "Um *benchmarking* é a marca de um agrimensor¹² utilizado como referência para determinar novas alturas e distâncias".

Derivada desta definição foram criadas novas visões e enquadramentos para o *benchmarking*, isso explica o facto de há mais de quatro décadas as técnicas de avaliação comparativa serem utilizadas para medir o desempenho de computadores e redes de computadores. Inicialmente, o *benchmarking* era utilizado por desenvolvedores de software para aferir o desempenho dos seus produtos face tanto aos valores de referência como aos resultados dos seus concorrentes de mercado, particularmente em termos de velocidade de processamento. Por sua vez, os consumidores finais comparavam diferentes produtos de forma a apurar qual o melhor e assim optarem pela sua aquisição [Grace 1996].

Desde então que o *benchmarking* foi aplicado à medição do desempenho de várias características do hardware, como gráficas e de processamento, ou ainda à usabilidade do

¹² Termo que deriva da topografia e que designa um instrumento para medir terrenos.

software, recorrendo à realização de um conjunto determinado de tarefas das quais resultará um valor que irá posicionar o software face à referência [Zöe e Hamel 2005].

Adicionalmente, o *benchmarking* tornou-se uma ferramenta de gestão organizacional com o propósito de estimular e facilitar as mudanças organizacionais e de avaliar e melhorar o desempenho das organizações com recurso a um processo contínuo.

Apesar de no presente trabalho não se dar ênfase a esse papel do *benchmarking*, importa ainda assim destacar alguns autores que sob essa perspetiva apontam para a capacidade de uma organização avaliar as suas práticas ser fundamental para alavancar o seu capital de conhecimento [Harper 1996], e que grupos de organizações procuram definir o *best-in-class*¹³ do setor através da realização de um teste comum com o objetivo de identificar o que é possível alcançar, áreas de melhoria e metas realistas [Hetzl 1993].

Em suma, a utilidade e os benefícios decorrentes da prática do processo de *benchmarking* como uma ferramenta de gestão são amplamente reconhecidos, porém, não se poderá esquecer que o seu propósito de comparação de entidades e artefactos faz com que este seja também aplicável na avaliação e posterior ordenação dos objetos de análise de acordo com determinados critérios o que, particularmente, acontece nesta investigação.

¹³ Significa o maior nível de desempenho em determinada indústria e representa um padrão ou referência a ser igualado ou superado.

CAPÍTULO 4 – DESCRIÇÃO DO ESTUDO

4.1 Critérios de *Benchmarking*

Para a realização do *benchmarking* laboratorial recorreu-se à bibliografia existente para que desta se pudesse extrair o conjunto de critérios a levar em consideração na comparação e avaliação dos softwares.

Assim, procurou-se com a matriz de avaliação desenvolvida, que mais adiante se apresenta, refletir as considerações de DeLone e McLean [2002] que nos remetem especificamente para o facto de sempre que possível serem utilizadas medidas testadas e comprovadas.

De igual forma, o número de critérios selecionados para comporem a referida matriz procura ser equilibrado e estar de acordo com a recomendação daqueles autores que apesar de reconhecerem a natureza multidimensional dos sistemas, sugerem que deverá ser feita uma tentativa para reduzir o número de diferentes medidas utilizadas para medir os mesmos.

Com isto, para a seleção dos diferentes critérios a considerar para além da utilização de alguns inclusos no *survey* analisado, utilizou-se o artigo de Hlupic et al. [1999], intitulado “*Evaluation Framework for Simulation Software*”. Neste trabalho os autores, para além de listarem mais de 250 critérios apresentam as diferentes categorias nas quais os mesmos se agrupam. De seguida são sumariamente descritas aquelas que se consideraram mais relevantes.

Aspetos visuais

As apresentações gráficas dos modelos e a animação da simulação dos mesmos são características muito importantes do software de simulação. Neste grupo incluem-se os critérios relacionados com o tipo e a qualidade gráfica do software e avaliam aspetos como, por exemplo, se é possível a realização da animação da simulação, o tipo de animação e se é possível manipular os ícones.

Aspetos da codificação

A possibilidade de acrescentar linhas de código de forma manual pode ser uma característica muito importante. Estes recursos determinam a flexibilidade e a robustez do software, o que é especialmente valioso quando os sistemas são complexos de serem modelados.

Eficiência

A eficiência é expressa tanto pela capacidade do software para modelar uma variedade de sistemas complexos, como pelas características que podem economizar o tempo necessário para a modelação e melhorar a qualidade da mesma. Entre estas destacam-se a reutilização do modelo, confiabilidade, compilação e tempo de execução.

Assistência na Modelação

Avaliam o tipo e o nível de assistência fornecido pelo software durante a modelação. Por exemplo, os critérios para avaliar a abrangência dos alertas, a ajuda *online*, se é permitido escrever notas de documentação e se o modelo e os dados podem ser separados.

Testabilidade

Este grupo é composto por critérios que analisam se os softwares incluem mensagens de erro, *displays* dos valores de elementos lógicos, tais como funções e variáveis, a possibilidade de obtenção especial de ficheiros para verificação, tais como listas, *trace and echo file* e função passo-a-passo.

Entradas/Saídas

Neste grupo incluem-se critérios para avaliar como o utilizador pode importar os dados e o tipo e a qualidade de relatórios de saída fornecidos pelo software. Estes critérios avaliam por exemplo se existe uma interface baseada em menus, se os relatórios de saída são estáticos ou dinâmicos e se são fornecidos de forma compreensível.

Suporte ao utilizador

Os critérios deste grupo servem para avaliar o tipo e a qualidade do suporte ao utilizador fornecido pelo fornecedor do software, o que pode facilitar a aprendizagem e utilização do mesmo. Estes critérios não só incluem suporte técnico na forma de documentação e *demos* mas também da variedade de serviços prestados pelo fornecedor de software que facilitam a utilização do mesmo e mantêm o utilizador informado sobre os planos para melhorias futuras do programa.

Da análise do artigo de Hlupic et al. [1999] verifica-se que este foi elaborado de forma ponderada e bem estruturada o que permitiu que o mesmo, apesar de já terem decorrido 15 anos da sua produção, se mantenha bastante atual para os padrões atuais de desenvolvimento dos softwares de simulação.

Deste modo, do conjunto de 78 critérios que compõe a matriz de avaliação dos simuladores 69 foram escolhidos a partir do artigo referenciado, enquanto os restantes advêm do *survey* aos softwares analisados.

Na próxima página apresenta-se a Tabela 8, referente ao cruzamento dos critérios selecionados com as dimensões da avaliação do sucesso de Sistemas Informáticos de DeLone e McLean.

Tabela 8 – Critérios de *Benchmarking*

Critério	Qualidade do Sistema	Qualidade da Informação	Qualidade do Serviço	Utilização do Sistema	Satisfação do Utilizador	Benefícios Líquidos
Animation	X					
3D Animation	X					
Real-time viewing	X					
Panning	X					
Animation with visual clock	X	X				
Importing graphics and multimedia elements	X					
Facility for customising the view of the model	X					
Graphical model construction (icon or drag-and-drop)	X					
Automatic connection between elements	X					
Model Packaging (e.g., can completed model be shared with others who might lack the software to develop their own model?)	X					
Model building using programming/ access to programmed modules	X					
Code reuse(e.g., objects, templates)	X					
Mixed Discrete/Continuous Modeling (Levels, Flows, etc.)	X					
Input Distribution	X					
Multiple screen layout	X					
Switching between screens	X					
Switching on/off the graphic	X					
Indication of the element status		X				
Limitation on number of displayed icons	X					
Change of icons during simulation		X				

Tabela 8 – Critérios de *Benchmarking* (continuação)

Critério	Qualidade do Sistema	Qualidade da Informação	Qualidade do Serviço	Utilização do Sistema	Satisfação do Utilizador	Benefícios Líquidos
Changing the color of the element status display		X				
Easy copying of icons	X					
Ease of icon development	X					
Print screen facility	X					
Zoom function	X	X				
Warning messages for operations which affect the model file (e.g. overwriting, closing file not saved)	X	X				
Warning messages for operations which affect model currently developed	X	X				
Run time debug	X					
Interactive debugger	X					
Rejection of illegal inputs	X					
Logic checks	X					
Interactive error messages	X					
Quality of error messages		X				
Moment of error diagnosis	X					
Ease of debugging	X					
Display of function values		X				
Display of attributes		X				
Access to attributes	X					
Display of variables	X	X				
Display of element's state	X	X				
Display of the workflow path		X				

Tabela 8 – Critérios de *Benchmarking* (continuação)

Critério	Qualidade do Sistema	Qualidade da Informação	Qualidade do Serviço	Utilização do Sistema	Satisfação do Utilizador	Benefícios Líquidos
Display of events on the screen	X	X				
Display of part position within element	X	X				
Facility for immediate user actions	X					
Trace files (showing events and entity status)		X				
Step function (event to event jumping)	X	X				
Flow analysis		X				
Display of parts flow tracking record collected during simulation run		X				
Backward clock	X					
Database maintenance for input/output						
Multiple outputs	X					
General output reports	X					
Static graphical output		X				
Dynamic graphical output		X				
Types of graphical display		X				
User defined output		X				
Automatic rescaling of histograms and time series		X				
Quality of output reports		X				
Understandability of output reports		X				
Periodic output of simulation results		X				
Availability of results before end of simulation		X				
Input data reading from files	X					
Writing reports to files		X				

Tabela 8 – Critérios de *Benchmarking* (continuação)

Critério	Qualidade do Sistema	Qualidade da Informação	Qualidade do Serviço	Utilização do Sistema	Satisfação do Utilizador	Benefícios Líquidos
Writing reports to printer		X				
Export animation	X					
Documentation			X			
Glossary			X			
Newsletter			X		X	
Discussion groups on the Internet					X	
Help-line					X	
User group meetings			X			
Consultancy			X			
Package maintenance			X			
Demos			X			
Tutorial					X	
Training course (basic, advanced)			X			
Duration of training courses			X			
Frequency of training courses			X			

Da análise ao cruzamento realizado na Tabela 8, conclui-se que mais de metade dos critérios seleccionados (53%) recai na dimensão Qualidade do Sistema, enquanto, por sua vez, a dimensão Qualidade da Informação abrange cerca de um terço (32%) dos critérios escolhidos. Seguem-se as dimensões Qualidade do Serviço com nove (0,12%) e Satisfação do Utilizador, apenas com quatro critérios (0,05%). Para a dimensão Utilização do Sistema e Benefícios Líquidos, não se registam quaisquer dados.

Todos os critérios listados na tabela anterior constituem a matriz desenvolvida para proceder à avaliação das ferramentas, pelo que se revela pertinente apresentar-se a mesma na próxima secção.

4.2 Matriz de Avaliação

A presente matriz foi criada para que fosse possível de uma forma simples e organizada realizar a avaliação dos simuladores organizacionais testados. Na Figura 8, por uma questão de facilitar a visualização da mesma, ilustra-se a matriz desenvolvida dividida pelas diferentes categorias.

Modelação				Execução				Exploração			
<i>Pontuação Total do Conjunto: 30</i>				<i>Pontuação Total do Conjunto: 30</i>				<i>Pontuação Total do Conjunto: 30</i>			
<i>Total Critérios: 27</i>				<i>Total Critérios: 22</i>				<i>Total Critérios: 16</i>			
Descrição item		Tpi	Tpa	Descrição item		Tpi	Tpa	Descrição item		Tpi	Tpa
Pontuação 10/5	Animation	2,00		Pontuação 12,5/8	Run time debug	1,56		Pontuação 15/7	Database maintenance for input/output	2,14	
	3D Animation	2,00			Interactive debugger	1,56			Multiple outputs	2,14	
	Real-time viewing	2,00			Rejection of illegal inputs	1,56			General output reports	2,14	
	Panning	2,00			Logic checks	1,56			Static graphical output	2,14	
	Animation with visual clock	2,00			Interactive error messages	1,56			Dynamic graphical output	2,14	
Pontuação 10/9	Importing graphics and multimedia elements	1,11			Quality of error messages	1,56			Types of graphical display	2,14	
	Facility for customising the view of the model	1,11			Moment of error diagnosis	1,56			User defined output	2,14	
	Graphical model construction (icon or drag-and-drop)	1,11			Ease of debugging	1,56		Automatic rescaling of histograms and time series	1,67		
	Automatic connection between elements	1,11		Display of function values	1,39		Quality of output reports	1,67			
	Model Packaging	1,11		Display of attributes	1,39		Understandability of output reports	1,67			
	Model building using programming/ access to programmed modules	1,11		Access to attributes	1,39		Periodic output of simulation results	1,67			
	Code reuse (e.g., objects, templates)	1,11		Display of variables	1,39		Availability of results before end of simulation	1,67			
	Mixed Discrete/Continuous Modeling (Levels, Flows, etc.)	1,11		Display of element's state	1,39		Input data reading from files	1,67			
Input Distributions	1,11		Display of the workflow path	1,39		Writing reports to files	1,67				
Pontuação 5/4	Multiple screen layout	1,25		Pontuação 12,5/9	Display of events on the screen	1,39		Pontuação 15/9	Writing reports to printer	1,67	
	Switching between screens	1,25			Display of part position within element	1,39			Export animation	1,67	
	Switching on/off the graphic	1,25			Facility for immediate user actions	1,39			Total Exploração	30	0,00
	Indication of the element status	1,25			Pontuação 5/5	Trace files (showing events and entity status)	1,00				
Pontuação 5/9	Limitation on number of displayed icons	0,56		Step function (event to event jumping)		1,00					
	Change of icons during simulation	0,56		Flow analysis		1,00					
	Changing the colour of the element status display	0,56		Display of parts flow tracking record collected during simulation run		1,00					
	Easy copying of icons	0,56		Backward clock		1,00					
	Ease of icon development	0,56		Total Execução	30	0,00					
	Print screen facility	0,56									
	Zoom function	0,56									
	Warning messages which for operations which affect the model file (e.g. overwriting, closing file not saved)	0,56									
Warning messages for operations which affect model currently developed	0,56										
Total Modelação		30	0,00								
								Apoio/Suporte			
								<i>Pontuação Total do Conjunto: 10</i>			
								<i>Total Critérios: 13</i>			
Descrição item		Tpi	Tpa	Descrição item		Tpi	Tpa	Descrição item		Tpi	Tpa
Pontuação 2/3	Documentation	0,67		Pontuação 4/5	Discussion groups on the Internet	0,80		Pontuação 4/5	Demos	0,80	
	Glossary	0,67			Help-line	0,80			Tutorial	0,80	
	Newsletter	0,67			User group meetings	0,80			Training course (basic, advanced)	0,80	
Pontuação 4/5	Consultancy	0,80		Pontuação 4/5	Package maintenance	0,80		Pontuação 4/5	Duration of training courses	0,80	
	Package maintenance	0,80			Frequency of training courses	0,80			Total Apoio/Suporte	10	0,00
	Package maintenance	0,80									
	Package maintenance	0,80									

Nome Ferramenta - Pontuação Total		0,00
Legenda		
Tpi - Total de Pontos do Item		
Tpa - Total de Pontos Atribuídos		
Tpi Divide por 1 se Bom; por 2 se Suficiente; por 3 se Insuficiente e o resultado é atribuído ao Tpa		
Se o item se verifica é atribuído o valor do Tpi ao Tpa		

Figura 8 – Matriz de Avaliação

Todos os 78 critérios listados na Tabela 8 foram agrupados na matriz de avaliação em quatro diferentes categorias, nomeadamente Modelação, Execução, Exploração e Apoio/Suporte.

Assim, a primeira agrupa os critérios que estão ligados às funcionalidades e recursos existentes que se relacionam com o momento da replicação do modelo real no simulador, isto é, a Modelação.

A segunda, Execução, é referente ao momento de execução dos modelos criados, enquanto a terceira, Exploração, agrupa os critérios da análise e dos tipos de saídas do sistema.

Por último, a categoria Apoio/Suporte lista os critérios escolhidos para avaliar todo o material e serviços de documentação, ajuda, e consultoria.

Estas categorias resultaram da reflexão sobre a forma como, normalmente, e numa sequência cronológica, os simuladores são utilizados, ou seja, é realizada a Modelação do sistema a replicar, segue-se a Execução do modelo e, posteriormente, a Exploração dos resultados. Por último, temos o Apoio/Suporte, embora se admita que este possa também ser considerado como o ponto de partida para a sequência de utilização.

A escala utilizada para a avaliação das ferramentas vai de 0 (zero) a 100 (cem) pontos e encontra-se repartida pelas categorias adotadas, tendo sido atribuído um peso de dez pontos à categoria Apoio/Suporte e de 30 pontos às restantes.

Importa ainda realçar o agrupamento que se realizou dentro de cada categoria, pois, embora os critérios se possam incorporar todos na mesma categoria, podem-se particularizar no seu foco de análise. Deste modo, dentro de cada categoria, são agrupados os diferentes critérios ou itens, conforme se julgou apropriado face às suas semelhanças na avaliação de determinada característica ou funcionalidade, evidenciando-se isso na matriz através da distinção por diferentes tons de cor.

Posteriormente, é com base nestes agrupamentos que se distribuem os pontos referentes à respetiva categoria, que, por sua vez, são divididos pelo número de critérios que contemplam determinado agrupamento.

Por fim, estabeleceu-se uma distinção na avaliação dos critérios utilizados, podendo estes assumir duas formas de pontuação. A primeira é referente aos critérios, destacados a azul, para os quais a forma de avaliação da ferramenta consiste na atribuição do Total de Pontos do Item (Tpi) à coluna de Total de Pontos Atribuídos (Tpa), caso se verifique o cumprimento do critério, ou à atribuição de zero pontos, caso ocorra o inverso.

Para os restantes critérios, sinalizados a verde, a avaliação reflete uma distinção qualitativa, sendo o número de pontos atribuídos à coluna Tpa o resultado da divisão da coluna Tpi por um, se para aquele critério o simulador for considerado “Bom”; por dois, se for “Suficiente”; e por três, se considerado “Insuficiente”. Esta notação pode ser observada na legenda que acompanha a matriz.

4.3 Seleção de Ferramentas

A seleção das ferramentas a experimentar no presente estudo teve por base o *Survey*, que foi apresentado no artigo “*Simulation Software Survey - Simulation: a better reality?*” da autoria de Swain [2013]¹⁴ e que previamente foi analisado conforme já se referiu no ponto 2.11 deste documento.

Para proceder à seleção das ferramentas optou-se, como primeiro critério, por filtrar o campo “*Student Version*” da secção “*Pricing Information*” da folha de cálculo na qual se agregaram os resultados.

Assim, para o campo “*Student Version*” foi escolhida a opção de mostrar os produtos que indicavam a seguinte informação: “*Free*”; “*Call for pricing*”; “*Yes, by request*”; “*No-cost grant to universities*”; “*Student Version Free*”.

Deste filtro resultou um conjunto de doze produtos para os quais foi analisado com maior detalhe o segundo critério, concretamente o campo “*Primary Markets for which the software is applied*”. Fruto da maior atenção prestada ao referido campo foram eliminados cinco produtos, abaixo elencam-se os mesmos e os motivos para esta filtragem.

- Stat::Fit – utilizado para encontrar distribuições analíticas mais precisas e apropriadas a determinados modelos;
- TARGIT Decision Suite 2013 BI – software de *Business Intelligence* que oferece ferramentas para a mineração de dados de negócio, criar relatórios e *dashboards* numa solução integrada;

¹⁴ A pesquisa encontra-se disponível via o seguinte *link* <http://www.orms-today.org/surveys/Simulation/Simulation.html>

- Pedestrian Dynamics – software para projetar a criação de estádios, estações ferroviárias, aeroportos, embarcações, infraestruturas comerciais e planeamento urbanístico;
- SIMSCRIPT III – software utilizado para simulação militar, controlo do tráfico aéreo, jogos de guerra, entre outros;
- GoldSim – software principalmente utilizado em engenharia ambiental, mineração, recursos hídricos, gestão de resíduos nucleares, entre outros.

Para os restantes sete softwares foi realizada uma pesquisa mais refinada para apurar as suas especificidades, bem como outros produtos semelhantes a estes quer nas suas características quer nas áreas nas quais se dá a sua aplicação. Paralelamente, investigaram-se as parcerias estabelecidas entre a Universidade do Minho e empresas produtoras de software de simulação.

Decorrente deste trabalho, e posterior seleção, resultou uma lista de cinco softwares, a saber: Arena, AnyLogic, Process Simulator, Simio Enterprise e SIMUL8 Professional.

Por último, contactaram-se os responsáveis pela gestão do catálogo de software do Departamento de Sistemas de Informação e as empresas produtoras das ferramentas referidas. Após os contactos estabelecidos no sentido de evidenciar esforços para a obtenção das versões estudante, apurou-se que a parceria e respetiva licença para o AnyLogic havia caducado, e não se obteve resposta para o Process Simulator, ficando o conjunto final de ferramentas a experimentar composto pelo Arena, Simio Enterprise e SIMUL8 Professional.

Em seguida apresenta-se uma breve descrição de cada uma das ferramentas a partir da informação obtida, adaptada e traduzida, disponível nos sites das empresas produtoras dos respetivos softwares.

Arena

“Arena Software é o produto mais utilizado para a Simulação de Eventos Discretos no mundo. Com a experiência em Arena os estudantes são introduzidos aos princípios de simulação e irão melhorar as suas habilidades de resolução de problemas através da eficaz realização de modelação por simulação, análise e projetos de investigação.

Os conceitos de simulação são entendidos de forma fácil e rápida, através de uma abordagem de modelação de fluxograma simples. Não há necessidade de ser um programador para tirar proveito dos recursos e capacidades abrangentes da Arena. Além disso, o conhecimento e a experiência adquirida ajudam os alunos a construir uma base sólida na simulação de eventos discretos que se aplica a situações do mundo real que irão encontrar no local de trabalho.”¹⁵

Simio

“As versões de estudante do Simio são totalmente funcionais e estão disponíveis para alunos e professores. Os recursos da Comunidade Académica Simio suportam os seus objetivos de ficar à frente da curva tecnológica e de atender à procura de tecnologia de última geração.

Para promover o ensino fazemos software de simulação de alta qualidade disponível para o uso educacional. Estes são o equivalente funcional à versão Simio Design Edition, mas limitada ao uso não-comercial. Simio Design Edition é o produto padrão e inclui a biblioteca padrão para começar a trabalhar com Simio, mas acrescenta uma capacidade única e poderosa que permite ao utilizador modificar a lógica dos seus objetos usando um add-on de lógica orientada para o processo. Este é o produto ideal para modeladores profissionais que querem ter controlo total sobre a lógica do processo complexo ou querem desenvolver novas bibliotecas de modelação com foco em áreas de aplicações específicas.”¹⁶

SIMUL8

“Crie qualquer simulação com sofisticadas bibliotecas de objetos personalizados e linguagem própria de codificação de simulação de SIMUL8. A partir do primeiro nível de análise estratégica de projetos complexos operacionais, pode obter a máxima flexibilidade sem comprometer a potência. Também a otimização, gestão de cenários, análise de sensibilidade, processamento paralelo, e os resultados aprimorados nos toolkits de análise estão disponíveis. Adicionalmente

¹⁵ <https://arenasimulation.com>

¹⁶ <http://simio.com>

*pode contar com Bibliotecas reutilizáveis, ler e escrever a partir de bases de dados, e gerir o SIMUL8 a partir de outras interfaces, como o Microsoft Excel, VB e C++*¹⁷

4.4 Elaboração dos Casos de Estudo

Para a definição do conjunto de casos de estudo a utilizar como suporte ao processo de experimentação dos simuladores organizacionais, optou-se por solicitar uma reunião com diferentes docentes do departamento de Sistemas de Informação da Escola de Engenharia da Universidade do Minho.

Neste processo foram contactados a Doutora Isabel Ramos, o Doutor João Álvaro de Carvalho, o Doutor Luís Amaral e o Doutor Rui Dinis Sousa.

Esta escolha deveu-se ao facto destes docentes possuírem uma reconhecida formação e experiência profissional em diferentes domínios dos SI e das organizações, e assim poderem emprestar o seu contributo com a recomendação de possíveis casos de estudo indicados para a realização da presente investigação.

Das reuniões realizadas, ficou clara a importância para o grau de complexidade dos casos de estudo a considerar não ser demasiado elevado e dos mesmos se deverem reportar a modelos de negócio conhecidos, ou seja, que não possuam especificidades relativas a determinado país ou a um contexto singular, uma vez que só assim se torna possível que os casos sejam compreendidos por utilizadores de diferentes áreas e culturas.

Depois de ouvidos todos os docentes e de ponderadas as diferentes sugestões, a escolha recaiu sobre um caso de estudo de uma revista científica, particularmente no processo de publicação de artigos na mesma, e num negócio de entrega de *pizzas* ao domicílio.

Adicionalmente, foi proposto pelo orientador do presente trabalho de investigação, Professor Filipe Sá-Soares, incluir no conjunto de casos de estudo um modelo relativo ao investimento em segurança dos SI.

Nas próximas páginas são apresentadas as descrições dos casos de estudo seleccionados, que depois de traduzidos e adaptados foram utilizados neste trabalho.

¹⁷ <http://simul8.com>

4.4.1 Revista Científica

A edição de uma revista, ou jornal científico, está sujeita a critérios restritos que procuram pautar a qualidade e consequente reputação da mesma. Assim, todos os artigos nesta apresentados necessitam de ser cuidadosamente selecionados, revistos, por vezes reformulados e apenas depois disso se possa finalmente proceder à sua publicação.

O presente caso tem por base o processo de publicação de artigos no Journal of Information System Security (JISSec). A JISSec é uma revista académica que tem como missão “expandir significativamente o domínio da investigação em segurança em sistemas de informação para um público amplo e eclético de académicos, consultores e executivos que estão envolvidos na gestão da segurança e na manutenção geral da integridade das operações de negócios.”¹⁸

Esta conta com uma hierarquia de editores especialistas na área dos Sistemas de Informação, provenientes de diversas universidades, e a redação da mesma encontra-se dividida entre a Virginia Commonwealth University (EUA) e a Universidade do Minho (Portugal).

Na Figura 9 apresenta-se o diagrama que replica o processo para a publicação dos artigos.

¹⁸ <http://www.jissec.org/mission>

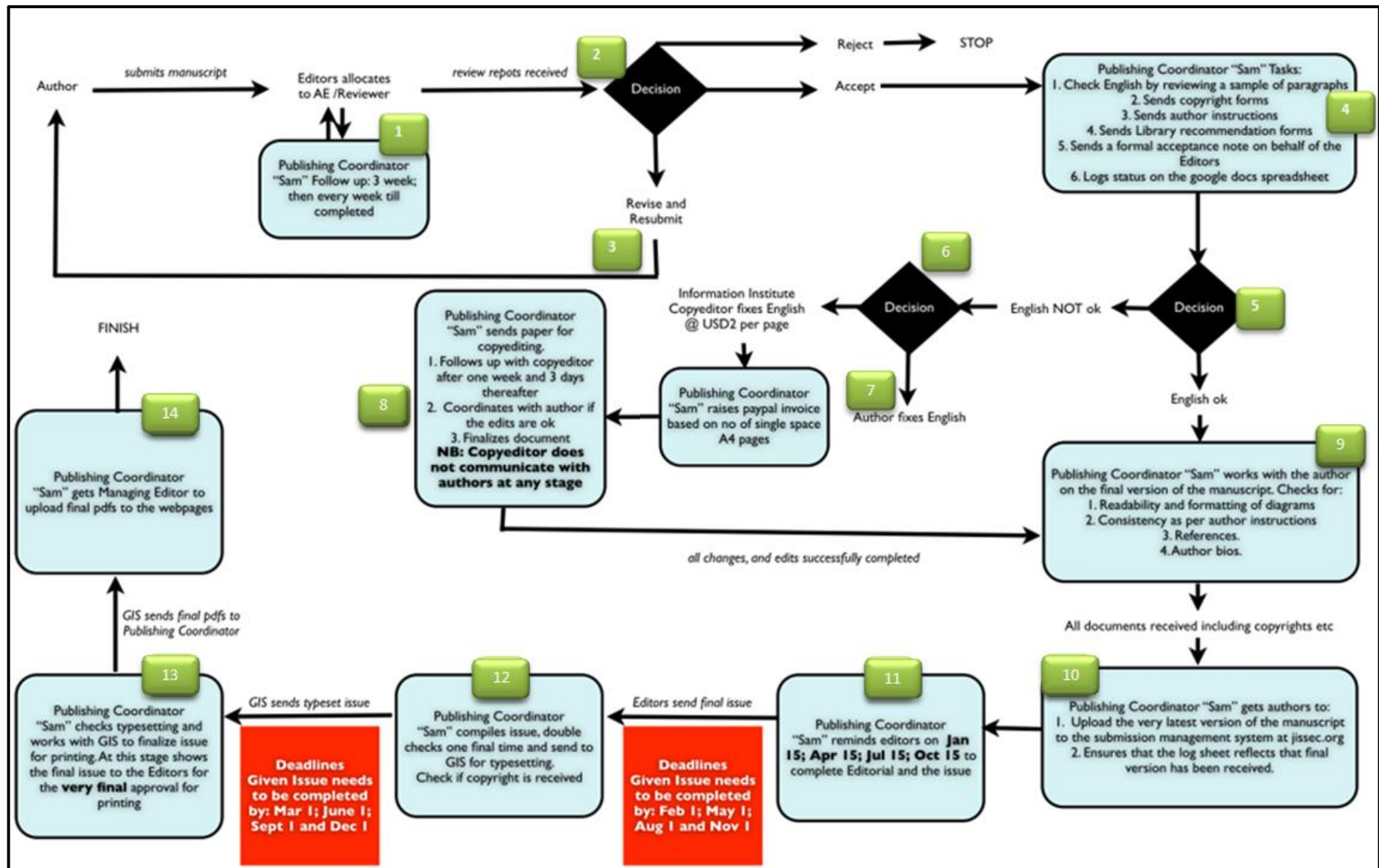


Figura 9 – Diagrama Publicação JISSec
 Fonte: JISSec

De seguida apresenta-se uma breve descrição das atividades e aspetos mais relevantes do processo para a publicação de um artigo na respetiva revista.

O processo inicia-se com a submissão de um manuscrito por parte do autor, a este é atribuído um coordenador de publicação/revisor e são criados os relatórios de revisão do manuscrito.

Estes relatórios são recebidos e mediante a decisão tomada o processo poderá evoluir de três formas:

- O manuscrito ser aceite e o processo para a publicação do artigo continua;
- O manuscrito ser rejeitado e o processo para a publicação do artigo termina;
- Ser pedido para que o autor reveja o manuscrito e proceda a uma nova submissão (*resubmit*).

Assumindo que o manuscrito é aceite, o coordenador de publicação tem a seu cargo a responsabilidade de executar as seguintes tarefas:

- Verificação do Inglês (com base numa amostra de parágrafos);
- Enviar os formulários para a cedência de direitos de autor;
- Enviar instruções para o autor;
- Enviar os formulários de recomendação da biblioteca;
- Enviar uma nota formal de aceitação em nome dos editores;
- Registrar o estado do processo na folha do Google Docs.

Todas estas tarefas são consideradas administrativas e o processo de publicação evoluirá de forma positiva mediante a decisão do procedimento de verificação do inglês (N.º.5).

Assim, se o nível de Inglês estiver de acordo com os requisitos exigidos pela revista o processo evolui para a atividade subsequente, caso contrário verificar-se-á uma das duas seguintes situações:

- O autor corrige o inglês;
- A correção é feita por uma entidade institucional.

Após realizadas as devidas alterações ao manuscrito, o coordenador da publicação acerta a versão final do mesmo com o autor.

