

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**Auxílio à tomada de decisão em um *e-marketplace* logístico
através da Simulação Baseada em Agentes**

Rodrigo de Paula Oliveira

Itajubá

Fevereiro de 2023

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Rodrigo de Paula Oliveira

**Auxílio à tomada de decisão em um *e-marketplace* logístico
através da Simulação Baseada em Agentes**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ciência em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Engenharia de Produção

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Ferreira de Pinho

Itajubá

Fevereiro de 2023

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais, Lúcio e Silvana, pelo apoio contínuo;
aos meus professores, por todos ensinamentos;
aos amigos, pelo suporte.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela saúde e disposição em poder concluir mais esta etapa.

Agradeço aos meus pais, Lúcio Rodrigues e Silvana Oliveira, pelo apoio de sempre, sem medir esforços para que eu pudesse cumprir mais esta jornada. Esta conquista também é de vocês!

Agradeço ao meu orientador, professor Alexandre Pinho, pela confiança, paciência e pronta disponibilidade sempre que precisei. Agradeço também por todas considerações, orientações e ensinamentos ao longo do caminho.

Agradeço aos colaboradores da Truckpad Tecnologia e Logística, em especial Leandro Morais e Pedro Arantes, pelo suporte, auxílio e pela oportunidade de parceria em realizar esta pesquisa.

Agradeço aos amigos do LogTranS, especialmente Daniel Pessoa e Lucas Gomes, por dividir as dificuldades da caminhada e tornar o ambiente de pesquisa mais leve.

Agradeço aos professores da UNIFEI, especialmente aos professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, que muito contribuíram para a realização desta etapa.

Agradeço à CNPq, à Truckpad e à Universidade Federal de Itajubá por todos os recursos disponibilizados, sejam financeiros ou estruturais, que possibilitaram a conclusão desta pesquisa.

Por fim, a todos familiares e amigos que me apoiaram e incentivaram em cada momento, o meu obrigado!

RESUMO

O crescimento da *internet* favoreceu o desenvolvimento dos *marketplaces* eletrônicos, plataformas *online* que atuam como intermediárias no processo de negociação entre duas partes independentes. Quando inseridas no contexto dos transportes de cargas, são conhecidas como *e-marketplace* logístico, e conectam os agentes envolvidos no deslocamento de diversas mercadorias. Apesar das vantagens, diversos *marketplaces* eletrônicos falharam recentemente devido à baixa performance da plataforma. Neste contexto, a tomada de decisão correta, principalmente de níveis tático e estratégico, pode ser um fator determinante para que a organização apresente um desempenho satisfatório no mercado em que está inserida. Um dos métodos que colaboram para auxiliar o processo decisório é a Simulação Baseada em Agentes (SBA). A SBA é um dos métodos de simulação computacional, sendo recomendada quando a análise a ser realizada envolve um grande número de indivíduos que possuem decisões e comportamentos bem definidos. A literatura, apesar de composta por diversos trabalhos que abordaram a SBA para auxiliar o processo decisório, ainda carece de estudos que utilizam o método no ambiente dos *e-marketplaces* logísticos. Na realidade, como um todo, a dinâmica dos *marketplaces* eletrônicos – não somente o modelo de transporte de cargas – ainda se demonstra como um campo a ser explorado no meio acadêmico. Assim, este trabalho tem como objetivo desenvolver um modelo de SBA apto a analisar o impacto que diferentes canais de captação de clientes possuem na quantidade final de novos usuários de um *e-marketplace* logístico, de modo a apoiar a tomada de decisão dos gestores da organização. No geral, pode-se destacar três importantes tópicos obtidos nesta pesquisa: 1- a elaboração de um modelo conceitual, conforme sugere a metodologia, favoreceu a visualização do processo a ser modelado; 2- o Protocolo ODD (*Overview, Design Concepts and Details*) foi adequado para cumprir todas as atividades propostas na primeira fase da metodologia de simulação, além de facilitar a replicação do modelo por outros pesquisadores; 3- a validação do modelo, realizada de modo a combinar dois métodos, foi desenvolvida de maneira mais robusta e confiável. Em relação aos resultados da simulação, foi possível estabelecer os cenários de maior impacto na ativação de novos clientes, além de definir uma ordem de prioridade dos canais de captação no momento de realizar novos investimentos. No cenário alternativo de melhor desempenho, verificou-se melhorias de até 20% na taxa de conversão de novos usuários em relação ao cenário inicial. Além disso, o canal de captação “Indicação interna” foi definido como o prioritário a ser investido, podendo melhorar em até 16,9% a taxa de conversão dos potenciais usuários. Como trabalhos futuros, sugere-se o estudo com base no “custo benefício”, além da análise em relação as causalidades existentes entre os meios de captação.

Palavras-chaves: *E-marketplace* logístico; Simulação Baseada em Agentes; Processos decisórios; Modelagem.

ABSTRACT

The growth of the internet favored the development of electronic marketplaces, online platforms that act as intermediaries in the negotiation process between two independent parties. When inserted in the context of load transport, they are known as a logistics e-marketplace, and it connects the agents involved in the movement of various goods. Despite the advantages, several electronic marketplaces have failed recently due to the low performance of the platform. In this context, correct decision making, mainly at the tactical and strategic levels, can be a determining factor for the organization to present a satisfactory performance in the market in which it is inserted. One of the techniques that collaborate to help the decision-making process is the Agent-Based Simulation (ABS). ABS is a computer simulation method, and it is recommended when the analysis to be performed involves many individuals who have well-defined decisions and behaviors. The literature, despite being composed of several works that developed an ABS model to assist the decision-making process, still lacks studies that use the method in the logistics e-marketplaces environment. In fact, the dynamics of electronic marketplaces – not just the freight transport model – is still a field to be explored in academia. Thus, this work aims to develop an SBA model able to analyze the impact that different customer acquisition channels have on the final number of new users of a logistics e-marketplace, in order to support the decision making of the organization's managers. In general, three important topics obtained in this research can be highlighted: 1- the elaboration of a conceptual model, as suggested by the methodology, favored the visualization of the process to be modeled; 2 - the ODD Protocol (Overview, Design Concepts and Details) was adequate to fulfill all the activities proposed in the first phase of the simulation methodology, in addition to facilitating the replication of the model by other researchers; 3 - the validation of the model, performed in order to combine two methods, was developed in a more robust and reliable way. Regarding the results of the simulation, it was possible to establish the scenarios with the greatest impact on activating new customers in the logistics e-marketplace, in addition to defining an order of priority for the acquisition channels when making new investments. In the alternative scenario that was observed the best performance, there was improvements of up to 20% in the conversion rate of new users compared to the initial scenario. In addition, the “indicação interna” acquisition channel was defined as the priority to be invested and may improve the conversion rate of potential users by up to 16.9%. As future works, the study based on “cost benefit” is suggested, as well as the analysis of the causalities between the acquisition channels.

Keywords: Logistics e-marketplace; Agent-Based Simulation; Decision making processes; Modeling.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Simulação Baseada em Agentes no mundo	19
Figura 2 - Número de publicações por ano	20
Figura 3 - Nuvem de palavras.....	22
Figura 4 - Modelo de referência para e-marketplace.....	27
Figura 5 - Fases do processo de transação.....	28
Figura 6 - Metodologia proposta por Mitroff <i>et al.</i>	35
Figura 7 - Metodologia de simulação	36
Figura 8 - Protocolo ODD	39
Figura 9 - Classificação da pesquisa	44
Figura 10 - Esquema representativo da atuação do <i>e-marketplace</i> logístico	44
Figura 11- <i>Framework</i> de validação do modelo computacional	48
Figura 12 - Protocolo ODD	50
Figura 13 - Modelo conceitual do processo de captação de clientes.....	52
Figura 14 - Diagrama de estado.....	59
Figura 15 - Depuração do modelo	61
Figura 16 - Teste de normalidade para os dados reais.....	63
Figura 17 - Teste de normalidade para os dados simulados	63
Figura 18- Teste "f" para comparação das variâncias das amostras.....	64
Figura 19 - Teste "t" para verificação das médias das amostras	65
Figura 20 - Exemplo de replicação do modelo.....	66
Figura 21 - Resultados dos Cenários 1, 2, 3 e 4	69
Figura 22- Resultados dos Cenários 5, 6, 7 e 8	71
Figura 23 - Resultados dos Cenários 9, 10, 11 e 12	72
Figura 24 - Resultados dos Cenários 13, 14, 15 e 16	74
Figura 25 - Comparativo entre os cenários alternativos e cenário inicial	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Trabalhos que utilizaram SBA como auxílio à tomada de decisão.....	15
Quadro 2 - Dimensões e atributos de um <i>e-marketplace</i> logístico.....	30
Quadro 3 - Materiais e métodos utilizados para aplicação da metodologia de simulação	46
Quadro 4 - Ajustes de distribuição de probabilidade das taxas de conversão dos meios de captação	57
Quadro 5 - Ajustes de distribuição de probabilidade dos processos decisórios	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de publicações por base de pesquisa	21
Tabela 2 - O papel da simulação	21
Tabela 3 - Número de artigos por software	23
Tabela 4 - Propriedades dos agentes e os modelos de SBA	38
Tabela 5 – Código de cor e representação gráfica dos agentes	60
Tabela 6 - Código de contagem de agentes	61
Tabela 7- Cenários alternativos	68
Tabela 8 - Ordem de prioridade na destinação de novos recursos	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CA – *Chat* Aquisição

CIOT - Código Identificador da Operação de Transporte

CRM - *Customer Relationship Management*

II – Indicação Interna

FMS - *Flexible Manufacturing Systems*

ODD – *Overview, Design, Details*

OTB - *Outbound*

ORG - Orgânico

PQL – *Product Qualified Lead*

PM – *Paid Media*

RFQ - *Request For Quote*

SBA – Simulação Baseada em Agentes

SD - Simulação Dinâmica

SED – Simulação de Eventos Discretos

SMC – Simulação de Monte Carlo

TMS - *Transportation Management System*

TMSP - *Transportation Management System* de Parceiros

UCIOT – *Upsell* de CIOT

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. Contextualização e problema de pesquisa.....	13
1.2. Objetivos	15
1.3. Justificativa	16
1.4. Estrutura	17
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1. Análise bibliométrica	19
2.2. <i>Marketplaces</i> eletrônicos	24
2.3. <i>E-marketplaces</i> logísticos	29
2.4. Modelagem e simulação.....	33
2.5. Simulação Baseada Em Agentes	37
2.6. Utilização da Simulação Baseada em Agentes	40
3. METODOLOGIA	43
3.1. Classificação da pesquisa.....	43
3.2. A empresa.....	44
3.3. Metodologia de simulação	45
3.3.1. Fase de concepção	46
3.3.2. Fase de implementação.....	47
3.3.3. Fase de análise	49
4. MODELAGEM	50
4.1. Fase de concepção.....	50
4.1.1. Propósito e padrões.....	50
4.1.2. Entidades, variáveis de estado e escala	51
4.1.3. Visão geral do processo e programação	52
4.1.4. Conceitos do projeto.....	54
4.1.5. Inicialização.....	55

4.1.6. Dados de entrada	56
4.1.7. Submodelos	56
4.2. Fase de implementação	59
4.2.1. Construção do modelo computacional	59
4.2.2. Verificação e validação	61
4.3. Fase de análise.....	66
4.3.1. Número ideal de replicações.....	66
4.3.2. Cenários alternativos	67
5. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO	69
5.1.1. Recomendações finais	75
6. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	79
7. CONCLUSÕES	82
7.1. Limitações e trabalhos futuros	84
REFERÊNCIAS	85

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização e problema de pesquisa

A expansão da *internet* e a disseminação de dispositivos mais modernos favoreceram o desenvolvimento do sistema de comércio digital (HUSSIEN, RAHMA e WAHAB, 2022). Assim, tornaram-se populares, também, os *marketplaces* eletrônicos, plataformas *online* úteis para conectar e facilitar o processo de transação entre duas partes interessadas em efetivarem uma negociação (BAKOS, 1998). O desenvolvimento dos *marketplaces* eletrônicos ocorre em consonância com a evolução tecnológica e com o aumento no número de usuários da *internet* (KUSUMAWATI *et al.*, 2021).

Segundo Badica, Leon e Badica (2020), a maioria dos serviços no mundo dos negócios, atualmente, é terceirizada no ambiente virtual, pois é no espaço *online* em que estão presentes benefícios como automatização dos processos, facilidade de acesso e maior alcance global. O setor logístico não é exceção em relação ao crescimento da utilização de recursos *online*. O processo de transporte de fretes é cada vez mais amparado por sistemas virtuais, baseado em plataformas que coletam e centralizam as informações (WANG e SARKIS, 2021).

Um modelo específico de *marketplace* eletrônico que colabora para a centralização das informações no processo de transporte são os *e-marketplaces* logísticos. Inseridos no ambiente do transporte de cargas, essas plataformas são responsáveis por unir os agentes envolvidos no processo de deslocamento de uma mercadoria. Assim, ao promover a integração entre os agentes logísticos, a utilização dessas plataformas é frequentemente requisitada, uma vez que os proprietários de carga e os transportadores constantemente buscam novas oportunidades de transporte (BADICA, LEON e BADICA, 2020).

A atribuição de um *e-marketplace* logístico é facilitar a transação entre os agentes de transporte. Tal atribuição substitui, principalmente, a função desempenhada pelo papel do agenciador de cargas (TURBAN *et al.*, 2015). Historicamente, os agenciadores eram necessários pois os caminhoneiros autônomos, enquanto estavam na estrada, não conseguiam disponibilizar seus serviços de maneira ampla; o que, conseqüentemente, os impedia de ter acesso a uma gama maior de cargas para transporte. Porém, com a popularização dos *smartphones* e da maior rapidez das redes celulares, a “barreira” entre os caminhoneiros e os transportadores tem caído (SCOTT, 2018).

Na literatura, é possível encontrar diversos trabalhos recentes que exploraram a dinâmica dos *marketplaces* eletrônicos (NISAFANI, WIBISONO e REVALDO, 2017;

YANG, SUN e WANG, 2019; PIANTARI *et al.*, 2020; HUSSIEN, RAHMA e WAHAB, 2022; RIAZATI, SHAJARI e KHORSANDI, 2019; LIU *et al.*, 2017; BAI e LIU, 2019; GHIASI, BROJENY e GHOLAMIAN, 2018; LIU *et al.*, 2016; RODRIGUES, DIMURO e ADAMATTI, 2017; ZHANG, MCBURNEY e MUSIAL, 2018; PAGANI *et al.*, 2019; JIANG *et al.*, 2018). Há, também, alguns trabalhos que restringiram seu escopo ao modelo dos *e-marketplaces* logísticos (WANG e SARKIS, 2021; WANG, POTTER e NAIM, 2007a; NANDIRAJU e REGAN, 2005; SCOTT, PARKER e CRAIGHEAD, 2017). É notável a diminuição no número de publicações quando se limita os estudos às plataformas *online* logísticas.

Apesar do crescimento na utilização dos *marketplace* eletrônicos e seus benefícios, muitos falharam recentemente, principalmente devido ao baixo desempenho da plataforma (THITIMAJSHIMA, ESICHAIKUL e KRAIRIT, 2018). Uma performance aquém da esperada pode ser originada pela falta e/ou uma tomada de decisão precipitada por parte dos gestores. Quando bem pensada e consciente, uma decisão pode permitir que uma organização tenha superioridade econômica no mercado e aumente sua vantagem competitiva em relação aos seus concorrentes (RABIA e BELLABDAOUI, 2020).

No contexto da tomada de decisão nas empresas, a simulação computacional aparece como uma técnica recomendada, pelo fato de, principalmente, auxiliar os analistas e gestores a verificar o impacto das suas decisões futuras (RABIA e BELLABDAOUI, 2020). Por exemplo, em um processo produtivo, a simulação permite analisar ações de otimizações no sistema antes que tais ações sejam implementadas (SCHEIDEGGER *et al.*, 2018). Neste caso, a tomada de decisão é facilitada em definir “se” e “quais” ações devem ser realizadas.

O desenvolvimento tecnológico e o surgimento da Indústria 4.0 tornaram a importância da informação ainda mais evidente nas empresas. Apesar de diversos métodos serem capazes de “processar” a informação, a simulação é extremamente recomendada quando há a necessidade de abordar problemas do “mundo real” (PÉTERFI e GYENGE, 2021). Os principais métodos para desenvolver um estudo de simulação são a Simulação Dinâmica (SD), a Simulação de Eventos Discretos (SED) e a Simulação Baseada em Agentes (SBA) (SUMARI *et al.*, 2013; SCHEIDEGGER *et al.*, 2018; JEON e KIM, 2016). White e Ingalls (2018) acrescentam, ainda, a Simulação de Monte Carlo (SMC) e a simulação híbrida.

A SBA, assim como alguns outros métodos de simulação, permite a avaliação de diferentes estratégias a partir de algumas flexibilizações na estrutura do modelo (WHITE e INGALLS, 2018). Assim, ao gerar diferentes cenários alternativos em um ambiente virtual, controlado através das definições de parâmetros experimentais, a SBA proporciona o

embasamento às tomadas de decisão, algumas vezes de nível estratégico, que devem ser realizadas. Não por acaso, na literatura, pode-se encontrar diversos trabalhos que utilizaram a SBA com o intuito de auxiliar à tomada de decisão. O Quadro 1 demonstra os trabalhos, o objetivo da tomada de decisão e o local de desenvolvimento do estudo.

Quadro 1 - Trabalhos que utilizaram SBA como auxílio à tomada de decisão

Artigo	Objetivo	Local
Mcgarraghy <i>et al.</i> (2022)	estratégias de variação de preços	ramo alimentício
Roses, Kadar e Malleson (2021)	estratégias para combate ao crime	ambiente urbano
Mekic, Ziabari e Sharpanskykh (2021)	estratégias de melhorias	aeroporto
Jahn <i>et al.</i> (2021)	estratégias de vacinação contra COVID	postos de vacinação/ hospitais
Honsel <i>et al.</i> (2021)	estratégias de projetos de desenvolvimentos de softwares	empresa
Liu <i>et al.</i> (2019)	estratégias de manutenção em aviões	aeroporto
Bean e Joubert (2019)	estratégias de entregas de <i>e-commerce</i>	ambiente urbano
Borghesi e Milano (2019)	estratégias de adoção de painéis fotovoltaicos	residências
Soriguera, Casado e Jiménez (2018)	estratégias para implementação de bicicletas compartilhadas	ambiente urbano
Alves <i>et al.</i> (2019)	estratégias de entregas de <i>e-commerce</i>	ambiente urbano

Fonte: autor

Diante da relevância da SBA como suporte a decisão, é pertinente avaliar a aplicabilidade da ferramenta também em outros locais e/ou outros modelos de negócio. Assim, a questão de pesquisa que este trabalho busca responder é: como modelar, através da Simulação Baseada em Agentes, o processo de captação de clientes de um *e-marketplace* logístico, de modo a auxiliar a tomada de decisão por parte dos gestores da empresa?

1.2. Objetivos

O objetivo geral do presente trabalho foi desenvolver um modelo de Simulação Baseada em Agentes apto a verificar, a partir da variação das taxas de conversão, o impacto que diferentes canais de captação de clientes possuem na quantidade final de novos usuários

de um *e-marketplace* logístico. A intenção desse modelo é permitir o auxílio ao processo decisório e será utilizado o *software* AnyLogic® para implementação do modelo de SBA.

A partir do objetivo geral demonstrado, os objetivos específicos definidos são:

- Realizar a modelagem do processo de captação de novos clientes por meio da SBA;
- Obter os resultados dos cenários alternativos que sejam relevantes para o *e-marketplace* logístico.

1.3. Justificativa

Em uma economia cada vez mais mundialmente integrada, complexa e cheia de informações, tornou-se ainda mais desafiador para os tomadores de decisão promoverem uma gestão efetiva na sua cadeia de suprimentos (PARK, BELLAMY e BASOLE, 2016). Um grande volume de dados pode gerar a sobrecarga de informações, principalmente sem o emprego de ferramentas adequadas de apoio à decisão (VAN CAPELLEVEEN *et al.*, 2021). Assim, torna-se recomendada a utilização, nas empresas, de métodos como a SBA, que oferece suporte ao processo de “escolha” entre diferentes estratégias possíveis.

O diferencial da SBA em relação aos outros métodos de simulação é permitir interações mais dinâmicas dos agentes envolvidos no processo analisado e raciocínios recursivos (em que cada agente considera o processo de raciocínio de outros agentes) mais complexos. A variação e repetição de cada parâmetro do modelo podem ser realizadas inúmeras vezes e, assim, gerar os diferentes cenários para serem comparados (CHESNEY, GOLD e TRAUTRIMS, 2017). Além disso, conhecendo o comportamento dos agentes, as funções e outros parâmetros utilizados para simular o ambiente, os modelos de SBA podem ser facilmente replicados (ZAFFAR, KUMAR e ZHAO, 2011).

Entretanto, no meio empresarial, os tomadores de decisão podem ser resistentes em confiar em modelos computacionais se não estiverem familiarizados com a forma em que os resultados foram obtidos. Também, costumam ser céticos em relação aos resultados de métodos de *data science*, tendendo a comparar a conclusão desses métodos com sua própria lógica e intuição de negócios (COUSSEMENT e BENOIT, 2021). Assim, trabalhos que exploram a utilização de métodos científicos, demonstrando “como” e “porque” tais métodos podem ser úteis, são importantes para ajudar a disseminar o conhecimento e incentivar a maior aceitação das técnicas também no ambiente empresarial.

No meio acadêmico, conforme aprofundado no Seção 2.1, da análise bibliométrica, a utilização da SBA demonstra uma tendência de crescimento. Porém, o número de publicações

de trabalhos no Brasil que aplicam a SBA ainda é pequeno quando comparado a outros países do mundo, como Estados Unidos, Alemanha e China. Portanto, é interessante que trabalhos que explorem as características e demonstrem a aplicação e os benefícios da SBA sejam incentivados no país.

Além disso, a utilização da SBA como ferramenta de auxílio à tomada de decisão nos *e-marketplaces* logísticos ainda não é uma realidade no meio acadêmico. Como um todo, os *e-marketplaces* logísticos representam uma área a ser explorada no campo da cadeia de suprimentos, logística e sistemas da informação; e carecem, também, de maior base teórica para condução de novas pesquisas (COLLIGNON e STERNBERG, 2020). Dessa forma, torna-se relevante desenvolver novos estudos a partir da ótica desse modelo de negócio, sendo, ainda mais pertinente, um estudo que aplique SBA.

Por fim, esta pesquisa é pertencente a um projeto do Mestrado Acadêmico para Inovação (MAI) da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), sendo uma cooperação técnica entre a Universidade e a empresa Truckpad Tecnologia e Logística S.A. O MAI visa a cooperação entre universidades e organizações, tornando-se um espaço importante para que situações reais do meio empresarial sejam abordadas a partir do conhecimento teórico adquirido no meio acadêmico.

Diante do exposto, esta dissertação buscou contribuir com a literatura ao abordar a dinâmica dos *e-marketplaces* logísticos, um modelo de negócio ainda pouco explorado no meio acadêmico. Além disso, ao utilizar a SBA no ambiente empresarial, procurou incentivar uma maior aceitação de métodos científicos nesse meio. Ainda, este trabalho buscou estimular estudos de SBA no Brasil, um país ainda com baixa utilização da ferramenta quando comparado a alguns outros países do mundo. Por fim, esta pesquisa, por meio dos seus resultados e recomendações, buscou consolidar a importante relação existente entre os ambientes acadêmicos e empresarial.

1.4. Estrutura

Este documento está estruturado em sete Capítulos. O presente Capítulo, da introdução, apresenta uma contextualização abrangente a respeito do objeto de pesquisa do trabalho; além de demonstrar o problema de pesquisa, os objetivos e a justificativa para o desenvolvimento da dissertação. O Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica que sustenta o estudo. Nesse capítulo, são exibidos os conceitos e definições fundamentais para pleno entendimento do trabalho e, também, estudos correlatos à esta dissertação. A fundamentação teórica está dividida em seis tópicos, respectivamente: análise bibliométrica, *marketplace*

eletrônico, *e-marketplace* logístico, modelagem e simulação, Simulação Baseada em Agentes e, por fim, trabalhos que utilizaram a Simulação Baseada em Agentes.