De seguida, com todos os documentos recebidos, incluindo os formulários anteriormente enviados ao autor, o coordenador de publicação tem como tarefa receber e carregar a versão mais recente do manuscrito para o sistema de gestão de submissão e garantir que a folha de registo reflete a receção da versão final.

Ainda são tarefas do coordenador de publicação lembrar os editores, com uma periodicidade trimestral, para a realização do editorial.

Após o envio da edição final compete ao coordenador de publicação a verificação de erros, última revisão e verificação da receção dos direitos de autor para de seguida ser analisada uma versão muito próxima da versão de impressão.

Por último, concluída a revisão de impressão pelos editores é feita a publicação da edição.

Na Tabela 9 é apresentada a correspondência entre as atividades e o período de tempo inicial definido, em dias, para a realização das mesmas.

Tabela 9 – Atividades e Tempos Associados à Publicação na JISSec

Nome da Atividade	Tempo Associado (Dias)
Aloca	21
Aceite (?)	7
<i>Resubmit</i>	42
<i>Check Inglês</i>	15
Inglês <i>Ok</i> (?)	2
Altera Inglês (?)	0
Autor (<i>altera</i>)	8
Instituto (<i>altera</i>)	6
Formatação	7
<i>Upload</i>	3
Relembra Editores	0
Verifica	7
Finaliza	7

De seguida estabeleceram-se as motivações e alterações às condições iniciais do processo. Estas foram criadas para que fossem testadas diferentes configurações no processo de publicação de artigos na revista e de igual forma experimentadas diversas funcionalidades dos simuladores.

Resumidamente, as quatro motivações são:

- Simular o processo com os tempos das atividades inicialmente apresentados, a chegada da submissão de um novo manuscrito por dia, e com as percentagens de Aceitação de Manuscrito, Verificação de Inglês, e Alteração de Inglês iniciais;
- Simular o processo com os tempos das atividades inicialmente apresentados, o tempo de chegada, em dias, para a submissão de um novo manuscrito seguindo a Distribuição Triangular (1, 3, 4) e com as percentagens de Aceitação de Manuscrito, Verificação de Inglês e Alteração de Inglês iniciais;
- Simular o processo com os tempos das atividades inicialmente apresentados, o tempo de chegada, em dias, para a submissão de um novo manuscrito seguindo a Distribuição Triangular (1, 3, 4) e com as percentagens de Aceitação de Manuscrito, Verificação de Inglês e Alteração de Inglês modificadas. Adicionalmente, a aceitação de submissões nos primeiros seis meses do ano e posterior publicação no segundo semestre.
- Simular o processo com os tempos das atividades modificados, o tempo de chegada, em dias, para a submissão de um novo manuscrito seguindo a Distribuição Triangular (1, 3, 4) e com as percentagens de Aceitação de Manuscrito, Verificação de Inglês e Alteração de Inglês modificadas.

Quanto às atividades onde existe tomada de decisão as percentagens definidas são as que se apresentam na Tabela 10.

Tabela 10 – Especificação das Atividades de Tomada de Decisão

Tomada decisão Aceite?	Tomada decisão Inglês Ok?	Tomada decisão Altera Inglês?
Aceites 30%	Inglês <i>Ok</i> 25%	Autor 50%
Rejeitados 40%	Inglês <i>Not Ok</i> 75%	Instituto 50%
<i>Resubmit</i> 30%		

Mais adiante no presente relatório, nomeadamente na secção Experimentação, detalhar-se-á de acordo com a respetiva iteração as alterações existentes no tempo e percentagens definidas.

4.4.2 Entrega de Pizzas

O presente caso foi criado como uma representação de alto nível no livro *“Business Process Change – A Guide for Business Managers and BPM and Six Sigma Professionals”* [Harmon 2007].

Posteriormente, foi detalhado pela Trisotech¹⁹ e é disponibilizado pela empresa no seu *site* para exercícios de treino relacionados com a linguagem BPMN.

A representação de alto nível para os processos da empresa *Pizza Co.* é utilizada para ilustrar normas e tópicos BPM, tais como o BPMN e as suas relações com uma organização específica e respetivos processos.

De forma sumária, o processo inicia-se com a chamada telefónica dos clientes para realizar uma encomenda. As chamadas são geridas por um sistema de telefonia que atende chamadas de toda a cidade e de seguida encaminha-as para a loja mais adequada de acordo com a proximidade à morada de entrega.

Assim, na loja mais adequada para dar resposta à encomenda é recebida uma notificação de encomenda e inicia-se o processo de preparação da encomenda, nomeadamente a preparação da *pizza*, a sua confeção no forno e por último o embalamento.

Paralelamente, o gerente dos horários agrupa as ordens de encomenda para que a entrega seja feita da forma mais eficiente possível. Deste modo, as áreas envolventes à loja são divididas em diferentes zonas e é criada uma rota para que a distância a percorrer pelos veículos de entrega seja a menor possível e as *pizzas* sejam entregues dentro do tempo definido como máximo para que a entrega seja realizada respeitando os padrões de qualidade.

Quando um conjunto de encomendas se encontra preparado procede-se à entrega das pizzas, utilizando o condutor responsável pela entrega se este estiver disponível, em caso de não haver disponibilidade do mesmo a entrega é realizada por um condutor alternativo.

Os modelos referentes ao caso de estudo são apresentados na Figura 10.

¹⁹ <http://trisotech.com>

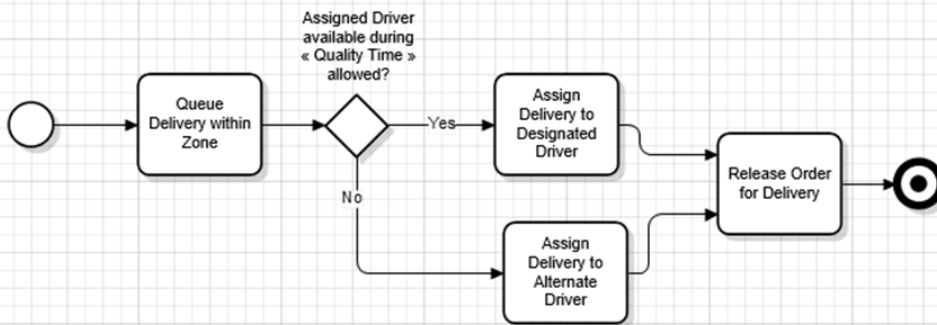
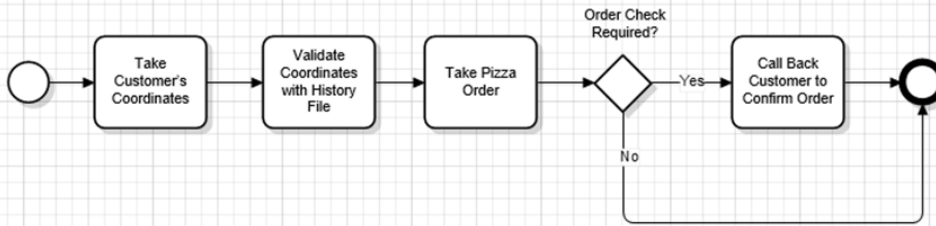
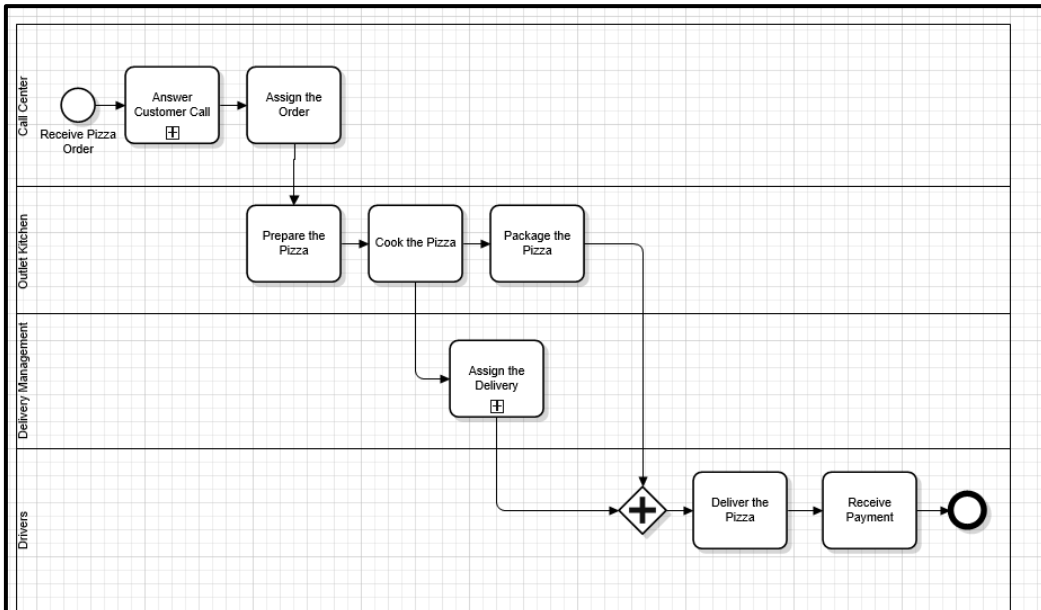


Figura 10 – Modelo do Processo da Pizza Co.
 Fonte: Trisotech

4.4.3 Modelo de Investimento em Segurança dos SI

O presente caso baseia-se no artigo “*A System Dynamics Model of Information Security Investments*” de Behara et al. [2007] onde os autores consideram que a abordagem de dinâmica de sistemas é particularmente relevante para a análise da segurança da informação.

O foco é sobre o efeito dos investimentos em segurança da informação e, com a ajuda do modelo de Ciclo de Vida da Segurança de Informação, como os modelos de dinâmica de sistemas e as suas simulações de computador ajudam a determinar a alocação ótima de tais investimentos.

Nesse estudo é observado que a segurança da informação é um sistema complexo de variáveis fortemente relacionadas entre si pelo que se procura analisar a questão de forma a determinar maneiras mais eficazes de gestão do investimento em segurança, com base nos princípios do pensamento de sistemas e o método da dinâmica de sistemas Sterman [2000].

O que define a abordagem para além dos métodos analíticos tradicionais é que considera um grande número de fatores identificados e referentes à segurança da informação e suas interações sistemáticas de forma dinâmica, em vez de assumir que as relações são sequenciais (como no caso da teoria dos jogos), deterministas (como na análise financeira) ou estáticas (como na análise económica). Ao adotar esta abordagem, pode-se modelar os processos do mundo real com estrutura dinâmica que simula o estado realista das variáveis e suas interações complexas.

Neste modelo os investimentos assumem várias formas: política de recursos humanos (para desencorajar os atacantes internos), as tecnologias de deteção, tecnologias e procedimentos de dissuasão de ataques, a vulnerabilidade e a redução de valor da informação.

Para a simulação é tido em conta que o número de agressores externos é uma variável exógena, ou seja, incontrolável, enquanto o número de atacantes internos é representada como uma percentagem do número total de empregados na empresa e pode ser reduzido pelos investimentos em políticas de recursos humanos de forma a minimizar o incentivo para que os ataques sejam realizados por empregados.

O número de ataques também é uma função da probabilidade de que um potencial invasor tem de realmente atacar o sistema. Esta probabilidade de ataque é uma variável que resulta no *feedback* de reforço do circuito causal.

O número total de ataques realizados sobre o número total de atacantes, internos e externos, bem como a disponibilidade de ferramentas de *hackers* aumenta a produtividade de atacantes e dos seus efeitos.

Adicionalmente, os ataques são conhecidos pela empresa apenas quando são detetados, e a extensão de deteção aumenta com o investimento em tecnologias de deteção de intrusão.

A deteção dos mesmos leva a que o número de vulnerabilidades identificadas também aumente, embora não de forma proporcional, porque uma única vulnerabilidade é suscetível de atrair múltiplos ataques. Em resumo, enquanto a atratividade do alvo aumenta com vulnerabilidades identificadas (o reforço), é diminuída por investimentos que reduzam a vulnerabilidade e aumente a dissuasão (as restrições).

A atratividade de *“information target”* também é influenciada pelo valor percebido do destino, que pode ser reduzido com investimentos adequados, como por exemplo não armazenar informações de cartão de crédito do cliente em servidores.

A probabilidade de ataques é uma função da atratividade do *“information target”* para o invasor. O modelo, apresentado na Figura 11, encerra-se completando o circuito causal ligando a probabilidade de ataque como um argumento funcional do número total de ataques.

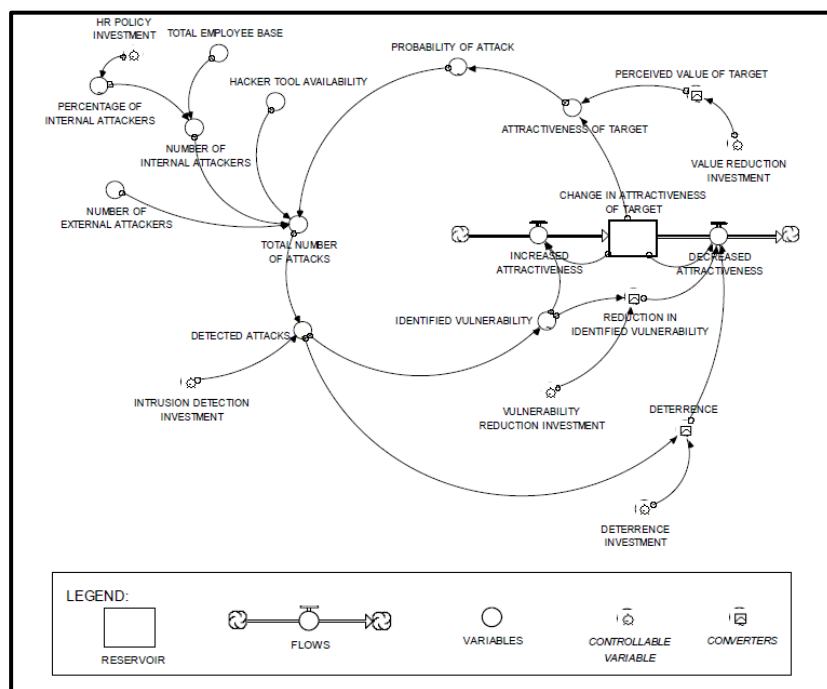


Figura 11 – Modelo de Investimento em Segurança dos SI Behara et al. [2007]

Na Tabela 11, sintetiza-se, com base na classificação referenciada por Filho [2001], anteriormente apresentada (cf. p.14), os modelos relativos aos casos de estudo.

Assim, os modelos que dizem respeito aos casos de estudo da revista científica e da entrega de *pizzas*, são estáticos e discretos, uma vez que estes representam o respetivo sistema real num determinado período do tempo e as suas variáveis de estado apenas se alteram em instantes particulares do mesmo.

Por seu lado, o modelo de investimento em segurança dos SI é dinâmico e contínuo, pois, para além de representar o sistema ao longo do tempo, as variáveis de estado utilizadas alteram-se continuamente. Recorde-se que este caso adota uma abordagem de dinâmica de sistemas e, como tal, procura uma lógica descritiva que explique os resultados e a evolução do comportamento do sistema ao longo do tempo.

Por estarem dependentes de parâmetros aleatórios, por exemplo distribuições, os modelos podem ser classificados como estocásticos.

Tabela 11 – Classificação dos Modelos dos Casos de Estudo

Caso de estudo	Estático vs. Dinâmico	Determinístico vs. Estocástico	Discreto vs. Contínuo
Revista Científica	Estático	Estocástico	Discreto
Entrega de <i>Pizzas</i>	Estático	Estocástico	Discreto
Modelo de Investimento em Segurança dos SI	Dinâmico	Estocástico	Contínuo

4.5 Experimentação

Nesta secção do presente trabalho será explanado, de acordo com os diferentes casos de estudo considerados, o processo de experimentação realizado para os três simuladores em avaliação. Deste modo, considerou-se mais simples e perceptível apresentar os casos pela seguinte ordem, Revista Científica, Entrega de *Pizzas* e Modelo de Investimento em Segurança nos SI.

De forma geral o processo de experimentação dos simuladores seleccionados afigura-se como um dos principais pontos do presente estudo. Tal é explicado pela importância e forte impacto

que a realização deste processo irá refletir na perceção do utilizador acerca dos softwares de simulação e, conseqüentemente, no preenchimento dos critérios de avaliação dos mesmos.

O início do período de experimentação dá-se com a instalação das ferramentas selecionadas. Assim, após realizados todos os contactos e obtidas as versões das respetivas ferramentas a utilizar avançou-se com a instalação das mesmas, tarefa que foi realizada sem qualquer problema.

Depois de concluída a instalação passou-se à exploração inicial das ferramentas, de forma a realizar um primeiro reconhecimento das suas principais características, designadamente a disposição dos menus, barras de ferramentas, painéis de estado, combinação de teclas para atalhos, bem como o funcionamento de tarefas básicas desde criar um novo modelo, guardá-lo e, posteriormente, proceder à sua edição.

Adicionalmente, e com recurso à leitura e pesquisa na documentação devidamente associada às ferramentas a testar no processo de experimentação, procedeu-se à realização de processos simples de ambientação às ferramentas, particularmente através da visualização de alguns tutoriais de vídeo e *demos* com versão executável na ferramenta e consulta ao glossário.

Findo o curto período de ambientação às ferramentas de simulação passou-se à modelação dos casos de estudo.

Para a realização do processo de experimentação optou-se por recorrer aos casos de estudo da Revista Científica JISSec e da empresa Pizza Co.

Estes dois casos foram utilizados de forma distinta, isto é, enquanto para o caso referente à Revista Científica se procurou replicar da maneira mais fiel possível o processo em todos os softwares, o segundo foi utilizado com o intuito de explorar as potencialidades e particularidades das diferentes ferramentas em análise.

Assim, poder-se-á considerar que o primeiro caso de estudo foi transversal e serviu como principal base de trabalho para a realização do processo de *Benchmarking*, ou seja, para a comparação, validação e preenchimento da matriz de critérios selecionados.

Por outro lado, com a utilização do caso de estudo da empresa Pizza Co. procurou-se examinar os diferentes softwares pretendendo com isso um refinamento na análise, de forma a aprimorar o preenchimento da matriz de avaliação, assim como ilustrar no presente relatório as características mais relevantes e diferenciadoras de cada uma das ferramentas.

4.5.1 Revista Científica

De ora em diante detalhar-se-á a parte da experimentação referente ao caso de estudo da Revista Científica.

Para um entendimento mais fácil da sequência lógica do processo de experimentação relativo a este caso de estudo, enumerar-se-ão as atividades e respetiva correspondência entre o diagrama do processo e o nome atribuído às mesmas nos softwares. Também serão apresentados os tempos iniciais associados à realização destas e as percentagens definidas para as atividades em que existem tomadas de decisão.

Nas próximas páginas é apresentada a Tabela 12 correspondente às associações definidas entre as atividades reais e as modeladas nos softwares.

Tabela 12 – Correspondência de Atividades entre Modelos e Diagrama JISec


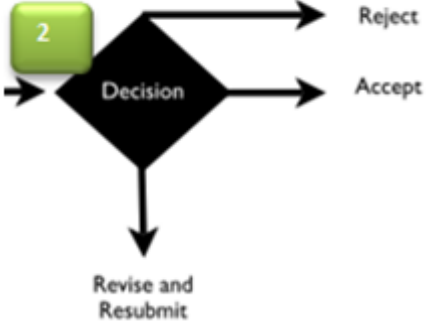


Nome da Atividade no Software	Atividade no Diagrama do Processo
Aloca	<p>Editors allocates to AE /Reviewer</p> 
Aceite (?)	
Resubmit	<p>Author</p> 
Check Inglês	<p>Accept</p> 

Tabela 12 – Correspondência de Atividades entre Modelos e Diagrama JISSec (continuação)


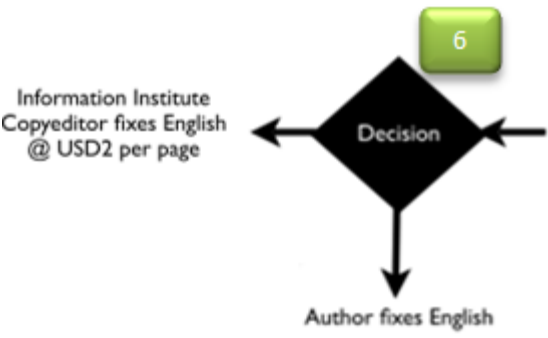

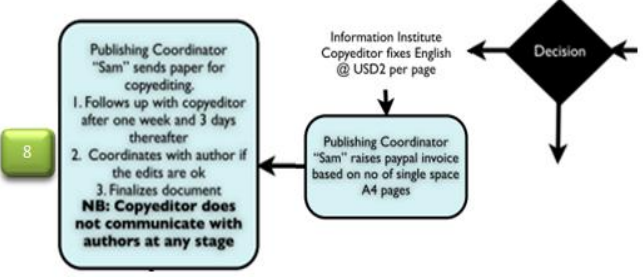
Nome da Atividade no Software	Atividade no Diagrama do Processo
Inglês Ok (?)	
Altera Inglês (?)	
Autor (<i>altera</i>)	
Instituto (<i>altera</i>)	

Tabela 12 – Correspondência de Atividades entre Modelos e Diagrama JISSec (continuação)

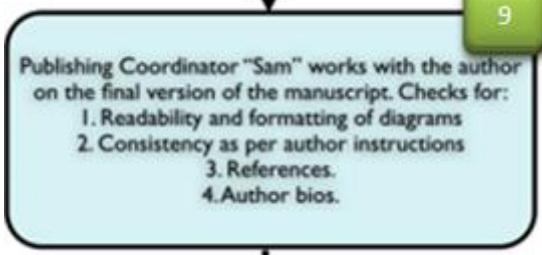
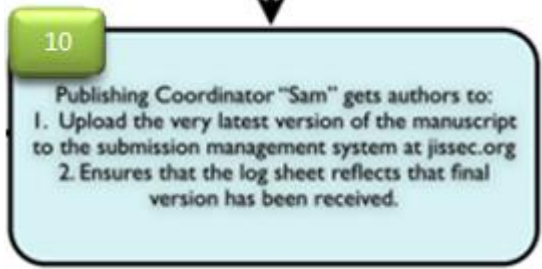
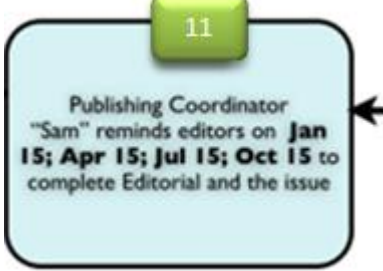

Nome da Atividade no Software	Atividade no Diagrama do Processo
Formatação	 <p>9 Publishing Coordinator "Sam" works with the author on the final version of the manuscript. Checks for: 1. Readability and formatting of diagrams 2. Consistency as per author instructions 3. References. 4. Author bios.</p>
Upload	 <p>10 Publishing Coordinator "Sam" gets authors to: 1. Upload the very latest version of the manuscript to the submission management system at jissec.org 2. Ensures that the log sheet reflects that final version has been received.</p>
Relembra Editores	 <p>11 Publishing Coordinator "Sam" reminds editors on Jan 15; Apr 15; Jul 15; Oct 15 to complete Editorial and the issue</p>
Verifica	 <p>12 Publishing Coordinator "Sam" compiles issue, double checks one final time and send to GIS for typesetting. Check if copyright is received</p>

Tabela 12 – Correspondência de Atividades entre Modelos e Diagrama JISSec (continuação)

Nome da Atividade no Software	Atividade no Diagrama do Processo
Finaliza	<p>13</p> <p>Publishing Coordinator "Sam" checks typesetting and works with GIS to finalize issue for printing. At this stage shows the final issue to the Editors for the very final approval for printing</p> <p>FINISH</p> <p>14</p> <p>Publishing Coordinator "Sam" gets Managing Editor to upload final pdfs to the webpages</p>

Conforme se pode verificar na tabela anterior é estabelecida a associação entre o nome genérico que foi atribuído às atividades nos diferentes softwares e a sua correspondência com o diagrama do caso de estudo da Revista Científica. Importa ressaltar que o nome das atividades decorrente da possibilidade, ou não, de utilizar caracteres especiais em determinada ferramenta, poderá não ser *ipsis verbis* o que se designou na tabela, porém tal facto não é impeditivo de uma correta e clara identificação.

Na primeira iteração foram assumidos para a realização das atividades os tempos que constam na apresentação do caso de estudo. Todos estes tempos correspondem ao período que se assume como necessário para cumprir todas as tarefas que compõem determinada atividade e dar sequência ao processo.

Na Tabela 13 são recuperados e listados os tempos anteriormente apresentados.

Tabela 13 – Atividades e Tempos da Iteração 1 do Caso Revista Científica

Nome da Atividade	Tempo Associado (Dias)
Aloca	21
Aceite (?)	7
<i>Resubmit</i>	42
<i>Check Inglês</i>	15
Inglês <i>Ok</i> (?)	2
Altera Inglês (?)	0
Autor (<i>altera</i>)	8
Instituto (<i>altera</i>)	6
Formatação	7
<i>Upload</i>	3
Relembra Editores	0
Verifica	7
Finaliza	7

Quanto às atividades onde ocorre a tomada de decisão foram também recuperadas da apresentação do caso de estudo, onde se definiram as percentagens a utilizar para as diferentes alternativas. As mesmas distribuem-se de acordo com a Tabela 14.

Tabela 14 – Condição das Atividades de Tomada de Decisão da Iteração 1 do Caso Revista Científica

Tomada decisão Aceite?	Tomada decisão Inglês Ok?	Tomada decisão Altera Inglês?
Aceites 30%	Inglês <i>Ok</i> 25%	Autor 50%
Rejeitados 40%	Inglês <i>Not Ok</i> 75%	Instituto 50%
<i>Resubmit</i> 30%		

A estratégia para a construção do modelo de simulação do caso de estudo da Revista Científica procurou replicar da forma mais fiel possível o processo para a publicação de um artigo na mesma. Porém, para a simplificação da construção do modelo optou-se por assumir alguns propósitos. Importa frisar que o tempo para a execução das atividades é fixo e representa um período que se considera exclusivamente como *delay*, isto é, um atraso em que cada atividade demora precisamente o tempo que se apresenta na Tabela 13.

A entidade coordenador da publicação não foi considerada, assumindo-se apenas que no período para a realização das tarefas que compõem as atividades o mesmo é capaz de as cumprir, como tal, não foi foco de atenção a avaliação da carga de trabalho desta entidade, mas sim o hiato existente entre a submissão de um manuscrito e a publicação do *paper* correspondente, procurando encontrar os valores que permitam a publicação de um número significativo de *papers* por cada edição da revista.

Por último, para manuscritos em que a decisão sobre a aceitação para futura publicação na revista ficar dependente de alterações e nova submissão por parte do autor, a reentrada do manuscrito acontece diretamente na atividade ligada ao processo de decisão ao invés da atividade de alocação de editor.

Assim, numa primeira fase foi criado um modelo mais simples, mas funcional, que permitisse simular o processo e produzir resultados. Ao longo do tempo esse mesmo modelo foi sofrendo alterações com o intuito de se assemelhar mais ao diagrama de atividades da revista, o que indiretamente incrementou o grau de complexidade do modelo de simulação.

Depois de obtida uma versão satisfatória do modelo de simulação procederam-se a pequenos ajustes para uma melhor visualização e entendimento do mesmo, especialmente no que diz respeito ao nome das atividades (de acordo com a tabela referida), à disposição gráfica das mesmas, à apresentação de algumas variáveis em tempo de simulação, entre outros detalhes que possibilitam associar de um modo simples o modelo de simulação ao diagrama.

Nesta primeira iteração a simulação foi realizada para um período de 365 dias, ou seja, um ano, com a condição de submissão a simular a chegada de um novo manuscrito por dia.

Em consequência, no final da simulação para o período referido, o número de artigos publicados na revista são os que constam na Tabela 15.

Tabela 15 – Resultados Globais da Iteração 1 do Caso Revista Científica

Resultado	Software
116 <i>Papers</i> , equivalente a 9,66 <i>papers</i> /mês	Arena
115 <i>Papers</i> , equivalente a 9,58 <i>papers</i> /mês	SIMUL8
122 <i>Papers</i> , equivalente a 10,17 <i>papers</i> /mês	Simio

Os resultados apresentados para as três ferramentas testadas foram semelhantes e aproximam-se de uma média de nove *papers* por mês. Esta iteração procurou responder à

primeira motivação elencada, ou seja, simular o processo com os tempos das atividades inicialmente apresentados, a chegada da submissão de um novo manuscrito por dia, e com as percentagens de Aceitação de Manuscrito, Verificação de Inglês, e Alteração de Inglês iniciais.

Por fim, salienta-se o registo de algumas dificuldades relacionadas com a estruturação das atividades que incluíam tomada de decisão, particularmente no Simio. Enquanto no Arena e no SIMUL8 a modelação de tais atividades foi intuitiva, frisa-se aqui a similaridade gráfica entre os losangos de decisão do diagrama e o objeto correspondente no Arena, bem como, entre este e o SIMUL8 no que toca á definição das percentagens, no Simio houve a necessidade de realizar uma pesquisa e um conjunto de experiências, pelo método tentativa-erro, para entender o funcionamento das estruturas lógicas do mesmo.

Nas próximas páginas seguem-se a Figura 12, Figura 13 e Figura 14 que correspondem ao modelo de simulação criado no Arena, SIMUL8 e Simio, respetivamente.

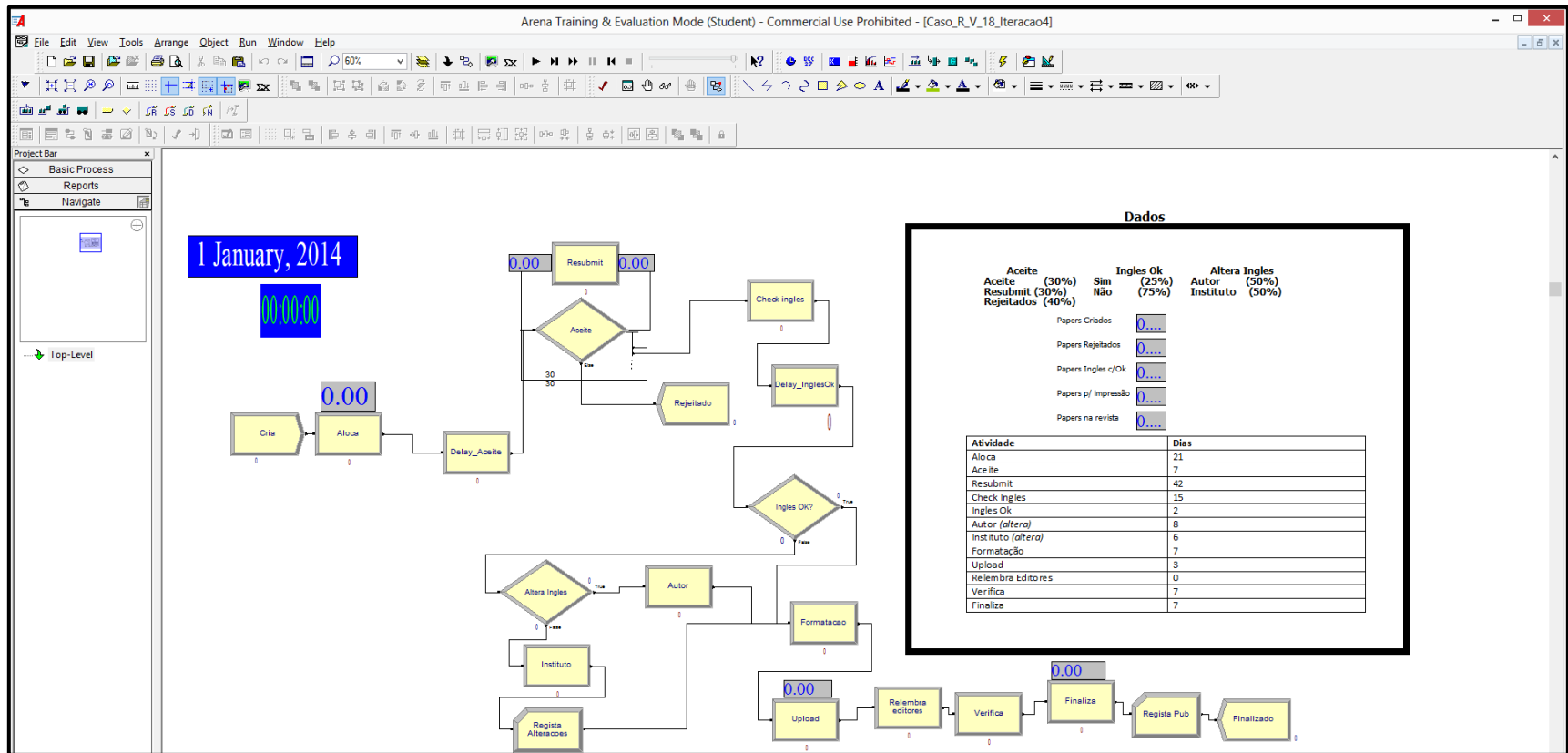


Figura 12 – Modelo de Simulação Iteração 1 Caso Revista Científica – Arena

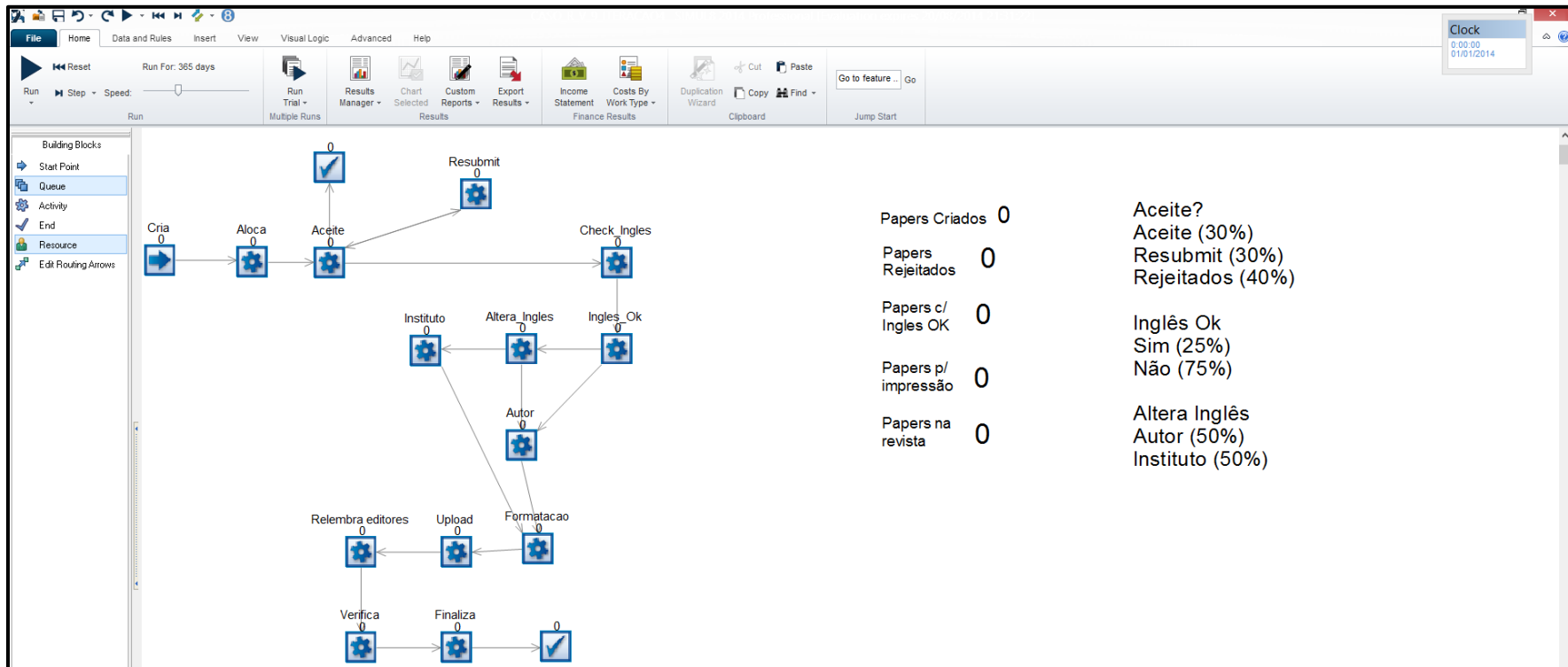


Figura 13 – Modelo de Simulação Iteração 1 Caso Revista Científica – SIMUL8

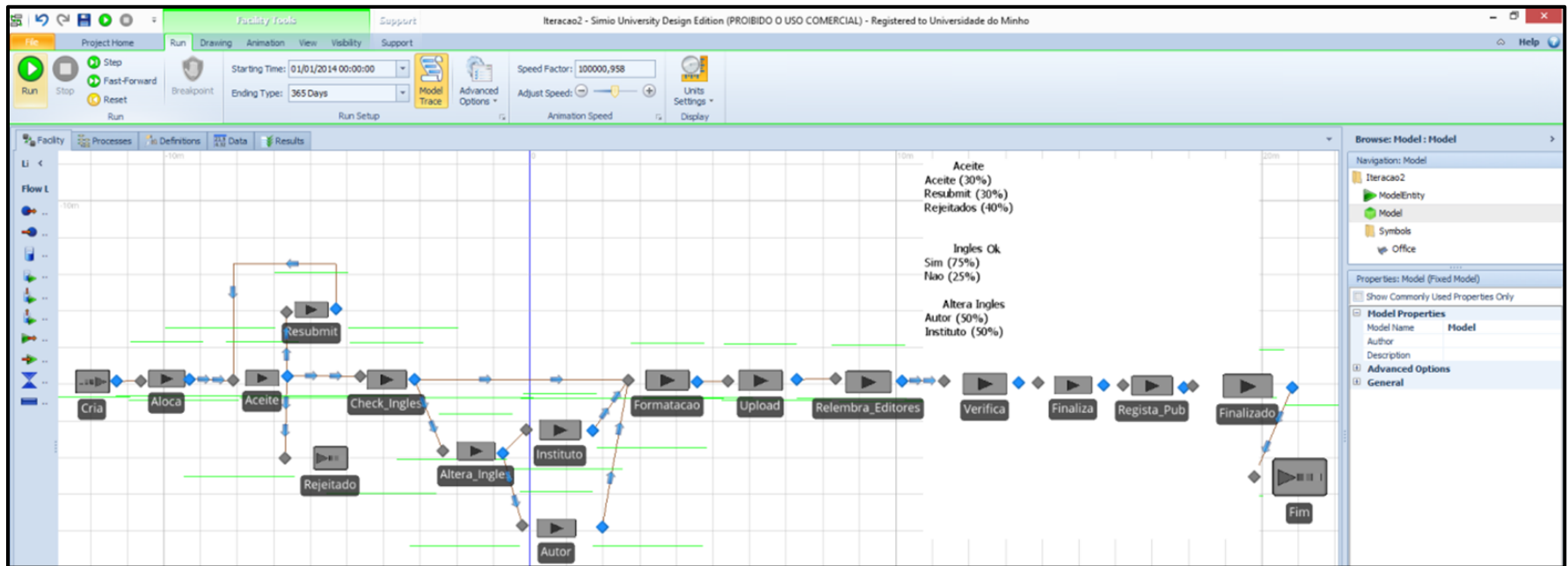


Figura 14 – Modelo de Simulação Iteração 1 Caso Revista Científica – Simio

Quanto à segunda iteração, que diz respeito ao mesmo caso mas à segunda motivação, apenas existiu a necessidade de alterar a condição da submissão de manuscritos para que esta fosse representada pela Distribuição Triangular (1, 3, 4). Esta alteração foi realizada em todas as ferramentas e é de fácil execução uma vez que por defeito todas estas permitem e reconhecem a introdução de expressões matemáticas, apresentando, inclusive, uma lista das distribuições possíveis. Lembra-se que a submissão de manuscritos é representada por um objeto particular que se poderá considerar o ponto inicial do modelo de simulação e que tem como tarefa a criação de entidades a introduzir no sistema. Esta alteração ilustra-se no conjunto de imagens que se seguem (Figura 15, Figura 16, Figura 17, Figura 18, Figura 19 e Figura 20).

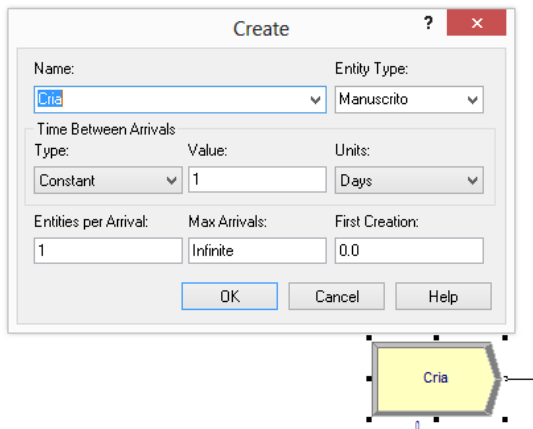


Figura 15 – Alteração Submissão de Manuscritos 1/2 Caso Revista Científica – Arena

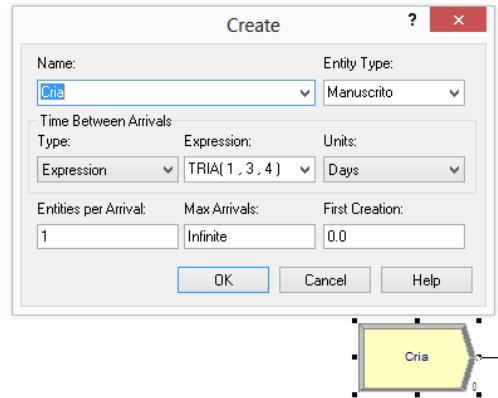


Figura 16 – Alteração Submissão de Manuscritos 2/2 Caso Revista Científica – Arena

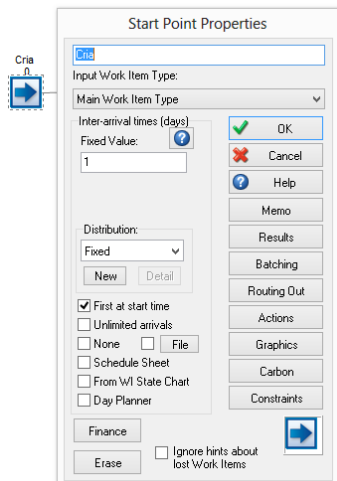


Figura 17 – Alteração Submissão de Manuscritos 1/2 Caso Revista Científica – SIMUL8

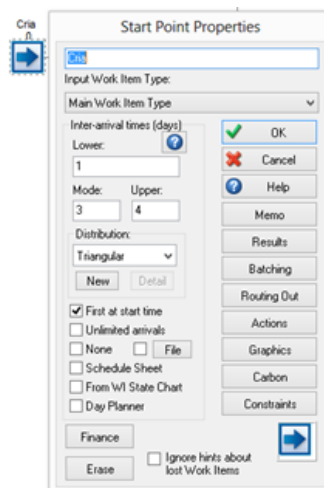


Figura 18 – Alteração Submissão de Manuscritos 2/2 Caso Revista Científica – SIMUL8

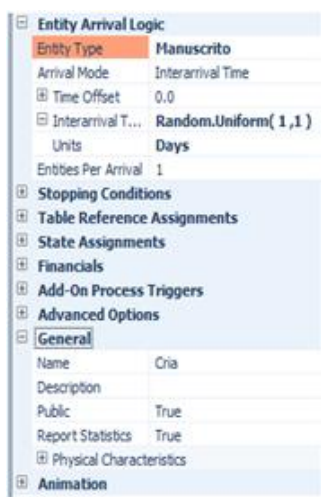


Figura 19 – Alteração Submissão de Manuscritos 1/2 Caso Revista Científica – Simio

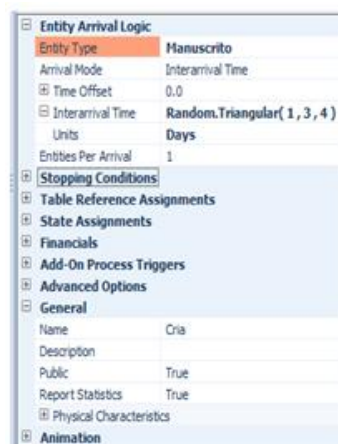


Figura 20 – Alteração Submissão de Manuscritos 2/2 Caso Revista Científica – Simio

A execução do modelo de simulação após a alteração realizada na condição de chegada de novos manuscritos produziu naturalmente efeitos no número total de *papers* para publicação.

Assim, e para facilitar a apresentação dos resultados, agrupam-se os mesmos por meses nas tabelas que de seguida se apresentam. Estas tabelas seguem a sequência Arena, SIMUL8 e Simio e são respetivamente a Tabela 16, Tabela 17 e Tabela 18.

Tabela 16 – Resultados da Iteração 2 do Caso Revista Científica no Arena

Período	Número de Papers
Janeiro – Fevereiro	0
Fevereiro – Março	0
Março – Abril	2
Abril – Maio	3
Maio – Junho	8
Junho – Julho	6
Julho – Agosto	4
Agosto – Setembro	2
Setembro – Outubro	6
Outubro – Novembro	11
Novembro – Dezembro	6
Dezembro – Dezembro	3
Total	51

Tabela 17 – Resultados da Iteração 2 do Caso Revista Científica no SIMUL8

Período	Número de Papers
Janeiro – Fevereiro	0
Fevereiro – Março	1
Março – Abril	4
Abril – Maio	1
Maio – Junho	5
Junho – Julho	6
Julho – Agosto	4
Agosto – Setembro	3
Setembro – Outubro	7
Outubro – Novembro	4
Novembro – Dezembro	7
Dezembro – Dezembro	2
Total	44

Tabela 18 – Resultados da Iteração 2 do Caso Revista Científica no Simio

Período	Número de Papers
Janeiro – Fevereiro	0
Fevereiro – Março	0
Março – Abril	2
Abril – Maio	3
Maio – Junho	9
Junho – Julho	7
Julho – Agosto	7
Agosto – Setembro	5
Setembro – Outubro	5
Outubro – Novembro	5
Novembro – Dezembro	4
Dezembro – Dezembro	1
Total	48

Da análise aos resultados e por comparação à primeira iteração conclui-se que apesar da média da mesma refletir um considerável número de *papers* para publicação mensal, nos primeiros meses tal não se afigurará viável dado que o número de publicações para estes meses, sensivelmente durante todo o primeiro semestre, encontrar-se-á muito limitado.

Quanto ao que à modelação e modificações necessárias nas diferentes ferramentas concerne, pode-se afirmar que à realização desta iteração não obstaram grandes dificuldades. Todas as ferramentas possuem tutoriais vídeo, *demos* ou exemplos onde é explicado como proceder para a criação e configuração do objeto *Create*, *Start Point* ou *Source*, designação atribuída pelo Arena, SIMUL8 e Simio, respetivamente.

De seguida, detalhar-se-á as alterações levadas a cabo para a execução dos modelos referentes à iteração três.

Para cumprir com os pressupostos assumidos para dar resposta a tal motivação, isto é, simular o processo com os tempos das atividades inicialmente apresentados, com a chegada da submissão de um novo manuscrito seguindo a Distribuição Triangular (1, 3, 4), percentagens de Aceitação de Manuscrito, Verificação de Inglês e Alteração de Inglês modificadas e com aceitação de submissões nos primeiros seis meses do ano e posterior publicação no segundo semestre, existiu a necessidade de alterar o modelo de simulação anteriormente criado, modificando as atividades de tomada de decisão para as percentagens indicadas na Tabela 19.

Tabela 19 – Condição das Atividades de Tomada de Decisão da Iteração 3 do Caso Revista Científica

Tomada decisão	Tomada decisão Inglês	Tomada decisão Altera
Aceite?	Ok?	Inglês?
Aceites 80%	Inglês <i>Ok</i> 75%	Autor 25%
Rejeitados 10%	Inglês <i>Not Ok</i> 25%	Instituto 75%
<i>Resubmit</i> 10%		

De seguida, e a título de exemplo, apresenta-se o conjunto de ilustrações referente à alteração das percentagens de uma atividade que inclui a tomada de decisão, concretamente na alteração que se realizou à percentagem de manuscritos para os quais o Inglês não está ao nível dos requisitos exigidos para publicação (Figura 21, Figura 22 e Figura 23).

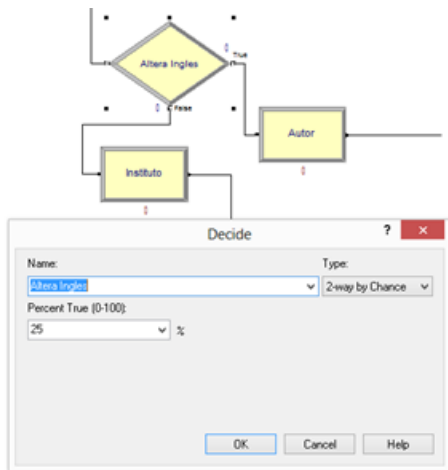


Figura 21 – Percentagens de Atividade com Tomada de Decisão – Arena

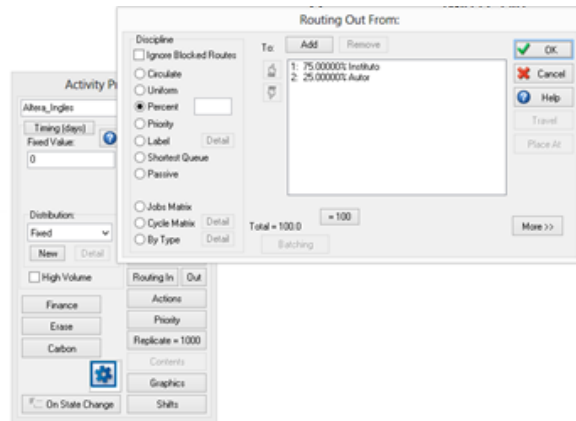


Figura 22 – Percentagens de Atividade com Tomada de Decisão – SIMUL8

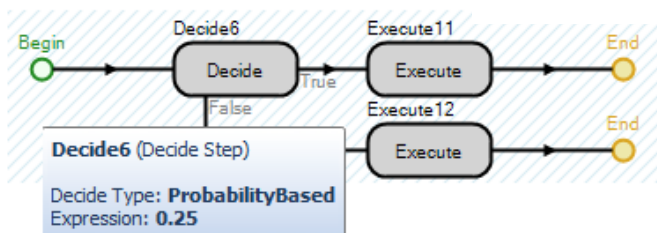


Figura 23 – Percentagens de Atividade com Tomada de Decisão – Simio

Neste ponto, importa recuperar o que foi referido acerca da similaridade do objeto que traduz uma tomada de decisão no Arena e a notação gráfica da mesma no diagrama com recurso a um losango, bem como as semelhanças na definição das percentagens entre o Arena e o SIMUL8.

Para esta iteração destaca-se o aumento substancial na percentagem de manuscritos aceites assim como nos que apresentam uma escrita cuidada e de acordo com os requisitos da revista o que leva a que sejam aceites 75% dos manuscritos na atividade de tomada de decisão *Inglês Ok?*. Para os restantes manuscritos a revisão é também incrementada na percentagem de alterações a realizar pelo instituto.

Outra particularidade da terceira iteração é a de testar a configuração do processo apenas para o primeiro semestre, ou seja, a revista passar a aceitar manuscritos nos primeiros seis meses do ano e realizar a sua publicação unicamente no semestre subsequente.

Após a execução do modelo, os resultados obtidos são os que se seguem na Tabela 20.

Tabela 20 – Resultados Globais da Iteração 3 do Caso Revista Científica

Período de Simulação	Resultados	Software
Simulando de 1 de janeiro a 1 de julho	36 <i>Papers</i> , equivalente a 6 <i>papers</i> /mês	Arena
Simulando de 1 de janeiro a 1 de julho	37 <i>Papers</i> , aproximadamente 6 <i>papers</i> /mês	SIMUL8
Simulando de 1 de janeiro a 1 de julho	35 <i>Papers</i> , aproximadamente 6 <i>papers</i> /mês	Simio

Da análise aos resultados verifica-se que 36 *papers* chegam à atividade em que é finalizada a sua publicação, podendo-se concluir que as alterações realizadas permitiriam aos editores da revista publicar, à exceção da simulação realizada no Simio, efetivamente seis *papers* por mês.

Esta iteração contrasta com a primeira realizada, uma vez que aceitando os manuscritos apenas no primeiro semestre do ano a publicação dos mesmos inicia-se já com a totalidade dos *papers* concluídos, e com isto a média apresentada é real.

Para a modelação desta iteração no que a dificuldades respeita nada há a registar, uma vez que estas envolveram alterações a atividades que já anteriormente tinha sido criadas e como tal o funcionamento das mesmas apreendido.

Por fim para a quarta e última iteração, que diz respeito à motivação de simular o processo com os tempos das atividades modificados, a chegada da submissão de um novo manuscrito seguindo a Distribuição Triangular (1, 3, 4) e com as percentagens de Aceitação de Manuscrito, Verificação de Inglês e Alteração de Inglês modificadas, os tempos inicialmente definidos para a realização das atividades foram alterados. Na Tabela 21 listam-se os tempos considerados para a presente iteração.

Tabela 21 – Atividades e Tempos da Iteração 4 do Caso Revista Científica

Atividade	Dias
Aloca	10
Aceite (?)	3
Resubmit	21
Check Inglês	7
Inglês Ok (?)	1
Altera Inglês (?)	0
Autor (<i>altera</i>)	8
Instituto (<i>altera</i>)	6
Formatação	3
Upload	1
Relembra Editores	0
Verifica	3
Finaliza	3

As atividades de tomada de decisão permaneceram com percentagens iguais à iteração anterior, enquanto o período de dias a simular aumentou para 380 dias, essa modificação é ilustrada no seguinte conjunto de Figuras (Figura 24, Figura 25, Figura 26, Figura 27, Figura 28 e Figura 29).

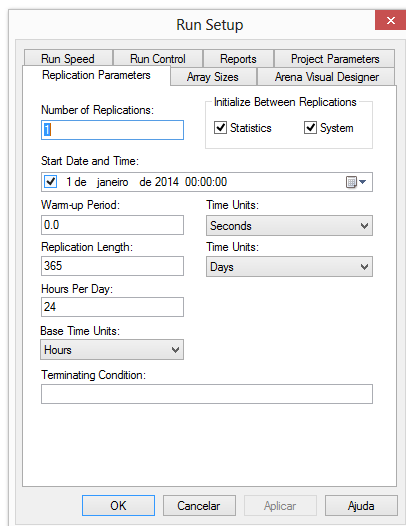


Figura 24 – Alteração do Tempo de Simulação Caso Revista Científica 1/2 – Arena

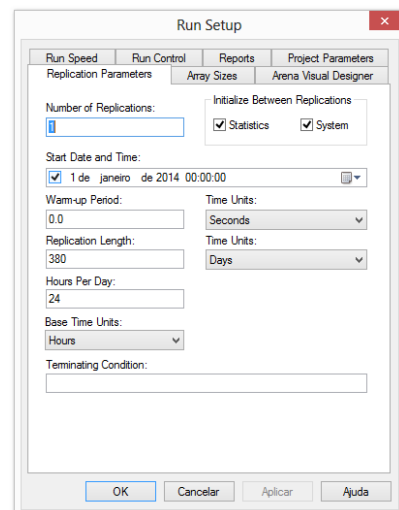


Figura 25 – Alteração do Tempo de Simulação Caso Revista Científica 2/2 – Arena

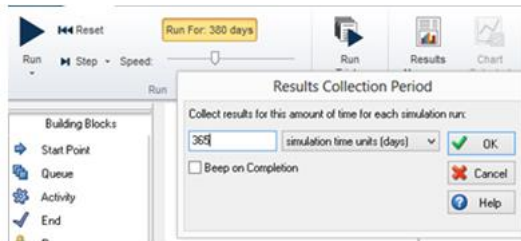


Figura 26 – Alteração do Tempo de Simulação Caso Revista Científica 1/2 – SIMUL8

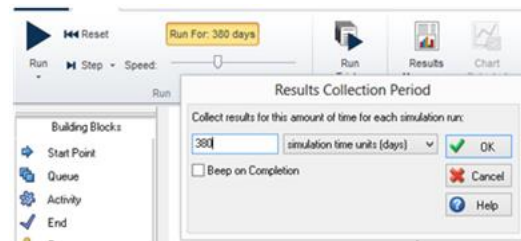


Figura 27 – Alteração do Tempo de Simulação Caso Revista Científica 2/2 – SIMUL8



Figura 28 – Alteração do Tempo de Simulação Caso Revista Científica 1/2 – Simio

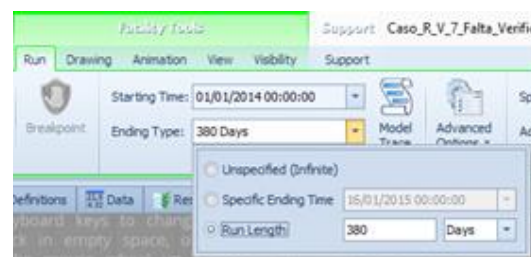


Figura 29 – Alteração do Tempo de Simulação Caso Revista Científica 2/2 – Simio

Todas as alterações foram de fácil execução uma vez que as ferramentas são bastante intuitivas e simples no que à configuração do ambiente de simulação diz respeito.

Os resultados para esta iteração são apresentados nas tabelas que se seguem nas próximas páginas, respeitando a ordem Arena (Tabela 22), SIMUL 8 (Tabela 23) e Simio (Tabela 24).

Tabela 22 – Resultados da Iteração 4 do Caso Revista Científica no Arena

Período	Número de <i>Papers</i>
Janeiro – Fevereiro (primeiro ano)	5
Fevereiro – Março	9
Março – Abril	7
Abril – Maio	11
Maio – Junho	8
Junho – Julho	8
Julho – Agosto	15
Agosto – Setembro	9
Setembro – Outubro	11
Outubro – Novembro	10
Novembro – Dezembro	9
Dezembro – Janeiro (segundo ano)	9

Tabela 23 – Resultados da Iteração 4 do Caso Revista Científica no SIMUL8

Período	Número de <i>Papers</i>
Janeiro – Fevereiro (primeiro ano)	2
Fevereiro – Março	9
Março – Abril	6
Abril – Maio	13
Maio – Junho	10
Junho – Julho	11
Julho – Agosto	9
Agosto – Setembro	12
Setembro – Outubro	9
Outubro – Novembro	8
Novembro – Dezembro	14
Dezembro – Janeiro (segundo ano)	7

Tabela 24 – Resultados da Iteração 4 do Caso Revista Científica no Simio

Período	Número de <i>Papers</i>
Janeiro – Fevereiro (primeiro ano)	6
Fevereiro – Março	6
Março – Abril	14
Abril – Maio	8
Maio – Junho	10
Junho – Julho	14
Julho – Agosto	9
Agosto – Setembro	10
Setembro – Outubro	8
Outubro – Novembro	15
Novembro – Dezembro	7
Dezembro – Janeiro (segundo ano)	8

Nesta iteração importa salientar, por comparação com a primeira, a diferença substancial no número de manuscritos que são aceites na primeira tomada de decisão, assim como aqueles para os quais o nível de inglês está de acordo com os requisitos exigidos.

Decorrente de tais alterações o número de *papers* para publicar aumenta e com o período de simulação definido para 380 dias, pode-se observar que à exceção do período Janeiro-Fevereiro do primeiro ano, é sempre possível publicar um número igual ou superior a seis *papers* por edição.

As três ferramentas apresentam, naturalmente, resultados bastante aproximados para as simulações realizadas.

Por último, e em conclusão da experimentação realizada com recurso ao referido caso de estudo, os três produtos apresentaram por defeito uma disposição de menus e barras de ferramentas de acesso rápido que proporcionaram uma rápida ambientação aos mesmos. De igual maneira a disposição e tipos de menus apresentados, assim como os botões, são bastante semelhantes havendo casos em que possuem o mesmo nome e funcionalidade.

Todas as ferramentas apresentam a funcionalidade de *Drag-and-drop* e disponibilizam por defeito um conjunto dos objetos mais utilizados na construção de modelos, nomeadamente o Ponto Inicial, de Criação ou Fonte, Atividade, Recurso e Filas.

De referir que à exceção da ferramenta Simio, por defeito, todas as outras realizam a conexão entre objetos de forma automática. Na Figura 30, Figura 31 e Figura 32 ilustram-se os menus de cada uma das ferramentas.

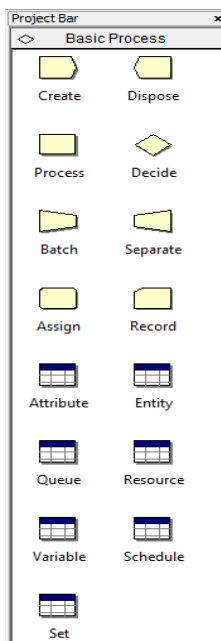


Figura 30 – Menu no Arena

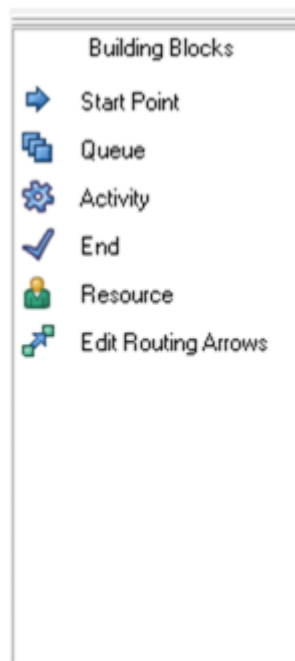


Figura 31 – Menu no SIMUL8



Figura 32 – Menu no Simio

A configuração dos tempos de simulação, percentagens das alternativas das atividades com tomada de decisão, relógio de simulação e animação foram também encontradas e facilmente ajustadas nas três ferramentas.

Todas elas apresentam um menu para a execução do modelo de simulação (*Menu-Run*), com botões para executar (*play*), que coloca a simulação em andamento; avançar para o final (*fast-forward*), que avança diretamente para o momento final da simulação e apresentação de resultados; parar (*stop*), que termina a simulação sem apresentação de resultados, pausa (*pause*), que interrompe a simulação e permite que posteriormente seja retomada do mesmo ponto, e passo-a-passo (*step*), que executa um passo do modelo de simulação por cada vez que se carregue no referido botão. Destaca-se neste particular o SIMUL8, pois foi o único que permitiu através do botão passo (*step*), regredir no tempo de simulação anulando os passos já executados com a opção de um ou dez dias de cada vez.

Seguidamente, é possível visualizar os botões de execução do modelo nas diferentes ferramentas (cf. Figura 33, Figura 34 e Figura 35).