O Capítulo 3 apresenta a metodologia do trabalho. Assim, são demonstrados a classificação da pesquisa, a empresa de aplicação do estudo, a metodologia de simulação utilizada e os *softwares* empregados para desenvolvimento do modelo e realização dos ajustes de distribuição de probabilidade. No Capítulo 4, de “Modelagem” são exibidos os componentes e características dos modelos conceitual e computacional do processo analisado. No Capítulo 5, “Resultados da simulação”, são demonstrados os resultados dos cenários alternativos definidos, além das recomendações finais. No Capítulo 6, “Análise dos resultados”, é debatido acerca dos resultados que foram originados no Capítulo 5 e sobre as descobertas da pesquisa como um todo. Por fim, o Capítulo 7 apresenta as conclusões do trabalho, as limitações e a sugestão e trabalhos futuros.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica que sustenta a presente dissertação. O objetivo é expor o contexto acerca dos *marketplaces* eletrônicos, em especial os *e-marketplaces* logísticos, e também da simulação computacional, com ênfase na Simulação Baseada em Agentes (SBA). Dessa forma, este capítulo exhibe conceitos e definições relevantes que auxiliam no pleno entendimento do trabalho, além de trazer estudos correlatos para demonstrar o cenário literário no qual a dissertação está inserida.

2.1. Análise bibliométrica

Em um primeiro momento, a fim de abordar o cenário de publicações referente a utilização da SBA, principal ferramenta da presente dissertação, foi realizada uma pesquisa pelo tema na base *Scopus*, um banco de dados que apresenta ampla cobertura global de revistas científicas e informações de alta qualidade indexadas (BAAS *et al.*, 2020). A consulta pelos termos “*agent-based simulation*” ocorreu no dia 06 de junho de 2022, e considerou artigos de periódicos e congressos publicados entre os anos de 2012 e 2022. A Figura 1 ilustra o resultado da pesquisa através da representação gráfica em um mapa.

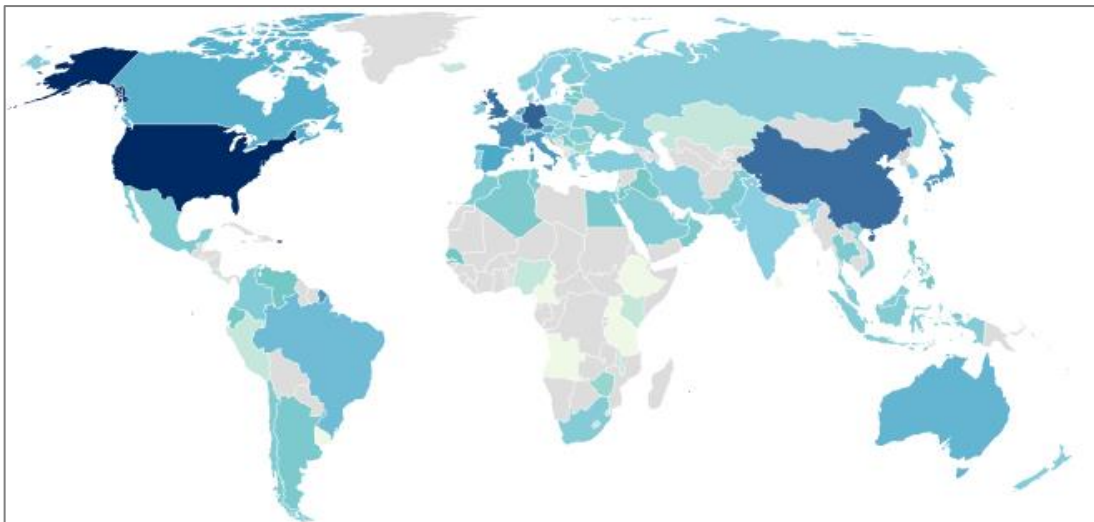


Figura 1 - Simulação Baseada em Agentes no mundo

Fonte: autor

Na Figura 1, quanto mais intenso o tom da cor azul, mais publicações houve no respectivo país. Assim, percebe-se uma maior concentração de publicações no hemisfério Norte, principalmente nos Estados Unidos, na América, seguidos por China, na Ásia, além de Alemanha e Reino Unido, representando a Europa. Outros países como França, Japão e Itália

também merecem destaque. No hemisfério Sul, Austrália e Brasil foram as federações que mais publicaram sobre a utilização da SBA no período considerado.

Além do mapa no cenário global, foi desenvolvido um levantamento – também a partir da base *Scopus* - do número de publicações, por ano, de trabalhos que possuem os termos “simulação baseada em agentes”, “*marketplace* eletrônico” ou “*e-marketplace*” em seu título, resumo ou palavras-chave. Os resultados da pesquisa estão ilustrados na Figura 2.

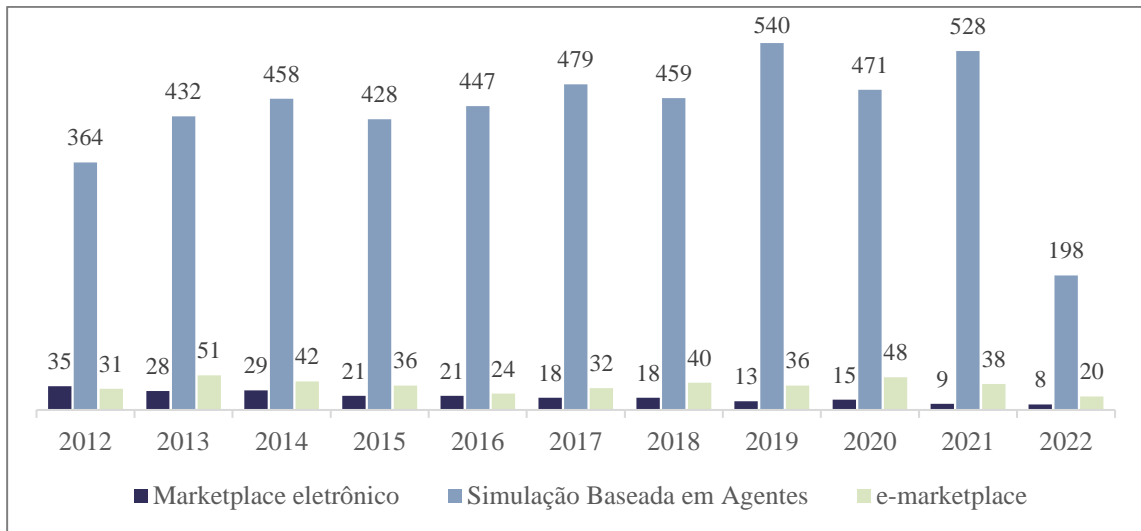


Figura 2 - Número de publicações por ano

Fonte: autor

Ao analisar a Figura 2, foi possível perceber uma tendência de alta no número de publicações com o termo “simulação baseada em agentes”. Em 2021, a quantidade publicada foi de 528 trabalhos, um aumento de 24% quando comparada à média dos primeiros cinco anos de análise. Além disso, o maior número de estudos desenvolvidos foi em 2019, com 540 artigos. Em relação ao “*marketplace* eletrônico”, há uma queda ao longo do período, possuindo o maior número de trabalhos publicados com o termo, 35, no primeiro ano de análise, em 2012. Em 2021, foram apenas 9 artigos desenvolvidos. Quanto ao termo “*e-marketplace*”, houve uma ligeira variação ao longo dos anos considerados. O número máximo de trabalhos, 51, ocorreu em 2013, e a quantidade mínima, 24, em 2016. Em 2021, foram 38 publicações, 21% a menos em relação ao ano anterior, porém 22,5% a mais em relação ao primeiro ano de observação.

Após, também foi realizada nas bases *Scopus* e *Web of Science* uma busca combinada de termos pertinentes ao tema abordado na presente dissertação. As expressões pesquisadas foram: “*marketplace*” AND “*agent-based simulation*”, “*electronic marketplace*” AND “*agent-based simulation*”, “*electronic marketplace*” AND “*simulation*” e “*e-marketplace*”

AND "simulation". A consulta foi realizada entre os dias 19 de maio de 2022 e 25 de maio do mesmo ano, considerando artigos de periódicos e congressos publicados entre os anos de 2012 e 2022. A Tabela 1 demonstra os resultados da pesquisa.

Tabela 1 - Número de publicações por base de pesquisa

Expressões	Scopus	Web of Science	Total
<i>Marketplace</i> e Simulação Baseada em Agentes	20	10	30
<i>Marketplace</i> eletrônico e Simulação Baseada em Agentes	2	0	2
<i>Marketplace</i> eletrônico e Simulação	18	4	22
<i>E-marketplace</i> e Simulação	28	5	33

Fonte: autor

Na Tabela 1, ao somar os resultados totais de cada expressão apresentada, chega-se ao conjunto de 87 artigos. Porém, dentre essa totalidade, foram excluídos 44 trabalhos redundantes e/ou inacessíveis. Assim, após esta etapa, restaram 43 artigos para análise, dos quais foram lidos o título, o resumo, a metodologia e a conclusão.

A fim de investigar o papel da simulação, os objetivos dos estudos foram categorizados conforme proposto em Oliveira, Lima e Montevechi (2016). A Tabela 2 demonstra a quantidade de trabalhos de acordo com a finalidade em que a simulação foi empregada em cada artigo.

Tabela 2 - O papel da simulação

Objetivo	Quantidade	Percentual
Testar e avaliar novos cenários/projetos/modelos	28	65,1
Validar modelo e/ou experimentos	9	20,9
Apoiar o processo decisório	3	7,0
Prever resultados potenciais	2	4,7
Compreender e/ou diagnosticar problemas	1	2,3

Fonte: autor

Conforme a Tabela 2, a principal função exercida pela simulação é a de testar e avaliar novos cenários, projetos ou modelos, com 28 estudos, o que representa 65,1% do total. Assim, em pouco menos de dois terços dos trabalhos a simulação foi utilizada para analisar o desempenho e/ou verificar a consistência de novas propostas (CHENG, LIN e WU, 2019; GHIASI, BROJENY e GHOLAMIAN, 2018; LIU *et al.*, 2016; HOPKINS *et al.*, 2019; ZHANG, MCBURNEY e MUSIAL, 2018; BAI e LIU, 2019; BALZER e LECLERCQ, 2022), além de avaliar efeitos em cenários alternativos (PAGANI *et al.*, 2019; LIU *et al.*, 2017). Em segundo lugar, com 20,9% dos trabalhos, a simulação foi aplicada para validar

modelos e/ou experimentos (INOUE, HASHIMOTO e TAKENAKA, 2019). Nesses casos, os resultados da simulação foram fundamentais para considerar funcional ou não o modelo proposto. É importante ressaltar, também, o percentual de representação dos dois primeiros colocados na tabela: testar, avaliar e validar modelos respondem por 86% dos 43 artigos utilizados na análise. Assim, o papel da simulação no âmbito dos *e-marketplaces* torne-se nítido quando investigado por esse ponto de vista. Por fim, apoiar o processo decisório (ALGARVIO *et al.*, 2019), prever resultados potenciais (LORO e MANGIARACINA, 2022) e compreender e/ou diagnosticar problemas (MGBEMENA e BELL, 2016) respondem, respectivamente, por 7%, 4,7% e 2,3% dos artigos analisados.

A próxima etapa da análise bibliométrica foi desenvolver uma nuvem de palavras, a fim de facilitar a análise visual das expressões e termos mais frequentes relacionados ao tema. Desse modo, as palavras-chave sugeridas pelos autores de cada um dos 43 artigos foram extraídas, traduzidas, padronizadas e plotadas no gráfico. A Figura 3 apresenta a nuvem de palavras desenvolvida.



Figura 3 - Nuvem de palavras

Fonte: autor

Na Figura 3, quanto maior o tamanho ocupado por um termo, mais frequente foi sua aparição nas palavras-chave dos artigos. Portanto, “agentes” foi o termo mais constante, seguido por “*marketplace*” e “simulação”. Alguns termos como “negociação”, “reputação” e “sistema” também merecem ser citados, pois, por não terem sido os termos diretamente pesquisados nas bases, podem representar um indício de como a simulação está sendo utilizada no meio dos *marketplace* eletrônicos. Outra análise relevante é observar a grande quantidade de palavras geradas, o que pode significar um emprego amplo da simulação quando aplicada no meio virtual.

Por fim, foi realizado o levantamento, demonstrado na Tabela 3, em relação aos *softwares* utilizados para o desenvolvimento da simulação em cada um dos 43 artigos.

Tabela 3 - Número de artigos por *software*

<i>Software</i>	Quantidade	Percentual
Não especificado/não houve	26	60,5
Arena®	3	7,0
JADE®	2	4,7
Matlab®	2	4,7
Visual Studio®	1	2,3
Cloud-SIM®	1	2,3
Compaq Visual Fortran®	1	2,3
JACAMO®	1	2,3
Javabeans®	1	2,3
Lindo®	1	2,3
MATREM®	1	2,3
AEMOS®	1	2,3
Repast J®	1	2,3
TEA-SIM®	1	2,3

Fonte: autor

Ao observar a Tabela 3, nota-se, em um primeiro momento, a quantidade significativa de trabalhos (26) em que não foi citado o programa ou que não houve utilização de algum *software*. Em parte desses casos, os autores optaram apenas por informar a linguagem de programação empregada para o desenvolvimento da simulação e as configurações do computador utilizado. Outra observação possível de ser feita é referente a variedade de *softwares* empregados na simulação. Ao todo, foram 13 programas distintos, sendo que dez foram utilizados em apenas um artigo. Nesses casos, há *softwares* já amplamente comercializados, como Visual Studio® (SUN *et al.*, 2012), e outros propostos, como AEMOS® (NASCIMENTO *et al.*, 2015). O *software* mais utilizado, com três artigos, foi o Arena® (AKINGBESOTE *et al.*, 2015), extensamente aplicado em estudos de SED. Com dois artigos cada, o ambiente do Jade® (HOPKINS *et al.*, 2019) e o MatLab® (FREEMAN *et al.*, 2012) formaram a segunda opção entre os autores.

A realização da análise bibliométrica contribuiu para reiterar alguns aspectos que vão ao encontro do *gap* identificado na literatura e que motivou o desenvolvimento da presente dissertação. O Brasil, apesar de figurar entre os países que mais publicam a respeito da SBA no hemisfério Sul, ainda se encontra distante de locais como Estados Unidos e de países dos continentes europeu e asiático. Outro fator identificado na análise bibliométrica foi a

tendência de crescimento da utilização da SBA em trabalhos científicos. Esta observação é importante pois é um indício de que a ferramenta é útil, e que pode ser utilizada em diversas frentes, conforme indicado na nuvem de palavras. Além disso, o levantamento para analisar a finalidade que a simulação foi empregada em cada um dos artigos demonstrou uma baixa aplicação ainda da ferramenta no processo de suporte à decisão quando inserida no âmbito dos *e-marketplaces*. Por fim, a ausência do Anylogic® na lista dos *softwares* pesquisados pode significar uma oportunidade de aplicação inédita do programa para a criação de modelos baseados em agentes a partir de um *marketplace* eletrônico.

2.2. Marketplaces eletrônicos

A definição básica para o conceito de *marketplace* é a reunião de compradores e vendedores em um local, a fim de realizarem transações (DEWI *et al.*, 2017). Dessa forma, os *marketplaces* podem ser, por exemplo, uma loja de varejo, um *outlet*, um armazém, uma feira livre ou um bazar (PRIHASTOMO *et al.*, 2018). Porém, quando inseridos no contexto digital, são chamados de “*e-marketplaces*”, uma abreviatura da língua inglesa para “*marketplaces* eletrônicos”. Na era da digitalização, os *marketplaces* eletrônicos são dedicados a venda de bens e serviços e, ao envolver os interesses dos *stakeholders*, permitem a sustentabilidade desse modelo de negócio (CANO *et al.*, 2022).

Na literatura, é possível encontrar algumas definições para o termo. Segundo Adiyanto (2020), um *e-marketplace* é uma plataforma *online* de trocas gerenciada por uma parte, mas que os produtos disponíveis para compra são fornecidos por usuários terceiros. Prihastomo *et al.* (2018) definem *marketplace* eletrônico como o local em que vendedores e compradores podem realizar transações de maneira *online*, através de um canal virtual. Grieger (2003) apresenta a definição de *marketplace* eletrônico sob o ponto de vista de dois âmbitos diferentes, institucional e social:

- Institucional, no qual seria um meio que:
 - Atribui diferentes papéis dentro de uma comunidade, como provedores de serviços logísticos, bancos e, principalmente, compradores e vendedores;
 - Facilita a troca de informações, produtos, serviços e pagamentos;
 - Define protocolos e processos que governam a interação dentro da plataforma.
- Social, que seria uma comunidade formada por compradores e vendedores a qual:

- Pode ser descrita por determinada condição (engloba o conhecimento e a intenção dos participantes, os contratos e os bens), em um determinado momento;
- Possui papéis que envolvem direitos e deveres;
- Pretende utilizar as transações e trocas na plataforma para alterar sua condição, de acordo com suas intenções.

As definições estabelecidas em Grieger (2003) condizem com o papel dos *e-markeplaces* apresentado em Bakos (1998). De acordo com o segundo autor, os *marketplaces* eletrônicos devem cumprir três funções principais:

- Conectar compradores e vendedores;
- Facilitar a transações de produtos, serviços e/ou informações, pagamentos e acordos de prazo de entrega;
- Fornecer uma infraestrutura institucional, composta por um conjunto de regras jurídicas e de conduta relacionadas à todas as atividades realizadas no ambiente do *e-marketplace*.

O primeiro tópico, referente a conexão entre compradores e vendedores, é composto por três atividades principais: determinação da oferta de produtos, busca de compradores por vendedores (e vice-versa), e a descoberta de preços. Determinar o portfólio de produtos inclui estabelecer as características dos produtos ofertados pelos vendedores e a agregação de diferentes mercadorias. A busca dos compradores e vendedores abrange a pesquisa das informações do preço e do produto em si, além do acordo entre o que o vendedor oferece e o consumidor prefere. Por fim, a descoberta de preços consiste no processo de estabelecer um preço em que a demanda e a oferta se alinham, ocorrendo a transação (BAKOS, 1998).

A segunda função que deve ser exercida por um *e-marketplace* é facilitar as transações. Nesse caso, também há três itens que auxiliam o processo: logística, liquidação do negócio e confiabilidade. Após o processo de troca entre o comprador e o vendedor, o produto deve ser transportado ao usuário que o comprou (logística) e o pagamento direcionado ao usuário que o vendeu, havendo a liquidação do negócio. Além disso, deve haver o estabelecimento de mecanismos que promovam confiabilidade a plataforma, protegendo os envolvidos no sistema contra usuários mal-intencionados (BAKOS, 1998).

A infraestrutura institucional é dividida em dois âmbitos: legal e regulatório. O aspecto legal abrange o código comercial, resolução de disputas, proteção à propriedade intelectual e contratos; enquanto o aspecto regulatório compreende às regras e

regulamentações, e promove mecanismos que incentivam o acompanhamento do cumprimento e execução dessas regras (BAKOS, 1998).

Além de exercer com qualidade as três atribuições básicas, um dos fatores que colaboram para que um *e-marketplace* prospere é ser “público”. Nesse caso, além de servir como uma plataforma de transações, há duas diferenças principais em relação a um modelo “tradicional”. A primeira refere-se a permissão para que usuários que disponibilizam os produtos ou serviços possam comercializar mercadorias semelhantes aos de outros usuários. A segunda diferença procede do fato da parte responsável pela plataforma não receber nenhuma mensalidade e/ou taxa de inscrição dos vendedores. Assim, os *e-marketplaces* públicos tornam-se a escolha da maioria daqueles que comercializam suas mercadorias (NISAFANI, WIBISONO e REVALDO, 2017). De acordo com Haapala *et al.* (2020), ainda que seja “público”, um *e-marketplace* deve necessariamente incluir ferramentas que colem de maneira semiautomática informações do processo de transações para realizar o *matchmaking*, o que possibilita que um consumidor tenha sua demanda satisfatoriamente atendida por vendedores capacitados.

Por todos os fatores supracitados, os *marketplaces* eletrônicos oferecem algumas vantagens a seus participantes, sejam compradores ou vendedores. O modelo de negócio dá visibilidade a diversos produtos, permite o acesso a potencial consumidores, promove a redução de custos de transação, favorece a comparação de preços e ofertas entre diversos vendedores, e facilita a internacionalização do negócio (CANO *et al.*, 2022).

Schmid e Lindemann (1998) propuseram um dos primeiros modelos de referência para os *marketplaces* eletrônicos, constituído por duas dimensões, horizontal e vertical. A dimensão horizontal abrange as três fases da “transação de mercado”, enquanto a perspectiva vertical é composta por quatro “visões”. A Figura 4 apresenta o modelo de referência proposto por Schmid e Lindemann.

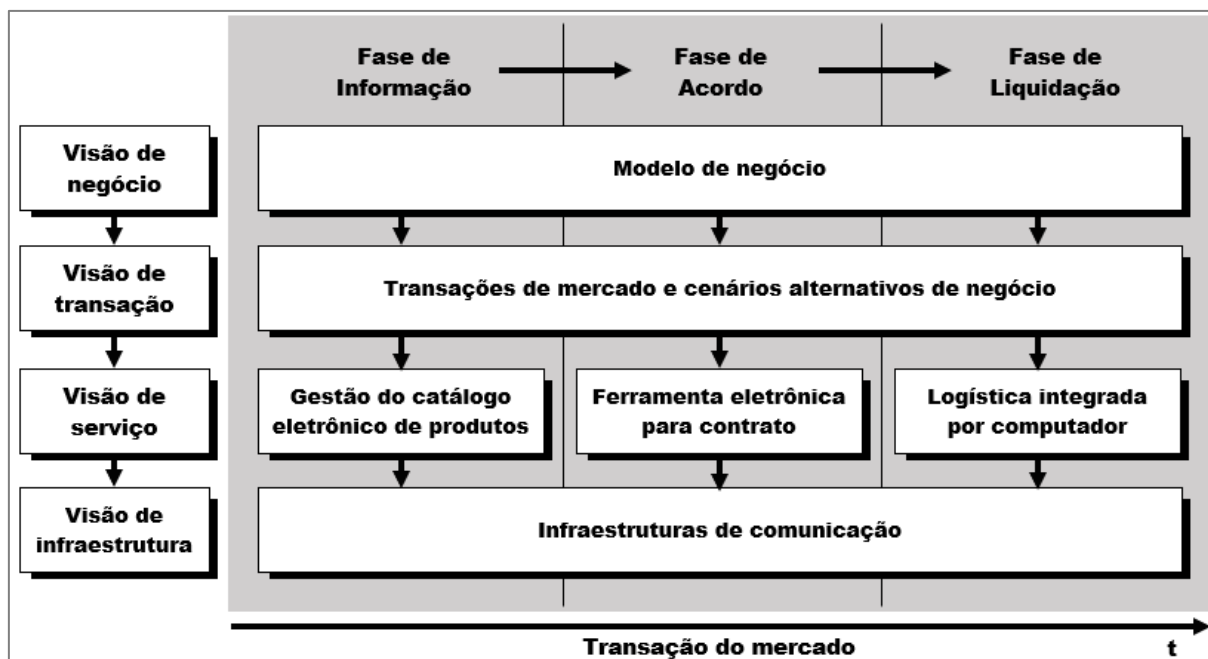


Figura 4 - Modelo de referência para *e-marketplace*

Fonte: Schmid e Lindemann (1998)

Na Figura 4, à medida que ocorre o processo transação na plataforma, que corresponde às interações entre os componentes do mercado, há o avanço entre as três fases do modelo. Na etapa de “informação”, os participantes - vendedores e compradores - adquirem uma perspectiva geral do mercado. Por um lado, reúnem informações sobre a tecnologia disponível no *e-marketplace* e o ambiente em si fornecido para negociação; por outro lado, buscam referências sobre potenciais parceiros, e sobre os produtos e serviços disponíveis. A fase da informação se encerra quando um dos participantes submete uma oferta. Ao encerrar a etapa de informação, tem-se início a fase de “acordo”. Como o próprio nome sugere, nesse ponto os participantes realizam as negociações para estabelecerem um compromisso comercial, formalizado por um “contrato”. Por fim, na fase de “liquidação”, os compromissos assumidos no contrato realizado na etapa anterior são cumpridos, finalizando o processo de transação (SCHMID e LINDEMANN, 1998). A Figura 5 ilustra o processo descrito.

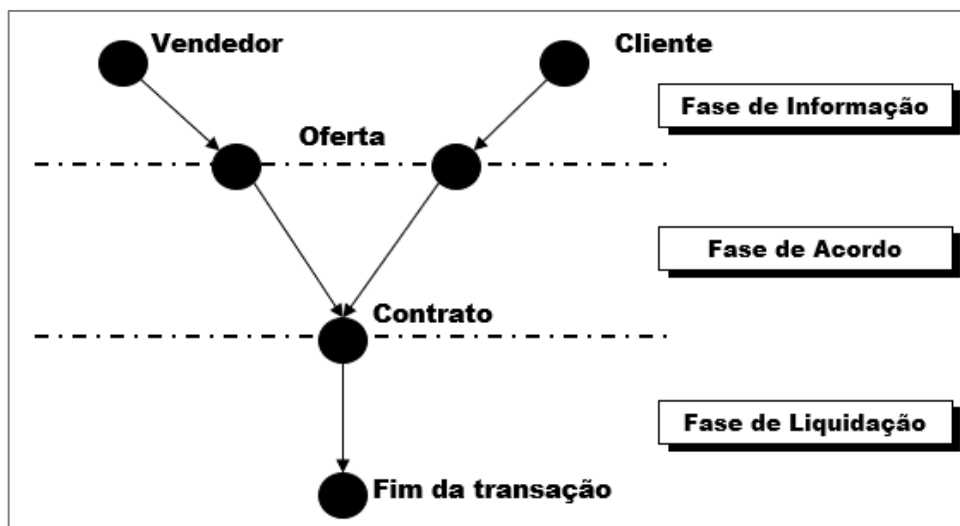


Figura 5 - Fases do processo de transação

Fonte: Schmid e Lindemann (1998)

Ainda com base na Figura 4, há quatro visões que compõem um modelo de referência para um *marketplace* eletrônico. As duas visões superiores, de negócio e transação, são focadas em aspectos organizacionais, com priorização do longo prazo. Já as visões de serviço e infraestrutura priorizam ações de curto prazo, com atenção maior destinada a aspectos tecnológicos. A separação das visões ocorre com base no nível da deliberação a ser tomada pelos gestores. Decisões estratégicas do *e-marketplace*, como o estabelecimento do modelo de negócio, devem ser realizadas na visão de negócios. Decisões táticas, como capacidade para lidar com eventos imprevisíveis e incertos, também são esboçadas na visão de negócios; porém, nesse caso, o planejamento detalhado do enfrentamento a panoramas “não normais” é definido dentro dos “cenários alternativos do negócio”, inseridos na visão de transação, a qual também engloba as transações de mercado (SCHMID e LINDEMANN, 1998).

Na visão de serviços, há três aspectos de níveis operacionais do *e-marketplace* (os quais apoiam cada uma das três fases já descritas): a gestão do catálogo eletrônico dos produtos, que favorece a troca de informações entre os participantes; a disponibilização de uma ferramenta eletrônica para criação do “contrato” (estabelecido na fase de acordo); e a logística integrada por computador, que favorece a execução da fase de “liquidação”. Por fim, a visão de infraestrutura, composta pelas infraestruturas de comunicação, que tem como função garantir o suporte constante aos processos de interações entre os participantes da plataforma (SCHMID e LINDEMANN, 1998).

O desenvolvimento de trabalhos baseados no modelo dos *e-marketplaces* ocorre com diferentes abordagens e objetivos, como comparar a relação entre o volume de dados e o desempenho de vendas da plataforma (NISAFANI, WIBISONO e REVALDO, 2017); avaliar

a experiência do consumidor, de acordo com o sistema de reputação e o preço no qual a demanda e oferta se alinham (YANG, SUN e WANG, 2019); criar um modelo específico para o ramo de negócio do agronegócio (PIANTARI *et al.*, 2020); implementar uma nova estrutura de segurança no ambiente virtual (HUSSIEN, RAHMA e WAHAB, 2022); e desenvolver mecanismos de incentivo para aumentar a “honestidade” dos vendedores (RIAZATI, SHAJARI e KHORSANDI, 2019). Apesar da quantidade significativa de trabalhos que podem ser encontrados, a realidade é diferente quando se considera os *e-marketplaces* logísticos, um modelo específico de um *marketplace* eletrônico.

2.3. E-marketplaces logísticos

Uma empresa, ao necessitar efetuar o deslocamento de uma mercadoria, pode recorrer a três opções básicas: utilizar um caminhão próprio, caso tenha algum; solicitar o serviço de uma transportadora com a qual possui contrato de longo prazo já firmado; ou recorrer ao frete “*spot*”, em que há a solicitação pelo serviço de um agente transportador para o deslocamento de uma única ou um pequeno número de cargas, por um preço negociado pontualmente (SCOTT, 2018). Ainda, segundo Caplice (2007), há quatro tipos de transações que podem ocorrer no âmbito do transporte logístico, baseados no preço e no momento em que há a escolha do agente transportador:

- Escolha estática, preço estático: a escolha pelo agente transportador e o custo do transporte já são pré-estabelecidos em contratos firmados anteriormente;
- Escolha estática, preço dinâmico: o agente transportador já é previamente definido; o preço, porém, varia de acordo com o volume e a frequência de transporte a serem realizados;
- Escolha dinâmica, preço estático: a escolha pelo agente transportador ocorre no momento do transporte, mas o preço já está pré-estabelecido;
- Escolha dinâmica, preço dinâmico: o agente transportador e os preços são definidos de maneira pontual, somente no momento em que ocorre o transporte. É a essência do mercado de fretes “*spot*”.

No contexto dos fretes “*spots*”, conceituado por Scott e Caplice, o papel dos agenciadores de cargas predominava; entretanto, com o avanço da atividade dos *e-marketplaces* logísticos, essa realidade pode mudar (SCOTT, 2018). A função desempenhada pelos agenciadores - facilitar a integração entre os participantes, fornecendo informações relevantes a respeito da demanda, preços e requisitos de um frete - pode ser totalmente

automatizada, sendo substituída pelas atividades exercidas por um *marketplaces* eletrônico (TURBAN *et al.*, 2015).

Em um conceito mais amplo, *e-marketplace* logístico pode ser definido como um modelo de *marketplace* eletrônico que atua como intermediário em processos logísticos, facilitando a troca de serviços entre os integrantes (WANG, POTTER e NAIM, 2007b). Collignon e Sternberg (2020) afirmam que os *e-marketplaces* logísticos são catálogos eletrônicos usados por remetentes de carga para solicitar serviços pontuais de transporte, com base em um valor já determinado em um banco de dados.

Badica, Leon e Badica (2020), em uma abordagem mais ampla, consideram os *e-marketplaces* logísticos como plataformas virtuais, inseridas no mercado de fretes, que exploram as oportunidades surgidas a partir das demandas por transporte de cargas e por veículos capazes de realizarem esse transporte. Os autores acrescentam, ainda, que no modelo de negócio dos *e-marketplaces* logísticos há a presença de duas características principais: a existência de uma plataforma *online* para a divulgação das oportunidades de transportes; e um serviço de *matchmaking*, no qual promove a conexão entre os possuidores das cargas e os provedores de transporte de fretes.

A configuração do modelo de negócio de um *e-marketplace* logístico pode ser realizada com base em diversos atributos e cinco diferentes dimensões: tipo de operador, “viés”, foco de mercado, mecanismos operacionais de transação e fonte de receita (MARASCO, 2004). O Quadro 2 apresenta as características dos e-markeplaces logísticos a partir das cinco dimensões citadas.

Quadro 2 - Dimensões e atributos de um *e-marketplace* logístico

		Dimensões					
		Tipo de operador	Viés	Foco de mercado		Mecanismo operacional de transação	Fonte de receitas
Atributos	Público	Neutro	Horizontal	Rodoviário	Request for Quote (RFQ)	Taxas de transações	
	Privado	Enviesado	Vertical	Aeroviário		Leilão reverso	Taxas de inscrição
	Consórcio			Ferrovário		Exchange	Receitas de publicidades
				Marítimo		Serviços complementares	
				Multimodal		Venda e licença de softwares	

Fonte: Marasco (2004)

O “tipo de operador” pode ser de três naturezas: público, privado ou consórcio. No tipo “público”, é permitida a participação de todos os agentes que compõem o processo de transporte de cargas; ao contrário do que acontece no tipo “privado”, em que uma empresa

desenvolve sua própria plataforma e permite a participação somente de provedores de serviços que forem convidados a fazerem parte dela. O tipo “consórcio” é formado por uma rede de *e-marketplaces* privados. Enquanto os *e-marketplaces* públicos são dominados, geralmente, por fretes *spots*, nos privados e nos consórcios há uma relação mais profunda e de longo prazo entre os participantes (MARASCO, 2004).

O “viés” de um *e-marketplace* logístico pode ser “neutro” ou “enviesado”. Quando a plataforma não prioriza os interesses de nenhuma das partes e não está envolvida na execução dos acordos é considerada com um viés “neutro”; caso sobreponha os interesses de um participante ao de outro, é considerada “enviesada” (NANDIRAJU e REGAN, 2005). Em relação ao “foco de mercado”, um *e-marketplace* é considerado “vertical” quando atua somente para um ramo específico de indústria, ao contrário do que acontece com os *e-marketplaces* “horizontais”, que atuam em diferentes segmentos. Ainda, podem concentrar suas atividades em diferentes modais de transporte, sendo o rodoviário o modal principal (MARASCO, 2004).

Um *e-marketplace* logístico necessita, também, de algum mecanismo operacional de transação, seja o *Request For Quote* (RFQ), leilões reversos ou *exchange*. No mecanismo RFQ, o *e-marketplace* funciona como um centro de consolidação de solicitações pontuais de transporte; nos leilões reversos, são concedidos os “lances” para adquirir o direito de transporte de uma carga disponível; no *exchange* há a negociação do preço, em tempo real, pelos agentes transportadores. Por fim, a fonte de receita de um *e-marketplace* logístico pode originar de uma ou mais formas seguintes: taxas cobradas pelas transações, taxas de inscrição na plataforma, receitas de publicidades, prestação de serviços complementares, venda e licença de *softwares* (MARASCO, 2004).

As vantagens de utilização de um *e-marketplaces* logístico são inúmeras. Por exemplo, ao substituir o papel desempenhado pelo agenciador de cargas, os custos envolvidos no transporte podem sofrer redução e aumentar a eficiência do procedimento, proporcionando, também, maior transparência no processo. Além disso, as plataformas *online* de fretes não beneficiam somente o processo de transporte, mas também ajudam a promover mecanismos de incentivo a pagamentos mais justos aos motoristas, redução da dependência de parcerias de longo-prazo, melhoria nas práticas de manutenção de veículo e a flexibilidade para os clientes pesquisarem os melhores serviços (SHETTY *et al.*, 2020).

Wang e Sarkis (2021) discutiram sobre as tendências tecnológicas e pesquisas futuras no âmbito do transporte de fretes e da logística. As autoras classificaram as tendências tecnológicas em três diferentes categorias: “conexão”, “colaboração” e “capitalização”. O

modelo de negócio dos *e-marketplaces* logísticos foi considerado como uma plataforma digital de colaboração, útil para simplificar a complexidade das transações do “dia a dia” e para facilitar a comunicação entre os agentes logísticos.

Wang, Potter e Naim (2008) investigaram a possibilidade de criação de um *e-marketplace* logístico de viés “neutro”, apoiado pelos governantes locais. Ao desenvolver uma plataforma em que não houvesse priorização a nenhum de seus integrantes, a intenção era criar uma rede colaborativa entre todos os *players*, permitindo que empresas menores presentes no cenário do mercado logístico pudessem ter a possibilidade de competir com organizações logísticas maiores, que geralmente eram aquelas dominavam a cadeia de suprimentos. A pesquisa foi desenvolvida no País de Gales e entrevistou empresas de diversos setores, a fim de discutir sobre aspectos técnicos e gerenciais possuídos pelos potenciais participantes do *e-marketplace* logístico. Ao final, o estudo demonstrou que, apesar de algumas limitações da iniciativa, como o receio em compartilhar informações entre as empresas, os resultados eram favoráveis a criação do *marketplace* eletrônico em questão.

Nandiraju e Regan (2005) investigaram o modelo de negócio que envolve os *e-marketplaces* logísticos. Assim, foi realizada uma revisão na literatura a respeito do panorama geral em que se encontravam as plataformas *online* de fretes na época de desenvolvimento do estudo, apresentando as classificações possíveis para o modelo de negócio dos *e-marketplaces* e exemplos de empresas do ramo. Além disso, os autores discorreram sobre os desafios e as possíveis barreiras enfrentados para prospecção dos *e-marketplaces* logísticos. Por fim, como conclusão do estudo, os autores argumentam que o sucesso do “mercado” dos *marketplaces* eletrônicos dependeria das capacidades desse modelo de negócio em demonstrar que as transações logísticas são eficientes e de fornecer serviços que agregam valor aos processos logísticos.

Scott, Parker e Craighead (2017) exploraram um *e-marketplace* logístico focado na relação entre “embarcadores” (detentores de cargas) e transportadoras. Os autores utilizaram um extenso banco de dados de uma empresa fornecedora de fretes para avaliar os prejuízos gerados, a um embarcador, quando o frete a ser transportado não era aceito por nenhuma transportadora da qual o embarcador possuía um contrato de longo prazo. Assim, os autores analisaram quais os impactos em ter que recorrer ao mercado *spot* de “última hora” e os fatores que colaboram para a “rejeição” do frete. Nesse contexto, os autores encontraram elementos importantes que influenciam na dinâmica entre “rejeitar” ou “aceitar” uma carga por uma transportadora, como a volatilidade da demanda, fatores econômicos e o relacionamento entre o embarcador e a empresa transportadora.

As Seções 2.2, “*Marketplace* eletrônico”, e 2.3 “*e-marketplace* logístico”, abordaram os conceitos e o cenário literário em relação ao ambiente de desenvolvimento da presente dissertação. As Seções seguintes, 2.4, “Modelagem e simulação”, e 2.5, “Simulação Baseada em Agentes” discutem a respeito do método utilizado para concepção do trabalho.

2.4. Modelagem e simulação

Em um contexto mais amplo, um experimento pode ocorrer tanto no sistema real, quanto em um modelo desse sistema (LAW, 2015). Nesse caso, entende-se como modelo a representação do sistema real, de maneira complexa suficiente para trazer respostas à análise (BANKS, 2000). Assim, quando a representação de um sistema – através de um modelo - é realizada de modo a “transportar” a realidade para um ambiente virtual, em que se tem controle das variáveis do processo, é definida como simulação computacional (MONTEVECHI *et al.*, 2010).

Além da definição exposta em Montevechi *et al.*, são diversas outras presentes na literatura. Banks (2000) considera a simulação como uma imitação das operações de um sistema real no decorrer de um período de tempo. Kelton, Sadowski e Zupick (2014) definem simulação computacional como o processo de projetar e elaborar, a partir de um sistema real, um modelo no computador, a fim de compreender o comportamento desse sistema quando sujeito a determinadas condições. Também pode-se considerar a simulação computacional como uma imitação, no computador, de um sistema à medida que há a “passagem” do tempo (ROBINSON, 2014).

Existem ainda abordagens relacionadas ao que não é simulação. É relevante demonstrar esses conceitos, pois ajudam a delimitar as “fronteiras” em relação às características da técnica. Assim, a simulação computacional não é uma ferramenta de previsão do futuro; não é um simples modelo matemático; não é uma técnica estritamente de otimização, capaz de identificar uma solução ótima; não é uma ferramenta que substitui a capacidade da inteligência humana no processo de tomada de decisão; não é uma ferramenta a ser utilizada só quando não houver outros métodos disponíveis; não é um método que se utiliza somente para “remediar” dificuldades (CHWIF e MEDINA, 2015).

Assim como qualquer outra técnica, a simulação apresenta vantagens e desvantagens. Robinson (2014) apresenta algumas dessas vantagens ao utilizar a ferramenta, sendo as principais:

- Custo: pelo fato de a simulação desobrigar a exigência de testes no sistema real, ela evita gastos originados da interrupção de operações do dia a dia; além disso, modificações no sistema físico podem piorar o desempenho do processo, implicando em custo para revertê-las;
- Tempo: a implementação de mudanças em um sistema real pode levar semanas ou meses, enquanto os resultados através da simulação podem ser obtidos de maneira mais rápida, sem deixar a quem a precisão;
- Controle das condições do experimento: a comparação de cenários alternativos é favorecida com o uso da simulação, visto que a alteração de parâmetros do modelo é realizada de forma mais prática no ambiente simulado;
- Tolerância a alta variabilidade de um modelo: a simulação é uma das poucas ferramentas que possibilitam prever com precisão o desempenho de um sistema sob níveis significativos de variabilidade;
- Poucas premissas: requer pouca - se nenhuma - premissa em relação a outros métodos. Por exemplo, ao contrário do que acontece na teoria das filas, que assume distribuições específicas de probabilidades para os tempos de “chegada” e “serviço”, na simulação qualquer distribuição pode ser utilizada;
- Transparência dos resultados: os resultados da simulação são promovidos de maneira mais intuitiva, o que facilita o entendimento e compressão por parte dos tomadores de decisão.

Para o correto desenvolvimento de um modelo de simulação, é recomendável a aplicação de uma metodologia, a qual propõe uma sequência de “passo a passo” a seguir seguida. A primeira metodologia de simulação que se têm evidências é a proposta em Mitroff *et al.* (1974). Estratificado em quatro fases, o método se divide em conceitualização, modelagem, solução pelo modelo e implementação. A Figura 6 apresenta o método de Mitroff *et al.*

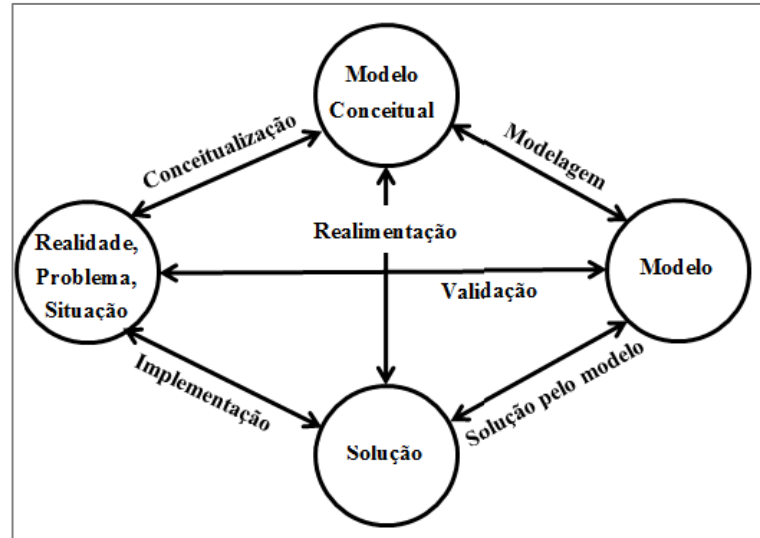


Figura 6 - Metodologia proposta por Mitroff *et al.*

Fonte: adaptado de Mitroff *et al.* (1974)

Na fase de conceitualização, há a criação do modelo conceitual do problema ou do sistema analisado. Nesta etapa, também há a determinação das variáveis a serem incluídas no modelo, além da definição do escopo. Na próxima fase, modelagem, há a construção do modelo “quantitativo”, no qual devem ser apontadas as relações de causa existentes entre as variáveis determinadas anteriormente. O processo de solução pelo modelo é a próxima fase, na qual as equações matemáticas são, geralmente, predominantes. Por fim, há a implementação dos resultados e, finalmente, um novo ciclo pode ser iniciado. Importante frisar a necessidade de validação do modelo científico em relação a modelo e/ou problema realidade (BERTRAND e FRANSOO, 2002).

Chwif e Medina (2015) propuseram uma metodologia de simulação (Figura 7) composta por três “macro” fases: concepção, implementação e análise.

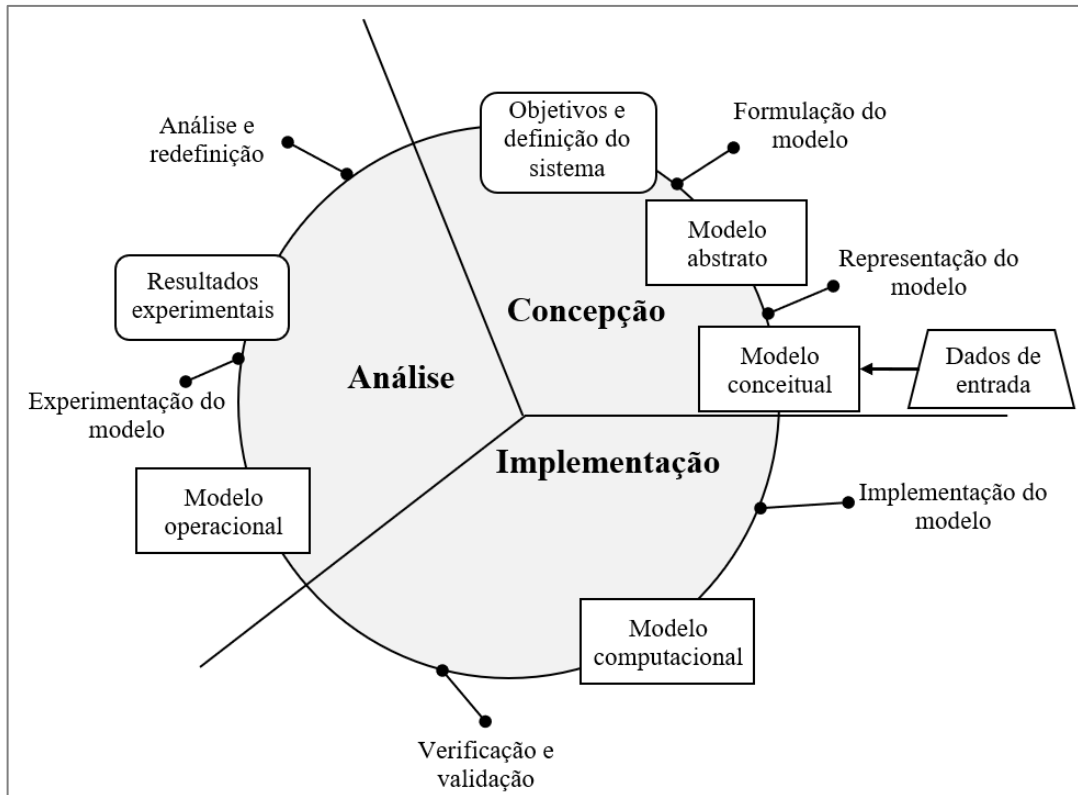


Figura 7 - Metodologia de simulação

Fonte: adaptado de Chwif e Medina (2015)

Na fase de concepção, o sistema a ser simulado deve ser plenamente entendido, e os objetivos da simulação e o escopo do modelo – incluindo as hipóteses e o nível de detalhes – devem ser determinados. Nesta etapa, também há a coleta de dados que servirão de *input* ao modelo. Por fim, o modelo abstrato – que está na mente no analista – deve ser “traduzido” para o modelo conceitual, através de alguma técnica de modelagem. Na fase de implementação, o modelo conceitual desenvolvido anteriormente deve ser convertido em um modelo computacional, utilizando alguma linguagem de simulação ou *softwares* específicos. O modelo computacional é, então, comparado com o modelo conceitual, a fim de verificar se o seu funcionamento vai ao encontro do que foi definido na concepção. Além disso, deve haver a validação, que ocorre a partir da comparação entre o sistema real e alguns resultados gerados pelo modelo computacional (CHWIF e MEDINA, 2015).