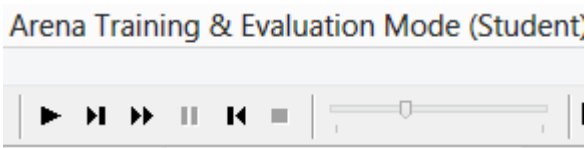


Figura 33 – Botões de Execução do Modelo no Arena

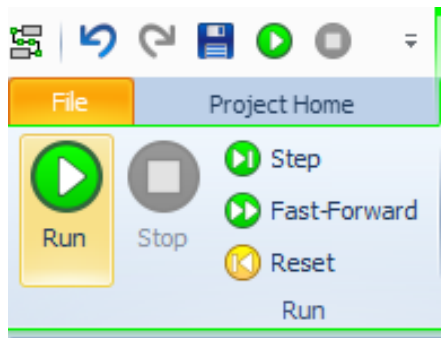


Figura 35 – Botões de Execução do Modelo no Simio

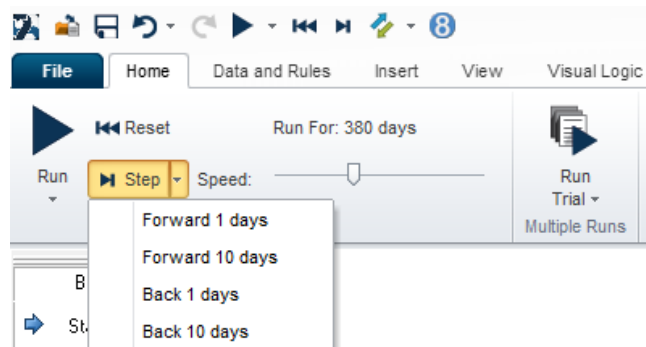


Figura 34 – Botões de Execução do Modelo no SIMUL8

A visualização de variáveis no modelo de simulação, do estado dos elementos e o acesso aos atributos é realizada de forma intuitiva e semelhante em todas as ferramentas. De igual modo a verificação do modelo de simulação, e consequentes mensagens de alerta para erros e indicação do respetivo objeto e momento do erro, são funcionalidades transversais e de qualidade. As ferramentas detetam e apresentam mensagens acerca de objetos isolados, isto é, que não possuem qualquer conexão a entidades simulares ou de finalização do processo, da associação a entidades inexistentes entre outras situações para as quais disponibilizam informação e algumas inclusive um botão de acesso rápido para a edição do modelo e resolução do problema.

Nas figuras subsequentes (Figura 36, Figura 37 e Figura 38) ilustram-se a funcionalidade descrita para cada software.

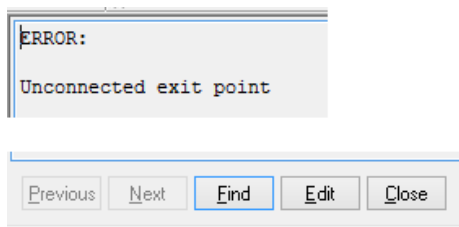


Figura 36 – Alerta de Erro no Arena

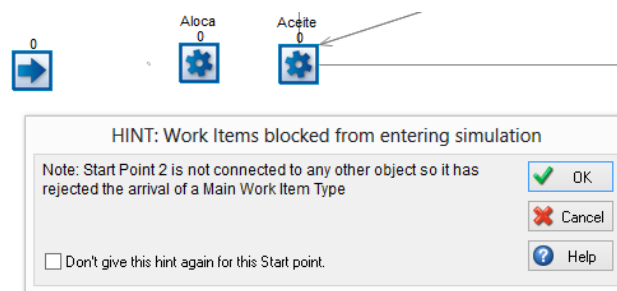


Figura 37 – Alerta de Erro no SIMUL8

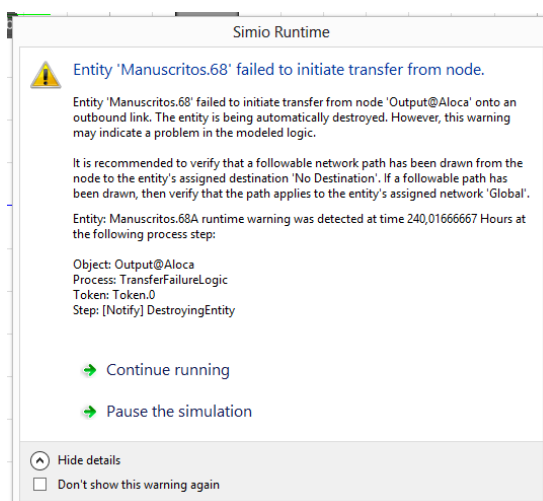


Figura 38 – Alerta de Erro no Simio

4.5.2 Entrega de Pizzas

A utilização do presente caso de estudo no processo de experimentação das ferramentas em análise pretendeu sobretudo verificar e validar o preenchimento de alguns itens da matriz de critérios e, paralelamente, explorar algumas das potencialidades das ferramentas.

Ao contrário do caso de estudo anteriormente apresentado, em que se procurou replicar o diagrama do processo da revista científica nas três ferramentas com o máximo de detalhe e similaridade entre estas, bem como se atentou com particular atenção aos valores das percentagens das atividades de tomada de decisão e aos resultados produzidos, no presente caso de estudo tal não foi o principal objeto de foco.

Assim, não foram tidos em consideração os tempos reais para a realização das diferentes atividades nem a necessidade de replicar da mesma forma o caso de estudo nas diferentes ferramentas.

Neste ponto do relatório apresentar-se-ão as principais características que se consideraram relevantes e que de certa forma distinguem entre si as ferramentas experimentadas.

Simul8

A ferramenta Simul8 destacou-se principalmente por oferecer a possibilidade de importar modelos de simulação criados por outras ferramentas. Assim, permite a importação de modelos com formato VSD, BPMN e SDX, entre outros.

Para testar tal recurso foi importado o ficheiro “Pizza Co. Delivery Process”²⁰ correspondente ao caso de estudo anteriormente explicitado.

Depois de feita a importação do modelo, processo que se revelou muito simples, verificou-se que apenas o processo principal foi replicado na ferramenta, ou seja, os dois subprocessos existentes apesar de assinalados na respetiva atividade que lhes dá origem não foram criados. Para os restantes objetos não se denotou qualquer problema, de salientar que os tempos de execução das diferentes atividades foram definidos por defeito pela própria ferramenta. A Figura 39 reporta a importação do modelo no formato VSD²¹ no SIMUL8.

²⁰ Disponível via o seguinte *link* <http://www.businessprocessincubator.com/pizza-co-delivery-process.html>

²¹ Extensão dos ficheiros da aplicação Microsoft Office Visio.

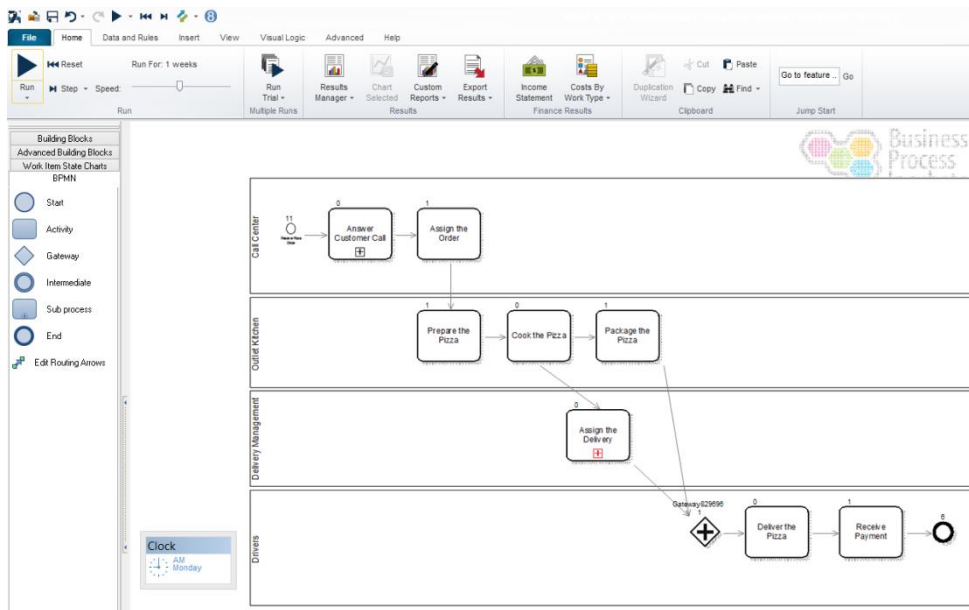


Figura 39 – Importação para SIMUL8 de Ficheiro VSD

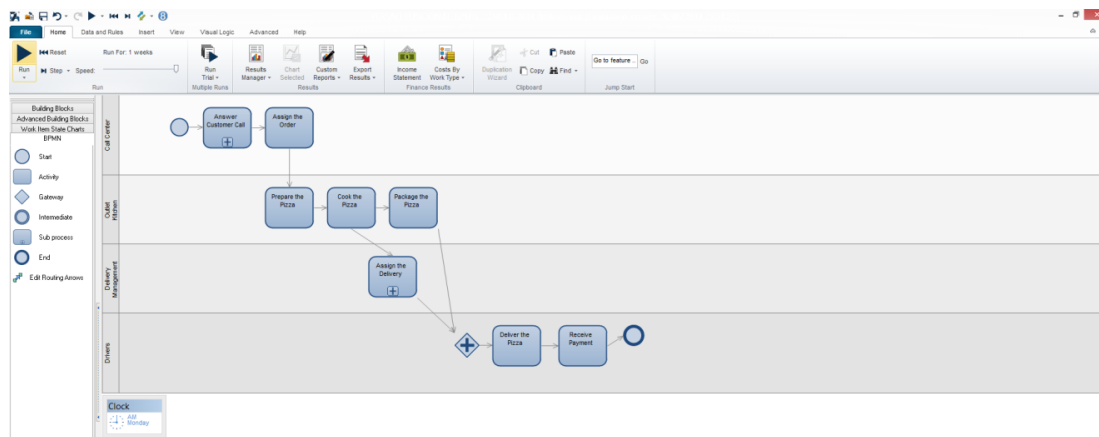


Figura 40 – Importação para SIMUL8 de Ficheiro BPMN

Em seguida realizou-se a importação do mesmo modelo, mas no formato BPMN, conforme se pode observar na Figura 40. Também neste caso os subprocessos não foram interpretados pela ferramenta. Em ambos os processos é de frisar a facilidade na importação, para esta concorre a disposição das opções no menu File onde são apresentadas as possibilidades para a criação de um novo ficheiro de diferentes formatos bem como as opções para a importação de ficheiros, conforme se pode visualizar na Figura 41.

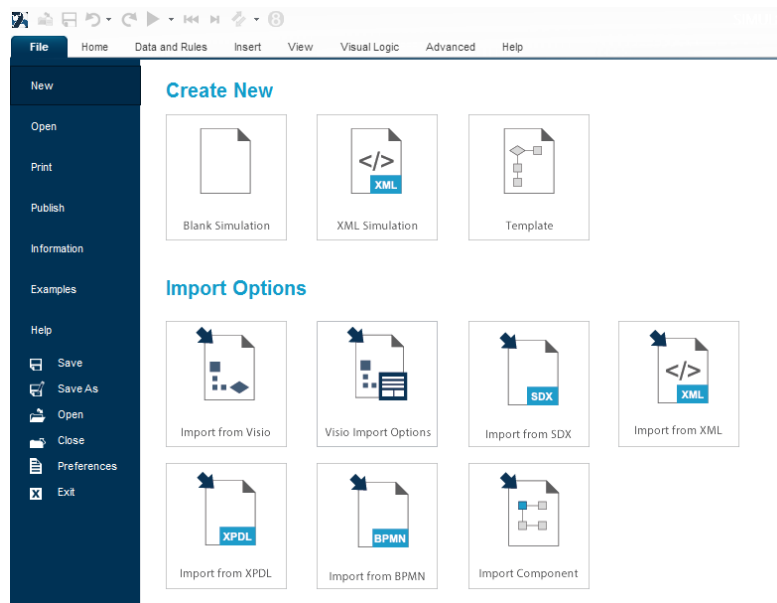


Figura 41 – Opções de Criação/Importação no SIMUL8

Para dar seguimento à exploração de tal funcionalidade procedeu-se com a edição do segundo modelo importado. Com isso foram editadas as atividades que remetiam para subprocessos uma vez que conforme referido os mesmos não foram interpretados pela ferramenta num primeiro momento. A edição de tais atividades foi fácil e de forma automática são apresentados os objetos que se relacionam com a linguagem BPMN, conforme se ilustra na Figura 42.



Figura 42 – Objetos Linguagem BPMN no SIMUL8

No entanto, após a edição dos subprocessos constatou-se que as conexões entre as atividades referentes aos mesmos ficaram sobrepostas no processo principal conforme se pode comprovar na Figura 43.

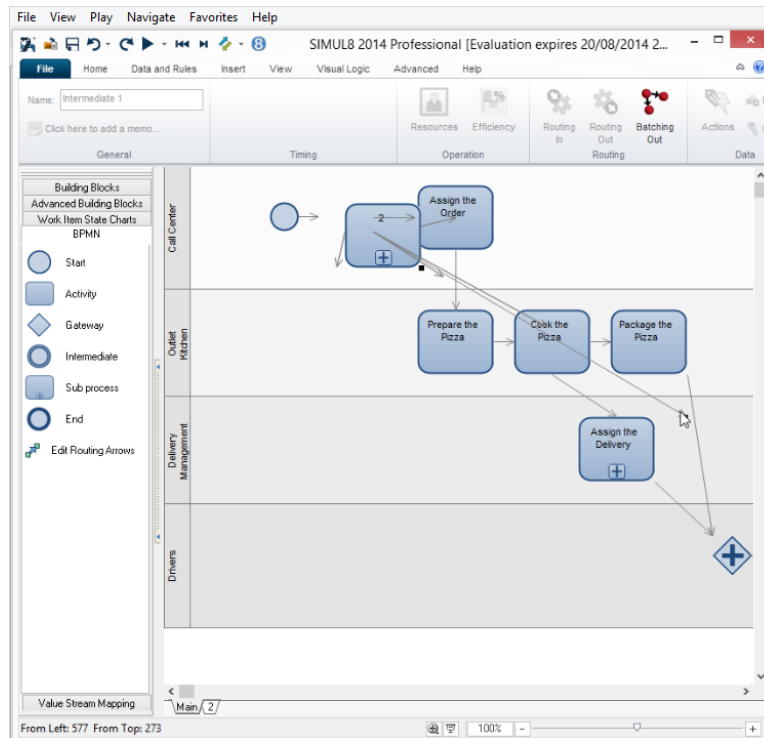


Figura 43 – Edição do Processo Principal no SIMUL8

Desta maneira, a única forma de tornar o processo mais perceptível é a de editar as conexões tornando-as invisíveis, porém tal revela-se uma tarefa morosa, pois terá de ser realizada individualmente, isto é, conexão por conexão.

Posteriormente, foi criado na própria ferramenta o processo, ou seja, sem recorrer à importação o que permitiu verificar que o número de conexões relativas a subprocessos que se sobrepõem no processo principal diminuiu, uma vez que as conexões entre atividades ficam invisíveis aparecendo apenas aquelas que se referem à conexão entre a saída de uma atividade e a entrada na fila de espera de uma atividade subsequente.

Quanto ao que à visualização a três dimensões (3D) diz respeito, a ferramenta ficou abaixo das expectativas. Apesar de possuir tal funcionalidade a mesma não é passível de ser escolhida em execução, isto é, se o modelo de simulação estiver a ser executado não é possível alternar entre o modo 2D e 3D.

A importação de elementos decorativos pode ser feita localmente, por ficheiros armazenados no computador, ou com recurso a um pacote disponível na Internet com um satisfatório número de elementos. Apesar disso, a modelação do processo fica limitada com a utilização da vista 3D, pois mesmo que permitindo ao utilizador continuar com a construção *Drag-and-Drop* os objetos inseridos não surgem instantaneamente na imagem, sendo necessário alterar primeiro para a vista 2D e só depois de recarregar a vista 3D se poderá visualizar os objetos entretanto adicionados, o que na prática impossibilita o desenvolvimento do modelo com a vista a três dimensões.

Ainda na parte da visualização é possível criar novos ícones a partir de imagens armazenadas localmente ou editando as imagens disponíveis nas bibliotecas da ferramenta, editar a espessura das conexões bem como a cor, tornar visível ou invisível objetos como atividades, filas de espera ou variáveis, acrescentar linhas e formas, caixas de texto, imagens e gráficos, entre outros.

Pela negativa realça-se o facto de não ser permitida a cópia de outros elementos que não os objetos de simulação, conforme se comprova na Figura 44.

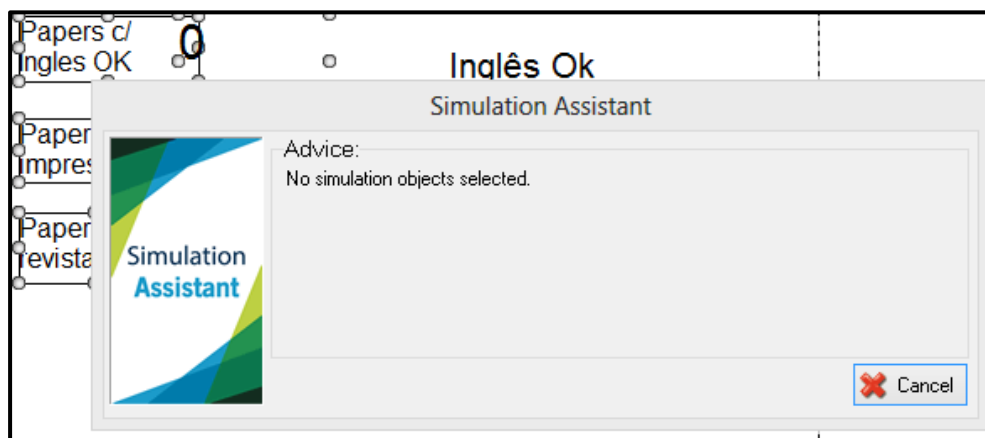


Figura 44 – Alerta na Cópia de Objetos no SIMUL8

No que diz respeito aos gráficos existe um número considerável de formatos disponíveis e são de simples e intuitiva inserção no modelo. Estes permitem apresentar em tempo de execução dados relativos, por exemplo, às unidades processadas por uma atividade, ao nível de carga de um recurso ou ainda à percentagem de tempo que o recurso está a aguardar trabalho, conforme se ilustra na Figura 45.

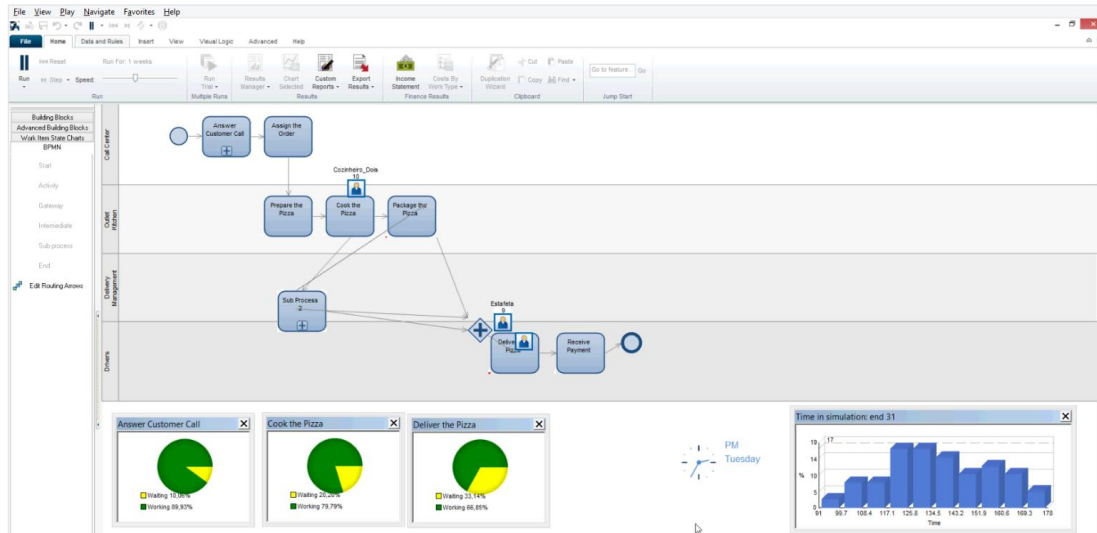


Figura 45 – Gráficos do Processo Principal no SIMUL8

Arena

Quanto à ferramenta Arena e começando pela parte gráfica é de destacar a experimentação da vista 3D que também ficou abaixo das expectativas. Apesar de possuir um módulo, Arena Visual Designer, para edição a três dimensões, este não foi capaz de automaticamente interpretar o modelo criado com recurso à função *Drag-and-drop* e aos objetos que normalmente são utilizados na construção da modelação como os pontos de início, atividades, estruturas de decisão, recursos e pontos de final do processo.

Contudo, o módulo permite acrescentar entidades, variáveis, níveis e filas de espera, recursos e outros elementos diversos para a composição do ambiente gráfico. De igual forma é possível a edição do *background*, da grelha, da luz e respetivo brilho e contraste, das unidades de medida entre outros elementos.

A Figura 46 é referente ao módulo de edição da vista 3D, onde foram acrescentados alguns elementos apenas a título ilustrativo.

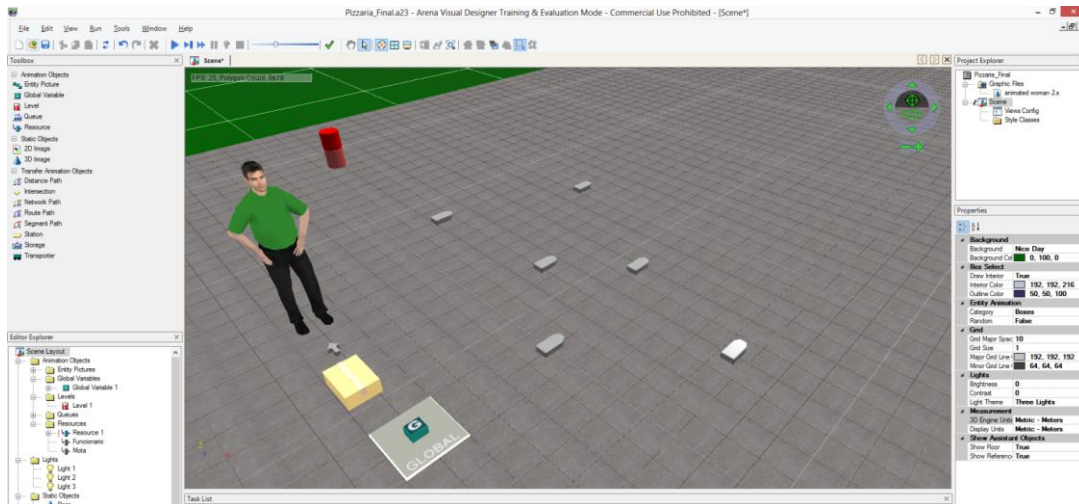


Figura 46 – Edição de 3D no Arena

Ainda na parte da visualização pode-se destacar o módulo Arena Symbol Factory que para além de fazer a extensão de um pacote para a criação de ícones e imagens permite melhorar a animação dos modelos de simulação. Por defeito estão disponíveis bastantes conjuntos agrupados por categorias como por exemplo a militar, a elétrica, de edifícios, veículos, tanques ou motores. Adicionalmente, estas categorias podem ser incrementadas bastando para isso importar as imagens para a ferramenta, conforme se comprova na Figura 47.

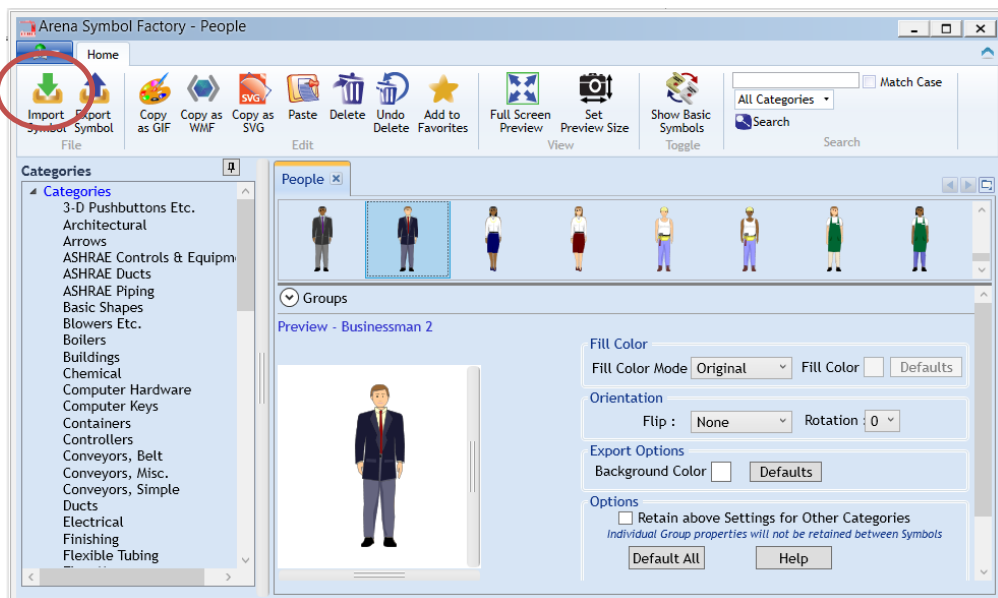


Figura 47 – Edição de Ícones e Imagens no Arena

Quanto ao caso de estudo, o mesmo foi totalmente desenvolvido na ferramenta, no entanto, esta permite fazer a importação de ficheiros no formato VSD e DFX normalmente desenvolvidos no Microsoft Office Visio e AutoCad²² respetivamente.

A criação do modelo de simulação foi feita com recurso aos objetos disponíveis na barra de projeto enquanto para a animação foram utilizados os ícones existentes por defeito e as formas existentes na barra de ferramentas de desenho.

Na Figura 48, pode-se visualizar o modelo de simulação desenvolvido com detalhe em primeiro plano para a utilização de diferentes ícones na animação da simulação, concretamente o telefone, embalagem e a bicicleta.

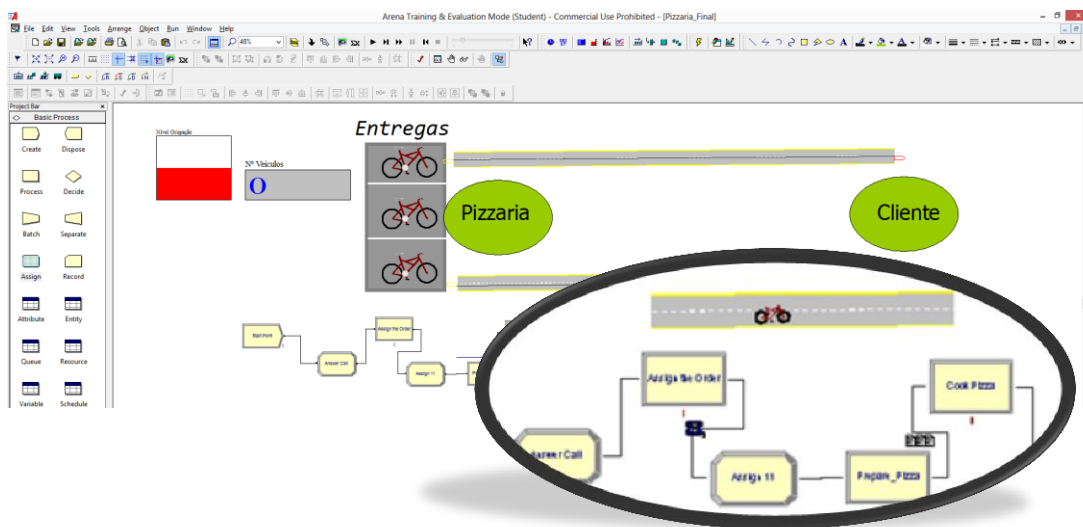


Figura 48 – Detalhe da Animação do Processo no Arena

A ferramenta possibilita a inserção e visualização em tempo de execução de gráficos, tabelas, e variáveis, também a barra de ferramentas de desenho auxilia na animação dos modelos com a possibilidade de inserção de formas, linhas e caixas de texto permitindo editar a espessura, cor, fonte e tamanho.

A área de trabalho para a edição do modelo é ajustável e pode ocupar quase a totalidade do ecrã permitindo a disposição e visualização de um grande número de objetos em simultâneo, a função de *zoom* pode ser feita com recurso ao rato ou ao botão de redimensionamento da escala, de forma a facilitar a navegação é apresentado um painel de navegação, conforme se ilustra Figura 49.

²²Software do tipo CAD (desenho auxiliado por computador), utilizado para a elaboração de peças de desenho técnico e criação de modelos tridimensionais.

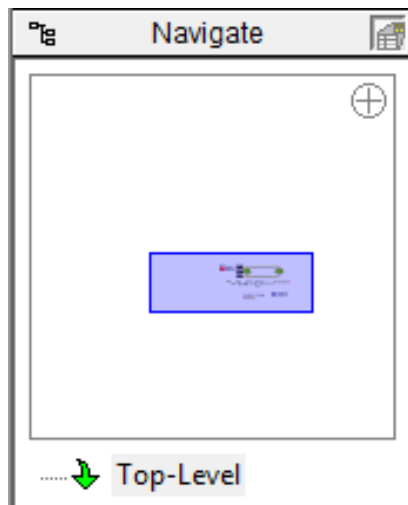


Figura 49 – Painel de Navegação no Arena

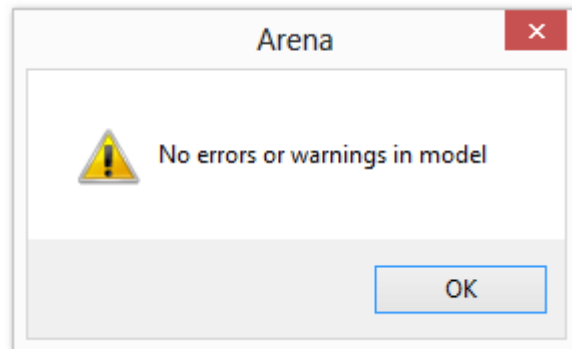


Figura 50 – Verificação de Erros no Arena

Esta ferramenta também permite a criação de subprocessos a diferentes níveis e com acesso rápido, possibilitando assim a disposição dos mesmos com recurso a teclas de atalho por exemplo. A validação do modelo pode ser feita a qualquer momento com recurso ao atalho F4, surgindo a mensagem de erro e botão para edição rápida ou, em caso de não haver erros ou avisos, a mensagem apresentada na Figura 50.

Importa ainda referir a possibilidade da criação de macros para posterior execução, assim como de vídeos o que se pode revelar importante para futuras apresentações ou comparação de diferentes modelos, os quais também podem ser impressos ou exportados para uma base de dados.

No final de cada simulação surge uma mensagem a perguntar se o utilizador deseja visualizar os resultados, em caso afirmativo, estes são apresentados em relatórios agrupados em diferentes categorias como por exemplo entidades, processos, filas e recursos. A ferramenta permite que estes relatórios sejam exportados para formatos Word, Excel, PDF, CSV, XML, entre outros.

Simio

No conjunto dos simuladores experimentados o único que proporcionou uma experiência agradável e de acordo com as expectativas no que diz respeito à funcionalidade 3D foi o Simio.

Apesar de não disponibilizar a importação e interpretação de ficheiros do formato VSD como os anteriores, o caso de estudo foi replicado no simulador com recurso aos objetos disponibilizados por defeito, conforme é apresentado na Figura 51.

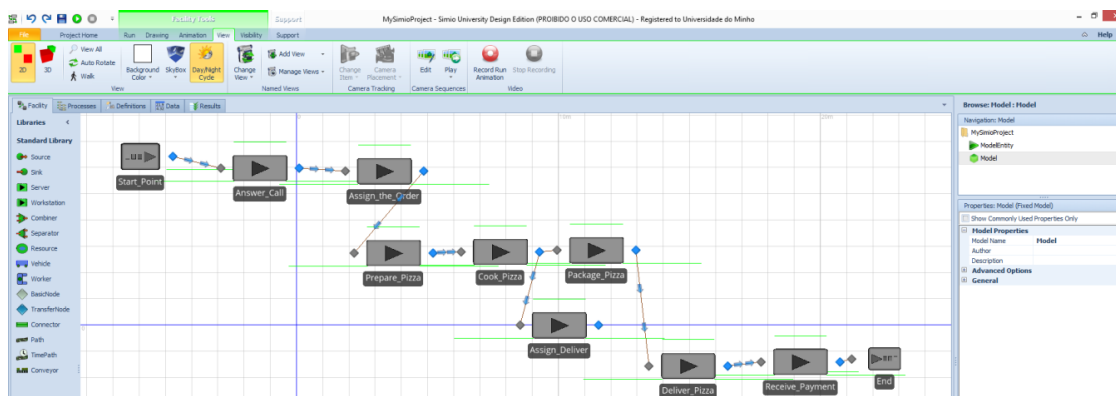


Figura 51 – Modelação do Processo em 2D no Simio

Uma vez concluída a criação do modelo de simulação este foi verificado e executado, para de seguida se passar à exploração da visualização a 3D.