Por fim, na fase de análise, após a verificação e validação sucedidas na etapa anterior, o modelo computacional está apto a realizar os experimentos e, passa a ser considerado, então, um modelo operacional (CHWIF e MEDINA, 2015). No modelo operacional, devem ser construídos os chamados “cenários alternativos”, de forma que seja possível avaliar o desempenho do sistema nas diferentes condições (PINHO e MORAIS, 2010). Assim, são executadas diversas “rodadas” de simulação, gerando resultados que devem ser analisados e

documentos. Finalmente, há a conclusão do estudo e as recomendações sobre o sistema podem ser realizadas (CHWIF e MEDINA, 2015).

Segundo Law (2015), os modelos de simulação podem ser classificados de acordo com três dimensões: estático ou dinâmico; determinístico ou estocástico; contínuo ou discreto. Modelos de simulação estáticos são aqueles em que há a representação do sistema em um período específico de tempo, ou ainda aqueles em que a progressão do tempo não é um fator relevante para a análise. Nos modelos de simulação dinâmicos, o fator “tempo” é relevante ao representar um sistema (KELTON, SADOWSKI e KUPIC, 2014).

Nos modelos de simulação determinísticos não há componentes probabilísticos, com as variáveis assumindo valores pré-determinados; já nos modelos de simulação estocásticos, alguns *inputs* são considerados como variáveis aleatórias, seguindo uma distribuição de probabilidade. Ainda, em relação a divisão entre modelos de simulação contínuos e discretos, pode-se afirmar que em um modelo contínuo o estado das variáveis muda continuamente em relação ao fator “tempo”; enquanto no modelo discreto essa mudança ocorre de maneira instantânea em momentos separados no tempo (LAW, 2015).

Os três métodos de simulação mais comuns são a Simulação Dinâmica (SD), Simulação de Eventos Discretos (SED) e Simulação Baseada em Agentes (SBA). Entre os métodos, a SBA possui a capacidade de descrever problemas reais que ocorrem no meio empresarial e é apta a demonstrar eventos surgidos a partir da interação dos agentes (SUMARI *et al.*, 2013). É recomendada, também, quando a análise a ser realizada envolve muitos indivíduos, que possuem decisões e comportamentos bem definidos (AXTELL, 2000). Dessa forma, pelo fato de a SBA ser utilizada na presente dissertação, o contexto acerca do método é discutido na seção seguinte.

2.5. Simulação Baseada Em Agentes

Antes de apresentar a definição de “Simulação Baseada em Agentes” é relevante que se demonstre o conceito de “agentes” em si, pois na SBA, como o próprio nome sugere, são nessas entidades em que a simulação é baseada. Uma definição habitualmente aceita é de que o agente é uma entidade autônoma, sensível ao ambiente e a outros agentes e que, a partir da interação, utiliza essas informações para a tomada de decisão (LAW, 2015). É importante frisar, porém, que não há um consenso em relação a definição do termo (MACAL, 2018).

Segundo Macal e North (2011), um agente deve ter quatro atributos:

- **Autonomia:** um agente é autônomo e autodirigido, podendo agir de forma independente ao ambiente em que está inserido e da interação com outros agentes;

- Modularidade: os agentes são modulares e independentes, sendo identificáveis de maneira única, com determinados atributos, comportamentos e capacidade para tomada de decisão;
- Sociabilidade: um agente é social, interagindo com outros agentes através, por exemplo, de protocolos de influência, comunicação e troca de informações;
- Condicionabilidade: um agente possui um estado que varia ao longo do tempo.

A partir da contextualização de “agentes” apresentada, torna-se mais intuitivo a definição de SBA. Dessa forma, SBA refere-se a um modelo no qual as interações do agente são simuladas constantemente no decorrer do tempo (MACAL e NORTH, 2009). Law (2015) considera a SBA como uma variação da Simulação de Eventos Discretos, na qual as entidades, no caso, os agentes, interagem de maneira significativa com outros agentes e também com o ambiente.

Macal (2016) propõe quatro definições alternativas para SBA, em ordem crescente de complexidade: SBA individual, em que os agentes do modelo são representados individualmente e possuem diferentes características; SBA autônoma, no qual os agentes são individuais e possuem comportamentos de autonomia, agindo de acordo com o que ocorre no sistema; SBA interativa, no qual os agentes são autônomos e interagem com o ambiente e com outros agentes; e a SBA adaptativa, no qual os agentes autônomos mudam seus comportamentos durante a simulação, podendo, por exemplo, “aprender” a partir das interações.

A fim de elucidar os quatro conceitos alternativos de SBA, a Tabela 4 detalha essas quatro definições com base nas propriedades de “individualidade”, “comportamento”, interações” e “adaptabilidade” dos agentes.

Tabela 4 - Propriedades dos agentes e os modelos de SBA

Modelo	Individualidade	Comportamento	Interações	Adaptabilidade
SBA individual	Individuais	Prescrito / roteirizado	Limitadas	Não possui
SBA autônoma	Individuais	Autônomo / dinâmico	Limitadas	Não possui
SBA interativa	Individuais	Autônomo / dinâmico	Com outros agentes e com ambiente	Não possui
SBA adaptativa	Individuais	Autônomo / dinâmico	Com outros agentes e com ambiente	Mudam com a simulação

Fonte: adaptado de Macal (2016)

Na Tabela 4, no que se refere a “individualidade” dos agentes, em todas as quatro definições de SBA os agentes são tratados de maneira individual. Em relação ao

“comportamento”, somente na SBA individual os agentes possuem um comportamento prescrito, enquanto nas outras três definições os agentes são autônomos e com um comportamento dinâmico. As interações que ocorrem na SBA individual e autônoma são limitadas, ao passo que na SBA interativa e adaptativa, essas interações ocorrem entre os agentes e o ambiente. Por fim, somente os agentes da SBA adaptativa possuem a capacidade de mudar seus comportamentos durante a simulação.

A SBA é uma técnica relativamente nova para o contexto da simulação (MACAL, 2016). A sua utilização é comumente realizada para modelar organizações que incluem modelos de tomada de decisão individual e comportamento social (MACAL, 2018). Não por acaso, nos últimos 10 anos, o número de aplicações da SBA em diversas áreas é realmente expressivo (CHENG *et al.*, 2016).

Um dos fatores que contribuíram para o aumento na utilização da SBA são os trabalhos promissores desenvolvidos com foco na padronização da descrição e replicação dos modelos. Essa padronização, dentre outros benefícios, favorece a explicação dos resultados para os gestores, de maneira que seja aceita como uma fonte relevante para a tomada de decisão (CHENG *et al.*, 2016). Grimm *et al.* (2006) propuseram um protocolo, nomeado “Protocolo ODD”, justamente para abordar o tema em relação a padronização de como descrever um modelo de SBA. Em 2020, o protocolo foi atualizado (Figura 8), conforme pode ser encontrado em Grimm *et al.* (2020).

Visão Geral	1. Propósito e padrões
	2. Entidades, variáveis de estado e escala
	3. Visão geral do processo e programação <i>Submodelo A</i> <i>Submodelo B..</i>
Conceitos do projeto	4. Conceitos do projeto
Detalhes	5. Inicialização
	6. Dados de entrada
	7. Submodelos <i>Submodelo A (Detalhes)</i> <i>Submodelo B (Detalhes)...</i>

Figura 8 - Protocolo ODD

Fonte: Grimm *et al.* (2020)

O Protocolo ODD, ilustrado na Figura 8, é composto por sete elementos, englobados em três fases principais: a visão geral, os conceitos do projeto e os detalhes. A visão geral, como o próprio nome sugere, tem como objetivo fornecer um panorama geral referente a finalidade e estrutura do modelo. É composta por “propósito e padrões”, “entidades, estado

das variáveis e escala” e “visão geral do processo e programação”. Em “propósito e padrões”, deve haver uma formulação clara e concisa da intenção para criação do modelo, além dos padrões que servem de critérios para avaliação do modelo. Em “entidades, variáveis de estado e escala”, a principal pergunta a ser respondida é em relação a estrutura do modelo. Assim, as características das entidades do modelo, bem como a escala de representação espacial e temporal do modelo devem ser descritas. Por fim, na “visão geral do processo e programação” deve haver uma descrição conceitual dos processos que afetam o estado das entidades, descrevendo o que cada entidade faz, em que momento e em que sequência (GRIMM *et al.*, 2020).

Na etapa de “conceitos do projeto”, o objetivo é descrever os conceitos gerais que são relevantes ao projeto do modelo. É composto por onze itens, mas que não são todos obrigatórios. Assim, os tópicos que não se aplicarem ao modelo a ser desenvolvido devem ser ignorados. Os itens que compõem os “conceitos do projeto” são: princípios básicos, emergência, adaptação, objetivos, aprendizado, predição, senso de detecção, interação, estocasticidade, coletivo e observação (GRIMM *et al.*, 2020).

Na última etapa do Protocolo ODD, “detalhes”, deve fornecer detalhes suficientes a respeito do modelo para que seja possível a sua total replicação (GRIMM *et al.*, 2020). Essa fase é composta por “inicialização”, “dados de entrada” e “submodelos”. Na “inicialização” devem ser fornecidas informações referentes aos parâmetros iniciais do modelo. Em “dados de entrada”, deve-se apresentar os dados que serviram como *input* do modelo, bem como a forma em que foram gerados. Por fim, em “submodelos”, todos os processos listados na fase de “visão geral do processo e programação” devem ser descritos em detalhes (GRIMM *et al.*, 2006).

2.6. Utilização da Simulação Baseada em Agentes

O uso da SBA é amplo na literatura. Na dinâmica dos *e-marketplaces*, a utilização abrange, por exemplo, os sistemas de reputação (LIU *et al.*, 2017; BAI e LIU, 2019; GHIASI, BROJENY e GHOLAMIAN, 2018; LIU *et al.*, 2016; RODRIGUES, DIMURO e ADAMATTI, 2017), estratégias de negociação no mercado financeiro (ZHANG, MCBURNEY e MUSIAL, 2018), processos de transição para a mobilidade elétrica (PAGANI *et al.*, 2019), estratégias de vendas de um varejista eletrônico (JIANG *et al.*, 2018).

Liu *et al.* (2017) utilizaram a simulação para testar um novo modelo de sistema de reputação que considerava o comportamento dos compradores do *e-marketplace*. Bai e Liu (2019) também aplicaram a simulação para avaliar um novo modelo de reputação, nesse caso,

porém, o modelo proposto era baseado na subjetividade do comprador e em seu comportamento na devolução de produtos. Ghiasi, Brojeny e Gholamian (2018) realizaram diversas simulações com dados reais em um sistema multi-agente de um *e-marketplace*, também com o objetivo de avaliar a performance de um novo modelo de reputação proposto. Liu *et al.* (2016) abordaram de modo mais aprofundado a ótica dos sistemas de reputação, testando, através dos experimentos, a “robustez” de mecanismos de incentivos que promoviam avaliações mais confiáveis de compradores no *marketplace* eletrônico.

Zhang, McBurney e Musial (2018) utilizaram um modelo de SBA, em que os agentes “aprendiam” a partir das suas negociações, para representar e avaliar algumas estratégias de *trading* realizadas por negociadores em um *e-marketplace* financeiro. Pagani *et al.* (2019) desenvolveram um *framework* para aplicação de um modelo de SBA em que foram simulados 2500 cenários possíveis em relação ao processo de transição para o uso de veículos elétricos. Jiang *et al.* (2018) criaram um ambiente de SBA para avaliar diferentes estratégias de vendas que um varejista digital poderia utilizar, simulando as interações entre esses vendedores e os consumidores de uma plataforma *online*.

Em se tratando da utilização das técnicas de modelagem e SBA com o propósito de auxiliar o processo decisório, nesse caso, não necessariamente no ambiente dos *e-marketplaces*, encontram-se trabalhos, por exemplo, no ramo alimentício (MCGARRAGHY *et al.*, 2022); no ambiente urbano (ROSÉS, KADAR e MALLESON, 2021) em terminais aeroportos (MEKIĆ, ZIABARI e SHARPANSKYKH, 2021); na distribuição de vacinas contra a COVID-19 (JAHN *et al.*, 2021); em projetos de desenvolvimento de *softwares* (HONSEL *et al.*, 2021); na programação de manutenção de aviões (LIU *et al.*, 2019); em entregas no meio urbano (BEAN e JOUBERT, 2019); adoção de painéis fotovoltaicos (BORGHESI e MILANO, 2019); na implementação de sistema de bicicletas compartilhadas (SORIGUERA, CASADO e JIMÉNEZ, 2018); e em entregas de última milha (ALVES *et al.*, 2019).

McGarraghy *et al.* (2022) utilizaram uma combinação de Sistemas Dinâmicos e SBA para mensurar os impactos gerados a partir de estratégias de variação de preços na cadeia de suprimentos de empresas do ramo alimentício. Nesse caso, a aplicação dos Sistemas Dinâmicos foi útil para simular o fluxo de produtos ao longo da cadeia de suprimentos, enquanto a SBA modelou as decisões que controlavam o preço praticado. Rosés, Kadar e Malleson (2021) desenvolveram um modelo georreferenciado de SBA para avaliar estratégias de combate ao crime no ambiente urbano, buscando identificar padrões que previssem a ocorrência dos crimes. Mekić, Ziabari e Sharpanskykh (2021) construíram um modelo de

SBA para avaliar estratégias de melhoria em um aeroporto, considerando de forma dependente atividades “secundárias” (alimentação e compras) e atividades operacionais, como *check-in*, exercidas pelos passageiros do terminal. Jahn *et al.* (2021), a fim de minimizar o número de mortes e internações por COVID-19, promoveram o processo de comparação entre algumas estratégias para vacinar os austríacos; assim, o modelo de SBA foi útil para simular os cenários, compostos pelas diferentes estratégias de vacinação.

Liu *et al.* (2019), após desenvolverem um sistema de apoio à tomada de decisão no momento de programar a manutenção de aviões, construíram um modelo de SBA para analisar o impacto de diferentes estratégias de manutenção a partir do sistema desenvolvido. Bean e Joubert (2019) desenvolveram um modelo de SBA para auxiliar na melhor política de entregas no ambiente urbano; assim, o modelo foi construído de modo a abranger os desafios ao realizar as entregas, buscando um equilíbrio entre as restrições referentes ao recebedor da mercadoria e o custo para realização do frete. Outro trabalho desenvolvido no ambiente urbano pode ser encontrado em Soriguera, Casado e Jiménez (2018). Neste caso, os autores elaboraram um modelo de SBA para avaliar diversos cenários que foram gerados a partir de diferentes estratégias de implementação de um sistema de bicicletas compartilhadas. Alves *et al.* (2019), em um estudo focado em entregas de última milha, desenvolveram um modelo de SBA para analisar cenários alternativos referentes a implementação de *delivery lockers*, auxiliando à tomada de decisão.

3. METODOLOGIA

Segundo Miguel *et al.* (2012), a utilização de uma metodologia adequada aumenta as chances de que a proposta do trabalho contribua de maneira efetiva para o conhecimento. Assim, este Capítulo apresenta a classificação da pesquisa, o *e-marketplace* de desenvolvimento do estudo, e, também, a metodologia e os materiais utilizados nesta dissertação.

3.1. Classificação da pesquisa

Kauark, Manhães e Medeiros (2010) classificam uma pesquisa de acordo com a natureza, a abordagem, o objetivo e o método. Em relação a natureza, a pesquisa aplicada é aquela em se tem como propósito gerar conhecimentos para aplicação prática, de forma a abordar um problema específico e sua resolução de maneira adequada. Assim, pode-se afirmar que a presente dissertação é classificada como natureza aplicada, visto que é desenvolvida em um *e-marketplace* logístico e objetiva desenvolver um modelo apto a verificar o impacto que diferentes canais de captação de clientes possuem na quantidade final de novos usuários.

A abordagem quantitativa de uma pesquisa é definida quando há a “transformação”, por meio de técnicas estatísticas, de informações em números, a fim de analisá-los (KAUARK, MANHÃES e MEDEIROS, 2010). Dessa forma, esta dissertação possui uma abordagem quantitativa, visto que o resultado do modelo será exposto através de valores numéricos, de modo a auxiliar os tomadores de decisão da empresa.

No que diz respeito ao “objetivo”, a pesquisa normativa desenvolve e compara diversas estratégias e ações para abordar um problema (BERTRAND e FRANSOO, 2002). Portanto, esta dissertação se caracteriza como uma pesquisa “normativa”, uma vez que busca criar e analisar cenários para mensurar os efeitos gerados a partir de diferentes decisões dos gestores da empresa.

Por fim, o método utilizado no presente trabalho é a modelagem e simulação, visto que, em um primeiro momento, será construído o modelo do processo de captação de novos clientes do *e-marketplace* logístico e, após, serão realizadas as experimentações através da simulação. O desenvolvimento de modelos e a simulação permitem analisar o sistema, formular estratégias e, assim, auxiliar o processo de tomada de decisão (MIGUEL *et al.*, 2012).

A Figura 9 sintetiza a classificação da presente pesquisa em relação a sua natureza, abordagem, objetivo e método.

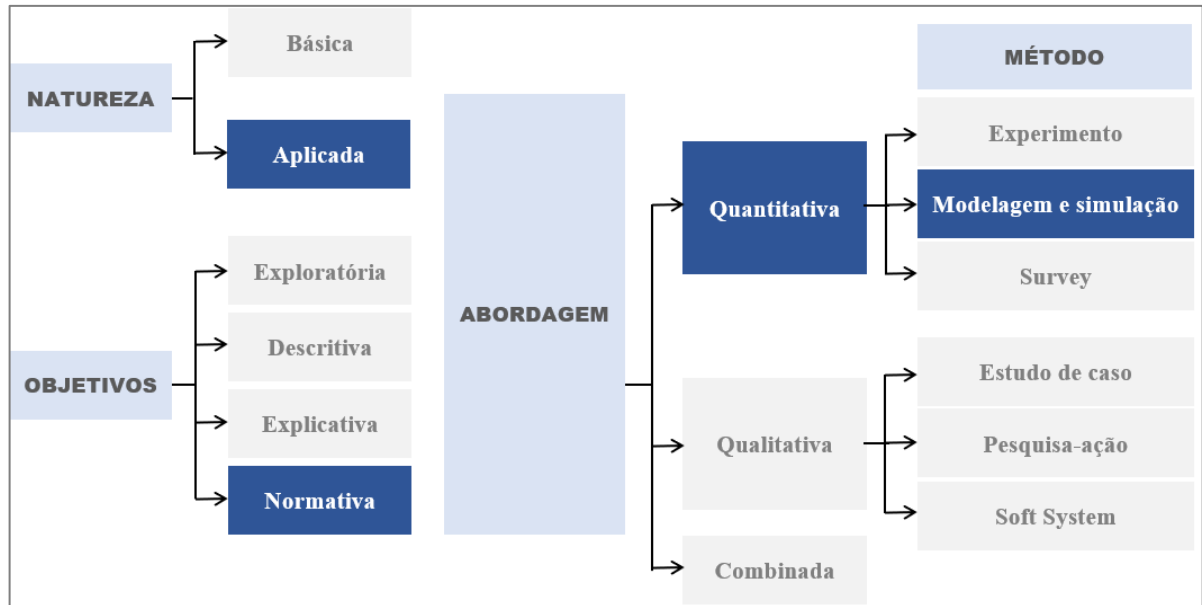


Figura 9 - Classificação da pesquisa

Fonte: autor

3.2. A empresa

A organização em que foi desenvolvido o estudo foi fundada em 2013 e opera como *e-marketplace* logístico, com atuação no transporte rodoviário. O principal objetivo da plataforma é realizar a conexão entre transportadoras e caminhoneiros autônomos, de modo a estabelecerem acordos para transporte de cargas. Mensalmente, são disponibilizados cerca de 100 mil fretes no ambiente do *e-marketplace*, que possui mais de 18 mil empresas registradas e um milhão de caminhoneiros cadastrados.

A Figura 10 apresenta o esquema simplificado da atuação do *e-marketplace* logístico analisado.

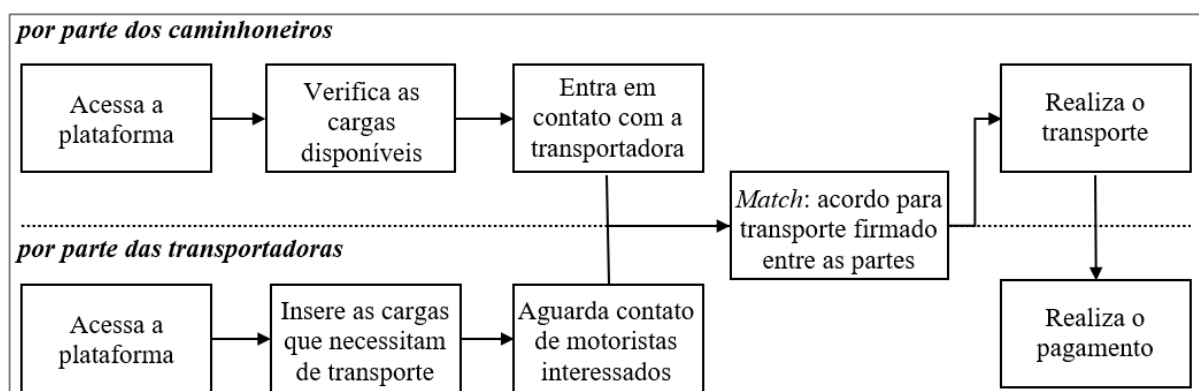


Figura 10 - Esquema representativo da atuação do *e-marketplace* logístico

Fonte: Autor

De acordo com a Figura 10, o modo de funcionamento da plataforma pode ser descrito sob duas óticas diferentes: das transportadoras e dos caminhoneiros autônomos. As

transportadoras acessam o *marketplace* eletrônico quando necessitam de um transporte mais imediato da carga (frete *spot*). Assim, as empresas publicam informações referentes aos locais de origem e destino da carga, o peso aproximado da mercadoria, o prazo de entrega, o tipo de caminhão recomendado, o valor a ser pago pelo transporte, telefone de contato e, também, alguns detalhes e observações sobre a carga.

Os caminhoneiros, ao se conectarem à plataforma, conseguem ter acesso às informações publicadas pelas transportadoras sobre os fretes. Dessa forma, podem optar entre as diferentes cargas disponíveis. Por meio do contato disponibilizado pelas transportadoras, os caminhoneiros manifestam interesse na realização do transporte e, podem, então, estabelecerem o acordo (*match*) e as circunstâncias da viagem. Após a realização do transporte, o caminhoneiro recebe o pagamento da transportadora.

Pode-se, ainda, classificar o *e-marketplace* de estudo conforme as dimensões propostas por Marasco (2004). Assim, em relação ao “tipo de operador”, o *e-marketplace* é considerado público. O “viés” é classificado como neutro. Possui foco no modal de transporte rodoviário, atuando de maneira “horizontal” no mercado. O mecanismo operacional de transação é o *Request for Quote* (RFQ). Por fim, as fontes de receitas do *e-marketplace* é por meio de valores cobrados por publicidade e serviços complementares.

É relevante, também, que se detalhe a descrição do banco de dados da empresa, visto que foi empregado como *input* do modelo computacional. No Protocolo ODD, utilizado para descrever modelos de SBA, esta é informação é apresentada de modo mais amplo, mencionando somente a origem dos *inputs*. O banco de dados utilizado para desenvolvimento do modelo é de caráter privado e foi fornecido pelo *e-marketplace* logístico. Os dados da base compreendem ao período de agosto de 2021 a dezembro de 2022, sendo exibidos mensalmente. As informações são apresentadas em valores numéricos, estratificados por cada um dos 10 meios de captação de clientes que a plataforma utiliza. Há, ainda, a divisão entre os estágios (*leads*, oportunidade, vendas, *onboarding* e ativados) em que um cliente pode transitar. Por questões de sensibilidade das informações contidas, os dados não poderão ser apresentados nesta pesquisa.

3.3. Metodologia de simulação

A metodologia de simulação utilizada no presente trabalho é a proposta por Chwif e Medina (2015), apresentada na Seção 2.4 desta dissertação. A metodologia é tradicionalmente empregada em estudos de Simulação de Eventos Discretos, porém, também pode demonstrar

resultados satisfatórios quando é utilizada em trabalhos de SBA. Um exemplo na literatura é a pesquisa desenvolvida por Alves *et al.* (2019).

O Quadro 3 apresenta os materiais e os métodos utilizados para aplicação da metodologia de Chwif e Medina (2015). As atividades presentes no quadro serão realizadas de maneira sequencial, de forma que atuem como um “passo a passo” para conduzir o desenvolvimento desta pesquisa.

Quadro 3 - Materiais e métodos utilizados para aplicação da metodologia de simulação

Fases da Metodologia	Atividades	Materiais e métodos
Concepção	Definição dos objetivos e escopo do modelo	Propósito e padrões (Protocolo ODD)
	Transformação modelo abstrato para modelo conceitual	Entidades, variáveis de estado e escala (Protocolo ODD) Visão geral do processo e programação (Protocolo ODD)
	Origem dados de entrada	Dados de entrada (Protocolo ODD)
	Ajustes de probabilidade dos dados de entrada	Submodelos (Protocolo ODD) <i>Software</i> ExpertFit®
Implementação	Construção do modelo computacional	<i>Software</i> Anylogic®
	Verificação do modelo computacional	<i>Runs</i> sequenciais no modelo <i>Debugger build model</i> do Anylogic®
	Validação do modelo computacional	Validação face a face <i>Framework</i> de validação proposto por Leal <i>et al.</i> (2011) <i>Software</i> Minitab® para testes de hipóteses
Análise	Experimentações com o modelo	<i>Software</i> Anylogic®
	Recomendações finais	-

Fonte: autor

Conforme apresentado no Seção 2.4 da fundamentação teórica, o método de Chwif e Medina é composto por três fases: concepção, implementação e análise. As seções seguintes detalham os métodos utilizados para cada uma dessas fases.

3.3.1. Fase de concepção

Na etapa de concepção, a proposta desta dissertação é utilizar o Protocolo ODD (GRIMM *et al.*, 2006; GRIMM *et al.*, 2020), demonstrado na Seção 2.5. O objetivo da utilização de um protocolo padrão - proposto especificamente para trabalhos de SBA - é descrever o modelo de maneira “completa” e padronizada, a fim de facilitar o entendimento e a replicação por outros pesquisadores.

O Protocolo ODD, além de favorecer a explicação do modelo, pode comportar todas as atividades da fase de concepção da metodologia proposta por Chwif e Medina. Assim, a definição dos objetivos e escopo do modelo serão abordados na etapa de “propósito e padrões” do protocolo; a “tradução” do modelo abstrato para o modelo conceitual, conforme a metodologia de simulação, será realizada com base nas etapas de “entidades, variáveis de estado e escala” e “visão geral do processo e programação”, sendo essas duas etapas da fase de “visão geral” do Protocolo ODD.

Ainda na etapa de concepção, a explicação e os ajustes de probabilidade, ambos referentes aos dados de entrada do modelo, serão abordados, respectivamente, em “dados de entrada” e “submodelos”, presentes na etapa de “detalhes” do protocolo. Para a realização dos ajustes de distribuição de probabilidade dos *inputs* do modelo será utilizado o *software* ExpertFit®, um programa que, além de identificar a melhor distribuição de probabilidade, também informa se a distribuição escolhida é adequada o suficiente para ser utilizada em um modelo de simulação (LAW, 2011).

O escopo do Protocolo ODD não abrange o desenvolvimento do modelo computacional e a realização dos experimentos de simulação (GRIMM *et al.*, 2006). Portanto, a utilização do protocolo nesta dissertação se restringe somente a etapa de “concepção” da metodologia de simulação.

3.3.2. Fase de implementação

Na etapa de “implementação”, a criação do modelo computacional será realizada no ambiente do *software* Anylogic®, versão *Personal Learning Edition*, que é a opção gratuita do programa. O Anylogic® é um moderno *software* de simulação que suporta diversos tipos de experimentos, como otimizações e alterações de parâmetros. Ainda, pode ser útil para modelar problemas relacionados a diferentes áreas, como no sistema de transporte, na gestão da cadeia de suprimentos, no desenvolvimento industrial e na avaliação de processos de negócio (PEYMAN *et al.*, 2021). O Anylogic® é um dos *softwares* mais utilizados para desenvolvimento de modelos de SBA (PÉTERFI e GYENGE, 2021).

Conforme a metodologia de Chwif e Medina, além do desenvolvimento do modelo computacional, é necessário que haja a verificação e validação desse modelo. Enquanto a verificação abrange aspectos “operacionais”, comprovando a ausência de *bugs*, a validação certifica que, com uma determinada confiabilidade, os resultados do modelo simulado condizem com os resultados do sistema real (MONTEVECHI *et al.*, 2007).

A verificação será realizada a partir da observação em sucessivos *runs* no modelo desenvolvido e também com a execução do *debugger build model* do Anylogic®. Já a validação do modelo será realizada de duas formas complementares: a validação “face a face”, em que um especialista no sistema real confirma a veracidade dos resultados do modelo, e validação estatística, por meio do *framework* (Figura 11) proposto por (LEAL *et al.*, 2011).

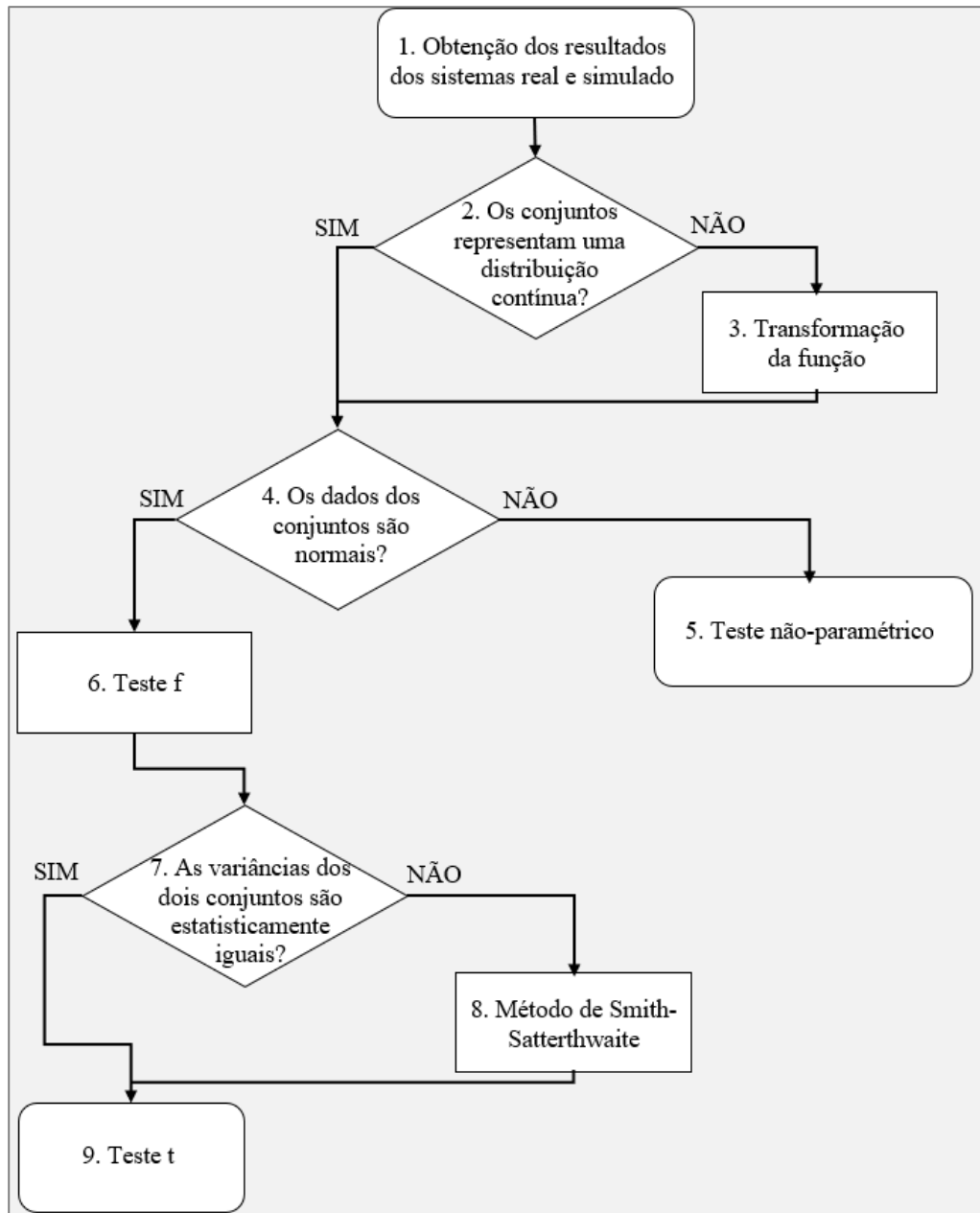


Figura 11- *Framework* de validação do modelo computacional

Fonte: adaptado de Leal *et al.* (2011)

Conforme Figura 11, a primeira etapa de validação de um modelo computacional é obter dados do sistema real e do sistema simulado. Após, deve ser verificado se esses

conjuntos de dados representam distribuições contínuas de probabilidade. Caso negativo, deve haver a transformação da função antes de prosseguir com a validação. Em seguida, mais uma verificação deve ser realizada. Neste caso, deve ser analisado se os dados do sistema real e simulado são normais. Se não forem, deve ser executado um teste não paramétrico; se sim, deve ser realizado um teste “f”.

A etapa seguinte compara estatisticamente as variâncias dos dois conjuntos de dados (real e simulado). Caso não sejam estatisticamente iguais, é realizado o método de Smith-Satterthwaite antes da realização do teste t. O teste t finaliza o *framework* e permite afirmar se as médias do sistema real e simulado são estatisticamente iguais, o que permite validar o modelo computacional desenvolvido. Os testes estatísticos necessários para a validação serão realizados com o *software* Minitab®, e a variável de interesse a ser validada será o número de agentes no estado “ativado” do processo.

3.3.3. Fase de análise

Na última etapa da metodologia, o modelo computacional, após ser validado, está apto para receber as alterações de parâmetros. Assim, nesta etapa serão definidos os cenários alternativos, baseados na relevância de cada cenário para o *e-marketplace* logístico. Uma vez que o modelo computacional será construído no ambiente do Anylogic®, as experimentações, através da variação de parâmetros, também serão realizadas neste mesmo *software*.

As experimentações no modelo permitem obter os resultados de cada cenário alternativo considerado no estudo. Assim, serão realizados a análise e sintetização desses resultados. Finalmente, após a conclusão dessa etapa, serão concebidas as recomendações finais aos tomadores de decisão do *e-marketplace* logístico.

4. MODELAGEM

Este capítulo apresenta a modelagem do processo de captação de clientes. Dessa forma, são demonstradas a aplicação integral do Protocolo ODD, empregado para o desenvolvimento da etapa “concepção” da metodologia de simulação; as ferramentas utilizadas na construção, verificação e validação do modelo computacional, que são atividades da etapa de “implementação”; e, por fim, os cenários alternativos definidos.

4.1. Fase de concepção

Conforme mencionado no Capítulo 3, a fase de concepção da metodologia de simulação foi desenvolvida com base no Protocolo ODD. Assim, as próximas Seções são referentes às etapas do protocolo, apresentado na Figura 12.

Visão Geral	1. Propósito e padrões
	2. Entidades, variáveis de estado e escala
	3. Visão geral do processo e programação <i>Submodelo A</i> <i>Submodelo B..</i>
Conceitos do projeto	4. Conceitos do projeto
Detalhes	5. Inicialização
	6. Dados de entrada
	7. Submodelos <i>Submodelo A (Detalhes)</i> <i>Submodelo B (Detalhes)...</i>

Figura 12 - Protocolo ODD

Fonte: Grimm et al. (2020)

4.1.1. Propósito e padrões

O propósito deste modelo de SBA é analisar o impacto que cada canal de captação de um *e-marketplace* logístico possui na quantidade final de novos usuários, em resposta a variação da taxa de conversão de clientes. O modelo assume, ainda, dois padrões em relação à dinâmica da simulação. A reprodução desses padrões no momento em que ocorre a simulação é indício do correto funcionamento do modelo. Os padrões assumidos pelo modelo são:

Padrão 1: algumas taxas de conversão podem ser naturalmente zero. Ainda que algumas taxas de conversão dos meios de captação serão “desligadas” na alteração de parâmetros do modelo, é possível que outras taxas, que não estejam sobre análise em tal experimentação, sejam iguais a zero, como ocorre no sistema real.

Padrão 2: as taxas de conversão não sofrem influência dos períodos do ano. Independente do momento do tempo do modelo, as taxas de conversão não sofrem de alterações sazonais e de tendência.

4.1.2. Entidades, variáveis de estado e escala

As entidades que compõem o modelo são agentes individuais denominados “transportadoras”. No sistema real, as transportadoras são os clientes do *e-marketplace* logístico em análise. O ambiente em que os agentes “transportadoras” serão inseridos é o processo de captação de clientes do *e-marketplace* logístico.

A escala de tempo de simulação será mensal, com o modelo configurado para representar a execução de 30 dias corridos.

Em relação às variáveis de estado, há sete diferentes estados que serão utilizados para diferenciar os agentes no modelo, sendo:

- *Leads*: potenciais clientes (transportadoras) que demonstraram intenção em participar do *e-marketplace* logístico. Na prática, esta demonstração de interesse é realizada quando a transportadora preenche, com seus dados de contato e informações, os formulários *online* disponibilizados nos canais de captação. É o primeiro estágio do processo;
- *Oportunidade*: após o preenchimento do formulário na etapa anterior, uma equipe da empresa entra em contato com a transportadora para coletar mais informações. O estado oportunidade se caracteriza quando a transportadora mantém o interesse após este primeiro contato e encaminhada para o setor de vendas;
- *Vendas*: após o encaminhamento realizado na etapa anterior, o setor de vendas entra em contato com a transportadora para consolidação da transação. Caso se concretize o acordo, a transportadora é considerada, então, como “vendas”;
- *Onboarding*: é o estado que caracteriza as transportadoras que, após contratarem os serviços pagos da plataforma, participam do treinamento oferecido pelo *e-marketplace*;
- *Sem onboarding*: ao contrário do que acontece do “*onboarding*”, neste estado, as transportadoras, após contratarem os serviços pagos da plataforma, não participaram do treinamento oferecido pelo *e-marketplace*;
- *Ativado*: são empresas que de fato efetivam sua participação na plataforma. Essa efetivação é dada com a emissão de CIOT e/ou vale pedágio;

- Não ativado: é a condição oposta ao estado “ativado. São empresas que não efetivam sua participação na plataforma.

4.1.3. Visão geral do processo e programação

O sistema a ser modelado é o processo de captação de novos clientes de um *e-marketplace* logístico. O modelo será programado para simular um mês completo. Neste período, são sete fases possíveis assumidas pelos agentes (apresentadas em “entidades, variáveis de estado e escala”), conectadas por dez taxas de conversão e dois processos decisórios. A Figura 13 apresenta o diagrama de estado dos agentes “transportadoras”, considerado o modelo conceitual da metodologia de simulação.

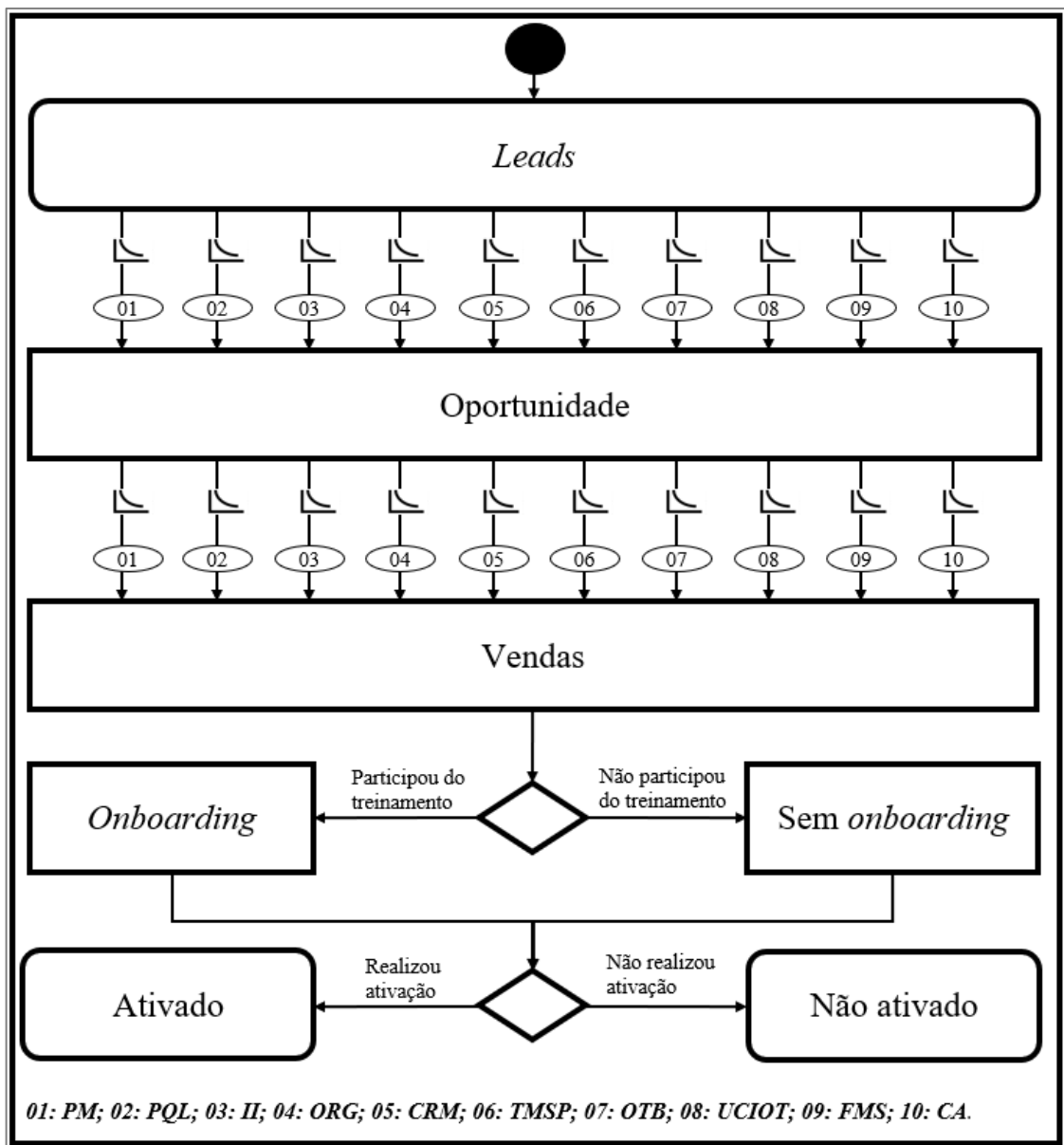


Figura 13 - Modelo conceitual do processo de captação de clientes

Fonte: autor

O modelo se inicia com todos os agentes no estado *leads*. Todos os *leads* são potenciais agentes para se tornarem “oportunidade” e, posteriormente, “vendas”. Os progressos de *leads* para oportunidade e oportunidade para “vendas” ocorrem através de alguma taxa de conversão que, na prática, são os meios de captação de clientes utilizados pelo *e-marketplace* logístico. As taxas de conversão demonstram a forma em que um potencial cliente adentrou ao sistema. Ou seja, caso um potencial cliente seja captado através do canal *Paid Media*, por exemplo, a conversão de “oportunidade” para “vendas” também será representada através desse mesmo canal no modelo. Ao todo, são dez taxas: *Paid Media*, PQL, Indicação Interna, Orgânico, CRM, TMS Parceiro, *Outbound*, *Upsell* de CIOT, FMS e *Chat* aquisição. A explicação sobre cada uma das taxas é realizada a seguir:

- *Paid Media (PM)*: também chamadas de mídias paga, são anúncios realizados em redes sociais como Instagram e Facebook;
- *Product Qualified Lead (PQL)*: *lead* qualificado pelo produto. São usuários que já tiveram acesso as funções pagas do *e-marketplace* (com exceção da emissão de CIOT) e pretendem reativar a assinatura;
- Indicação Interna (II): neste meio de captação, os clientes são angariados a partir do contato realizado por funcionários da empresa;
- Orgânico (ORG): são clientes que demonstram interesse no serviço de maneira espontânea, geralmente após realizarem buscas na *internet*;
- *Customer Relationship Management (CRM)*: gestão de relacionamento com o cliente. O CRM fornece informações relevantes, armazenadas em um banco de dados, sobre clientes e potenciais clientes, o que pode gerar abordagens a possíveis novos usuários, geralmente, realizadas via *e-mail*;
- *Transportation Management System (TMS) de Parceiros (TMSP)*: canal em que são captados os usuários do TMS de empresas parceiras ao *e-marketplace*;
- *Outbound (OTB)*: neste meio de captação os clientes são captados através dos meios de publicidade convencionais; está intimamente ligada ao conceito de *marketing* tradicional;
- *Upsell* de CIOT (UCIOT): captação de clientes vinda a partir da oferta, por parte dos vendedores do *e-marketplace*, de emissão de CIOT;
- FMS: canal de captação em que o próprio usuário do *e-marketplace* solicita ser um usuário pago;

- *Chat aquisição (CA): Chat disponível no site do e-marketplace logístico, aberto a dúvidas, reclamações e contratação de serviços.*

Após o estado de vendas, há um processo decisório, em que os agentes “decidem” se participam ou não do treinamento chamado “*onboarding*”. Caso positivo, os agentes assumem o estado “*onboarding*”; caso contrário, são designados ao estado de “sem *onboarding*”. Após ambos os estados, o agente pode realizar a ativação ou não na plataforma, finalizando, assim, nos estados “ativado” ou “não ativado”, respectivamente. Essas decisões, assim como as taxas de conversão, também serão modeladas conforme ajuste de probabilidade, realizado na etapa de submodelos.

4.1.4. Conceitos do projeto

Esta etapa é composta por onze itens, que não são todos obrigatórios e/ou aplicáveis a um determinado modelo de SBA. Assim, não se aplicam ao modelo desenvolvido neste trabalho os seguintes tópicos: objetivos, em que os agentes são orientados por um determinado objetivo; aprendizado, em que os agentes acumulam “experiências” a partir de suas interações; e predição, em que os agentes tomam decisão com base em estimativas futuras.

- **Princípios básicos:** este modelo aborda, em um contexto amplo, uma questão recorrente e relevante no meio industrial: a tomada de decisão. No caso específico deste modelo, há o auxílio a tomada de decisão ao analisar quais os meios de captação de clientes, utilizados por um *e-marketplace* logístico, têm mais impacto em angariar novos consumidores;
- **Emersão:** os principais resultados que surgem do modelo são referentes ao número final de clientes em cada estado do processo de captação. Porém, a análise e a comparação de cenários serão realizadas com base no número de “ativado” que, na prática, são os clientes que de fato tornaram-se participantes do *e-marketplace*. Esses resultados são obtidos a partir da variação das taxas de conversão dos meios de captação;
- **Adaptação:** o modelo possui um comportamento adaptativo, no qual os agentes decidem se prosseguem ou não no processo de captação do *e-marketplace* logístico, até se tornarem ou não participantes da plataforma;
- **Senso de detecção:** os agentes no modelo não possuem a capacidade de compreenderem o estado em que estão ou que passaram no processo de captação do *e-marketplace*;

- Interação: a interação ocorre entre os agentes (transportadoras) e o ambiente (processo de captação), por meio das taxas de conversão dos meios de captação utilizados pelo *e-marketplace*;
- Estocasticidade: há a variação mensal nas taxas de conversão dos meios de captação;
- Coletivo: o modelo não possui coletividade, que são conjuntos de agentes que influenciam e sofrem influência dos próprios agentes como, por exemplo, grupos sociais e pássaros voando juntos;
- Observação: a observação será realizada a partir de análises gráficas e tabelas com a quantidade de agentes em cada estado do processo de captação. Ambas ferramentas serão geradas a partir de configurações no Anylogic®, o *software* que também será utilizado para desenvolvimento do modelo. O número de agentes no estado “ativado” será o principal resultado analisado, além de servir como base para validação do modelo computacional.