Ao optar pela vista 3D verificou-se que a ferramenta foi capaz de interpretar automaticamente o modelo desenvolvido, com todos os objetos presentes a serem corretamente apresentados no seu formato a três dimensões.

Adicionalmente, são apresentados diversos conjuntos de elementos decorativos como edifícios, veículos, equipamento industrial, equipamento médico, mobiliário e pessoas, destacando-se neste último grupo as particulares distinções entre homens e mulheres, crianças, adultos ou idosos, trabalhadores ou soldados.

Neste caso foi também possível editar o chão de fábrica atribuindo-lhe textura e cor, assim como o fundo. O maior destaque nesta componente de visualização vai para a possibilidade de editar o ambiente envolvente através da escolha de um cenário de entre os disponíveis. Assim, se escolhida a opção dinâmica poder-se-á inclusivamente definir a percentagem de nuvens e ativar o ciclo dia/noite que irá refletir conforme o relógio de simulação o aspeto de céu ao longo do dia.

Na Figura 52 apresenta-se o modelo de simulação criado na sua vista 3D e em período de execução.

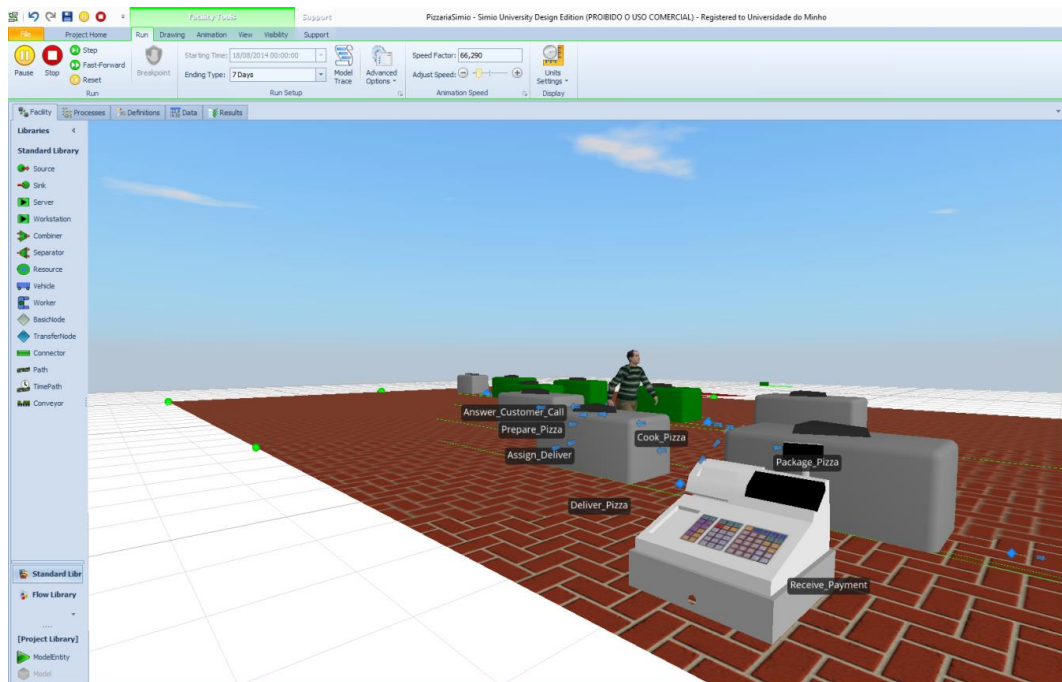


Figura 52 – Execução do Processo em 3D no Simio

Nota-se, também, que ao contrário dos outros simuladores, o Simio permite durante a execução alternar entre a vista 2D e 3D, não se detetando nenhuma falha gráfica entre estas transições.

Adicionalmente, podem ser definidos distintos pontos de visualização e alternar-se entres estes com recurso aos atalhos de teclado estabelecidos, permitindo executar tais alterações enquanto se realiza uma gravação de macros e vídeos.

A área de trabalho para a visualização e edição do modelo é grande e mediante a alteração dos painéis laterais, nomeadamente dos *browsers* de navegação e das propriedades dos elementos pode ainda ficar maior. A função de *zoom* é acedida através do botão de *scroll* do rato.

No que concerne à verificação e validação do modelo, a ferramenta assinala e apresenta os erros detetados tanto antes como durante a execução, através de caixas de alerta com mensagens possibilitando o acesso rápido à provável origem do erro para respetiva edição.

Na presente ferramenta é também de destacar a possibilidade de conectar a outras fontes de dados como Microsoft SQL Server, Oracle, SAP e MySQL, permitindo a visualização de dados

através da criação de *dashboards* com recurso a grelhas, gráficos, ponteiros, mapas, imagens, caixas de texto, entre outros elementos.

Os resultados da simulação podem ser visualizados através de uma *pivot table*, o que se revela uma vantagem pois permite a selecção de forma intuitiva dos campos que se desejam ver. Também aqui é possível imprimir ou exportar os relatórios sob o formato de PDF, CSV, XSL ou ainda de diferentes tipos de imagem.

Por último dever-se-á realçar a criação das estruturas de decisão lógica, úteis para as atividades onde estão envolvidas tomadas de decisão, que são realizadas na aba *Processes*. Estão disponíveis todas as variáveis admitidas, aparecendo um texto sumário sobre a sua aplicação o que se poderá revelar importante para os utilizadores. Contudo, este tipo de tarefa exige um estudo mais pormenorizado acerca da lógica de funcionamento e *inputs* esperados pelas diferentes variáveis.

Após a criação destas estruturas procede-se à associação da atividade e momento no qual se pretende que a decisão lógica seja executada, por exemplo, durante o processamento de um unidade numa estação, para isso basta nas propriedades dessa mesma estação escolher o nome da decisão lógica a executar na categoria *Add-On Process Triggers*.

A título de exemplo apresenta-se na Figura 53 um desses casos.

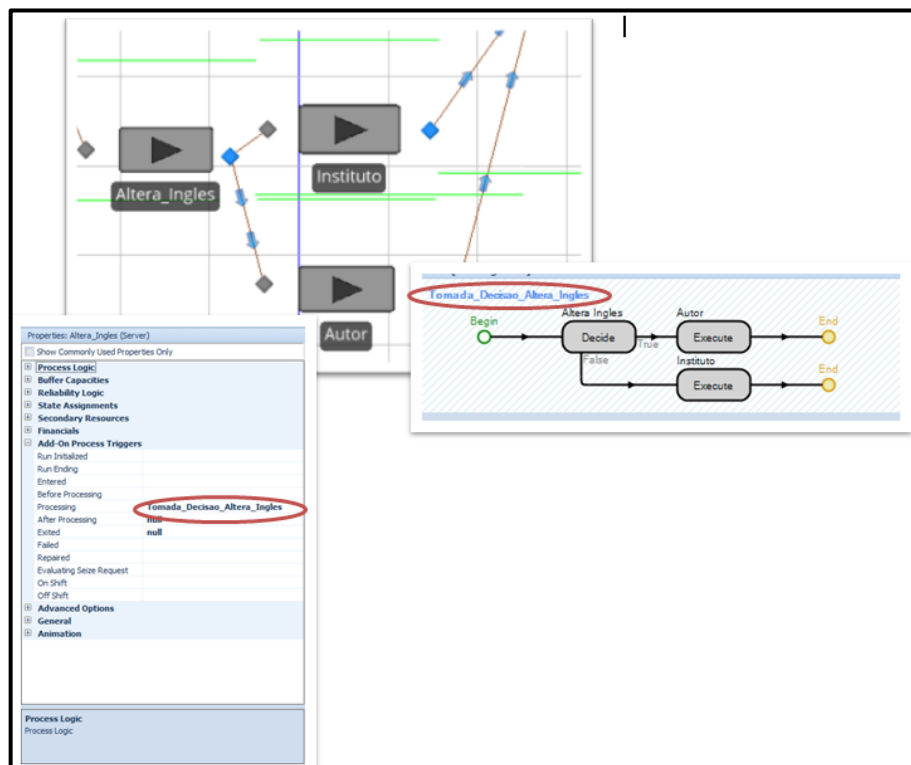


Figura 53 – Exemplo da Aplicação da Decisão Lógica no Simio

4.5.3 Modelo de Investimento em Segurança dos SI

Para a realização da experimentação dos simuladores com base no presente caso de estudo, não se conseguiu obter nenhum modelo que representasse de forma apropriada o mesmo e que permitisse a sua simulação. Apesar das diversas tentativas para construir o modelo, seguindo inclusive diferentes sequências lógicas de maneira a diminuir o grau de complexidade, tal propósito revelou-se de todo impossível.

As principais dificuldades experimentadas prenderam-se com a forma como seria possível replicar o modelo utilizado no estudo, ou seja, de que maneira se podia construir, com os objetos de simulação disponibilizados pelos simuladores, uma réplica das entidades e relações que os autores evidenciaram no modelo concebido.

Paralelamente, estabelecer as variáveis utilizadas e associadas aos diferentes tipos de investimento e, posteriormente, a influência dessas nas entidades e saídas do sistema foi também um obstáculo à conceção de um modelo passível de ser simulado. Aqui, foi inclusivamente utilizada a ferramenta na qual os autores desenvolveram o modelo numa tentativa de compreender as ligações entre entidades e procurar estabelecer paralelismos com os objetos de simulação disponíveis nas ferramentas experimentadas.

Apesar de se ter procurado construir um modelo inicial com um menor número de entidades e relações, tentando assim diminuir a complexidade deste, bem como utilizar diferentes perspectivas de análise para estabelecer quais as variáveis de entrada no sistema, e respetivos momentos em que estas ocorreriam, não foi possível alcançar um modelo suficientemente adequado à realização do processo de simulação.

Deste modo, e para que este caso de estudo não ficasse sem resposta, contactou-se o Doutor Luís Dias, do departamento de Produção e Sistemas da Escola de Engenharia da Universidade do Minho, para solicitar uma reunião a fim de procurar a opinião de um profissional, com trabalho reconhecido na área, acerca da modelação do caso.

Assim, na presente secção transcrevem-se os trechos mais importantes da entrevista e no final apresentar-se-á de forma sucinta as principais informações e conclusões que decorreram da reunião efetuada.

Colocada a primeira questão, “Como será possível simular o caso de estudo do Modelo de Investimento em Segurança dos SI no Arena, SIMUL8 ou Simio?”, respondeu:

“Este modelo não é simulação discreta é dinâmica de sistemas é um paradigma diferente. Tanto o Arena como o SIMUL8 são ferramentas discretas. Os principais tipos de Simulação dividem-se em Discreta, Contínua, Baseada em Agentes e Dinâmica de Sistemas. O Simio já promete conseguir simular qualquer tipo de abordagem. O Simio e outra ferramenta o AnyLogic. Eu penso que no Simio seria possível fazer isto, porém eu nunca tentei fazer Dinâmica de Sistemas no Simio.”

Colocada a questão, “É fácil modelar e simular o modelo deste caso de estudo numa destas ferramentas?”, respondeu:

“Não, não é fácil. O que eu acho é que não é um problema muito adequado para simulação discreta, ou seja, para um simulador discreto. A grande diferença é que num simulador discreto o dado que circula é uma entidade e aqui não há o conceito de entidade, há o conceito de níveis que são entidades agregadas. Vamos imaginar a quantidade de água num depósito, no caso trabalhamos com o nível da água que são entidades agregadas, enquanto numa ferramenta discreta se pudessemos contabilizar teríamos de dizer, por exemplo, o depósito tem um milhão de gotas e depois tínhamos de ir desagregando as gotas e daí ia baixando o nível da água, ou seja a gota é a entidade; neste caso das gotas tratava-se de uma simulação de eventos discretos. Contudo, o modelo pode ser adaptado mas torna-se mais complicado e menos adequado, pode-se utilizar outras abordagens mas não é tão apropriado.”

Questionado se, “Deste exemplo o que se pode retirar é que dependendo do tipo de problema e modelo a simular a ferramenta mais apropriada para o desenvolver será diferente?”, respondeu:

“Sim, mas de qualquer forma é possível tentar. Este modelo é de ataques e investimentos... [Entrevistador: Sim, a minha dificuldade foi essa a de não saber se por cada ataque criava uma entidade, se tinha de criar outras entidades ao mesmo tempo para representarem as políticas de deteção e como é que elas se cruzavam, se uma entidade conseguia anular outra]... Bom, na verdade podemos chegar a um resultado

idêntico com uma abordagem diferente utilizando entidades na mesma, as entidades podem por exemplo ser utilizadas apenas para eventos e podem correr em determinado ramo, isto é, numa linha de tempo e o ramo pode ser o do investimento ou o ramo do ataque e depois dentro do modelo teremos que ter variáveis. Depois quando as variáveis entram no sistema, por exemplo, o investimento vai aumentar o nível de defesa, e à medida que o tempo vai passando o nível baixa.

Contudo, temos que ter atenção depois se o modelo criado representa a realidade porque o crescimento não será linear já que se eu hoje invisto na tecnologia o nível vai aumentar mas passado algum tempo não será igual, o que vale hoje não vai valer o mesmo mais tarde, por isso deveria ter um evento de degradação que fizesse descer o nível de segurança ao longo do tempo.

De qualquer das formas seria mais fácil fazer noutra ferramenta, porém com as devidas diferenças talvez fosse possível fazer numa ferramenta discreta. Claro que com as devidas alterações mesmo no que diz respeito aos resultados porque o que queremos aqui é a saída de gráficos não é o número em concreto. O que aqui importa é o gráfico da evolução ao longo do tempo.”

Interrogado sobre a dificuldade de, “Com a ferramenta indicada a este caso, para um profissional da área dos SI sem nenhuma experiência na simulação quão difícil seria fazer um modelo destes?”, fez saber o seguinte:

“Com a ferramenta indicada o modelo não seria muito, muito difícil. O desenho até é fácil de replicar o problema depois será a parametrização correta para que o modelo, ou melhor os resultados nos sejam úteis. Porque num dia de trabalho o diagrama, o modelo está feito o que será difícil é mesmo a parametrização, no caso da simulação discreta é mais fácil claro de parametrizar.”

Então, aproveitando a ocasião e a disponibilidade do docente foi perguntado, “Quais as características que considera serem mais importantes num simulador?”.

“Sem dúvida o mais importante é o tempo de modelação. Para mim o principal critério de valor de uma ferramenta de simulação é o tempo que nós demoramos a desenvolver o modelo, esse é o grande custo, o grande obstáculo. A facilidade que a ferramenta oferece para modelar é muito importante, porque tem o benefício do encurtamento do tempo de modelação por um lado e por outro a possibilidade da utilização por parte de pessoal que tem menos conhecimento da tecnologia mas tem mais conhecimento do problema real. Depois, normalmente considero que a simulação tem dois *outputs*, dois valores. Um no aspeto mais empresarial do marketing que tem a ver com passar a ideia do sistema e até convencer alguém dentro da organização ou fora que aquele é o sistema adequado e que nós temos competência para o levar a cabo, para o implementar. Como um arquiteto mostra uma planta de uma casa e se pode combinar e ajustar também é importante que se possa arquitetar um sistema ou conceber um sistema que o cliente vai ver e aprovar. [Entrevistador: Sim um dos possíveis trabalhos futuros em que pensei foi o de aferir da utilização da simulação em empresas de consultoria, uma vez que fazem muitas alterações a processos e novas implementações, e se a simulação é utilizada para convencer o cliente e mesmo até para discutir a proposta de implementação]...Pois, mas eu acho que não fazem muito, mesmo empresas grandes que vendem sistemas industriais como armazéns automáticos não o fazem. Eles têm a carteira de projetos deles e depois é com base nisso que vendem. E isso é mau porque depois isto tem sempre dois custos que é o de fazer um sistema sobredimensionado ou subdimensionado, pois qualquer um destes é muito mau, ou porque se pagou demais ou porque se pagou de menos mas não cumpre com o que precisamos. Ora, com a simulação podíamos limar isso. Portanto, concluindo considero que os dois *outputs* são a capacidade de mostrar o que o sistema é capaz de fazer, e isso anda intimamente ligado com a animação, por exemplo, a animação 3D. Não achava ao início que fosse muito importante mas rapidamente me apercebi que sim. E o outro *output* é a informação que nos dão, o resultado numérico, quantitativo, ou seja, a forma como apresenta os resultados para que possamos tomar uma decisão é sem dúvida uma mais-valia. Mas por exemplo o Arena está desenvolvido para ter lá tudo e mais alguma coisa o que não é bom. E nestes casos não ajuda ter muita informação de facto se ela não for apropriada...[Entrevistador: Pois é, e mesmo no contexto organizacional, até porque alguns destes simuladores permitem

fazer a importação de dados para criar *dashboards* complementares, se não houver uma moderação na informação que é apresentada até se torna contraproducente. Precisamente nesta área, embora o mesmo se aplique noutras situações do quotidiano, há estudos que provam que só conseguimos prestar atenção a um pequeno conjunto de indicadores ou aspetos]...Claro, e para mim parte do sucesso das aplicações está na arte de num relatório mostrar o que interessa. Assim, é possível que o utilizador sem fazer mais nenhum esforço obtenha aquilo que precisa, e muitas vezes o que acontece é que o problema está no *featuring*. Principalmente é isso, a arte de saber mostrar aquilo que realmente é importante.”

Como principais conclusões da entrevista realizada, revela-se pertinente destacar o facto do caso de estudo referente ao Modelo de Investimento em Segurança dos SI não ser apropriado para pelo menos dois dos simuladores utilizados, ficando em aberto a possibilidade de, a acreditar no que é avançado pelo fabricante, modelar o caso de estudo com recurso ao Simio.

Ainda assim, é opinião do docente que apesar de não ser fácil o modelo poderia ser trabalhado e adaptado para que pudesse ser interpretado por um simulador destinado a eventos discretos. Porém, alertou para a necessidade de se ponderar bem a parametrização deste tipo de modelos para que os mesmos representem um cenário real.

Adicionalmente, fez saber que na sua opinião as características mais importantes num simulador organizacional são a facilidade que o mesmo oferece para que se proceda à modelação dos casos, pois para além de permitir poupar tempo, possibilita a indivíduos menos familiarizados com a tecnologia, mas com um conhecimento do problema real, modelar os casos. Bem como, por um lado a animação, particularmente a 3D, para que seja mais fácil apresentar os sistemas desenvolvidos a clientes, como por outro a informação que os simuladores fornecem ao utilizador para suportar a tomada de decisão. Neste ponto, importa realçar que todas as características apontadas como principais pelo entrevistado têm critérios associados na matriz de avaliação criada (cf. p. 73).

Por último destacou ainda a necessidade dos simuladores apenas contemplarem a informação que realmente interessa ao utilizador, frisando que parte do sucesso das aplicações está na arte da criação dos relatórios apropriados.

Para além da realização da entrevista apresentada, saliente-se que foi consultada a documentação existente, como o glossário, os *demos* e os tutoriais, e ainda o fórum de discussão e o centro de ajuda referente ao simulador SIMUL8.

Desta consulta foi possível apurar que para conseguir replicar o modelo, do caso de estudo de investimento em segurança dos Sistemas de Informação, seria necessário realizar ajustes no mesmo mediante a utilização do recurso *Visual Logic*.

Este recurso adota o mesmo nome que a linguagem de programação própria do SIMUL8 que, por sua vez, se baseia em *Visual Basic*²³ para permitir implementar de forma mais detalhada a lógica de funcionamento dos modelos.

A sua disponibilização no SIMUL8 pretende oferecer a possibilidade de criação de modelos avançados, isto é, mais complexos e para os quais a construção através da funcionalidade *Drag-and-drop* não consegue dar resposta.

Todavia, mesmo com a utilização do *Visual Logic* não foi conseguido obter um modelo, válido para simular, pois a estruturação inerente à linguagem de programação que lhe dá origem revelou-se complicada e, desse modo, uma exploração adequada de tal recurso obrigaria a um período de experimentação mais alongado o que face à licença obtida para este simulador, apenas 15 dias, se revelou inexecutável.

Como ferramentas que possam estar, de raiz, melhor capacitadas para modelar este tipo de casos deve-se registar o AnyLogic²⁴, referenciado pelo docente e que se assume como uma ferramenta de simulação que engloba a modelação gráfica e por código. Este software permite a utilização de diferentes métodos de simulação, nomeadamente, dinâmica de sistemas, eventos discretos e por modelação baseada em agentes, sendo esse o motivo pelo qual a designação AnyLogic²⁵ foi escolhida.

Recorde-se que a inclusão deste simulador no *benchmarking* laboratorial foi considerada, contudo, a não obtenção de uma licença para uma das suas versões invalidou tal possibilidade.

Adicionalmente, pode-se ainda apontar o iThink²⁶ dado que é uma ferramenta orientada à criação de modelos que simulam processos de negócios e cenários, procurando medir o impacto

²³ *Visual Basic* é uma linguagem de programação produzida pela empresa Microsoft em 1991.

²⁴ <http://anylogic.com>

²⁵ AnyLogic pode ser traduzido como “qualquer lógica” e pretende estabelecer alusão aos diferentes tipos de simulação possíveis de serem utilizados no simulador.

²⁶ <http://iseesystems.com/Softwares/Business/ithinkSoftware.aspx>

que determinados procedimentos ou políticas têm nos resultados das empresas. Esta ferramenta baseia-se nos *Systems thinking*²⁷ e destina-se principalmente às áreas de planeamento de recursos e operações e de análise financeira.

Este foi o software utilizado pelos autores na criação do modelo relativo ao caso de estudo documentado, e que na presente investigação serviu como forma de analisar as relações existentes no mesmo. Porém, a utilização de uma versão limitada, não permitia a gravação dos modelos desenvolvidos, foi impeditiva da obtenção de um melhor entendimento acerca do sistema replicado.

Finalmente, julga-se pertinente notar que os modelos de dinâmica de sistemas assumem uma relevância particular na modelação organizacional, nomeadamente no domínio dos Sistemas de Informação, e nesse sentido abandonar o caso de estudo, relativo a tal tipo de modelação, seria desprezar essa evidência e bastante contraproducente no âmbito de um projeto de simulação computacional de organizações.

²⁷ Estabelecem uma abordagem que incide sobre a forma como as partes que constituem um sistema se inter-relacionam e como esse sistema funciona ao longo do tempo dentro de sistemas maiores.

CAPÍTULO 5 – REALIZAÇÃO DO BENCHMARKING LABORATORIAL

5.1 Protocolo

Para a realização do presente *benchmarking* laboratorial foi elaborado e seguido o protocolo que de seguida se apresenta.

1. Pesquisa sobre casos passíveis de serem modelados preferencialmente descritos pela bibliografia;
2. Análise e escolha dos casos a serem modelados para proceder à avaliação dos simuladores organizacionais;
3. Refinamento dos casos selecionados (inclui a definição de motivações para a simulação e posterior comparação dos respetivos resultados);
4. Seleção dos simuladores a utilizar (inclui a definição de critérios bem como os contactos com as empresas, departamentos, universidade, entre outros para a disponibilização das licenças);
5. Elaboração da matriz de avaliação (inclui a definição dos critérios, escalas e pesos a adotar);
6. *Download* dos simuladores selecionados;
7. Instalação dos simuladores e respetiva libertação das licenças associadas;
8. Leitura e visualização de documentação disponível (inclui tutoriais vídeo), sobre os simuladores a testar;
9. Modelação dos casos nas ferramentas:
 - 9.1. Segue a ordem indicada:
 - 9.1.1. Modelação Caso Revista Científica Ferramenta A;
 - 9.1.2. Modelação Caso Entrega de *Pizzas* Ferramenta A;
 - 9.1.3. Modelação Caso Investimento em Segurança dos SI Ferramenta A;

- 9.1.4. Modelação Caso Entrega de *Pizzas* Ferramenta B;
- 9.1.5. Modelação Caso Investimento em Segurança dos SI Ferramenta B;
- 9.1.6. Modelação Caso Revista Científica Ferramenta B;
- 9.1.7. Modelação Caso Investimento em Segurança dos SI Ferramenta C;
- 9.1.8. Modelação Caso Revista Científica Ferramenta C;
- 9.1.9. Modelação Caso Entrega de *Pizzas* Ferramenta C;

9.2. Após a modelação de uma versão diferente de qualquer um dos casos, dever-se-á dar sequência às instruções que se listam:

- 9.2.1. Gravar a versão do ficheiro com a seguinte nome: “Caso_X_V_n” em que **X** representará o caso_R (Revista Científica); P (Entrega de *Pizzas*); I (Investimento em Segurança dos SI), e **n** o número da versão;
- 9.2.2. Proceder ao preenchimento da folha de cálculo para registo das iterações e principais ocorrências;
- 9.2.3. Gravar *printscreen* ou ficheiro de vídeo do que se considere relevante para efeitos de ilustração do relatório;

9.3. Após a modelação dos casos proceder-se-á à execução da simulação para os mesmos;

9.4. Após a realização dos experimentos relativos à modelação e simulação, com respetiva exploração de resultados, considerados relevantes para os diferentes casos de estudo, proceder-se-á ao preenchimento da matriz de avaliação para cada simulador;

10. Apuramento do resultado obtido por cada simulador.

5.2 Resultados do Benchmarking Laboratorial

Na presente secção são apresentadas as matrizes de avaliação preenchidas para cada simulador bem como o respetivo conjunto das considerações mais importantes a reter do processo de experimentação.

Na Figura 54 é ilustrado o resultado do preenchimento da matriz de avaliação do simulador Arena.

Modelação				Execução				Exploração			
<i>Pontuação Total do Conjunto: 30</i>				<i>Pontuação Total do Conjunto: 30</i>				<i>Pontuação Total do Conjunto: 30</i>			
<i>Total Critérios: 27</i>				<i>Total Critérios: 22</i>				<i>Total Critérios: 16</i>			
Descrição item		Tpi	Tpa	Descrição item		Tpi	Tpa	Descrição item		Tpi	Tpa
Pontuação 10/5	Animation	2,00	2,00	Pontuação 12,5/8	Run time debug	1,56	1,56	Pontuação 15/7	Database maintenance for input/output	2,14	2,14
	3D Animation	2,00	0,67		Interactive debugger	1,56	1,56		Multiple outputs	2,14	2,14
	Real-time viewing	2,00	2,00		Rejection of illegal inputs	1,56	1,56		General output reports	2,14	2,14
	Panning	2,00	2,00		Logic checks	1,56	1,56		Static graphical output	2,14	2,14
	Animation with visual clock	2,00	2,00		Interactive error messages	1,56	1,56		Dynamic graphical output	2,14	2,14
Pontuação 10/9	Importing graphics and multimedia elements	1,11	1,11		Quality of error messages	1,56	1,56		Types of graphical display	2,14	2,14
	Facility for customising the view of the model	1,11	1,11		Moment of error diagnosis	1,56	1,56		User defined output	2,14	2,14
	Graphical model construction (icon or drag-and-drop)	1,11	1,11		Ease of debugging	1,56	0,78	Pontuação 15/9	Automatic rescaling of histograms and time series	1,67	1,67
	Automatic connection between elements	1,11	1,11	Pontuação 12,5/9	Display of function values	1,39	1,39		Quality of output reports	1,67	0,83
	Model Packaging	1,11	0,56		Display of attributes	1,39	1,39		Understandability of output reports	1,67	1,67
	Model building using programming/ access to programmed modules	1,11	1,11		Access to attributes	1,39	1,39		Periodic output of simulation results	1,67	1,67
	Code reuse (e.g., objects, templates)	1,11	1,11		Display of variables	1,39	1,39		Availability of results before end of simulation	1,67	0,56
Mixed Discrete/Continuous Modeling (Levels, Flows, etc.)	1,11	1,11	Display of element's state		1,39	1,39	Input data reading from files		1,67	1,67	
Input Distributions	1,11	1,11	Display of the workflow path		1,39	1,39	Writing reports to files		1,67	1,67	
Pontuação 5/4	Multiple screen layout	1,25	1,25		Display of events on the screen	1,39	1,39	Writing reports to printer	1,67	1,67	
	Switching between screens	1,25	1,25	Display of part position within element	1,39	1,39	Export animation	1,67	1,67		
	Switching on/off the graphic	1,25	1,25	Facility for immediate user actions	1,39	0,69	Total Exploração	30	28,06		
	Indication of the element status	1,25	1,25	Pontuação 5/5	Trace files (showing events and entity status)	1,00	1,00				
	Pontuação 5/9	Limitation on number of displayed icons	0,56		0,56	Step function (event to event jumping)	1,00	1,00			
Change of icons during simulation		0,56	0,56		Flow analysis	1,00	1,00				
Changing the colour of the element status display		0,56	0,56		Display of parts flow tracking record collected during simulation run	1,00	1,00				
Easy copying of icons		0,56	0,56		Backward clock	1,00	0,00				
Ease of icon development		0,56	0,56	Total Execução	30	27,52					
Print screen facility		0,56	0,56								
Zoom function		0,56	0,56								
Warning messages which for operations which affect the model file (e.g. overwriting, closing file not saved)		0,56	0,56								
Warning messages for operations which affect model currently developed		0,56	0,56								
Total Modelação	30	28,11									
Arena - Pontuação Total				92,22							
Legenda											
Tpi - Total de Pontos do Item											
Tpa - Total de Pontos Atribuídos											
Tpi Divide por 1 se Bom; por 2 se Suficiente; por 3 se Insuficiente e o resultado é atribuído ao Tpa											
Se o item se verifica é atribuído o valor do Tpi ao Tpa											
Apoio/Suporte											
<i>Pontuação Total do Conjunto: 10</i>											
<i>Total Critérios: 13</i>											
Descrição item		Tpi	Tpa	Descrição item		Tpi	Tpa	Descrição item		Tpi	Tpa
Pontuação 2/3	Documentation	0,67	0,67	Pontuação 4/5	Discussion groups on the Internet	0,80	0,27	Pontuação 4/5	Demos	0,80	0,40
	Glossary	0,67	0,67		Help-line	0,80	0,80		Tutorial	0,80	0,80
	Newsletter	0,67	0,67		User group meetings	0,80	0,80		Training course (basic, advanced)	0,80	0,80
Pontuação 4/5	Consultancy	0,80	0,80		Package maintenance	0,80	0,80		Duration of training courses	0,80	0,80
	Discussion groups on the Internet	0,80	0,27		Pontuação 4/5	Demos	0,80		0,40	Frequency of training courses	0,80
	Help-line	0,80	0,80	Tutorial		0,80	0,80		Total Apoio/Suporte	10	8,53
	User group meetings	0,80	0,80	Training course (basic, advanced)		0,80	0,80				
	Consultancy	0,80	0,80	Duration of training courses		0,80	0,80				
Package maintenance	0,80	0,80	Frequency of training courses	0,80		0,27					

Figura 54 – Matriz de Avaliação do Arena

De seguida estabelecem-se considerações que se julgam pertinentes acerca da avaliação de determinados itens no simulador Arena:

- Foi considerado Insuficiente no item *“3D Animation”* uma vez que durante o processo de experimentação verificou-se que o simulador não interpretou nenhum dos objetos do modelo de simulação criado;
- Foi considerado Suficiente no item *“Model Packaging”* dado que permite a importação de ficheiros no formato VSD;
- Foi considerado Suficiente no item *“Ease of debugging”* dado manter um registo dos eventos, número da entidade e descrição, assim como *breakpoints* e a introdução de expressões;
- Foi considerado Suficiente no item *“Facility for immediate user”* pois em execução bastantes funcionalidades da ferramenta ficam bloqueadas e como tal as ações do utilizador limitadas;
- Foi considerado Insuficiente no item *“Backward clock”* por não permitir regredir no tempo de simulação para um momento diferente de zero, ou seja, sem que seja feito *reset* à simulação;
- Foi considerado Suficiente no item *“Quality of output reports”* uma vez que por comparação às outras ferramentas encontra-se num patamar inferior;
- Foi considerado Insuficiente no item *“Availability of results before end of simulation”* uma vez que os resultados da simulação, concretamente os relatórios, só são atualizados de forma relevante no final da simulação;
- Foi considerado Insuficiente no item *“Discussion groups on the Internet”* uma vez que no *website* do fabricante não é suportado nenhum fórum de discussão;
- Foi considerado Suficiente no item *“Demos”* pois comparado com os outros produtos testados facultava um número menor de Demos;
- Foi considerado Insuficiente no item *“Frequency of training courses”* pois por comparação aos outros simuladores que possuem normalmente mais de quatro sessões por mês, o Arena apresenta um valor inferior a uma por mês o que se afigura pouco comparativamente.