4.1.5. Inicialização

O modelo inicia com uma população de agentes no estado *leads*, que é o primeiro estágio do processo de captação. O tamanho da população será de 572 agentes, que é a média da série histórica do banco de dados do *e-marketplace*. Assim, a quantidade de agentes em cada estado no momento da inicialização do modelo é sintetizada da seguinte forma:

- Quantidade de *leads*: 572 agentes;
- Quantidade de oportunidade: 0;
- Quantidade de vendas: 0;
- Quantidade de *onboarding*: 0;
- Quantidade de sem *onboarding*: 0;
- Quantidade de ativado: 0;
- Quantidade de não ativado: 0.

Em relação às configurações de tempo e ambiente, a simulação será realizada com base em interações diárias entre os agentes e o ambiente. No início do modelo, o tempo (dias) será igual a zero ($t = 0$) e finalização do modelo será com o fator tempo igual a 30, representando, assim, um mês completo de simulação.

4.1.6. Dados de entrada

Os dados de entrada do modelo foram obtidos a partir da base de dados do *e-marketplace* logístico. As informações imputadas no modelo foram:

- Tamanho da população inicial de *leads*;
- Porcentagem de clientes convertidos de *leads* para oportunidade de cada meio de captação;
- Porcentagem de clientes convertidos de oportunidade para vendas de cada meio de captação;
- Porcentagem de clientes convertidos vendas para *onboarding*;
- Porcentagem de clientes convertidos vendas para sem *onboarding*;
- Porcentagem de clientes convertidos de “*onboarding*” para ativado;
- Porcentagem de clientes convertidos de “sem *onboarding*” para ativado;
- Porcentagem de clientes convertidos de “*onboarding*” para não ativado;
- Porcentagem de clientes convertidos de “sem *onboarding*” para não ativado.

4.1.7. Submodelos

O ajuste de probabilidade das taxas de conversão imputadas no modelo foi realizado com base na relação entre o número de clientes convertidos de cada canal de captação e os números totais de *leads* (para taxas de *leads* para oportunidade) e oportunidade (para taxas de oportunidade para vendas), no respectivo mês. Ou seja, o *fit* da taxa de conversão de cada meio de captação foi de acordo com a porcentagem de conversão de cada taxa em seu respectivo mês de análise. O Quadro 4 mostra o resultado dos ajustes de distribuição e a porcentagem de aderência à respectiva distribuição.

Quadro 4 - Ajustes de distribuição de probabilidade das taxas de conversão dos meios de captação

Meio de captação	Processo	Ajuste de distribuição	% Fit
<i>Paid media</i>	<i>Leads para Oportunidade</i>	NORMAL(0,023961; 0,039409)	85,00
PQL		BETA(0,453758; 0,819865; 0; 0,038522)	87,5
Indicação interna		GAMMA(0,887043; 0,02751; 0,010728)	87,9
Orgânico		LOGNORMAL(0,453333; 0,041058; 6,0E-4)	85,48
CRM		LOGISTIC(0,00223; 0,00372)	81,25
TMS Parceiros		LOGISTIC(0,00655;0,01241)	76,39
<i>Outbound</i>		QUIQUADRADO(0,109665; 0)	90,00
<i>Upsell</i> de CIOT		WEIBULL(0,17786; 1,0E-6; 0)	83,93
FMS		LOGISTIC(0,00203; 0,00254)	78,33
<i>Chat</i> aquisição		WEIBULL(0,146194; 3,0E-6; 0)	80,36
<i>Paid media</i>	<i>Oportunidade para Vendas</i>	NORMAL(0,048283; 0,063144)	83,82
PQL		LOGISTIC(0,01589; 0,02389)	80
Indicação interna		LOGNORMAL(0,610549; 0,054821; 0)	91
Orgânico		BETA(1,213396; 6,034347; 0,007813; 0,553861)	97,83
CRM		QUIQUADRADO(0,084437; 0)	83,33
TMS Parceiros		LOGISTIC(0,00936; 0,01097)	76,67
<i>Outbound</i>		LOGISTIC(0,03213; 0,05165)	81,25
<i>Upsell</i> de CIOT		WEIBULL(0,167339; 1,0E-6; 0)	85,71
FMS		WEIBULL(0,152666; 6,0E-6; 0)	80,36
<i>Chat</i> aquisição		WEIBULL(0,136755; 5,0E-6; 0)	82,14

Fonte: autor

No Quadro 4, as dez primeiras taxas de conversão representam clientes que foram convertidos do estado inicial, *lead*, para o próximo estado, oportunidade. Nota-se que cinco dos dez ajustes realizados nesta etapa são representados por duas distribuições: três referentes

à Logística e duas à Weibull. Há, ainda, a presença das distribuições Normal, Beta, Gamma, Lognormal e Qui Quadrado, representando uma conversão cada.

Na etapa seguinte, referente à conversão dos clientes do estado oportunidade para vendas, há novamente a predominância das distribuições Logística e Weibull. Nesse caso, ambas distribuições representam 60% dos ajustes, com três cada uma. As distribuições Normal, Lognormal, Beta e Qui Quadrado foram ajustadas em um meio de captação cada.

Cabe observar que todas as distribuições, tanto na conversão de *leads* para oportunidade quanto de oportunidade para vendas, são contínuas. Esse resultado era esperado, uma vez que o ajuste foi realizado em dados de “porcentagem”, que podem assumir infinitos valores em um espaço entre 0 e 1. A distribuição de probabilidade Logística, que ao todo foi ajustada em seis canais de captação, é uma distribuição que pode ser utilizada em diversas situações. Além disso, é simétrica em relação à média, de modo similar a distribuição Normal, mas com as caudas mais amplas. A Weibull, segunda distribuição de maior frequência nos ajustes, é uma distribuição limitada no lado inferior, e amplamente utilizada em estudos de confiabilidade.

Após a realização dos ajustes nas taxas de conversão dos meios de captação que o *e-marketplace* utiliza, torna-se necessário os ajustes referentes aos processos decisórios presentes no modelo. Neste caso, o *fit* foi realizado com base na relação entre o número de clientes nos respectivos estados e o número de clientes no estado vendas, que é o estágio anterior aos processos decisórios. Ambas as informações foram retiradas do banco de dados. O Quadro 5 demonstra os ajustes de distribuição realizados e a aderência à respectiva distribuição.

Quadro 5 - Ajustes de distribuição de probabilidade dos processos decisórios

Processo decisório	Ajuste de distribuição	% <i>Fit</i>
Vendas para <i>Onboarding</i>	LOGISTIC(0,22221; 0,4595)	76,56
Vendas para Sem <i>onboarding</i>	BETA(0,356024; 0,383881; 0,130263; 1,003951)	96,74
<i>Onboarding</i> para Ativado	LOGISTIC(0,20158; 0,42076)	79,69
Sem <i>onboarding</i> para Ativado	GAMMA(2,295499; 0,122621; 0,29323)	74,17
<i>Onboarding</i> para Não ativado	NORMAL(0,329543; 0,386341)	81,67
Sem <i>onboarding</i> para Não Ativado	LOGISTIC(0,10065; 0,44889)	88,24

Fonte: autor

No Quadro 5, há uma predominância da distribuição Logística, representando 50% dos processos decisórios que ocorrem no modelo. As outras distribuições presentes são a Normal, Gama e Beta, com uma representação cada. Novamente, ao analisar as distribuições ajustadas aos processos, pode-se perceber que todas são contínuas.

4.2. Fase de implementação

4.2.1. Construção do modelo computacional

A criação do modelo foi realizada utilizando o *software* Anylogic®, conforme mencionado no tópico 3.3.2. Em um primeiro momento, foi formada a população de agentes, chamados “transportadoras”. No ambiente destes agentes, foi gerado o diagrama de estado do modelo, no qual cada meio de conversão especificado em “conceitos do projeto” (4.1.4) foi representado por uma transição, caracterizada por uma “taxa”. Para cada “taxa”, foi criado um parâmetro do tipo *double* no *software*. Nesses parâmetros, foram inseridas as distribuições de probabilidades apresentadas no tópico 4.1.7, de “submodelos”. A Figura 14 apresenta o diagrama de estado desenvolvido.

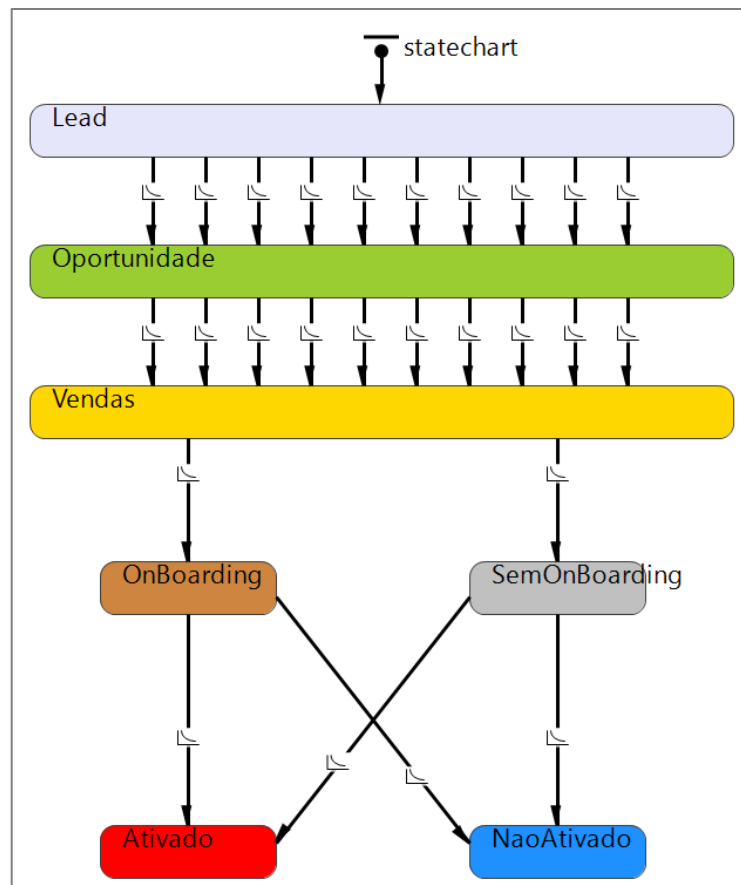









Figura 14 - Diagrama de estado

Fonte: autor

Conforme a Figura 14, o diagrama de estado foi desenvolvido com base no modelo conceitual apresentado no tópico 4.1.3, “visão geral do processo e programação”. Assim, o diagrama abrange todas as taxas de conversão utilizadas pelo *e-marketplace*, além dos sete diferentes estados que os agentes podem assumir ao longo do processo de captação.

No modelo, para facilitar a visualização dos resultados, foi utilizada a função *shapeBody.setFillColor()* para alterar a cor dos agentes de acordo com cada estado do processo. A cor estabelecida para cada um dos agentes foi baseada no diagrama de estado da Figura 14. A Tabela 5 apresenta o código utilizado para cada um dos estados, além da representação gráfica dos agentes no modelo.

Tabela 5 – Código de cor e representação gráfica dos agentes

Agentes em cada estado	Código	Representação gráfica
Lead	<code>shapeBody.setFillColor(lavender)</code>	
Oportunidade	<code>shapeBody.setFillColor(yellowGreen)</code>	
Vendas	<code>shapeBody.setFillColor(gold)</code>	
Onboarding	<code>shapeBody.setFillColor(peru)</code>	
SemOnBoarding	<code>shapeBody.setFillColor(silver)</code>	
Ativado	<code>shapeBody.setFillColor(red)</code>	
Não Ativado	<code>shapeBody.setFillColor(dodgerBlue)</code>	

Fonte: autor

Conforme Tabela 5, as cores para representar *lead*, oportunidade, vendas, *onboarding*, sem *onboarding*, ativado e não ativado são, respectivamente: cinza claro (*lavender*), verde (*yellowgreen*), amarelo (*gold*), marrom (*peru*), cinza escuro (*silver*), vermelho (*red*) e azul (*dodgerblue*).

Após, foi utilizado um código para realizar o levantamento do número de agentes em cada estado do processo. A Tabela 6 apresenta o código para cada um dos estados.

Tabela 6 - Código de contagem de agentes

Estado	Código
Lead	item.inState(Transportador.Lead)
Oportunidade	item.inState(Transportador.Oportunidade)
Vendas	item.inState(Transportador.Vendas)
Onboarding	item.inState(Transportador.OnBoarding)
Sem OnBoarding	item.inState(Transportador.SemOnBoarding)
Ativado	item.inState(Transportador.Ativado)
Não Ativado	item.inState(Transportador.NaoAtivado)

Fonte: autor

O código na Tabela 6 realiza a contagem do número de agentes em tempo real, sendo possível, também, determinar que essa informação seja exibida ao final da simulação, o que auxilia na análise dos resultados. Por fim, antes de iniciar a realização dos *runs* com o modelo, foram inseridas as configurações iniciais, conforme demonstradas na “inicialização”, item 4.1.5 da fase de concepção.

4.2.2. Verificação e validação

Após o desenvolvimento, o modelo foi submetido a sucessivos *runs* para realizar a verificação, de modo a certificar a não presença de *bugs* ou erros de lógica. Ao todo, foram realizadas 10 replicações, e nenhuma inconsistência com o modelo foi identificada. Após, o *debugger* do *software* Anylogic® foi acionado. A Figura 15 apresenta os resultados da depuração realizada.

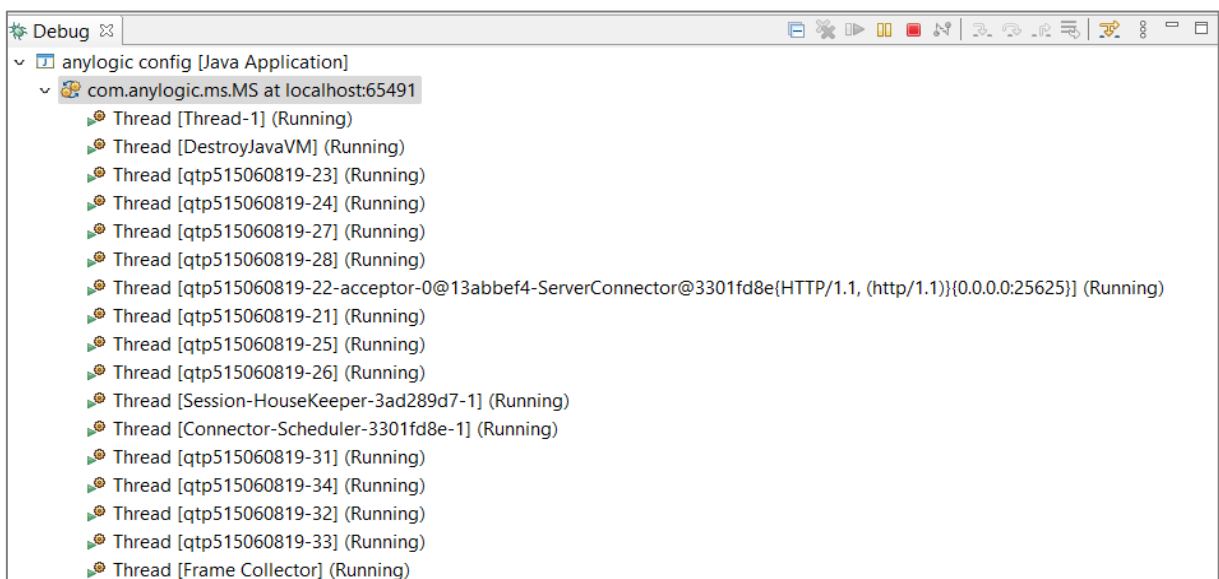


Figura 15 - Depuração do modelo

Fonte: autor

De acordo com a Figura 15, o modelo desenvolvido não apresenta nenhuma não conformidade em relação a linguagem de programação, com todas operações sendo processadas como esperado. Portanto, o modelo pode ser considerado verificado.

Em relação a validação, em um primeiro momento, o modelo desenvolvido foi apresentado a um especialista do processo. Assim, as funções de cada elemento no diagrama de estado, assim como as taxas de conversão com os ajustes de probabilidade, foram elucidadas ao especialista, que atestou a conformidade com o sistema real. Dessa forma, cumpriu-se a primeira parte da validação do modelo, caracterizada como “face a face”.

A segunda parte da validação do modelo, denominada validação estatística, ocorreu conforme proposto por Leal *et al.* (2011). Na primeira etapa do *framework*, deve-se obter os dados reais e simulados. Visto que a base de dados era composta por 17 registros do sistema real (mensalmente, de agosto de 2021 a dezembro de 2022), também foram realizadas 17 replicações com o modelo. Ao final de cada replicação, foi anotado o número de agentes no estado “ativado”, que é a variável de interesse a ser validada. Assim, ao final deste processo, foi possível obter, tanto do sistema real quanto do modelo desenvolvido, 17 dados referentes ao número final de agentes “ativados”.

Uma vez que os dados obtidos na etapa anterior são discretos, é necessário realizar a transformação da função em uma distribuição contínua, conforme estabelece o *framework*. Para isso, foi utilizada a transformação logarítmica, que calcula o logaritmo natural (\ln) de cada um dos dados (MONTGOMERY, 2012). Assim, os 34 dados do estudo, sendo 17 reais e 17 simulados, foram transformados por meio do cálculo de seu respectivo logaritmo natural. Após, conforme determinado no *framework*, deve-se verificar se ambos os dados são normais. Dessa forma, foi utilizado o *software* Minitab® para realizar o teste de normalidade Anderson-Darling em ambos conjuntos de dados transformados. As Figuras 16 e 17 apresentam, respectivamente, os resultados para os dados reais e simulados.

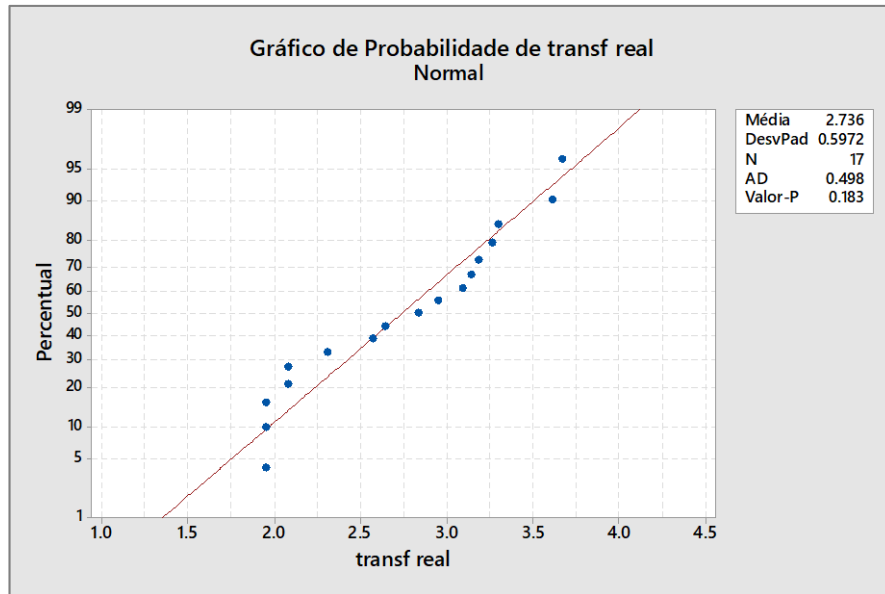


Figura 16 - Teste de normalidade para os dados reais

Fonte: autor

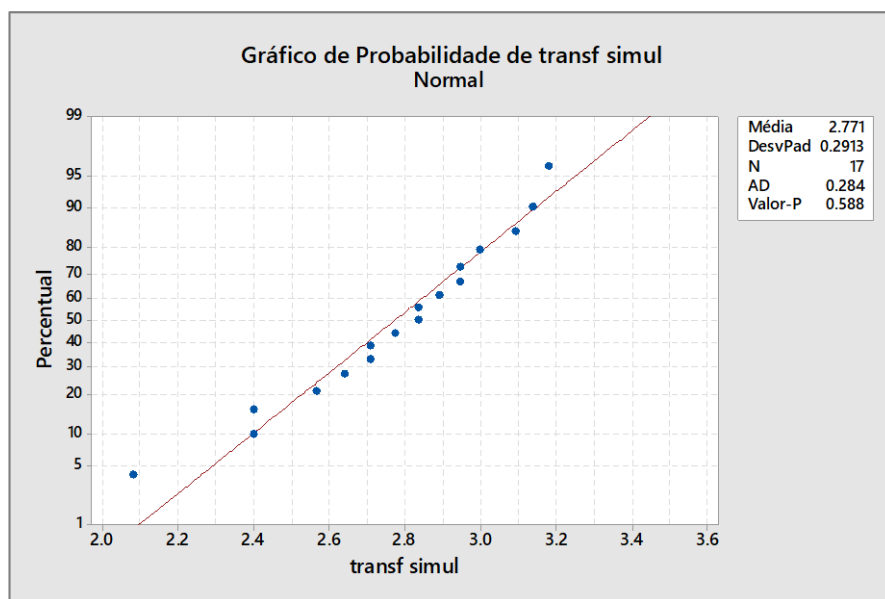


Figura 17 - Teste de normalidade para os dados simulados

Fonte: autor

Na Figura 16, referente aos dados reais do sistema, o p -value encontrado é igual 0,183. Dessa forma, como o p -value é maior que o nível de significância (0,05), não se rejeita a hipótese de normalidade, com um nível de confiança de 95%. Em relação ao teste dos dados simulados, demonstrado na Figura 17, o p -value encontrado é igual a 0,588, maior que 0,05. Assim, a hipótese de normalidade também não deve ser rejeitada neste caso. Portanto, ambos os dados podem ser caracterizados como normais.

A próxima etapa, conforme o *framework* de validação, é comparar as variâncias das amostras, através de um teste “f”. Assim, novamente foi utilizado o *software* Minitab® para

verificar a igualdade da variância de ambos conjuntos. A Figura 18 apresenta os resultados do teste realizado.

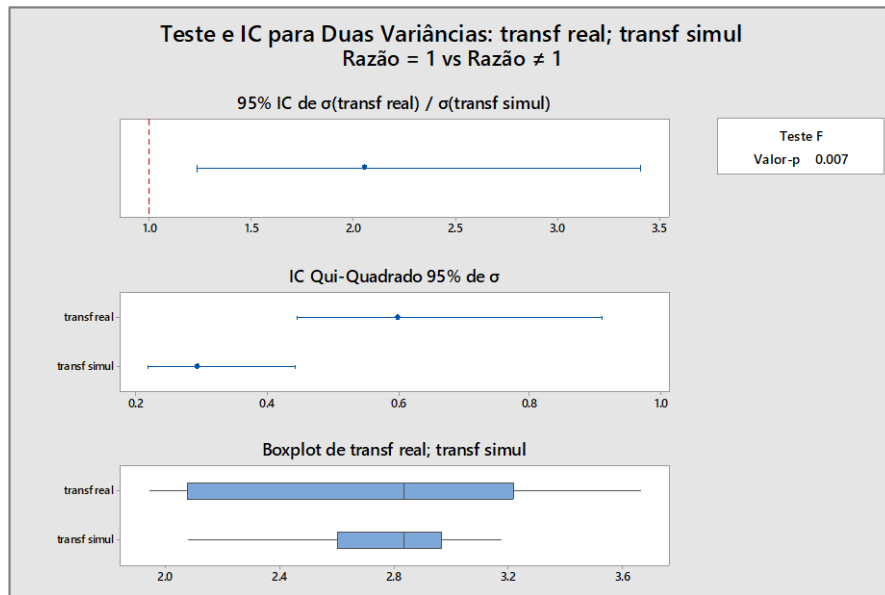


Figura 18- Teste "f" para comparação das variâncias das amostras

Fonte: autor

Conforme Figura 18, o *p-value*, 0,007, é menor do que o nível de significância, que é igual a 0,05. Assim, com um nível de confiança de 95%, rejeita-se a hipótese de que as variâncias dos conjuntos são iguais.

Após verificar que as variâncias dos conjuntos não são estatisticamente iguais, a próxima etapa do *framework* de validação é utilizar o método de Smith-Satterthwaite. Entretanto, o *software* Minitab® dispõe de um recurso que, ao realizar o teste “t”, é possível configurar para que as variâncias das amostras sejam consideradas diferentes entre si, que é o caso. Assim, esta opção pode ser utilizada em substituição ao método de Smith-Satterthwaite (LEAL *et al.*, 2011). Dessa forma, o teste “t”, última etapa do processo de validação, foi realizado para verificar a igualdade entre as médias dos dados reais e simulados. A Figura 19 apresenta o teste “t” desenvolvido.

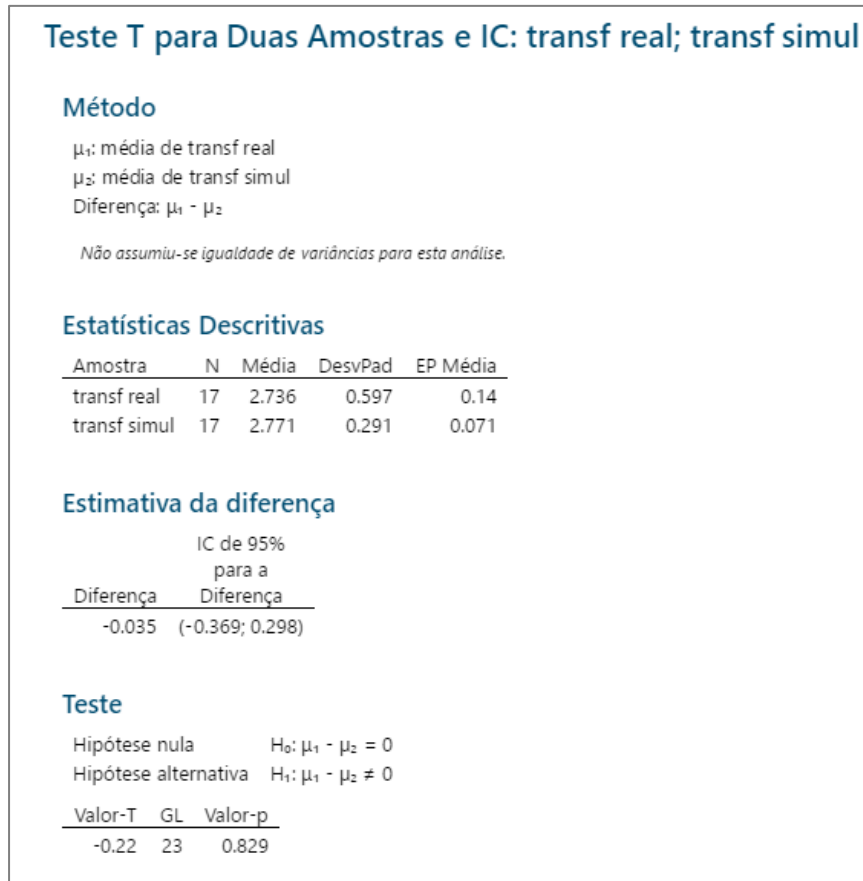


Figura 19 - Teste “t” para verificação das médias das amostras

Fonte: autor

De acordo com a Figura 19, não se assumiu igualdade de variâncias para realização do teste. Além disso, o *p-value* encontrado foi igual a 0,829, maior que o nível de significância, de 0,05; o que indica que, com um nível de confiança de 95%, a hipótese de que as médias são estatisticamente iguais não pode ser rejeitada. Logo, as médias entre os dados reais e simulados, referentes ao número final de agentes no estado ativado, podem ser consideradas estatisticamente iguais, o que valida o modelo computacional desenvolvido. A Figura 20 apresenta uma das replicações do modelo.

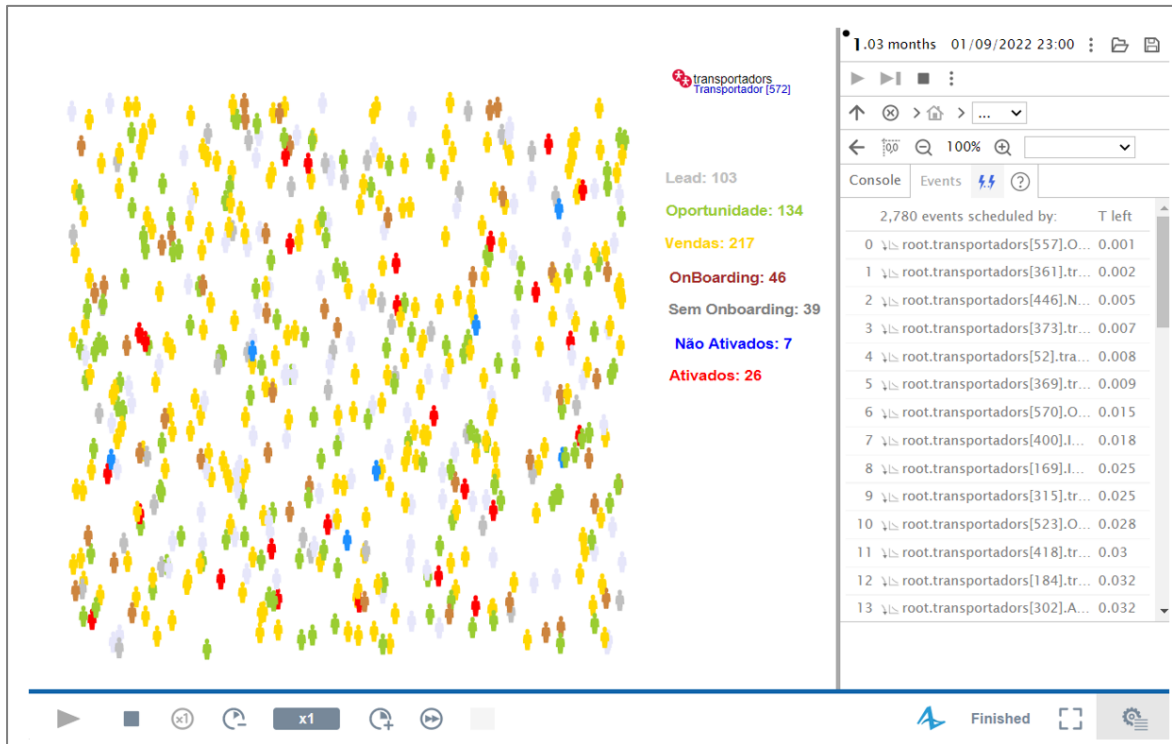


Figura 20 - Exemplo de replicação do modelo

Fonte: autor

4.3. Fase de análise

4.3.1. Número ideal de replicações

Após o modelo ser considerado apto a realizar as experimentações, a Equação 1, proposta por Chwif e Medina (2015), foi utilizada para determinar o número ideal de replicações, com base em um nível de confiança de 95%. A variável de análise escolhida foi o número de agentes no estado “ativado”.

$$n * = \left[n \left(\frac{h}{h*} \right)^2 \right] \quad (1)$$

Fonte: Chwif e Medina (2015)

Na qual:

- n^* = número ideal de replicações;
- n = número inicial de replicações;
- h = precisão obtida;
- h^* = precisão desejada.

Segundo Chwif e Medina (2015), a precisão é entendida como o tamanho do intervalo de confiança. No caso da “precisão desejada”, este valor foi estabelecido como 2. Já em

relação a “precisão obtida”, representada na Equação 1 por “h”, este tamanho é dado pela Equação 2.

$$h = t_{\alpha/2; n-1} * \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right) \quad (2)$$

Fonte: Chwif e Medina (2015)

Na Equação 2, " $t_{\alpha/2; n-1}$ " é o $(1 - \alpha/2)$ percentil da distribuição t de Student com $n-1$ graus de liberdade, sendo um valor tabelado; σ é o desvio-padrão da amostra; e n é o número de dados da amostra que, neste caso, é o número inicial de replicações.

O número inicial de replicações foi definido como 10. Após, com os resultados das 10 replicações, foi calculada a média do número de agentes no estado “ativado”, obtendo 15,7. O desvio-padrão da amostra calculado foi igual a 3,4. Assim, utilizando a Equação 2, a precisão obtida, para $t_{0,05/2; (10-1)}$, é igual a 2,43. Portanto, ao aplicar a Equação 1 ($n=10$, $h=2,43$, $h^* = 2$), o número ideal de replicações do modelo pôde ser definido como 15. Ou seja, para cada cenário alternativo, o modelo computacional desenvolvido será executado 15 vezes, sendo a análise baseada na média dessas 15 replicações.

4.3.2. Cenários alternativos

Os cenários alternativos foram definidos em conjunto com o *e-marketplace* logístico. Os parâmetros a serem alterados são as taxas de conversão dos meios de captação de clientes que o *e-marketplace* utiliza. Na prática, essa alteração consiste em destinar mais recursos a determinado meio de captação, a fim de aumentar a taxa de conversão que esse meio possui. Em conjunto, foi estabelecido que um aumento de 15% na taxa de conversão seria um padrão ideal e possível de se obter no sistema real.

Ao todo, foram definidos 16 cenários alternativos diferentes. Em cada cenário, foi determinado o meio de captação em que ocorreria a alteração, que pode ser isolada, na qual somente um meio é alterado, ou em conjunto, em que mais de um meio sofre modificação de maneira simultânea. A análise dos resultados de cada cenário será com base na relação entre o número final de agentes no estado ativado (média das replicações), que foi a variável de interesse validada, e o número inicial de *leads*, igual a 572, conforme demonstrado no tópico 4.1.5, de “inicialização”. A Tabela 7 apresenta os cenários alternativos definidos.

Tabela 7- Cenários alternativos

Cenário	Meios de captação alterados		
1	<i>Paid Media</i>	Orgânico	-
2	PQL	Indicação Interna	-
3	PQL	Indicação Interna	<i>Chat</i> Aquisição
4	<i>Paid Media</i>	PQL	Indicação Interna
5	<i>Paid Media</i>	-	-
6	PQL	-	-
7	Indicação Interna	-	-
8	Orgânico	-	-
9	CRM	-	-
10	<i>Outbound</i>	-	-
11	<i>Upsell</i> de CIOT	-	-
12	TMS Parceiro	-	-
13	TMS Parceiro	<i>Upsell</i> de CIOT	-
14	Orgânico	TMS Parceiro	-
15	FMS	-	-
16	<i>Chat</i> Aquisição	-	-

Fonte: autor

Conforme demonstrado na Tabela 7, no Cenário 1, serão alteradas as taxas de *Paid Media* e Orgânico, de maneira simultânea. No Cenário 2, as modificações serão nas taxas de PQL e Indicação Interna. No terceiro cenário, além de PQL e Indicação Interna, as alterações serão também na taxa de *Chat* Aquisição. No Cenário 4, os parâmetros de *Paid Media*, PQL e Indicação Interna serão modificados. No quinto cenário, somente a taxa de *Paid Media* sofrerá alteração.

Nos Cenários de 6 a 12, serão modificadas de maneira isolada as taxas de, respectivamente: PQL, Indicação Interna, Orgânico, CRM, *Outbound*, *Upsell* de CIOT e TMS Parceiro. No Cenário 13, a taxa de TMS Parceiro será alterada em combinação com o *Upsell* de CIOT. No Cenário 14, a taxa de Orgânico será modificada em conjunto com o TMS Parceiro. No penúltimo cenário, 15, somente o FMS será modificado. Por fim, no Cenário 16, a alteração ocorrerá somente na taxa de *Chat* Aquisição. As taxas dos canais de captação não mencionados em cada cenário alternativo permanecerão conforme o cenário inicial do processo.

5. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO

Este capítulo apresenta os resultados da simulação e as recomendações finais aos gestores do *e-marketplace* logístico, de forma a cumprir com a última atividade da etapa de “análise” da metodologia de simulação.

Após a definição dos cenários alternativos, o modelo foi executado conforme todas as configurações já apresentadas. Os resultados de cada cenário, baseados na relação entre ativados e *leads*, estão apresentados nas Figuras de 21 a 24. A área sombreada corresponde ao resultado de cada uma das 15 replicações. Além disso, a fim de comparação, foram plotadas as médias de conversão dos cenários inicial e alternativos.

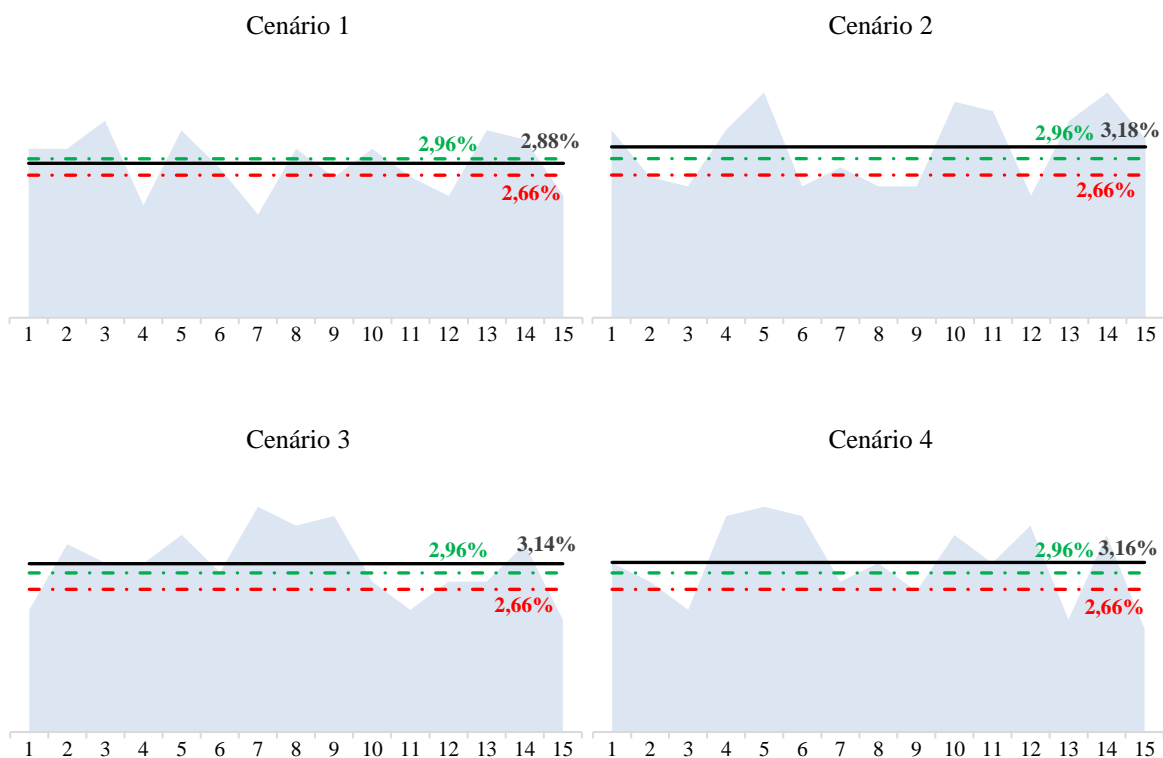


Figura 21 - Resultados dos Cenários 1, 2, 3 e 4

Fonte: autor

De acordo com a Figura 21, no Cenário 1, em que *Paid Media* e *Orgânico* foram alteradas simultaneamente, a média de conversão resultante das 15 replicações foi igual a 2,88%. Em comparação ao cenário inicial, houve uma melhoria de 22 pontos percentuais, que corresponde a um aumento de 8,33%. Porém, quando analisado em relação à média dos cenários alternativos, o Cenário 1 apresenta um resultado inferior em 2,85%, ou 11 pontos percentuais. Outro aspecto a se observar é a significativa variação que houve na conversão de *leads* em cada replicação, representada pela área sombreada. Nas replicações 4, 7 e 12, a taxa

de conversão ficou abaixo do cenário inicial, enquanto em outros casos essa taxa ficou acima da média dos 16 cenários alternativos. Essa variação é notada também no sistema real, em que o desempenho da conversão pode se alterar consideravelmente de um mês para o outro. No Cenário 2, no qual a taxa de PQL é alterada em conjunto à taxa Indicação Interna, a taxa de conversão nas 15 replicações foi de 3,18%, superior tanto ao cenário inicial quanto aos cenários alternativos. Em relação ao cenário base, a melhoria foi de 52 pontos percentuais, o que representa um aumento de 19,74%. Já quanto a média dos cenários alternativos, o Cenário 2 apresentou uma performance 22 pontos percentuais acima. Novamente, através da área sombreada, é possível notar a variação que ocorreu ao longo das 15 replicações do modelo.

Assim como o Cenário 2, o Cenário 3 também apresentou uma performance acima da média dos cenários alternativos. Ao simular as alterações nas taxas de PQL, Indicação Interna e *Chat* Aquisição, a média de conversão obtida foi de 3,14%, 18 pontos percentuais acima da média dos cenários alternativos. Consequentemente, o desempenho do Cenário 3 também é melhor quando comparado ao cenário inicial: 48 pontos percentuais acima. A variação nas replicações do modelo se demonstrou mais sutil; porém, ainda que tenha demonstrado um desempenho acima da média dos cenários alternativos, houve uma replicação (11) em que os resultados ficaram aquém até mesmo do cenário inicial. Na Figura 21, ainda é possível perceber que os resultados do Cenário 4 também ficaram acima da média dos cenários alternativos. A simulação simultânea da PQL, Indicação Interna e *Paid Media* obteve em média 3,16% de conversão, 20 pontos percentuais acima da média dos cenários alternativos. Em relação ao cenário inicial, a melhoria foi de 18,86%. A variação entre as replicações também pode ser observada no Cenário 4. Na replicação 13, por exemplo, a taxa de conversão ficou abaixo do cenário inicial, enquanto no cenário subsequente, 14, o resultado ficou acima da média dos cenários alternativos.

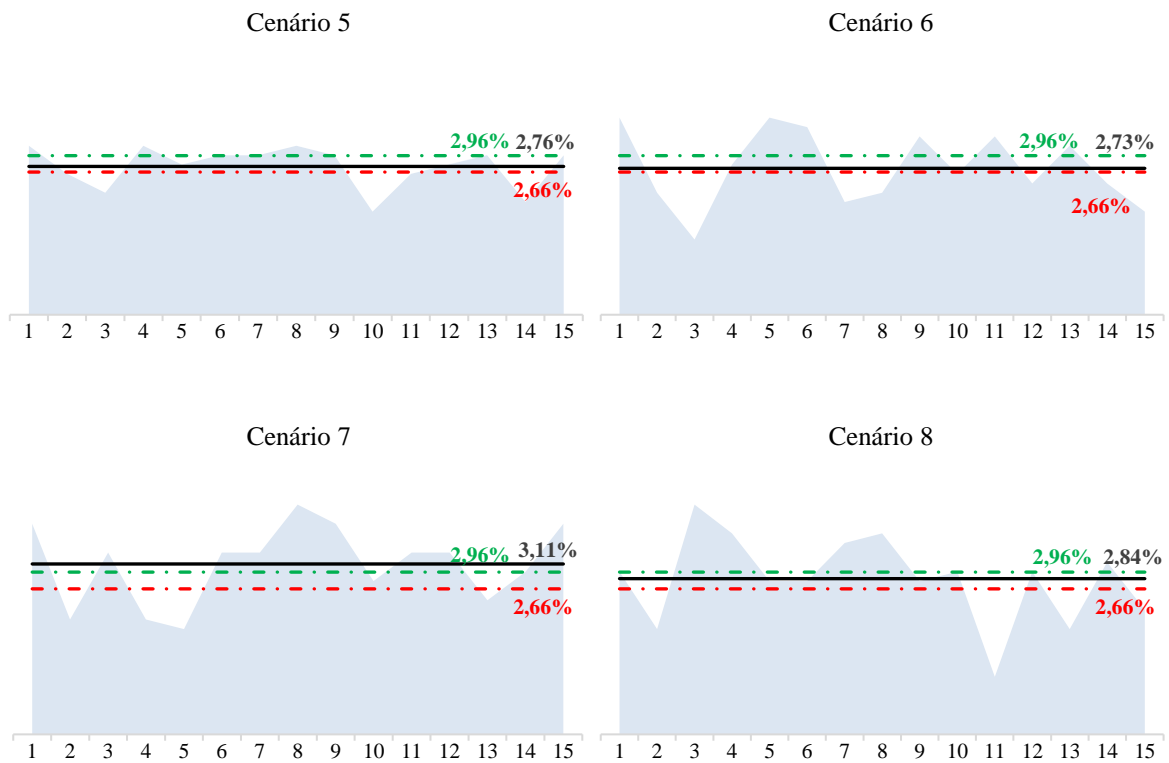


Figura 22- Resultados dos Cenários 5, 6, 7 e 8

Fonte: autor

Conforme a Figura 22, os resultados do Cenário 5 apresentaram uma média de conversão de 2,76% na simulação das 15 replicações. Este resultado, quando se altera somente a taxa de *Paid Media*, representa dez pontos percentuais acima do cenário inicial, uma melhoria de 3,95%, e 40 pontos percentuais abaixo da média dos cenários alternativos, um decréscimo de 6,78%. Na simulação do Cenário 5, a variação das replicações foi menos perceptível, principalmente quando se observa o intervalo entre as replicações 4 e 9. Já em outros casos, como na décima replicação do modelo, a média de conversão esteve abaixo do cenário inicial. Os resultados observados no Cenário 6 foram pouco superiores à média do cenário inicial, sendo, respectivamente: 2,73% e 2,66%; ou seja, somente sete pontos percentuais de diferença. Além disso, no Cenário 6, no qual a taxa de PQL é alterada isoladamente, o resultado das 15 replicações ficou 23 pontos percentuais abaixo da média dos cenários alternativos, o que representa uma inferioridade de 7,96%. Em relação ao desempenho de cada replicação, em um primeiro momento, nota-se a baixa conversão apresentada na terceira replicação do modelo. Em contrapartida, em alguns casos o desempenho ficou acima, inclusive, da média dos cenários alternativos.

Na Figura 22 também são apresentados os resultados do Cenário 7, no qual a alteração ocorreu somente na taxa Indicação Interna. Apesar de ocorrer de maneira isolada, o resultado das 15 replicações se demonstrou acima dos cenários inicial e alternativos. Quando comparado ao cenário base, a melhoria foi de 45 pontos percentuais, equivalente a um aumento de 17,11%. Já em relação à média dos cenários alternativos, a diferença foi de 15 pontos percentuais, o que representa 5,01% acima. Em relação à oscilação na taxa de conversão, representada pela área sombreada, o Cenário 7 vai ao encontro do que ocorre na realidade e com os outros cenários alternativos já discutidos. Os resultados do Cenário 8, em que se altera de maneira isolada a taxa Orgânico, demonstram que a taxa de conversão neste caso ficou em uma posição intermediária: 18 pontos percentuais acima da média do cenário inicial, o que representa um aumento de 7,02%, e 12 pontos percentuais abaixo da média dos cenários alternativos, ou seja, uma inferioridade de 4,03%. A variação, que também ocorre em outros cenários alternativos, pode ser novamente percebida no Cenário 8. Por exemplo, enquanto na replicação 11 o resultado esteve consideravelmente abaixo do cenário inicial, na terceira replicação o desempenho foi significativamente superior à média dos cenários alternativos.