Na Figura 55 é apresentada a matriz de avaliação preenchida referente ao software SIMUL8.

Modelação				Execução				Exploração			
<i>Pontuação Total do Conjunto: 30</i>				<i>Pontuação Total do Conjunto: 30</i>				<i>Pontuação Total do Conjunto: 30</i>			
<i>Total Critérios: 27</i>				<i>Total Critérios: 22</i>				<i>Total Critérios: 16</i>			
Descrição item		Tpi	Tpa	Descrição item		Tpi	Tpa	Descrição item		Tpi	Tpa
Pontuação 10/5	Animation	2,00	2,00	Pontuação 12,5/8	Run time debug	1,56	1,56	Pontuação 15/7	Database maintenance for input/output	2,14	2,14
	3D Animation	2,00	1,00		Interactive debugger	1,56	1,56		Multiple outputs	2,14	2,14
	Real-time viewing	2,00	2,00		Rejection of illegal inputs	1,56	1,56		General output reports	2,14	2,14
	Panning	2,00	2,00		Logic checks	1,56	1,56		Static graphical output	2,14	2,14
	Animation with visual clock	2,00	2,00		Interactive error messages	1,56	1,56		Dynamic graphical output	2,14	2,14
Importing graphics and multimedia elements	1,11	1,11	Quality of error messages		1,56	1,56	Types of graphical display		2,14	2,14	
Pontuação 10/9	Facility for customising the view of the model	1,11	1,11	Moment of error diagnosis	1,56	1,56	User defined output		2,14	2,14	
	Graphical model construction (icon or drag-and-drop)	1,11	1,11	Ease of debugging	1,56	1,56	Pontuação 15/9	Automatic rescaling of histograms and time series	1,67	1,67	
	Automatic connection between elements	1,11	1,11	Pontuação 12,5/9	Display of function values	1,39		1,39	Quality of output reports	1,67	1,67
	Model Packaging	1,11	1,11		Display of attributes	1,39		1,39	Understandability of output reports	1,67	1,67
	Model building using programming/ access to programmed modules	1,11	1,11		Access to attributes	1,39		1,39	Periodic output of simulation results	1,67	1,67
	Code reuse (e.g., objects, templates)	1,11	1,11		Display of variables	1,39		1,39	Availability of results before end of simulation	1,67	0,83
Mixed Discrete/Continuous Modeling (Levels, Flows, etc.)	1,11	1,11	Display of element's state		1,39	1,39		Input data reading from files	1,67	1,67	
Input Distributions	1,11	1,11	Display of the workflow path		1,39	1,39		Writing reports to files	1,67	1,67	
Pontuação 5/4	Multiple screen layout	1,25	1,25	Display of events on the screen	1,39	1,39	Writing reports to printer	1,67	1,67		
	Switching between screens	1,25	1,25	Display of part position within element	1,39	1,39	Export animation	1,67	1,67		
	Switching on/off the graphic	1,25	1,25	Facility for immediate user actions	1,39	0,69	Total Exploração	30	29,17		
	Indication of the element status	1,25	1,25	Pontuação 5/5	Trace files (showing events and entity status)	1,00	1,00				
Pontuação 5/9	Limitation on number of displayed icons	0,56	0,56		Step function (event to event jumping)	1,00	1,00	Apoio/Suporte			
	Change of icons during simulation	0,56	0,56		Flow analysis	1,00	1,00	<i>Pontuação Total do Conjunto: 10</i>			
	Changing the colour of the element status display	0,56	0,56		Display of parts flow tracking record collected during simulation run	1,00	1,00	<i>Total Critérios: 13</i>			
	Easy copying of icons	0,56	0,00		Backward clock	1,00	1,00	Pontuação 2/3	Documentation	0,67	0,67
	Ease of icon development	0,56	0,56	Total Execução	30	29,31	Pontuação 4/5		Glossary	0,67	0,67
	Print screen facility	0,56	0,56			Pontuação 4/5			Newsletter	0,67	0,67
	Zoom function	0,56	0,56	Discussion groups on the Internet	0,80			0,80	Pontuação 4/5	Help-line	0,80
	Warning messages which affect the model file (e.g. overwriting, closing file not saved)	0,56	0,56	User group meetings	0,80		0,80	Consultancy		0,80	0,80
Warning messages for operations which affect model currently developed	0,56	0,56	Package maintenance	0,80	0,80	Demos	0,80	0,80			
Total Modelação	30	28,44			Pontuação 4/5	Tutorial	0,80	0,80			
						Training course (basic, advanced)	0,80	0,80			
						Duration of training courses	0,80	0,80			
						Frequency of training courses	0,80	0,80			
						Total Apoio/Suporte	10	10,00			

SIMUL8 - Pontuação Total	96,92
---------------------------------	--------------

Legenda

- Tpi - Total de Pontos do Item
- Tpa - Total de Pontos Atribuídos
- Tpi Divide por 1 se Bom; por 2 se Suficiente; por 3 se Insuficiente e o resultado é atribuído ao Tpa
- Se o item se verifica é atribuído o valor do Tpi ao Tpa

Figura 55 – Matriz de Avaliação do SIMUL8

De seguida estabelecem-se considerações que se julgam pertinentes acerca da avaliação de determinados itens no simulador SIMUL8:

- Foi considerado Suficiente no item *“3D Animation”* dado o simulador ter interpretado os objetos do modelo de simulação criado, permitir a introdução de elementos decorativos a partir de um vasto conjunto de categorias, mas fica aquém do Simio pois não permite alternar entre visualização 2D e 3D durante a execução;
- Foi considerado Bom no item *“Model Packaging”* por comparação aos outros produtos dado que permite a importação de ficheiros no formato VSD, SDX, BPMN, entre outros;
- Foi considerado Bom no item *“Ease of debugging”* dado permitir a introdução de *breakpoints* e manter um registo do tempo de simulação, entidades e objetos alterados, bem como a tarefa que está a ser executada e as que se seguem no futuro;
- Não se verifica o item *“Easy copying of icons”* uma vez que a ferramenta apenas permite que sejam copiados os objetos de simulação;
- Foi considerado Suficiente no item *“Facility for immediate user”* pois em execução bastantes funcionalidades da ferramenta ficam bloqueadas e como tal as acções do utilizador limitadas;
- Verifica-se o item *“Backward clock”* pois a ferramenta permite regredir no tempo de simulação para um momento diferente de zero, ou seja, sem que seja feito *reset* à simulação, concretamente em períodos de um ou dez dias de cada vez;
- Foi considerado Suficiente no item *“Availability of results before end of simulation”* uma vez que os resultados da simulação são atualizados antes do final da simulação e podem ser visualizados, porém fica aquém da ferramenta Simio;
- Foi considerado Bom no item *“Discussion groups on the Internet”* uma vez que através do *website* do fabricante é possível aceder a um fórum de discussão com bastantes utilizadores e informação importante;
- Foi considerado Bom no item *“Frequency of training courses”*, pois a título de exemplo pode-se referir as 26 sessões para o segundo semestre do presente ano.

Na Figura 56 é apresentada a matriz de avaliação preenchida referente ao software Simio.

Modelação				Execução				Exploração			
<i>Pontuação Total do Conjunto: 30</i>				<i>Pontuação Total do Conjunto: 30</i>				<i>Pontuação Total do Conjunto: 30</i>			
<i>Total Critérios: 27</i>				<i>Total Critérios: 22</i>				<i>Total Critérios: 16</i>			
Descrição item		Tpi	Tpa	Descrição item		Tpi	Tpa	Descrição item		Tpi	Tpa
Pontuação 10/5	Animation	2,00	2,00	Pontuação 12,5/8	Run time debug	1,56	1,56	Pontuação 15/7	Database maintenance for input/output	2,14	2,14
	3D Animation	2,00	2,00		Interactive debugger	1,56	1,56		Multiple outputs	2,14	2,14
	Real-time viewing	2,00	2,00		Rejection of illegal inputs	1,56	1,56		General output reports	2,14	2,14
	Panning	2,00	2,00		Logic checks	1,56	1,56		Static graphical output	2,14	2,14
	Animation with visual clock	2,00	2,00		Interactive error messages	1,56	1,56		Dynamic graphical output	2,14	2,14
Pontuação 10/9	Importing graphics and multimedia elements	1,11	1,11		Quality of error messages	1,56	1,56		Types of graphical display	2,14	2,14
	Facility for customising the view of the model	1,11	1,11		Moment of error diagnosis	1,56	1,56		User defined output	2,14	2,14
	Graphical model construction (icon or drag-and-drop)	1,11	1,11		Ease of debugging	1,56	1,56	Pontuação 15/9	Automatic rescaling of histograms and time series	1,67	1,67
	Automatic connection between elements	1,11	0,37	Pontuação 12,5/9	Display of function values	1,39	1,39		Quality of output reports	1,67	1,67
	Model Packaging	1,11	1,11		Display of attributes	1,39	1,39		Understandability of output reports	1,67	1,67
	Model building using programming/ access to programmed modules	1,11	1,11		Access to attributes	1,39	1,39		Periodic output of simulation results	1,67	1,67
	Code reuse (e.g., objects, templates)	1,11	1,11		Display of variables	1,39	1,39		Availability of results before end of simulation	1,67	1,67
	Mixed Discrete/Continuous Modeling (Levels, Flows, etc.)	1,11	1,11		Display of element's state	1,39	1,39		Input data reading from files	1,67	1,67
Input Distributions	1,11	1,11	Display of the workflow path		1,39	1,39	Writing reports to files		1,67	1,67	
Pontuação 5/4	Multiple screen layout	1,25	1,25		Display of events on the screen	1,39	1,39	Writing reports to printer	1,67	1,67	
	Switching between screens	1,25	1,25		Display of part position within element	1,39	1,39	Export animation	1,67	1,67	
	Switching on/off the graphic	1,25	1,25		Facility for immediate user actions	1,39	0,69	Total Exploração	30	30,00	
	Indication of the element status	1,25	1,25	Pontuação 5/5	Trace files (showing events and entity status)	1,00	1,00				
Pontuação 5/9	Limitation on number of displayed icons	0,56	0,56		Step function (event to event jumping)	1,00	1,00				
	Change of icons during simulation	0,56	0,56		Flow analysis	1,00	1,00				
	Changing the colour of the element status display	0,56	0,56		Display of parts flow tracking record collected during simulation run	1,00	1,00				
	Easy copying of icons	0,56	0,56		Backward clock	1,00	0,00				
	Ease of icon development	0,56	0,56	Total Execução	30	28,31					
	Print screen facility	0,56	0,56								
	Zoom function	0,56	0,56								
	Warning messages which for operations which affect the model file (e.g. overwriting, closing file not saved)	0,56	0,56								
Warning messages for operations which affect model currently developed	0,56	0,56									
Total Modelação	30	29,26									
Simo - Pontuação Total				97,17							
Legenda											
Tpi - Total de Pontos do Item											
Tpa - Total de Pontos Atribuídos											
Tpi Divide por 1 se Bom; por 2 se Suficiente; por 3 se Insuficiente e o resultado é atribuído ao Tpa											
Se o item se verifica é atribuído o valor do Tpi ao Tpa											
Apoio/Suporte											
<i>Pontuação Total do Conjunto: 10</i>											
<i>Total Critérios: 13</i>											
Descrição item		Tpi	Tpa	Descrição item		Tpi	Tpa	Descrição item		Tpi	Tpa
Pontuação 2/3	Documentation	0,67	0,67	Pontuação 4/5	Discussion groups on the Internet	0,80	0,80	Pontuação 4/5	Demos	0,80	0,80
	Glossary	0,67	0,67		Help-line	0,80	0,80		Tutorial	0,80	0,80
	Newsletter	0,67	0,67		User group meetings	0,80	0,80		Training course (basic, advanced)	0,80	0,80
Pontuação 4/5	Consultancy	0,80	0,40		Package maintenance	0,80	0,80		Duration of training courses	0,80	0,80
	Pontuação 4/5	Demos	0,80		0,80	Frequency of training courses	0,80		0,80	Total Apoio/Suporte	10
		Tutorial	0,80	0,80							

Figura 56 – Matriz de Avaliação do Simio

De seguida estabelecem-se considerações que se julgam pertinentes acerca da avaliação de determinados itens no simulador Simio:

- Foi considerado Bom no item *“3D Animation”* uma vez que o simulador interpretou todos os objetos do modelo de simulação criado, permite a introdução de bastantes elementos decorativos e alternar entre visualização 2D e 3D durante a execução;
- Foi considerado Insuficiente no item *“Model Packaging”* dado que não permite a importação de ficheiros no formato VSD;
- Foi considerado Bom no item *“Ease of debugging”* dado permitir a introdução de *breakpoints* e manter um registo do tempo de simulação, entidade, objeto, processo, *token*, *step* e acção;
- Foi considerado Suficiente no item *“Facility for immediate user”* pois em execução bastantes funcionalidades da ferramenta ficam bloqueadas e como tal as ações do utilizador limitadas;
- Não se verifica o item *“Backward clock”* pois não permite regredir no tempo de simulação para um momento diferente de zero, ou seja, sem que seja feito *reset* à simulação;
- Foi considerado Bom no item *“Availability of results before end of simulation”* uma vez que os resultados da simulação, são atualizados de forma relevante antes do final da simulação e podem ser visualizados com recurso à *pivot table* da aba de resultados;
- Foi considerado Bom no item *“Discussion groups on the Internet”* uma vez que através do *website* do fabricante é possível aceder a um fórum de discussão com bastantes utilizadores e informação importante;
- Foi considerado Bom no item *“Frequency of training courses”*, pois a título de exemplo pode-se referir as 29 sessões para o segundo semestre do presente ano.

5.3 Discussão de Resultados

No início da presente investigação foi elaborada a seguinte questão de investigação “Qual, ou quais, os melhores simuladores organizacionais?”, a mesma será agora discutida à luz dos resultados obtidos.

Na Tabela 25 são sintetizados os resultados obtidos no que concerne às pontuações totais para o Arena, SIMUL8 e Simio.

Tabela 25 – Resultados Globais do *Benchmarking*

Ferramenta	Pontuação Total
Arena	92,22
SIMUL8	96,92
Simio	97,17

Para além das considerações formuladas nas páginas anteriores, imediatamente abaixo da matriz de avaliação de cada um dos softwares importa por último salientar os seguintes aspetos.

No geral a pontuação total obtida por cada uma das ferramentas é bastante satisfatória e traduz na sua globalidade a qualidade e potencialidades dos softwares de simulação atualmente em uso. A mesma espelha as funcionalidades, recursos e serviços oferecidos ao utilizador de forma a propiciar ao mesmo o desenvolvimento do seu trabalho de forma mais fácil e eficiente.

Na categoria de critérios referentes à Modelação, e em particular no que à facilidade e animação dos processos concerne todos os softwares apresentaram menus, construções *Drag-and-drop*, permitiram a interpretação de variáveis e distribuições, a utilização de elementos gráficos para a indicação do estado, relógio de simulação, função *zoom* e navegação fácil pelo modelo, entre outros aspetos de interesse para o utilizador.

Neste capítulo e particularmente no que à animação a 3D diz respeito destacou-se o Simio pela sua capacidade de interpretar o modelo criado e alternar entre visualizações sem qualquer falha ao nível gráfico ou de processamento da simulação. Pela negativa apontam-se o SIMUL8 e o Arena, dado não terem estado à altura das expectativas do utilizador. Se no caso do primeiro, ainda que parcialmente, o modelo previamente criado foi interpretado com a limitação da modelação em 3D não poder ser realizada, o segundo apresentou uma total limitação para a interpretação do modelo de simulação. Na Tabela 26 apresentam-se os resultados obtidos por cada ferramenta na categoria Modelação.

Tabela 26 – Resultados na Categoria Modelação

Ferramenta	Pontuação Modelação
Arena	28,11
SIMUL8	28,44
Simio	29,26

Para as restantes categorias de critérios estabelecidas, Execução, Exploração e Apoio/Supporte constata-se um acentuar da ligeira diferença existente entre o Arena e os outros dois softwares, SIMUL8 e Simio. Estes destacam-se em todas as categorias criadas, diferenciando-se depois entre si na comparação da avaliação de apenas quatro ou cinco critérios.

Deste modo, no que diz respeito à categoria Execução, a ferramenta que mais se evidenciou foi o SIMUL8 fruto da melhor pontuação obtida no critério que avaliou a possibilidade de ao executar o modelo existir uma funcionalidade que permitisse retroceder no tempo de simulação. Ao contrário do Arena e do Simio, em que apenas se mostrou possível fazer o *reset* ao tempo de simulação, no SIMUL8 foi permitido regredir na simulação para tempos diferentes do momento inicial. O Arena saiu ainda penalizado na avaliação do critério que avaliou a facilidade da utilização do modo de *debug*. Na Tabela 27 estão sintetizados os resultados referentes à categoria Execução.

Tabela 27 – Resultados na Categoria Execução

Ferramenta	Pontuação Execução
Arena	27,52
SIMUL8	29,31
Simio	28,31

Na categoria Exploração destaca-se a obtenção da totalidade dos pontos, referente aos critérios em análise, por parte da ferramenta Simio. A diferença da pontuação deveu-se ao resultado obtido na avaliação da qualidade dos relatórios produzidos e à disponibilidade dos resultados antes do final da simulação. Por contraposição ao Arena onde os resultados disponibilizados antes do final da simulação são quase nulos, e ao SIMUL8 onde estes são parcialmente apresentados, no Simio é possível, a qualquer instante do tempo de simulação, fazer uma atualização aos resultados e dessa forma obter os valores resultantes da simulação

até então realizada. Na Tabela 28 encontra-se a pontuação obtida por cada ferramenta para na categoria Exploração.

Tabela 28 – Resultados na Categoria Exploração

Ferramenta	Pontuação Exploração
Arena	28,06
SIMUL8	29,17
Simio	30

Por último, na avaliação dos critérios selecionados e agrupados na categoria Apoio/Suporte a ferramenta que mais se evidenciou foi o SIMUL8. Em contraponto, e decorrente da pouca frequência na realização de cursos de treino para os utilizadores e na falta de um fórum de discussão suportado pelo *website* do fabricante, o Arena foi a ferramenta que obteve a menor pontuação. Na Tabela 29 são apresentados os resultados para a respetiva categoria.

Tabela 29 – Resultados na Categoria Apoio/Suporte

Ferramenta	Pontuação Apoio/Suporte
Arena	8,53
SIMUL8	10
Simio	9,60

Depois de realizado o *benchmarking* laboratorial e na posse dos resultados obtidos pelos diferentes simuladores, poder-se-á procurar dar resposta à Questão de Investigação de duas diferentes maneiras, ou seja, através da exclusiva e rigorosa interpretação dos mesmos, isto é, de uma forma matemática, ou através também da contextualização e do enquadramento do propósito para o qual o simulador se destina.

Se é certo que a Tabela 25 permite constatar que o simulador, ou ferramenta de simulação, que obteve um resultado mais elevado foi o Simio e com isso, em termos meramente numéricos, nada mais haverá a acrescentar a não ser a sua definição como melhor simulador, também será razoável afirmar que, dada a pontuação igualmente elevada do SIMUL8, e mesmo do Arena, se possa considerar um destes dois o melhor simulador se, e aqui permita-se o particular realce para esta condição, se, atentarmos a outras particularidades, como por exemplo, o objetivo ou finalidade para o qual o software será utilizado.

Tal possibilidade será consubstanciada pelas singularidades que cada software apresenta, ou seja, dada a satisfação da esmagadora maioria dos critérios em avaliação no *benchmarking* realizado e com isso a consideração de se estar perante três bons softwares, a introdução de uma variável diferenciadora como a finalidade ou tipo de sistema a modelar suportará a escolha pelo simulador que se adaptará melhor a satisfazer tal variável e não apenas ter o resultado mais alto na avaliação realizada.

A título ilustrativo, refira-se o caso do SIMUL8 e a possibilidade, bem como a adequação, para neste serem importados ou criados ficheiros BPMN para, com base na modelação, procurar realizar a simulação de processos de negócio tipicamente descritos na área de Sistemas de Informação através desta linguagem; ou ainda, e mesmo que para além da obtenção do melhor resultado nesta avaliação, o Simio ser o software que melhor se enquadra para a realização de uma simulação que necessariamente obrigará à utilização de um modelo a 3D, mas à simplificação da sua edição num formato 2D com constantes alternâncias na forma de visualização do modelo.

Todavia, considera-se razoável afirmar que, para um grande número de situações, leia-se a aplicação do simulador na execução de modelos de diversos tipos, qualquer um dos três softwares avaliados seria capaz de dar resposta satisfatória aos objetivos definidos pelos utilizadores para determinada simulação, ainda que podendo exigir uma maior adaptação dos modelos.

Ainda assim, fica a convicção, da constatação dos parciais respeitantes às diferentes categorias avaliadas, que para uma escolha mais adequada será pertinente realizar uma reflexão acerca dos requisitos e funcionalidades que se considerem como imprescindíveis para responder aos propósitos que motivam a utilização do simulador. Adicionalmente, e numa aplicação que se enquadre num contexto organizacional, para além de se decidir de acordo com as características do software, poder-se-á fazê-lo em consonância com as idiossincrasias da organização.

Finalmente, importa ressaltar que a matriz elaborada para proceder à avaliação dos simuladores estará, naturalmente, sujeita a críticas e, sobretudo, passível de melhoramentos. Apesar de se considerar que na criação da mesma se conseguiu obter um equilíbrio entre o número de categorias criadas e de critérios levados em conta, bem como na distribuição dos respetivos pesos, procurando salvaguardar as recomendações teóricas revistas, como a

utilização de medidas testadas e comprovadas e em número não muito elevado, a seleção dos aspetos a avaliar, embora feita com base na literatura existente, poderia ter sido outra.

Com isto, pretende-se alertar para o facto de que, não obstante o rigor que se incutiu na avaliação realizada, os resultados obtidos decorrerem de uma escolha de critérios que pode ser considerada subjetiva, abrindo-se assim possibilidades de trabalho futuro que no próximo capítulo serão apontadas.

5.4 Recomendações para Uso e Desenvolvimento de Simuladores Organizacionais

Para a presente investigação estabeleceu-se como objetivo a produção de um conjunto de recomendações para o uso e desenvolvimento de simuladores organizacionais. Da realização de todo o trabalho, mas sobretudo com base nas atividades que compreenderam o processo de experimentação e a análise de resultados, julgou-se pertinente estabelecer acerca dos simuladores organizacionais as recomendações que de seguida se elencam:

- Aceitar a importação e fazer uma correta interpretação de diversos formatos de ficheiro como VSD, DFX e BPMN normalmente referentes a tipos de linguagens de modelação de negócios utilizados nos SI;
- Possibilitar a modelação de diferentes tipos de modelos de simulação, principalmente dos mais complexos, de uma forma mais simples e apropriada a um utilizador com menos experiência;
- Permitir copiar os objetos ou entidades de simulação, bem como os elementos de desenho utilizados na modelação das réplicas dos sistemas reais;
- Admitir a utilização do formato a 3D na modelação dos sistemas, tal como a alteração de vistas entre 2D e 3D durante a execução da simulação;
- Facultar a possibilidade de realização de mais ações por parte do utilizador durante a execução dos modelos, como por exemplo a suspensão da simulação para a alteração do valor de uma ou mais variáveis de entrada, retomando posteriormente a simulação a partir do momento em que foi suspensa;
- Possuir a funcionalidade de regredir no tempo de simulação, através do controlo do relógio, para um momento diferente do tempo inicial;

- Criar relatórios adequados às necessidades do utilizador com informação precisa e relevante em função do tipo de modelação e sistema que determinado modelo replica;
- Admitir a atualização dos resultados durante o processo de simulação facultando os mesmos para o tempo já simulado;
- Permitir que a informação seja exportada em diversos formatos e possibilite alimentar, por exemplo, repositórios de dados. De igual forma, ter a capacidade de importar dados de tais repositórios e congregar os mesmos com os modelos e resultados da simulação, possibilitando a criação de *dashboards* de leitura e análise, constituindo-se assim como ferramentas tecnológicas mais completas e integradas;
- Os fóruns de discussão para o esclarecimento de dúvidas, troca de conhecimentos e experiências realizadas pelos utilizadores ser suportado e gerido formalmente no *website* do fabricante;
- A realização frequente de cursos para a formação dos utilizadores;
- Disponibilizar um conjunto alargado de casos de estudo e respetivos *demos* que procure cobrir e detalhar a maior parte das ações e funcionalidades que o simulador permite realizar.

Do conjunto de recomendações estabelecido importa evidenciar que apenas se pretendeu apontar os requisitos considerados como mais importantes para o uso e desenvolvimento de simuladores organizacionais. Em consequência disso é normal que existam outros requisitos ou funcionalidades que se pudessem referir, porém, considerou-se que a presença desses na maioria dos simuladores já é expectável.

Conforme mencionado as recomendações formuladas derivam principalmente do conhecimento adquirido com a realização do processo de experimentação dos simuladores, todavia, por se tratar de trabalho também desenvolvido no âmbito da secção referente à Experimentação, a entrevista ao Doutor Luís Dias, profissional com experiência e artigos publicados no domínio em estudo, foi considerada.

Dessa forma, para a criação do conjunto elencado refletiu-se nas dificuldades sentidas para a modelação e execução da respetiva simulação dos casos de estudo, bem como nas potencialidades observadas em cada um dos diferentes simuladores e nas principais características adiantadas pelo entrevistado.

Assim, as funcionalidades que estão ligadas à simplificação, auxílio e multiplicidade de ações referentes ao processo de modelação, ou seja, todas aquelas que procuram proporcionar ao utilizador uma forma mais fácil e correta para a construção dos seus modelos devem ser alvo de primordial atenção no uso e desenvolvimento dos simuladores organizacionais.

Adicionalmente, deverão ser objeto de análise as características que permitam uma visualização mais real dos modelos e da manipulação destes durante o processo de simulação. Da mesma maneira, a visualização dos resultados decorrentes desse processo bem como a sua complementação, exploração e exportação não poderá ser descurada.

Finalmente, todos os artefactos que constituem os serviços de apoio e suporte aos utilizadores, ou seja, aqueles que procuram solucionar dúvidas e dificuldades experimentadas na utilização do simulador, devem ser prestados e atualizados pelo respetivo fabricante.

Por último, salienta-se que todas as recomendações, apesar de decorrerem de atividades que se regeram por uma abordagem metodológica e suportadas num conhecimento teórico, são, em grande parte, fruto da experiência e visão do autor da investigação e, como tal, inerentes à subjetividade que esse facto implica.

Contudo, julga-se que tais recomendações constituem em linhas gerais a base daquilo que se perspetiva encontrar disponível num simulador organizacional.

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO

Neste capítulo, efetua-se o balanço do trabalho de investigação desenvolvido, sintetizando-se as considerações formuladas a partir da realização do mesmo.

O capítulo divide-se em quatro secções, sendo a primeira relativa às contribuições associadas a esta investigação; a segunda às limitações de diversa ordem que restringiram o presente estudo; a terceira onde são apresentadas propostas para trabalhos futuros e, por último, a quarta respeitante às considerações finais deste estudo de investigação.

6.1 Contribuições

Para além da contribuição deste estudo resultar da concretização da avaliação e comparação de um conjunto de simuladores, apresentando as principais vantagens e desvantagens dos mesmos, bem como na produção de um conjunto de recomendações para o uso e desenvolvimento de simuladores organizacionais, a estruturação e definição do próprio estudo, isto é, das atividades e tarefas realizadas, bem como das secções aqui elaboradas, poderá também servir como ponto de partida para futuros trabalhos no mesmo âmbito.

A compilação dos dados do *survey* de software de simulação existente, com a agregação dos mesmos numa única folha de cálculo, e a posterior análise realizada sob diversas perspetivas são também de assinalar. Esta contribuição resultou da satisfação do objetivo que incluiu a identificação dos simuladores organizacionais atualmente em uso.

De modo adicional, o objetivo que compreendeu a definição de um conjunto de casos organizacionais para o *benchmarking*, bem como aquele que estabeleceu a definição dos parâmetros para a realização do mesmo foram satisfeitos. Decorrente disso, o levantamento bibliográfico dos critérios utilizados e conseqüente relação entre estes e as dimensões do modelo da avaliação do sucesso em Sistemas Informáticos é digno de registo.

O desiderato referente à elaboração de um conjunto de recomendações para o uso e desenvolvimento de simuladores organizacionais considera-se ter sido atingido, contudo, importa admitir que tal conjunto poderia ter mais recomendações se o número de casos e simuladores experimentados, tal como o tempo definido para a realização da investigação, fosse mais alargado.

Por último, a concretização do objetivo referente à comparação de simuladores organizacionais estabeleceu como contributo adicional a matriz de avaliação criada para se realizar a avaliação dos simuladores testados, tal como o protocolo elaborado para orientar o processo de experimentação, constituindo-se esses como artefactos que podem servir de base a trabalhos subsequentes na mesma área.

6.2 Limitações

Nesta secção são apresentadas as três principais limitações a que o presente estudo de investigação esteve restringido.

A primeira diz respeito ao tempo limitado para a execução de todas as atividades e tarefas necessárias para a elaboração do trabalho. Dada a necessidade de compreender a realização do estudo no tempo destinado a uma dissertação de mestrado, foi preciso delimitar a investigação a um conjunto de casos. Por conseguinte, fica a convicção de que, se o número de casos fosse maior, poder-se-ia acrescentar mais informação e, assim, proceder a uma avaliação dos simuladores com maior rigor.

A segunda é a dificuldade em obter um conjunto de ferramentas de simulação que permitam realizar todo o processo de experimentação sem quaisquer limitações impostas pelas versões utilizadas. Em resultado desta limitação, os casos de estudo tiveram de ser adaptados pois apesar de não haver limitações de relevo quanto às funcionalidades disponíveis nas ferramentas, a dimensão dos modelos, no que concerne ao número de entidades e objetos, e o período de dias da licença (no caso do SIMUL8, apenas 15 dias), foram condicionadores do trabalho desenvolvido.

A terceira e última condicionante é a capacidade limitada do utilizador para apreender, num curto espaço de tempo, um conhecimento suficientemente vasto para que possa ter por base casos de estudo com um grau de complexidade maior dos que neste trabalho foram apresentados e que possam cobrir todos os tipos de simulação existente. Conforme se reportou no presente documento, para um dos casos de estudo, não foi obtido um modelo passível de ser simulado. Esta situação, apesar de encarada como uma oportunidade de explorar o caso de estudo de outra forma, isto é, com uma entrevista a um especialista na área, foi restritiva do cumprimento integral do protocolo e da avaliação de simuladores organizacionais realizada.

6.3 Trabalhos Futuros

A realização deste trabalho de investigação e a reflexão acerca dos contributos e limitações identificadas conduzem à proposta de três estudos futuros.

O primeiro dos estudos passível de ser desenvolvido estará ligado à avaliação de outras ferramentas com recursos a outros casos de estudo, mas respeitando a matriz de critérios de *benchmarking* para posterior comparação dos resultados obtidos.

O segundo estudo propõe que a elaboração da matriz de avaliação dos simuladores, bem como o processo de experimentação resultem de uma seleção de critérios feita por mais que um indivíduo, procurando, dessa forma, não condicionar a matriz nem a obtenção de resultados à visão de um único avaliador.

Finalmente, outra possibilidade deixada em aberto para a realização de um trabalho futuro na área prende-se com o levantamento e análise das principais características procuradas pelos utilizadores de simuladores no âmbito de Sistemas de Informação, nomeadamente através de entrevistas. Posteriormente, tais características deverão servir como variáveis decisórias para a escolha de um simulador de entre um conjunto de simuladores com uma pontuação total superior a um valor predeterminado.

6.4 Considerações Finais

Da revisão da literatura, para além da definição e apresentação dos fundamentos basilares para o enquadramento do presente trabalho, constatou-se que a simulação é uma área abrangente e em forte expansão e, cada vez mais, os domínios onde a mesma é aplicada são em maior número. O reconhecimento de que a mesma é um método poderoso para o avanço da ciência foi de igual forma verificado.

Adicionalmente, os estudos que versam a aplicação da simulação no domínio dos Sistemas de Informação e, em particular, na área organizacional têm revelado resultados positivos que podem atestar da capacidade desta para alargar o conhecimento existente.

Posteriormente, foram apontadas as razões para a adoção da simulação por parte das organizações, um método para avaliar o sucesso de tais sistemas e realizada a análise da oferta de software de simulação atualmente existente, atentando-se ainda num estudo referente à popularidade do mesmo.

Decorrente dessas atividades, identificou-se o problema que motivou o presente trabalho de investigação para o qual se formulou a Questão de Investigação.

Descreveu-se o estudo realizado, destacando os critérios de *benchmarking* escolhidos, as ferramentas selecionadas, os casos de estudos considerados e a experimentação efetuada.

Por último, e antecedendo este capítulo, apresentaram-se e discutiram-se os resultados obtidos no *benchmarking* laboratorial. É da realização do mesmo que decorrem as principais recomendações relativas ao uso e desenvolvimento de simuladores organizacionais.

Assim, e ressalvando-se o facto de todas as conclusões ficarem evidentemente condicionadas pelas características e âmbito do trabalho bem como das escolhas de bibliografia, dimensões, critérios, ferramentas, casos de estudo, entre muitos outros fatores, julga-se ter alcançado os objetivos propostos e respondido à Questão de Investigação.

Com isto, sintetiza-se que, do estudo elaborado, as principais conclusões obtidas foram que todos os três simuladores experimentados atingiram na avaliação realizada uma pontuação elevada, o que prova que, mediante os critérios escolhidos, se pode afirmar que todos eles são bons softwares.

Decorre desta conclusão que a escolha do “melhor” simulador poderá e deverá passar também pela introdução de outras variantes ou perspectivas de análise, como a finalidade, tipo de sistema a modelar, formação e conhecimento dos conceitos de simulação e animação 3D, necessidade de interpretação ou modelação de uma linguagem específica, entre outros fatores que se possam considerar relevantes para a escolha do simulador a adotar; ou seja, se estivermos perante um conjunto de simuladores que genericamente cumprem com a maioria dos critérios utilizados na avaliação, o que dependerá também dos critérios escolhidos, e como tal se possam considerar como simuladores suficientemente completos, a escolha do melhor em muito dependerá do detalhe e especificidade que se queira incluir à análise e procure dar à utilização do mesmo.

Conclui-se com a expectativa de se ter contribuído para o avanço no âmbito da utilização e desenvolvimento de simuladores organizacionais.

ANEXO A

Dado o considerável tamanho da folha de cálculo que resulta da compilação do *survey* analisado, não se torna viável apresentar a mesma numa única imagem.

Assim, optou-se por subdividir a imagem em secções, conforme se pode observar na Figura 57, seguindo a apresentação a sequência A1, B1, C1, A2, B2, C2, ... A8, B8, C8.

Adicionalmente, a folha de cálculo criada está disponível para consulta no endereço (https://docs.google.com/spreadsheet/pub?key=0Ar_pyKFThdQAdEN6QnITdEw0NnNyUkxodFdvSmk3LXc&output=html).

Software	Vendor	Typical Applications of the software	Primary Markets for which the software is applied	Operating Systems	Can the software use a multiprocessor CPU if available?	Can the software utilize other software to perform specialized functions?	If so, name which software:	Can the software be controlled or run by an external program?	Which software can control or run the product?	Can the software be customized by user using model primitives or programming languages?	Does the software provide the ability to monitor how the CPU cycles are used during execution of a model?	Graphical model construction (Icon or drag-and-drop)	Model building using programming / access to programmed modules	Run time debug	Input Distribution Fitting	(Specify)	Output Analysis Support	(Specify)
aGPSS	aGPSS Simulation System Education	General purpose discrete events simulation of situations with uncertainty, requiring many runs	Education, esp. students of business, logistics, supply chain systems	Windows		y	Animation with Proof Animation of Wolverine Software					y	y	y			y	Student's t-distribution confidence intervals, with graphics
Analytica	Lumina Decision Systems, Inc	Analytics and statistics, data exploration, dynamic systems, Monte Carlo, optimization.	Many, including energy, environment, economics, health, manufacturing, high tech, education, gov, defense	Windows all releases since NT		y	Microsoft Excel, databases, Frontline solver and many high-end solvers	y	Any software can use Analytica Decision Engine via an API	y	y	y	y	y	y	Libraries to fit many distributions to data or use data sampling	y	Many types of sensitivity, uncertainty, scenario, and statistical analysis.
Arena	Rockwell Automation	Arena is typically used to model existing systems and test out proposed changes to those system environments.	Defense, Manufacturing, Supply Chain, Health Care, Oil and Gas, and Academia	Windows	y	y	Visual Basic for Application, Visual Studio	y	Microsoft Office, Visual Studio	y	y	y	y	y	y	Input Analyzer	y	Output Analyzer, User may also export to Excel or other applications as well
Bluesss Simulation System	Stanislaw Raczynski	General purpose, discrete/continuous simulation package	Academic, business, engineering	PC Windows			Embarcadero C++Builder					y	y				y	
Clinical Trials Simulator	ProModel Corporation	decision support technology that generates realistic data on how patient recruitment will perform	Pharmaceuticals; Life Sciences	Windows 8, 7, Vista, XP	y	y	Excel	y	Excel	y				y	y	15 predefined distributions, plus distribution fitting using Stat:Fit software (additional)	y	Output analysis reports and charts included. Output to Excel
CSIM20	Mesquite Software, Inc.	CSIM20 is a library that enables C/C++ programmers to create process-oriented simulation models.	engineers, analysts and programmers with a need for simulation models of large, complex systems	Windows, Mac OS/X, Linux, Solaris86	y	y	any routines callable from a C/C++ program	y	can be called as a standard C/C++ function	y		n	y	y				
DPL	Syncopation Software	capital investment decision analysis, R&D prioritization, risk analysis, Monte Carlo simulation, valuation	pharmaceutical, oil & gas, energy, new product development, environmental, utilities	Windows	y	y	Excel, user-written DLL's	y	Any client that can invoke .NET or automation methods	y		y	y				y	sensitivity analyses, numerous graphical outputs

Figura 58 – Parte A1 do Survey

Software	Batch run or experimental design	(Specify)	Optimization	(Specify)	Code reuse (e.g., objects, templates)	Model Packaging (e.g., can completed model be shared)	Tools to support packaging (Specify)	Does this feature cost extra?	Cost Allocation/ Costing	Mixed Discrete/Continuous Modeling (Levels, Flows, etc.)	Animation	Real-time viewing	Export animation (e.g., MPEG version that can run independent of simulation for presentation)
aGPSS			y	Grid search							y		
Analytica	y	At users option,	y	Linear, quadratic, mixed integer, and nonlinear programming	y	y	Free Analytica Player on desktop and Analytica Cloud Player on web	n	y	y			
Arena	y	Process Analyzer	y	OptQuest for Arena	y				y	y	y	y	y
Bluesss Simulation System					y	y				y	y	y	
Clinical Trials Simulator	y	Unlimited scenarios can be predefined to experiment on parameters	y	Optimization available using SimRunner which is included	y	y	ProModel Silver Run Time	n	y	y			
CSIM20					y	y	no	n					
DPL			y	decision tree rollback	y	y	No tools needed	n	y	y			

Figura 59 – Parte B1 do Survey

Software	Compatible animation software	3D Animation	Import CAD drawings	User Support/Hotline	User group or discussion area	Training Courses	On site Training	Consulting Available	Standard	Student Version	Major new features (since 2011)	Vendor Comments
aGPSS	y			y	y	y		y	\$700.00	Ordinary (150 blocks) \$ 40.00; extended (400 blocks) \$ 90.00	Simplified automatic animation. Export of CSV matrix files to Excel.	Best simulation software for beginners' courses in simulation, allowing students to do real projects in business.
Analytica				y	y	y	y	y	Analytica 101 Free, Professional \$995, Enterprise \$2795, Optimizer \$4995	Free for classes. 50% off for other educational use.	Structured optimization, new graphing, multi-language support, complex numbers and FFT.	Analytica's ease of use and flexibility are based on its intuitive influence diagrams and Intelligent Arrays
Arena	y	y	y	y	y	y	y	y	Price available upon inquiry	Student Version free with Arena textbooks, Research versions require licensing and that price is available upon inquiry.	In process 3D animation and business graphic dashboarding, periodic statistics, direct read/write for Arena elements.	
Bluesss Simulation System				y				y	US \$ 90			
Clinical Trials Simulator				y	y	y	y	y	Custom Pricing	n/a		Solutions driven by ProModel's VAO (Visualize, Analyze, Optimize) Technology, lead to better decisions - faster
CSIM20				y					\$1195 for professional single seat; educational discounts	\$65.00		CSIM has been widely used to model large, complex systems; standard programming language enhancements development of models.
DPL				y	y	y		y	DPL 8 Professional - \$1,495	DPL 8 Academic (Professional) - \$149	probabilistic base case tornado, complete re-worked output graphics, Excel add-in interface	

Figura 60 – Parte C1 do Survey

Software	Vendor	Typical Applications of the software	Primary Markets for which the software is applied	Operating Systems	Can the software use a multiprocessor CPU if available?	Can the software utilize other software to perform specialized functions?	If so, name which software:	Can the software be controlled or run by an external program?	Which software can control or run the product?	Can the software be customized by user using model primitives or programming languages?	Does the software provide the ability to monitor how the CPU cycles are used during execution of a model?	Graphical model construction (icon or drag-and-drop)	Model building using programming / access to programmed modules	Run time debug	Input Distribution Fitting	(Specify)	Output Analysis Support	(Specify)
Enterprise Dynamics 9	INCONTROL Simulation Solutions	Simulation of large scale industrial, logistics and transportation systems.	Manufacturing, Warehousing, Supply Chains, Automated Material Handling, Rail, Ports and Airports	Windows XP, Vista, 7, 8	y	y	Microsoft Office, OptQuest, ISSOP	y	Various software, Enterprise Dynamics 9 supports ActiveX	y	y	y	y	y	y	Autofit	y	Result Manager, Export to raw file, spreadsheet or database
Enterprise Portfolio Simulator (EPS)	ProModel Corporation	Web-based simulation analysis of multiple, simultaneous project/product plans across one or more portfolios of projects	Project & Portfolio Planning, Strategic Resource Capacity Planning, Product Development, R&D, Project Selection & Prioritization	For Server: Windows Server 2003, 2008; For Client: Mac or PC that runs a browser with Microsoft Silverlight\$49	y	y	Microsoft Project Server								y	15 predefined distributions, plus distribution fitting using Stat:Fit software (additional)	y	Output analysis reports and charts included. Output to Excel
ExtendSim AT	Imagine That Inc.	Simplifies the modeling and analysis of complex systems; plus simulates rate-based flows, batch processes, and bulk systems.	High-speed/volume or mixed mode environments, packaging lines, chemical processes, distribution, system design & reliability.	Windows XP, Vista, 7, 8, 2000 or better; Macintosh OS X 10.4-10.6		y	Excel, Access, SQL Server, MySQL, Stat:Fit, JMP, Proof Animation		Excel, Access, SQL Server, MySQL, or any other program that supports Microsofts Component Object Model (COM)	y	y	y	y	y	y	35 built-in distributions and ExtendSim Suite includes Stat:Fit from Geer Mountain Software.		Customize which data is collected and how you would like it reported using built-in databases, quantiles, maximum & minimum, graphs, tables, or export to Excel, Access, or other external applications. Plus calculate confidence intervals at the click of a button.
ExtendSim OR	Imagine That Inc.	Adds message-based DE architecture & capabilities to a powerful simulation engine to track & analyze varying entity behavior.	Mfg & business modeling, healthcare, supply chain, transportation, communication, logistics, lean, six sigma, cost analysis	Windows XP, Vista, 7, 8, 2000 or better; Macintosh OS X 10.4-10.6		y	Excel, Access, SQL Server, MySQL, Stat:Fit, Proof Animation	y	Excel, Access, SQL Server, MySQL, or any other program that supports Microsofts Component Object Model (COM)	y	y	y	y	y	y	35 built-in distributions.	y	Customize which data is collected and how you would like it reported using built-in databases, graphs, tables, or export to Excel, Access, or other external applications. Plus calculate confidence intervals at the click of a button.
ExtendSim Suite	Imagine That Inc.	Professional 3D modeling of continuous, DE, and discrete rate processes. Create impressive presentations for upper management	Traffic and transportation systems, emergency rooms, production lines, customer flow, defense, ports, management presentation	Windows XP, Vista, 7, 8, 2000 or better; Macintosh OS X 10.4-10.6		y	Excel, Access, SQL Server, MySQL, Stat:Fit, JMP, Proof Animation	y	Excel, Access, SQL Server, MySQL, or any other program that supports Microsofts Component Object Model (COM)	y	y	y	y	y	y	35 built-in distributions and ExtendSim Suite includes Stat:Fit from Geer Mountain Software.	y	Customize which data is collected and how you would like it reported using built-in databases, quantiles, maximum & minimum, graphs, tables, or export to Excel, Access, or other external applications. Plus calculate confidence intervals at the click of a button.

Figura 61 – Parte A2 do Survey

Software	Batch run or experimental design	(Specify)	Optimization	(Specify)	Code reuse (e.g., objects, templates)	Model Packaging (e.g., can completed model be shared)	Tools to support packaging (Specify)	Does this feature cost extra?	Cost Allocation/Co-sting	Mixed Discrete/Continuous Modeling (Levels, Flows, etc.)	Animation	Real-time viewing	Export animation (e.g., MPEG version that can run independent of simulation for presentation)
Enterprise Dynamics 9	y	Scenario Manager, Experiment Wizard	y	OptQuest, ISSOP	y	y	Free viewer license		y	y	y	y	y
Enterprise Portfolio Simulator (EPS)	y	Unlimited scenarios can be predefined to experiment on parameters	y	Via experiments and running simulation scenarios	y	y	Not required	n/a	y				
ExtendSim AT	y	Scenario Manager varies model inputs so experiments can be run on models and outcomes projected. Includes built-in interface to JMP and Minitab.	y	An open source evolutionary optimizer is included in all versions of ExtendSim.	y	y	Use the ExtendSim Demo to open, view, and run models built by others. Analyze results, then change parameters for further analysis. In addition, the Demo allows you to build small models.	No. The ExtendSim Demo is a free download from www.SimulationDemo.com .	y	y	y	y	
ExtendSim OR	y	Automated execution of different scenarios is supported.	y	An open source evolutionary optimizer is included in all versions of ExtendSim.	y	y	Use the ExtendSim Demo to open, view, and run models built by others. Analyze results, then change parameters for further analysis. In addition, the Demo allows you to build small models.	No. The ExtendSim Demo is a free download from www.SimulationDemo.com .	y	y	y	y	
ExtendSim Suite	y	Scenario Manager varies model inputs so experiments can be run on models and outcomes projected. Includes built-in interface to JMP and Minitab.	y	An open source evolutionary optimizer is included in all versions of ExtendSim.	y	y	Use the ExtendSim Demo to open, view, and run models built by others. Analyze results, then change parameters for further analysis. In addition, the Demo allows you to build small models.	No. The ExtendSim Demo is a free download from www.SimulationDemo.com .	y	y	y	y	

Figura 62 – Parte B2 do Survey

Software	Compatible animation software	3D Animation	Import CAD drawings	User Support/Hotline	User group or discussion area	Training Courses	On site Training	Consulting Available	Standard	Student Version	Major new features (since 2011)	Vendor Comments
Enterprise Dynamics 9		y	y	y	y	y	y	y	call for pricing	call for pricing	Main Menu, Output Graphs, 3D Modelling, Easy library customization, New object packages, CityGML &	Enterprise Dynamics 9 comes with free library packages for application in a wide range of markets
Enterprise Portfolio Simulator (EPS)				y	y	y	y	y	\$49,000 for 1 to 5 seats	Complementary at this time	All Silverlight Interface; Easier, More Powerful What-If Scenario Manager; Additional	Solutions driven by ProModel Corp's VAO (Visualize, Analyze, Optimize) Technology, lead to better
ExtendSim AT	y		y	y	y	y	y	y	\$2495. Network licenses and discounts for educational use are available. ExtendSim Adopter Universities receive Academic Network Licenses at no cost and additional discounts on Student Versions.	\$100 download from the ExtendSim Store; discounts available for students. Textbook included. Research Grants are available to use the full version of ExtendSim in research projects for advanced degrees.	Flow attributes track properties of continuous flow in DE models. Hot link interactively to MS Excel for DB info exchange.	The advanced technology in ExtendSim AT succinctly conquers the modeling & analysis of complex DE and discrete rate systems.
ExtendSim OR	y		y	y	y	y	y	y	\$1795. Network licenses and discounts for educational use are available. ExtendSim Adopter Universities receive Academic Network Licenses at no cost and additional discounts on Student Versions.	\$100 download from the ExtendSim Store; discounts available for students. Textbook included. Research Grants are available to use the full version of ExtendSim in research projects for advanced degrees.	Item Logging tracks items & their states throughout a model. Templates for common modeling situations speed up model building	Graphical, interactive, robust, simulation package for analyzing & optimizing discrete event & continuous processes & systems
ExtendSim Suite	y	y	y	y	y	y	y	y	\$4995. Network licenses and discounts for educational use are available. ExtendSim Adopter Universities receive Academic Network Licenses at no cost and additional discounts on Student Versions.	\$100 download from the ExtendSim Store; discounts available for students. Textbook included. Research Grants are available to use the full version of ExtendSim in research projects for advanced degrees.	Built-in import/export of external databases with ADO Database support. Statistics DB Report consolidates final output values	Adds 3D animation technology to ExtendSim AT, providing a realistic three-dimensional representation of the models world.

Figura 63 – Parte C2 do Survey

Software	Vendor	Typical Applications of the software	Primary Markets for which the software is applied	Operating Systems	Can the software use a multiprocessor CPU if available?	Can the software utilize other software to perform specialized functions?	If so, name which software:	Can the software be controlled or run by an external program?	Which software can control or run the product?	Can the software be customized by user using model primitives or programming languages?	Does the software provide the ability to monitor how the CPU cycles are used during execution of a model?	Graphical model construction (icon or drag-and-drop)	Model building using programming / access to programmed modules	Run time debug	Input Distribution Fitting	(Specify)	Output Analysis Support	(Specify)
FlexSim	FlexSim Software Products, Inc.	Simulation and modeling of any process, with the purpose of analyzing, understanding	Manufacturing, packaging, warehousing, material handling, supply chain, logistics,	Windows XP, Vista, 7, and 8	y	y	Excel, database software, C++ applications	y	OLE, ActiveX	y		y	y	y	y	Fully integrated with ExpertFit, a distribution-fitting program.	y	FlexSim Chart provides some output analysis. In addition, "Dashboard" widgets can be used within
FlexSim Healthcare	FlexSim Software Products, Inc.	Simulation and modeling of any healthcare process, with the purpose of analyzing, understanding, and	Healthcare, healthcare systems, architecture.	Windows XP, Vista, 7, and 8	y	y	Excel, database software, C++ applications	y	OLE	y		y	y	y	y	Fully integrated with ExpertFit, a distribution-fitting program.	y	Dashboard widgets can be used within FlexSim Healthcare to provide analysis.
Fluid Flow Simulator Fluids6	Stanislaw Raczynski	Computational fluid dynamics	Engineering, research, academic, scientific	PC, Windows	y						y	y	n					
ForeTell-DSS	DecisionPath, Inc.	scenario-based "what-if" simulations of critical business/government decisions	Government, Life Sciences, Financial Services	Windows, MacOS, Linux										y	y	built-in curve fitting utility for plotting data points	y	XML, CSV output formats, built-in report generators, menu I/F to JFreeChart for graphic plots
GoldSim	GoldSim Technology Group	engineering risk analysis, strategic planning, system design and reliability, water resource management, waste management	environmental engineering, mining, water resources, energy, nuclear, waste management	Windows Vista, Windows 7, Windows 8	y	y	any software that can be compiled as a DLL			y	y	y	y				y	sensitivity and uncertainty analysis
GPSS/H	Wolverine Software	General Purpose discrete-event simulation applications	Queueing models of modest-to-medium size	Windows		y	Calls user-provided DLLs	y	Command-line launch and launch from other programs									
Integrated Performance Modelling Environment (IPME)	Alon Science	human performance modeling, workload modeling, trade-off analysis	manufacturing, defense, nuclear, air traffic control, other commercial applications	Windows 7 or RedHat Enterprise Linux	y									y			y	Built-in execution report viewer

Figura 64 – Parte A3 do Survey

Software	Batch run or experimental design	(Specify)	Optimization	(Specify)	Code reuse (e.g., objects, templates)	Model Packaging (e.g., can completed model be shared)	Tools to support packaging (Specify)	Does this feature cost extra?	Cost Allocation/Co-sting	Mixed Discrete/Continuous Modelling (Levels, Flows, etc.)	Animation	Real-time viewing	Export animation (e.g., MPEG version that can run independent of simulation for presentation)
FlexSim	y	An experimentation engine is built into the software.	y	An optimization engine, powered by OptQuest, is available as an add-on.	y	y	The trial version of FlexSim is capable of running any simulation model built with FlexSim.	n	y	y	y	y	y
FlexSim Healthcare	y	An experimentation engine is built into the software.	y	An optimization engine, powered by OptQuest, is available as an add-on.	y	y	The trial version of FlexSim Healthcare is capable of running any simulation model built with FlexSim Healthcare.	n	y		y	y	y
Fluid Flow Simulator Fluids6											y	y	
ForeTell-DSS	y	built-in (batch) Monte Carlo simulation	y	solution-specific	y	y	Solutions can be deployed via desktop or Web-based modes	Yes, via a subscription licensing agreement					
GoldSim	y	batch runs	y	global optimization of complex dynamic systems	y	y	comes with software	n	y	y	y		
GPSS/H													
Integrated Performance Modelling Environment (IPME)	y	experimental design			y	y	IPME generates a stand alone executable file to distribute.	n	y		y	y	

Figura 65 – Parte B3 do Survey

Software	Compatible animation software	3D Animation	Import CAD drawings	User Support/Hotline	User group or discussion area	Training Courses	On site Training	Consulting Available	Standard	Student Version	Major new features (since 2011)	Vendor Comments
FlexSim		y	y	y	y	y	y	y	\$20,000	\$100	Multithreaded processing, introduction of "Dashboard" for analysis, enhanced visuals, improved	FlexSim is committed to help answer questions relating to any process in the most intuitive, easy-to-use interface
FlexSim Healthcare		y	y	y	y	y	y	y	\$16,000 to \$20,000	\$100	Multithreaded processing, overhauled Dashboard for improved analysis, enhanced visuals, and an improved interface.	FlexSim Healthcare is committed to aid the healthcare industry in the most intuitive, easy-to-use interface possible.
Fluid Flow Simulator Fluids6			y	y				y	US \$ 80		Multiprocessing, up to 8 CPU processors, improved 3D duct editor	
ForeTell-DSS				y		y	y	y	Contact DecisionPath	Contact DecisionPath	Web-based solution deployment model	DecisionPath generally develops custom decision models and deploys them to clients
GoldSim				y	y	y	y	y	\$3,950	free	scenario analysis, new result processing, new time stepping features	Used for high-profile projects such as large scale water resource planning and evaluating safety of nuclear facilities.
GPSS/H									Commercial Version: \$4000	Free	Legacy Software	
Integrated Performance Modelling Environment (IPME)				y		y	y	y	\$9,500 US government, multi license, and university discounts available	\$100 US	Scenario goal selection: minimize cost, minimize crew size or balance utilization	

Figura 66 – Parte C3 do Survey

Software	Vendor	Typical Applications of the software	Primary Markets for which the software is applied	Operating Systems	Can the software use a multiprocessing or CPU if available?	Can the software utilize other software to perform specialized functions?	If so, name which software:	Can the software be controlled or run by an external program?	Which software can control or run the product?	Can the software be customized by user using model primitives or programming languages?	Does the software provide the ability to monitor how the CPU cycles are used during execution of a model?	Graphical model construction (icon or drag-and-drop)	Model building using programming / access to programmed modules	Run time debug	Input Distribution Fitting	(Specify)	Output Analysis Support	(Specify)
MedModel Optimization Suite	ProModel Corporation	Design, plan, evaluate and improve processes of hospitals, clinics, and other healthcare systems to optimize performance	Hospitals, Clinics, Healthcare Systems, Medical Device Manufacturing and Sales	Windows 8, 7, Vista, XP	y	y	Excel, Access, C++	y	Excel, Access, C++, C#, VB.NET, VBA	y				y	y	15 predefined distributions, plus distribution fitting using Stat:Fit software included	y	Output analysis reports and charts included. Also outputs to Excel, Access and Minitab for analysis.
Micro Saint Sharp	Alion Science and Technology	General purpose-Process improvement/optimization, cost justification, lean implementations, human/system performance.	Healthcare, Human Performance, Supply Chains, Manufacturing, Defense, Marketing, Finance, Energy, Education, Transportation	Windows Server 2008, Windows XP, Windows Vista, Windows 7, Windows 8 (Operating systems must support the Microsoft .NET Framework 4.0)	y	y	Excel, Visio, Visual Studio	y	SharpTalk360, command line	y				y			y	Automatic path, task, resource and queue data collection. Statistics calculations. Built-in charting and histogram capabilities. Task timeline display.
Oracle Crystal Ball Suite	Oracle Corporation	Spreadsheet-based Monte Carlo simulation, optimization, and time-series forecasting	Business, financial, energy, pharmaceutical, healthcare, defense, manufacturing, education, telecommunication	Windows	y			y	Excel, or any software that supports OOM/OLE	y		n	n	y	y	15 continuous and 7 discrete predefined distributions with statistical fitting	y	Output analysis includes charts, tables, reports and output to Excel
Patent Flow Simulator	ProModel Corporation	Strategic High Level Patient Flow and Bed Management	Healthcare	Windows 8, 7, Vista, XP	y	y	Excel	y	Excel					y	y	15 predefined distributions, plus distribution fitting using Stat:Fit software included	y	Output analysis reports and charts included. Also outputs in Excel
Pedestrian Dynamics	INCONTROL Simulation Solutions	Simulation of pedestrians in large infrastructures	Stadiums, Railway Stations, Airports, Vessels, Commercial Infrastructures, Urban Planning	Windows XP, Vista, 7, 8	y	y	Microsoft Office, ECM, ArcGIS	y	Various software, Pedestrian Dynamics supports ActiveX	y	y	y	y	y	y	Autofit	y	Result Manager

Figura 67 – Parte A4 do Survey

Software	Batch run or experimental design	(Specify)	Optimization	(Specify)	Code reuse (e.g., objects, templates)	Model Packaging (e.g., can completed model be shared)	Tools to support packaging (Specify)	Does this feature cost extra?	Cost Allocation/ Costing	Mixed Discrete/Continuous Modeling (Levels, Flows, etc.)	Animation	Real-time viewing	Export animation (e.g., MPEG version that can run independent of simulation for presentation)
MedModel Optimization Suite	y	Unlimited scenarios can be predefined to experiment on parameters	y	Optimization available using SimRunner which is included	y	y	ProModel Silver Run Time	n	y	y	y	y	
Micro Saint Sharp	y	Built-in ability to specify number of runs and experimenter capability.	y	OptQuest	y	y	Yes, there is a built-in runtime version export capability	n	y	y	y	y	
Oracle Crystal Ball Suite	y	Full batch control through VBA or other software supporting COM/OLE	y	OptQuest		y	Runtime version of Crystal Ball	n					
Patient Flow Simulator	y	Scenarios can be predefined to experiment on parameters	y	Via experiments and running simulation scenarios	y	y	ProModel Silver Run Time	n	y		y	y	
Pedestrian Dynamics	y	Scenario Manager, Experiment Wizard			y	y	Free viewer license	Call for pricing			y	y	y

Figura 68 – Parte B4 do Survey

Software	Compatible animation software	3D Animation	Import CAD drawings	User Support/Hotline	User group or discussion area	Training Courses	On site Training	Consulting Available	Standard	Student Version	Major new features (since 2011)	Vendor Comments
MedModel Optimization Suite		y	y	y	y	y	y	y	\$21,500	\$30	.Net Output Viewer;Resource Shift Carryover & Calendar Schedule;Resource Usage Time Series Chart;6 Sigma Analysis in Min	Solutions driven by ProModel's VAO (Visualize, Analyze, Optimize) Technology, lead to better decisions - faster
Micro Saint Sharp	y	y	y	y	y	y	y	y	Please contact us for pricing. Versions and functionality are available to meet your needs.	\$50	Free runtime distribution, Integration with version control systems, Enhanced grid editor, Clear cache, Support for Windows 8	Micro Saint Sharp has the power, flexibility, speed, ease of use, and interoperability to meet any simulation need!
Oracle Crystal Ball Suite				y	y	y	y	y	Professional: \$995. Optimizer and Extreme Speed: \$1,995	Special classroom package, contact vendor	Many GUI updates, new correlation and tornado analysis tools, 64-bit & Excel 2013 versions, ARIMA, more languages	Standard-setting spreadsheet risk analysis and forecasting package with modern interface for Excel users
Patient Flow Simulator				y	y	y	y	y	custom pricing	n/a	New Solution	Solutions driven by ProModel's VAO (Visualize, Analyze, Optimize) Technology, lead to better decisions - faster
Pedestrian Dynamics		y	y	y	y	y	y	y	call for pricing	call for pricing	Automatic ECM network creation, arcGIS capabilities, CityGML import, 3D modelling	Pedestrian Dynamics is a new software product. It enables quick & easy modeling of large crowds within large infrastructures.

Figura 69 – Parte C4 do Survey

Software	Vendor	Typical Applications of the software	Primary Markets: for which the software is applied	Operating Systems	Can the software use a multiprocessor CPU if available?	Can the software utilize other software to perform specialized functions?	If so, name which software:	Can the software be controlled or run by an external program?	Which software can control or run the product?	Can the software be customized by user using model primitives or programming languages?	Does the software provide the ability to monitor how the CPU cycles are used during execution of a model?	Graphical model construction (icon or drag-and-drop)	Model building using programming / access to programmed modules	Run time debug	Input Distribution Fitting	(Specify)	Output Analysis Support	(Specify)
Portfolio Simulator	ProModel Corporation	Simulation and optimization analysis of multiple, simultaneous project/product plans across one or more portfolios of projects	Project & Portfolio Planning; Strategic Resource Capacity Planning; Product Development; R&D; Project Selection & Prioritization	Windows 8, 7, Vista, XP	y	y	Microsoft Project Server and Microsoft Project	y							y	15 predefined distributions, plus distribution fitting using Stat:Fit software included	y	Output analysis reports and charts included. Also outputs in Excel
Process Simulator	ProModel Corporation	Lean, SixSigma, value stream mapping, process mapping, flow chart simulation, continuous process improvement	All	Windows 8, 7, Vista, XP. Also needs MS Visio 2003 or 2007 or 2010	y	y	Visio, Excel	y	Visio					y	y	15 predefined distributions, plus distribution fitting using Stat:Fit software included	y	Output analysis reports and charts included. Also outputs in Excel and Minitab for analysis
Project Simulator	ProModel Corporation	Enables project managers to more accurately predict outcomes of their project plans	Anyone who uses Microsoft Project	Windows 8, 7, Vista, XP	y	y	Microsoft Project	y	Microsoft Project						y	15 predefined distributions, plus distribution fitting using Stat:Fit software (additional)	y	Output analysis reports and charts included. Also outputs to MS Project for analysis.
ProModel Optimization Suite	ProModel Corporation	Lean, SixSigma, capacity planning, cost analysis, process modeling, cycle time reduction, throughput optimization and more	Manufacturing and logistics, pharmaceutical, defense	Windows 8, 7, Vista, XP	y	y	Excel, Access, C++	y	Excel, Access, C++, C#, VB.NET, VBA	y	y			y	y	15 predefined distributions, plus distribution fitting using Stat:Fit software included	y	Output analysis reports and charts included. Also outputs in Excel and Minitab for analysis

Figura 70 – Parte A5 do Survey

Software	Batch run or experimental design	(Specify)	Optimization	(Specify)	Code reuse (e.g., objects, templates)	Model Packaging (e.g., can completed model be shared)	Tools to support packaging (Specify)	Does this feature cost extra?	Cost Allocation/ Costing	Mixed Discrete/Continuous Modeling (Levels, Flows, etc.)	Animation	Real-time viewing	Export animation (e.g., MPEG version that can run independent of simulation for presentation)
Portfolio Simulator	y	Unlimited scenarios can be predefined to experiment on parameters	y	Mathematical Optimization Capability built into the tool	y	y	Trial Version of Portfolio Simulator	n	y				
Process Simulator	y	Unlimited scenarios can be predefined to experiment on parameters	y	Via experiments and running simulation scenarios	y	y	Process Simulator Lite	n	y		y	y	
Project Simulator	y	Unlimited scenarios can be predefined to experiment on parameters	y	Via experiments and running simulation scenarios	y	y	Project Simulator trial version	n	y				
ProModel Optimization Suite	y	Unlimited scenarios can be predefined to experiment on parameters	y	Optimization available using SimRunner which is included	y	y	ProModel Silver Run Time	n	y	y	y	y	

Figura 71 – Parte B5 do Survey

Software	Compatible animation software	3D Animation	Import CAD drawings	User Support/Hotline	User group or discussion area	Training Courses	On site Training	Consulting Available	Standard	Student Version	Major new features (since 2011)	Vendor Comments
Portfolio Simulator				y	y	y	y	y	\$29,000	n/a	Optimization; Better Integration with Microsoft Project Server; Additional Modeling Capability	Solutions driven by Portfolio Simulator VAO (Visualize, Analyze, Optimize) Technology, lead to better decisions - faster
Process Simulator			y	y	y	y	y	y	\$4,200	Process Simulator Lite - Free Download	Visio 2013 Integration; New.Net Output Viewer; Percentage Routes in Scenarios; Attach by Attribute and Time Limit;	Solutions driven by Process Simulator VAO (Visualize, Analyze, Optimize) Technology, lead to better decisions, faster
Project Simulator				y	y	y	y	y	\$975	n/a	Better Integration with MS Project	Solutions driven by Project Simulator VAO (Visualize, Analyze, Optimize) Technology, lead to better decisions - faster
ProModel Optimization Suite		y	y	y	y	y	y	y	\$21,500	\$30	.Net Output Viewer; Resource Shift Carryover & Calendar Schedule; Resource Usage Time Series Chart;6 Sigma Analysis in Minitab	Solutions driven by ProModel's VAO (Visualize, Analyze, Optimize) Technology, lead to better decisions - faster

Figura 72 – Parte C5 do Survey

Software	Vendor	Typical Applications of the software	Primary Markets for which the software is applied	Operating Systems	Can the software use a multiprocessor CPU if available?	Can the software utilize other software to perform specialized functions?	If so, name which software:	Can the software be controlled or run by an external program?	Which software can control or run the product?	Can the software be customized by user using model primitives or programming languages?	Does the software provide the ability to monitor how the CPU cycles are used during execution of a model?	Graphical model construction (icon or drag-and-drop)	Model building using programming / access to programmed modules	Run time debug	Input Distribution Fitting	(Specify)	Output Analysis Support	(Specify)
Proof Animation - P3D (3D) & P5 (2D)	Wolverine Software	High-end 2D and 3D animation of discrete-event simulations	Logistics, transportation, material flow, manufacturing	Windows					Command-line launch and launch from other programs		y			y				
SAS Simulation Studio	SAS	Discrete event simulation: supply chains, resource management, capacity planning, flow analysis, cost analysis, more.	Manufacturing, banking, pharmaceutical, health care, energy, government agencies, retail, insurance, transportation, etc.	Windows 8, 7, Vista, XP		y	JMP software, other SAS products	y	SAS, Java			y	n	y	y	Available via integration with JMP software.	y	Steady-state analysis included. Other output analysis available via SAS products, JMP software.
Service Model Optimization Suite	ProModel Corporation	Design, plan, evaluate and improve service industry systems such as Financial Services, Logistics, Business Re-Engineering	Financial Services, Logistics, Transportation, Food & Hotel Services, Entertainment, and Other Service Industries	Windows 8, 7, Vista, XP	y	y	Excel, Access, C++	y	Excel, Access, C++, C#, VB.NET, VBA	y				y	y	15 predefined distributions, plus distribution fitting using Stat:Fit software included	y	Output analysis reports and charts included. Also outputs in Excel and Minitab for analysis
Simio Design/Team	Simio LLC	Ideal product for professional modelers and researchers. Powerful OO modeling and integrated 3D animation for rapid modeling.	Aerospace, Health Care, Logistics, Defense, Mining, Pharma, Foods, Airports, Transportation, Automotive, Electronics	Windows XP, Vista, Win7, Win8	y	y	Direct links to spreadsheets and databases. Tightly integrated add-on capability. OptQuest, ExpertFit, Stat:Fit. Others via .NET interface.	y	Using any of over 60 .NET languages and tightly integrated add-on capability.	y	y	y	y	y	y	Both ExpertFit and Stat:Fit have custom support for Simio	y	MORE Plots for risk analysis, comprehensive data in pivot tables, export summary or details to external packages

Figura 73 – Parte A6 do Survey

Software	Batch run or experimental design	(Specify)	Optimization	(Specify)	Code reuse (e.g., objects, templates)	Model Packaging (e.g., can completed model be shared)	Tools to support packaging (Specify)	Does this feature cost extra?	Cost Allocation/Co-sting	Mixed Discrete/Continuous Modeling (Levels, Flows, etc.)	Animation	Real-time viewing	Export animation (e.g., MPEG version that can run independent of simulation for presentation)
Proof Animation - P3D (3D) & P5 (2D)											y	y	y
SAS Simulation Studio	y	Available via integration with JMP software; automated experimental design.	y	Available via data transfer to SAS/OR.	y				y		y	y	
Service Model Optimization Suite	y	Unlimited scenarios can be predefined to experiment on parameters	y	Optimization available using SimRunner which is included	y	y	ProModel Silver Run Time	n	y	y	y	y	
Simio Design/Team	y	Run manual scenarios with multiple replications. Concurrent full use of all processors. Built-in ranking and selection. Distribute runs across workgroup with no extra licenses (Team).		OptQuest (option) takes full advantage of all processors. Featuring Multi-Objective and Pattern Frontier optimization.	y	y	Requires Team Edition or above to package model.	Unlimited free distribution	y	y	y	y	y

Figura 74 – Parte B6 do Survey

Software	Compatible animation software	3D Animation	Import CAD drawings	User Support/Hotline	User group or discussion area	Training Courses	On site Training	Consulting Available	Standard	Student Version	Major new features (since 2011)	Vendor Comments
Proof Animation - P3D (3D) & P5 (2D)		y	y						Full Commercial versions: P3D: \$2,500, P5:	Free		Can be run in post-processed mode or concurrently (via DLL library calls) from nearly all
SAS Simulation Studio				y	y	y	y	y	Call	Call; included with JMP Academic Suite	Large model and large experiment support, search facility, multi-level modeling with submodels, selective animation.	Included with SAS/OR, available as add-on to JMP. Close integration with SAS and JMP analytical capabilities.
Service Model Optimization Suite		y	y	y	y	y	y	y	\$21,500	\$30	.Net Output Viewer; Resource Shift Carryover & Calendar Schedule; Resource Usage Time Series Chart; 6 Sigma Analysis in MT	Solutions driven by ProModel's VAO (Visualize, Analyze, Optimize) Technology, lead to better decisions - faster
Simio Design/Team	y	y	y	y	y	y	y	y	\$11,900 including 3D animation.	No-cost grant to universities, \$25 for students, Free limited eval/training version.	See http://www.simio.com/resources/release-notes/ for a comprehensive list. Our list of recent developments is incredible!	Latest architecture, designed by the Dr. C. Dennis Pegden team, takes Flexibility and Rapid Modeling to new levels.

Figura 75 – Parte C6 do Survey

Software	Vendor	Typical Applications of the software	Primary Markets for which the software is applied	Operating Systems	Can the software use a multiprocessor CPU if available?	Can the software utilize other software to perform specialized functions?	If so, name which software:	Can the software be controlled or run by an external program?	Which software can control or run the product?	Can the software be customized by user using model primitives or programming languages?	Does the software provide the ability to monitor how the CPU cycles are used during execution of a model?	Graphical model construction (icon or drag-and-drop)	Model building using programming / access to programmed modules	Run time debug	Input Distribution Fitting	(Specify)	Output Analysis Support	(Specify)
Simio Enterprise	Simio LLC	Increase your model lifecycle – single tool builds Design models and extends to Risk-based Planning, and Scheduling.	Aerospace, Health Care, Logistics, Defense, Mining, Pharma, Foods, Airports, Transportation, Automotive, Electronics	Windows XP, Vista, Win7, Win8	y	y	Direct links to spreadsheets and databases. Tightly integrated add-on capability. OptQuest, ExpertFit, Stat:Fit. Others via .NET interface.	y	Using any of over 60 .NET languages and tightly integrated add-on capability.	y	y	y	y	y	y	Both ExpertFit and Stat:Fit have custom support for Simio	y	MORE Plots for risk analysis, comprehensive data in pivot tables, export summary or details to external packages
Simio Express	Simio LLC	Powerful, fully functional object-based modeling with integrated 3D animation providing both a fast start and rapid modeling.	Aerospace, Health Care, Logistics, Defense, Mining, Pharma, Foods, Airports, Transportation, Automotive, Electronics	Windows XP, Vista, Win7, Win8	y	y	Direct links to spreadsheets and databases. Tightly integrated add-on capability. OptQuest, ExpertFit, Stat:Fit. Others via .NET interface.	y	Using any of over 60 .NET languages and tightly integrated add-on capability.	y	y	y	y	y	y	Both ExpertFit and Stat:Fit have custom support for Simio	y	MORE Plots for risk analysis, comprehensive data in pivot tables, export summary or details to external packages
SIMPROCES S	CACI	Business Process Improvement, Process Management, Predictive Analytics	Government, Commercial, Education	Windows XP, Vista, 7, or Server 2003; Linux LSB 3.0 or higher		y		y		y		y	n		y	Model Fit	y	can be directed to files, databases, spreadsheets
SIMSCRIPT III	CACI	High-fidelity discrete-event modeling and simulation applications	Military simulations, Air traffic control simulations, war gaming, transportation, networks analysis, logistics	32-bit and 64-bit Windows 7, Linux, Solaris	y	y	OpenGL, Java, C++	y	any program written in C++.	y	y	y	y	y	y	SIMSCRIPT statements	y	SIMSCRIPT report generation

Figura 76 – Parte A7 do Survey

Software	Batch run or experimental design	(Specify)	Optimization	(Specify)	Code reuse (e.g., objects, templates)	Model Packaging (e.g., can completed model be shared)	Tools to support packaging (Specify)	Does this feature cost extra?	Cost Allocation/ Costing	Mixed Discrete/Continuous Modeling (Levels, Flows, etc.)	Animation	Real-time viewing	Export animation (e.g., MPEG version that can run independent of simulation for presentation)
Simio Enterprise	y	Run manual scenarios with multiple replications. Concurrent full use of all processors. Built-in ranking and selection. Distribute runs across workgroup with no extra licenses.		OptQuest (option) takes full advantage of all processors. Featuring Multi-Objective and Pattern Frontier optimization.	y	y	Included.	Unlimited free distribution. Scheduling models may be deployed with optional Scheduling Edition.	y	y	y	y	y
Simio Express	y	Run manual scenarios with multiple replications. Concurrent full use of all processors. Built-in ranking and selection.		OptQuest (option) takes full advantage of all processors. Featuring Multi-Objective and Pattern Frontier optimization.	y	y	Requires Team Edition or above to package model.	Unlimited free distribution.	y	y	y	y	y
SIMPROCESS	y	Experiment manager allows DOE and batch runs of experiment	y	OptQuest	y	y	model bundles can be created and extracted	n	y		y	y	
SIMSCRIPT III	y	simscrip models can run using scripts	y	there are several optimization levels	y	y	SIMSCRIPT III modules are shareable	n		y	y	y	y

Figura 77 – Parte B7 do Survey

Software	Compatible animation software	3D Animation	Import CAD drawings	User Support/Hotline	User group or discussion area	Training Courses	On site Training	Consulting Available	Standard	Student Version	Major new features (since 2011)	Vendor Comments
Simio Enterprise	y	y	y	y	y	y	y	y	Call for pricing	No-cost grant to universities, \$25 for students, Free limited eval/training version	See http://www.simio.com/resources/release-notes/ for a comprehensive list. Our list of recent developments is incredible!	Extends Simio's leadership in Flexibility and Rapid Modeling to Risk-Based Planning and Scheduling
Simio Express	y	y	y	y	y	y	y	y	\$4850 including 3D animation.	See Simio Design/Team Edition	See http://www.simio.com/resources/release-notes/ for a comprehensive list. Our list of recent developments is incredible!	Simio features the latest architecture, designed by the Dr. C. Dennis Pegden team who created many market leaders.
SIMPROCESS				y	y	y	y	y			simprocess.com/products/products_features.html	SIMPROCESS specializes in data connectivity, real-time decision support, and predictive analytics.
SIMSCRIPT III	y	y	y	y		y	y	y	commercial license \$30K, Academic license \$3K	free of charge	Business Rules Interpreter for logistic simulations, Checkpoint/Restart for 64-bit Windows platform	The package has IDE SimStudio for automatic model building and execution, and imbedded statistical package

Figura 78 – Parte C7 do Survey

Software	Vendor	Typical Applications of the software	Primary Markets for which the software is applied	Operating Systems	Can the software use a multiprocessor CPU if available?	Can the software utilize other software to perform specialized functions?	If so, name which software:	Can the software be controlled or run by an external program?	Which software can control or run the product?	Can the software be customized by user using model primitives or programming languages?	Does the software provide the ability to monitor how the CPU cycles are used during execution of a model?	Graphical model construction (icon or drag-and-drop)	Model building using programming / access to programmed modules	Run time debug	Input Distribution Fitting	(Specify)	Output Analysis Support	(Specify)
SIMUL8 Professional	SIMUL8 Corporation	Lean, Assembly Line, Strategic planning, Operations, BPMN, Line Balancing, Healthcare Systems, Shared Services, Capacity Plan	Manufacturing, Healthcare, Education, Supply Chain, Logistics, Business, BPMN, Lean, Government, Back Office, Contact Centers	Microsoft Windows	y	y	Microsoft Excel, Stat::Fit, OptQuest, SQL Databases, any custom dll	y	Microsoft Excel, Any COM enabled IDE, Web services	y		y	y	y	y	Custom options within software and Stat::Fit	y	Custom options within software and ability to export to numerous packages automatically Excel, Minitab etc.
SLIM	MJC2	Simulation & modeling of logistics networks and supply chains	Logistics, manufacturing, transport	Most supported	y						y	y	n	y	y		y	
SLX	Wolverine Software	High-end applications for which off-the-shelf software does not exist.	Logistics, transportation, material handling, telecommunications	Windows	y	y	Any software in DLL form, e.g., C++ code	y	Command-line launch and launch from other programs	y	y			y				
Stat::Fit	Geer Mountain Software Corp.	Statistically fits to your data the most useful analytical distribution and exports into specific forms for simulation.	Simulation and Modeling, Risk Assessment, Reliability, Quality, Engineering and Financial Management	PC/Windows		y	ExtendSim, ProModel, Simu8, ProcessModel					n	n		y	32 distributions. Auto::Fit capability. Exports into specific forms for simulation software.		
TARGIT Decision Suite 2013	TARGIT	Analytics and Reporting on datasets with fewest possible clicks, integrates with SQL Server, HADOOP, Google BigQuery	Business Intelligence, Analytics and reporting across all industries	Windows x64, x86	y	y	R, .NET	y	.NET platforms	y	y	y	n					
Vanguard Business Analytics Suite	Vanguard Software	Strategic Forecasting, Financial Analysis, Cost Modeling, R&D Pipeline Modeling, Portfolio Analysis, Risk Analysis	All	Windows	y	y	Any (via Web Services); Direct links to spreadsheets	y	Any (via Web Services)	y				y		Fit Distribution Wizard	y	PDF/CDF, Summary Statistics, Time-based, Sensitivity Analysis
Vanguard System	Vanguard Software	Strategic Forecasting, Financial Analysis, Cost Modeling, R&D Pipeline Modeling, Portfolio Analysis, Risk Analysis	All	Windows for Vanguard Server; Any for Web-based users	y	y	Excel, Extend, Analytica, R Project, other Discrete Event Sims	y	Any (via Web Services)	y	y			y	y	Fit Distribution Wizard	y	PDF/CDF, Summary Statistics, Time-based, Sensitivity Analysis

Figura 79 – Parte A8 do Survey

Software	Batch run or experimental design	(Specify)	Optimization	(Specify)	Code reuse (e.g., objects, templates)	Model Packaging (e.g., can completed model be shared)	Tools to support packaging (Specify)	Does this feature cost extra?	Cost Allocation/ Costing	Mixed Discrete/ Continuous Modeling (Levels, Flows, etc.)	Animation	Real-time viewing	Export animation (e.g., MPEG version that can run independent of simulation for presentation)
SIMUL8 Professional	y	Multiple Replications and Scenario Management	y	OptQuest	y	y	SIMUL8 Viewer and SIMUL8 Web	n	y	y	y	y	
SLIM	y		y						y	y	y	y	y
SLX	y	Integrated run control in the base language			y	y	Generates RTS (Run-Time SLX) files	Users require run-time licenses (discounted)					
Stat:Fit													
TARGIT Decision Suite 2013						y						y	y
Vanguard Business Analytics Suite			y	linear program (LP) optimization, integer program (IP) optimization, non-linear, single value optimization	y	y	Yes - model publication is web-based	y	y		y		
Vanguard System			y	linear program (LP) optimization, integer program (IP) optimization, non-linear, single value optimization, and stochastic optimization.	y	y	Web-based publishing of models available	y			y	y	

Figura 80 – Parte B8 do Survey

Software	Compatible animation software	3D Animation	Import CAD drawings	User Support/Hotline	User group or discussion area	Training Courses	On site Training	Consulting Available	Standard	Student Version	Major new features (since 2011)	Vendor Comments
SIMUL8 Professional		y	y	y	y	y	y	y	\$4,995	Free	State Charts, Extended Data Visualization, Automated Excel input & export, BPMN, Value Stream Maps, Visual	
SLIM		y		y		y	y	y	POA	Not available	Multimodal logistics, integrated yard simulation	Configurable simulation & optimization solution for large, complex networks
SLX					y			y	Full commercial version: \$6,000		Additional support of C++-like capabilities, ODBC interface, improved extensibility	Offers tightly integrated support of Wolverine's Proof Animation products
Stat::Fit				y				y	\$289	free		
TARGIT Decision Suite 2013				y	y	y	y	y	Varies by user count and functionality, base package w integration to existing	Yes, by request	In/out-object definition, full 64bit support, TARGIT Xbone in-memory	
Vanguard Business Analytics Suite				y	y	y	y	y	\$3,395	15-day free trial		Also supports time-series forecasting, decision tree analysis, deterministic optimization, and more
Vanguard System	y			y	y	y	y	y	Call for pricing	Call for 15-day trail		Used an a collaborative modeling solution and/or a development solution for building Web-based analytics applications

Figura 81 – Parte C8 do Survey

REFERÊNCIAS

- Antonoaie, C., & Antonoaie, N. (2010). Computer-Based Simulation. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov*, 3 (52), 169-172.
- Axelrod, R. (2005). Advancing the art of simulation in the social sciences. In J. Rennard, *Handbook of Research on Nature Inspired Computing for Economy and Management*. Hershey, PA, USA: Idea Group.
- Azevedo, D., Vaccaro, G. L., Lima, R. C., & Silva, D. O. (2010). Um estudo de simulação computacional para a análise de perfis de aprendizagem organizacional. *Production*, 639-656.
- Baird, F. E., & Kaufmann, W. (2008). *From Plato to Derrida*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Behara, R., Derrick, C., & Hu, Q. (2007). A System Dynamics Model of Information Security Investments. *ECIS Proceedings*, (pp. 1572-1582).
- Bekey, G. A. (2003). Models and Reality: Some Reflections on the Art and Science of Simulation. In G. A. Bekey, *Modeling and simulation: Theory and Practice* (Vol. 29:5, pp. p. 161-164). New York, USA: Springer Science whit Business Media.
- Braghetto, K. R. (2011). *Técnicas de modelagem para a análise de desempenho de processos de negócio*. São Paulo.
- Brown, R. G. (July, 2011). Managing Enterprise M&S. *SCS M&S Magazine*, 2 (3), 114-121.
- By, R. T. (2007). Ready or not. *Journal of Change Management*, 7 (1), 3-11.
- Cassel, G. L., & Vaccaro, G. L. (2007). A aplicação de simulação-otimização para a definição do mix ótimo de produção de uma indústria metal-mecânica. *Anais do XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Foz do Iguaçu: ABEPRO.
- Casti, J. (1997). *Would-be worlds: how simulation is changing the world of science*. New York: Wiley.
- Chen, N., & Hong, L. J. (2007). Monte Carlo Simulation in Financial Engineering. *Winter Simulation Conference* (pp. 919-931). S. G. Henderson, B. Biller, M.-H. Hsieh, J. Shortle, J. D. Tew, and R. R. Barton, eds.
- Codling, S. (1998). *Bechmarking*. Aldershot, England: Gower.

- Davis, J. P., Eisenhardt, K. M., & Bingham, C. B. (2007). Developing Theory Through Simulation Methods. *Academy of Management Review*, 32 (2), 480-499.
- DeLone, W. H., & McLean, E. R. (1992). Information Systems Success: The Quest for the Dependent Variable. *Information Systems Research*, 3 (1), 60-95.
- DeLone, W. H., & McLean, E. R. (2002). The DeLone and McLean Model of Information Systems Success: A Ten-Year Update. *Journal of Management Information Systems*, 19 (4), 9-30.
- Department of Defense of United States of America. (2008). *Modeling and Simulation Body of Knowledge (BOK)*. (M. a. Office, Ed.) USA.
- Dias, L. S., Vik, G. B., & Oliveira, J. (2011). Discrete Simulation Tools Ranking – a Commercial Software Packages comparison based on popularity. *9th Industrial Simulation Conference*, 9(1), pp. 5-11. Venice, Italy.
- Dye, T. R. (1995). *Understanding Public Policy* (8 ed.). Englewood Cliffs, New Jersey, USA: Prentice-Hall.
- Eason, R., Rosenberger, R., Kokalis, T., Selinger, E., & Grim, P. (2007). What kind of science is simulation? *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, 19, 19-28.
- Filho, P. J. (2001). Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas – com Aplicações em Arena. In P. J. Filho, *Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas - com Aplicações em Arena* (Vol. 1, p. 322). Florianópolis: Visual Books.
- Gordon, G. (1975). *The Applications of GPSS V to Discrete Systems Simulation*. Englewood Cliffs, New Jersey, USA: Prentice Hall.
- Grace, R. (1996). *The benchmark book*. London: Prentice Hall.
- Hammersley, J. M., & Handscomb, D. C. (1964). *Monte Carlo Methods*. London: London: Methuen & Co Ltd.
- Harmon, P. (2007). *Business Process Change – A Guide for Business Managers and BPM and Six Sigma Professionals*. Burlington: Morgan Kaufmann.
- Harper, K. (1996). *Benchmarking: International Clearinghouse Plays Matchmaker for Companies That Want to Improve*. Arkansas: Arkansas Business.
- Harrison, J. R., Carley, K. M., Lin, Z., & Carroll, G. R. (2007). Simulation Modeling in Organizational and Management Research. *Academy of Management Review*, 32 (4), 1229-1245.

- Hetzel, B. (1993). *Making software measurements work: Building an effective measurement program*. Boston: QED Publishing Group.
- Hewitt, S. (2002). *Comparing Analytical and Discrete-Event Simulation Models of Manufacturing Systems*. Maryland: Institute for Systems Research.
- Hlupic, V., Irani, Z., & Paul, R. J. (1999). Evaluation Framework for Simulation Software. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 15 (5), 366-382.
- Huber, G. P., Sutcliffe, K. M., Miller, C. C., & Glick, W. H. (1995). Understanding and predicting organizational change. In G. P. Huber, & W. H. Glick, *Organizational change and redesign* (pp. 215-254). New York: Oxford University Press.
- Hurst, M. E. (1974). *A Geography of Economic Behaviour*. Englewood Cliffs, New Jersey, USA: Prentice Hall.
- (INFORMS) Institute for Operations Research and the Management Sciences. (2013). *Simulation Software Survey*. Obtido em 18 de Dezembro de 2013, de <http://www.orms-today.org/surveys/Simulation/Simulation.html>
- Kellner, M. I., Madachy, R. J., & Raffo, D. M. (1999). Software process simulation modeling; Why? What? How? (E. S. Inc., Ed.) *The Journal of Systems and Software*, 46, 91-105.
- Kenneth, A. (1987). A Method For Planning Analysis and Design Simulation of CIM Systems. *Winter Simulation Conference*, 19 (1), (pp. 715-720). Atlanta, Georgia.
- Korn, G. A., & Wait, J. V. (1978). *Digital Continuous System Simulation*. Englewood Cliffs, New Jersey, USA: Prentice Hall.
- Kwon, D., Oh, W., & Jeon, S. (2007). Broken Ties: The Impact of Organizational Restructuring on the Stability of Information-Processing Networks. *Journal of Management Information Systems*, 24, 201-231.
- Law, A. M., & Kelton, W. D. (1991). *Simulation Modeling and Analysis* (2 ed.). New York, USA: McGraw-Hill Book Company.
- Lee, A. S. (2010). Retrospect and prospect: information systems research in the last and next 25 years. *Journal of Information Technology*, 25 (4), 336-348.
- Lyons, J. B., Jordan, J., Faas, P., & Swindler, S. (2011). Organizational Development Goes Digital: Applying Simulation to Organizational Change. *Journal of Change Management*, 11 (2), 207-221.

- Macal, C. M., & North, M. J. (2008). Agent-Based Modeling and Simulation: ABMS Examples. *Winter Simulation Conference* (pp. 101-112). S. J. Mason, R. R. Hill, L. Mönch, O. Rose, T. Jefferson, J. W. Fowler eds.
- Maria, A. (1997). Introduction to Modeling and Simulation. *Winter Simulation Conference*, 29 (1), (pp. 7-13).
- McHaney, R. (1991). *Computer Simulation: A practical perspective*. New York: Academic Press.
- Naylor, T. H., Balintfy, J. L., Burdick, D. S., & Chu, K. (1966). *Computer Simulation Techniques*. New York, USA: John Wiley and Sons.
- Niazi, M., Hussain, A., Baig, A., & Bhatti, S. (2008). Simulation of the research process. *Winter Simulation Conference*, 40 (1) 1326-1334.
- Norton, S., & Suppe, F. (2001). Why atmospheric modeling is good science. In C. Miller, & P. Edwards, *Changing the Atmosphere: Expert Knowledge and Environmental Governance* (pp. 88-133).
- Ören, T. (2010). *Modeling and Simulation Body of Knowledge (M&S BoK)*. Obtido em 07 de 03 de 2014, de <http://www.site.uottawa.ca/~oren/MSBOK/defs-definitions.pdf>
- Ören, T. (2011). A Critical Review of Definitions and About 400 Types of Modeling and Simulation. *Society for Modeling & Simulation International*, 142-151.
- Padilla, J. J., Diallo, S. Y., & Tolk, A. (2011). Do We Need M&S Science? *SCS M&S Magazine*, 4 (8), 161-166.
- Porras, J. I., & Berg, P. O. (1978). The impact of organizational development. *Academy of Management Review*, 3 (2), 249-266.
- Porras, J. L., & Silvers, R. C. (1991). Organization development and transformation. *The Annual Review of Psychology*, 42 (1), 42-51.
- Raychaudhuri, S. (2008). Introduction to Monte Carlo Simulation. *Winter Simulation Conference* (pp. 91-100). S. J. Mason, R. R. Hill, L. Mönch, O. Rose, T. Jefferson, J. W. Fowler eds.
- Reynolds, C. (1987). Flocks, herds and schools: A distributed behavioral model. *Proceedings of the annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, 14 (1), 25-34.
- Shannon, R. E. (1992). Introduction to simulation. In J. J. Swain, D. Goldsman, R. C. Crain, & J. R. Wilson (Ed.), *Winter Simulation Conference*, 24 (1), 65-73.
- Sober, E. (2008). *The Routledge Companion to the Philosophy of Science*. (S. Psillos, & M. Curd, Edits.)

- Spagnoletti, P., Za, S., & Winter, R. (2013). Exploring Foundations for Using Simulations in IS Research. *Thirty Fourth International Conference on Information Systems*. Milan.
- Sterman, J. D. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. New York: Irwin McGraw-Hill.
- Swain, J. J. (2013). Simulation Software Survey - Simulation: a better reality. *OR/MS Today*, 40.
- Vaccaro, G. L. (1999). *Modelagem e análise de dados em simulação*. Projeto de doutoramento, UFRGS, Instituto de Informática, Porto Alegre.
- Walden, E. A., & Browne, G. J. (2009). Sequential Adoption Theory: A Theory for Understanding Herding Behavior in Early Adoption of Novel Technologies. *Journal of the Association for Information Systems*, 10(1), 31-62.
- Wolfram, S. (2002). *A New Kind of Science*. Champaign: Wolfram Media.
- Zöe, H., & Hamel, M. (2005). Establishing a methodology for benchmarking speech synthesis for Computer-Assisted Language Learning (CALL). *Language Learning & Technology*, 9(3), 99-120.