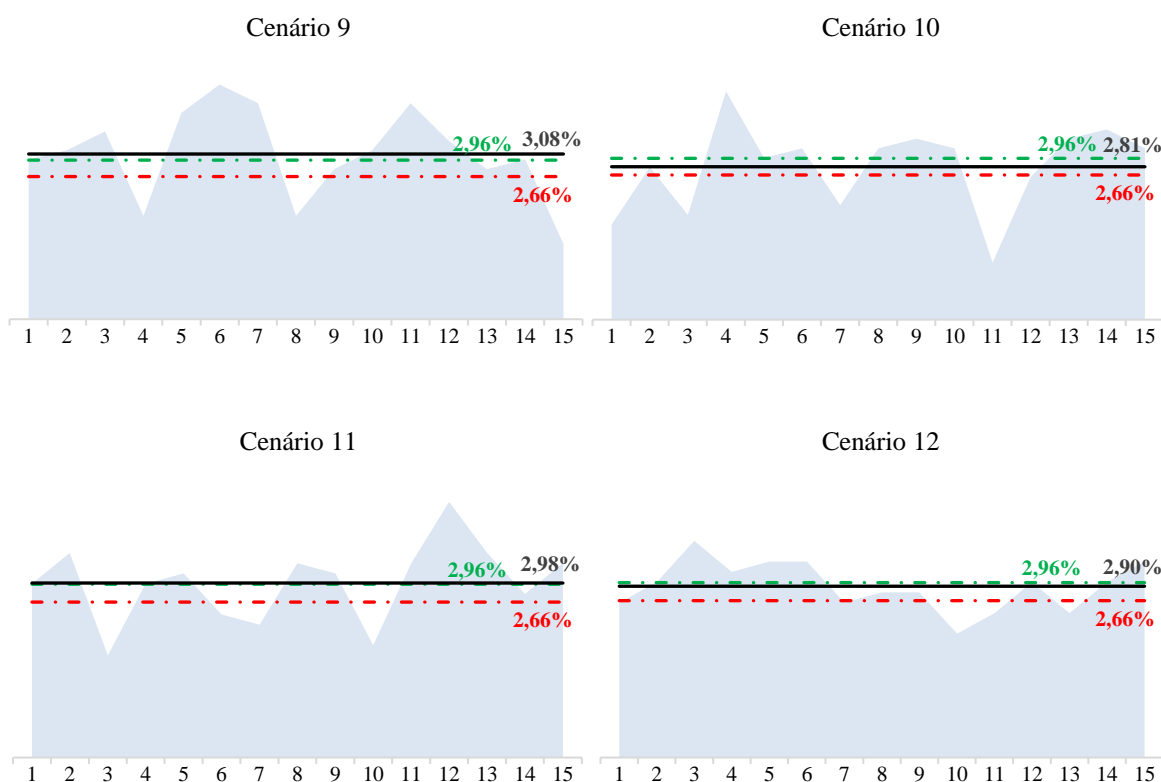


Figura 23 - Resultados dos Cenários 9, 10, 11 e 12

Fonte: autor

Em relação ao Cenário 9, conforme mostra a Figura 23, a taxa de conversão ficou em 3,08%, o que caracteriza um aumento de 15,79% quando comparada ao cenário inicial, e 12 pontos percentuais acima da média de conversão dos cenários alternativos, representando uma superioridade de 3,83%. A oscilação ocorrida entre as replicações também foi significativa no Cenário 9, quando a taxa de conversão do canal de CRM é alterada de maneira isolada em relação às outras taxas. Enquanto na quinta, sexta e sétima replicações, por exemplo, a taxa de conversão esteve acima da média dos cenários alternativos, na replicação subsequente, o resultado esteve abaixo do cenário inicial. No cenário 10, quando somente a taxa de *Outbound* foi alterada, a média da taxa de conversão foi de 2,81%, o que significa 15 pontos percentuais acima da média do cenário inicial e 15 pontos abaixo da média dos cenários alternativos. Ou seja, no Cenário 10, houve uma melhoria de 5,70% quando comparado ao cenário base, e uma inferioridade de 5,21% quando analisado junto a todos cenários alternativos. Em relação a variação das replicações, é possível perceber um “pico” de conversão na replicação 4, enquanto na replicação 11, o resultado esteve consideravelmente abaixo do cenário inicial.

Os resultados observados no Cenário 11 foram pouco superiores à média dos cenários alternativos, sendo, respectivamente: 2,98% e 2,96%; ou seja, somente dois pontos percentuais de diferença. Além disso, ao alterar somente a taxa de *Upsell* de CIOT, o resultado das 15 replicações ficou 32 pontos percentuais acima da média do cenário inicial, o que representa uma superioridade de 12,28%. Em relação ao desempenho de cada replicação, em um primeiro momento, nota-se uma baixa conversão apresentada nas replicações 3 e 10 do modelo. Em contrapartida, em alguns casos o desempenho ficou acima, inclusive, da média dos cenários alternativos. O Cenário 12, no qual houve a alteração de maneira isolada no canal de captação TMS Parceiro, obteve uma taxa de conversão de 2,90% na média das 15 replicações. Esse resultado está 24 pontos percentuais acima do cenário inicial, o que indica uma melhoria de 9,21%, e seis pontos percentuais abaixo dos cenários alternativos, o que representa uma inferioridade de apenas 2,06%. A oscilação no Cenário 12 ocorreu de maneira mais sutil quando comparada a variação dos outros cenários alternativos. A maior oscilação perceptível é quando analisadas as replicações 9, em que o índice de conversão esteve próximo à média do cenário, e a décima, em que a taxa de conversão esteve significativamente abaixo do cenário inicial.

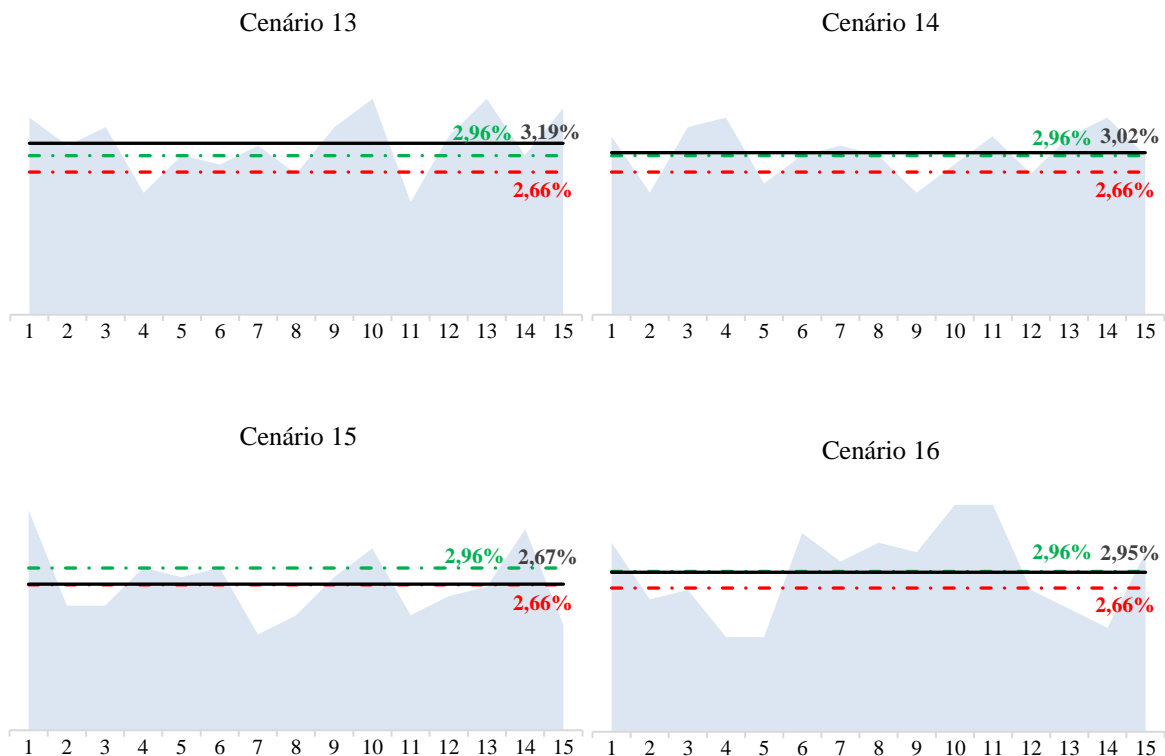


Figura 24 - Resultados dos Cenários 13, 14, 15 e 16

Fonte: autor

Os resultados do Cenário 13 estão demonstrados na Figura 24. Neste caso, foram alteradas simultaneamente as taxas de conversão dos canais TMS Parceiro e *Upsell* de CIOT. A média obtida nas 15 replicações do modelo foi de 3,19%, 23 pontos percentuais acima da média dos cenários alternativos (uma superioridade de 7,77%), e significantes 53 pontos percentuais acima da média do cenário inicial, o que representada uma melhoria de 20,18%. Assim como ocorre na realidade e em outros cenários alternativos, a oscilação nos índices de conversão entre as replicações também é perceptível no Cenário 13. Pode-se destacar a variação ocorrida entre a décima replicação, em que a taxa de conversão esteve consideravelmente acima dos cenários alternativos, e a replicação 11, em que os resultados ficaram abaixo do índice de conversão do cenário inicial. No Cenário 14, no qual a taxa de conversão dos canais Orgânico e TMS Parceiro foram alteradas de modo simultâneo, os resultados demonstraram-se cinco pontos percentuais acima da média dos cenários alternativos, ou seja, com 3,02%. Em relação ao cenário inicial, o Cenário 14 apresenta um desempenho de 36 pontos percentuais acima, o que significa uma melhoria de 13,6%. Assim como ocorre nos outros cenários alternativos e no sistema real, a oscilação também é perceptível ao longo das replicações do modelo.

Em relação aos resultados do Cenário 15, quando se altera somente o canal de FMS, a taxa de conversão foi apenas um ponto percentual acima do cenário inicial: 2,67%. Assim, os resultados obtidos nesse cenário ficaram 29 pontos abaixo da média dos cenários alternativos, uma inferioridade significativa de 9,93%. Ainda que tenha ficado aquém da média, houve replicações em que as taxas de conversão foram superiores aos cenários alternativos, devido a variação já observada. Por fim, no último cenário criado, 16, o índice de conversão ficou apenas um ponto percentual abaixo da média dos cenários alternativos, com uma taxa de 2,95%. Logo, em relação ao cenário inicial, a melhoria foi de 29 pontos percentuais, o que representa um aumento de 10,96%. Na análise da variação deste cenário, destaca-se a oscilação ocorrida entre a replicação 5, em que esteve abaixo do cenário base, e a subsequente, sexta, em que esteve acima da média dos cenários alternativos.

5.1.1. Recomendações finais

De forma a concluir a metodologia de simulação utilizada, a última etapa é realizar as recomendações finais. Assim, após analisar mais detalhadamente o resultado de cada cenário alternativo, a Figura 25 apresenta a comparação entre as taxas de conversão, do cenário de melhor resultado ao de menor impacto. Compara, também, os cenários alternativos em relação ao cenário inicial.

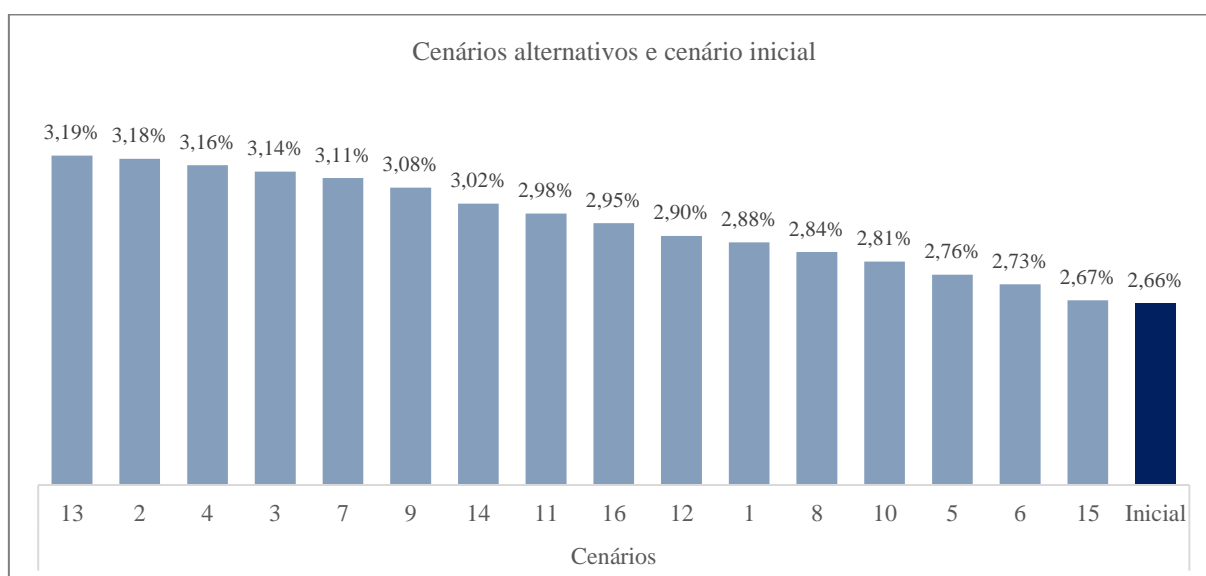


Figura 25 - Comparativo entre os cenários alternativos e cenário inicial

Fonte: autor

Em relação ao *ranking*, o cenário alternativo de melhor desempenho, 13, é composto pela combinação dos canais TMS Parceiro e *Upsell* de CIOT, com uma taxa de conversão de 3,19%. Ao analisar de maneira isolada essas taxas, através dos resultados dos Cenários 11, da

variação de *Upsell* de CIOT, e 12, da alteração de TMS Parceiro, percebe-se que é mais provável que o primeiro canal seja mais significativo no momento de conversão de clientes: enquanto o Cenário 11 apresentou um desempenho de 2,98% de conversão, no Cenário 12 este índice é de 2,90%. Porém, é importante frisar que os resultados de ambos canais de maneira separada estão abaixo do cenário em que houve a combinação. Assim, recomenda-se que a destinação de recursos ocorra de modo simultâneo em *Upsell* de CIOT e TMS Parceiro.

Em seguida, no *ranking*, os três cenários alternativos subsequentes que apresentaram melhor desempenho, respectivamente, Cenários 2, 4 e 3, têm em comum, além de serem cenários em que as taxas foram alteradas de maneira simultânea, a presença do canal de captação “Indicação Interna”: no Cenário 2, houve a combinação com PQL; no Cenário 4, com PQL e *Paid Media*; e no Cenário 3, com PQL e *Chat* Aquisição. Assim, cabe uma observação mais detalhada em relação ao canal de Indicação Interna.

Quando analisado de modo isolado, através do Cenário 7, o Indicação Interna possui um resultado consideravelmente positivo no momento da conversão, de 3,11%. Além disso, quando observado separadamente o desempenho das outras taxas presentes nos Cenários 2, 4 e 3, percebe-se uma conversão abaixo da média dos cenários alternativos: no Cenário 5, no qual somente *Paid Media* foi alterado, a taxa de conversão foi de 2,76%, somente dez pontos percentuais acima do cenário inicial. No Cenário 6, em que houve a alteração somente em PQL, o índice de conversão foi de apenas 2,73%. No Cenário 16, em que *Chat* Aquisição foi alterado de modo isolado, a conversão foi de 2,95%. Assim, o canal de Indicação Interna pode ser considerado o fator de maior impacto para os resultados obtidos nos Cenários 2, 4 e 3, sendo, assim, um canal em que se recomenda a dedicação de esforços.

Outro canal de captação que deve ser destacado é o CRM. O Cenário 9, em que houve alteração isolada nesse canal, ocupou o sexto lugar no *ranking* de maiores índices de conversão, com 3,08%. Como não foram definidos cenários alternativos em que houvessem a alteração simultânea do CRM com outros canais de conversão, não é possível verificar o impacto que este canal poderia gerar na ativação de novos clientes atuando de maneira combinada a outros meios. Entretanto, por ter apresentado o segundo melhor desempenho entre os cenários em que a alteração ocorreu de maneira isolada, sugere-se a dedicação de esforços em CRM.

Outros cenários que ainda não foram mencionados e que a alteração de parâmetro ocorreu de modo isolado foram os Cenários 8, 10, e 15. O Cenário 8, em que a taxa do canal Orgânico foi alterada, ocupa apenas a décima segunda posição no *ranking* de conversão, com 2,84%. Em seguida, está justamente o Cenário 10 (*Outbound*), com um índice de conversão

de 2,81%. O Cenário 15, em que somente o FMS foi alterado, é o último colocado no *ranking*, com 2,67% de conversão, ou seja, apenas um ponto percentual acima do cenário inicial. Assim, a recomendação que se pode realizar é que esses canais não sejam os meios priorizados no momento da investida de novos recursos.

Além dos cenários alternativos “isolados” que não apresentaram um desempenho satisfatório, é possível observar um cenário que, ainda que a alteração tenha ocorrido de modo combinado, também obteve um resultado abaixo da média no momento da conversão de novos clientes. É o caso do Cenário 1, em que *Paid Media* e Orgânico foram alterados em conjunto. Neste cenário, a taxa de conversão foi de 2,88%, dez pontos percentuais abaixo da média dos cenários alternativos. O caso do canal *Paid Media*, que já foi abordado, demonstra que esse meio não é o mais ideal de se realizar novos investimentos. Já em relação ao canal Orgânico, que também não se demonstrou tão eficaz atuando de maneira isolada, a possibilidade é promover a alteração em combinação com o canal de TMS Parceiro, formando o Cenário 14. Nesse cenário, o índice de conversão foi de 3,02%, ocupando a sétima posição no *ranking*. Assim, desde que ocorra de modo simultâneo, recomenda-se a dedicação de novos recursos nesses meios.

A Tabela 8 sintetiza esses resultados e define uma ordem de prioridade no momento de investida de novos recursos, a fim de cumprir com o objetivo de auxiliar a tomada de decisão.

Tabela 8 - Ordem de prioridade na destinação de novos recursos

Ordem de prioridade	Canal de captação
1°	Indicação Interna
2°	CRM
3°	Upsell de CIOT
4°	TMS Parceiro
5°	PQL
6°	Chat Aquisição
7°	Orgânico
8°	Outbound
9°	Paid Media
10°	FMS

Fonte: autor

Portanto, conforme a Tabela 8, recomenda-se a respectiva ordem de canais ao investir novos recursos no processo de captação: Indicação Interna, CRM, *Upsell* de CIOT, TMS Parceiro, PQL, *Chat Aquisição*, Orgânico, *Outbound*, *Paid Media* e FMS. Neste momento, é

importante frisar que, ainda que os primeiros cenários do *ranking* apresentem um maior índice de conversão, os canais que compõem esses cenários não são, necessariamente, os canais a serem priorizados, pois deve-se considerar que o investimento em conjunto em dois meios de captação demanda mais recursos do que quando realizado somente em um canal.

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão discutidos os resultados obtidos a partir do desenvolvimento do estudo, em especial os resultados do modelo de SBA construído.

Em um primeiro momento, cabem algumas observações gerais em relação aos resultados da simulação. Em todos os cenários alternativos definidos, a média da taxa de conversão ficou acima da média no cenário inicial (ainda que no Cenário 15 tenha sido por um ponto percentual). Na prática, isso possibilita concluir que, uma eventual melhoria na taxa de conversão de um determinado canal de captação, independente de qual seja e ainda que de maneira isolada, já apresenta resultados positivos no número final de agentes ativados. Porém, é importante que se avalie, ainda, a relação “custo-benefício” que esta modificação iria trazer, visto que o valor de um investimento, de modo que haja a melhoria da conversão em 15%, certamente é diferente entre os canais de captação analisados.

Em um âmbito mais amplo, os resultados da simulação possibilitam uma reflexão relevante acerca de um fator humano que comumente está presente no cotidiano das organizações: a intuição. Nesse contexto, no caso da presente pesquisa, um aspecto importante a se observar é em relação a combinação de dois ou mais meios de captação no momento de realizar as alterações de parâmetros. Intuitivamente, pode-se julgar que a alteração simultânea das taxas garante um resultado melhor do que a modificação de forma isolada. Porém, conforme demonstrados nos resultados da simulação, isso não necessariamente é verdade. Por exemplo, o Cenário 14, em que houve a alteração combinada dos canais Orgânico e TMS Parceiro, figurou apenas em sétimo no *ranking*, com uma taxa de conversão de 3,02%; ou seja, um desempenho menor que os Cenários 7 (3,11%) e 9 (3,08%), em que houve, respectivamente, a alteração de forma isolada dos canais Indicação Interna e CRM. Observações semelhantes podem ser feitas em relação ao Cenário 1, em que houve a alteração simultânea de *Paid Media* e Orgânico. Neste caso, a taxa de conversão foi de apenas 2,88%, ocupando a 11ª posição no *ranking*.

Ainda no campo da intuição, pode-se acreditar que, uma taxa que apresenta historicamente uma média de conversão maior, tenha um impacto mais significativo no resultado final do número de ativados. Novamente, os resultados da simulação demonstraram que esse conceito não necessariamente procede. O canal de captação *Paid Media*, por exemplo, que tradicionalmente possui uma maior taxa de conversão, não foi o que apresentou maior efeito na quantidade final de agentes ativados. O Cenário 5, que simulou de forma isolada este canal, foi apenas o antepenúltimo do *ranking*, com uma taxa de conversão de

2,76%, apenas dez pontos acima do cenário inicial. Debater na prática sobre os motivos desses resultados “contra intuitivos” pode ser uma tarefa difícil de realizar, sendo necessário, uma análise mais profunda do mercado logístico. Porém, uma hipótese a ser considerada é a existência de um “ponto de saturação”, no qual, a partir desse ponto, a conversão de novos usuários não “responde” mais à investida de novos recursos.

Em relação ao meio acadêmico, os resultados da presente pesquisa demonstraram que a aplicação da SBA em um *e-marketplace* logístico, de modo a auxiliar a tomada de decisão neste ambiente, é plenamente plausível. O fato de considerar a SBA um método possível de ser utilizado no momento de apoiar o processo decisório vai ao encontro de outros trabalhos presentes na literatura. McGarraghy *et al.* (2022) concluíram que o modelo baseado em agentes foi apropriado para representar os eventos que acontecem em cadeias de valor do ramo alimentício. Assim como Roses, Kadar e Malleson (2021), que indicaram que um modelo de SBA pode ser adequado a analisar e definir estratégias nos padrões de crime urbano.

Bean e Joubert (2019) chegaram à conclusão de que um modelo de SBA autônomo foi responsivo aos cenários alternativos de entregas no ambiente urbano. Soriguera, Casado e Jimenez (2018) afirmaram que o modelo de SBA desenvolvido pode ser uma ferramenta atrativa aos pesquisadores que abordam sistemas de bicicletas compartilhadas. Alves *et al.* (2019) concluíram que a SBA pode ser útil também em auxiliar a definição de estratégias no transporte urbano de fretes. Borghesi e Milano (2019) indicaram que os resultados do seu modelo eram promissores e poderiam ser utilizados como forma a orientar a tomada de decisão.

São diversos exemplos na literatura que consideram a SBA como própria a auxiliar o processo decisório. Porém, ainda que o princípio em embasar a tomada de decisão seja o mesmo nas pesquisas mencionadas, a proposta final da utilização da SBA é específica em cada caso, o que torna impróprio comparar as recomendações finais de cada trabalho. Entretanto, cabem duas observações que podem servir como diferenciais na presente dissertação: a aplicação do Protocolo ODD e a validação estatística do modelo computacional.

A aplicação do Protocolo ODD, assim como a validação estatística, não foi encontrada nos artigos que abordaram a SBA em *e-marketplace* logísticos ou no processo decisório de outros setores. Além de adequado a cumprir todas as atividades propostas na etapa de concepção da metodologia de simulação, o Protocolo ODD tem como vantagem a promoção de uma descrição padronizada do modelo a ser desenvolvido, o que favorece a replicação por outros pesquisadores.

No caso da validação, é relevante que se realize uma observação. Para efetuar a validação estatística proposta por Leal *et al.* (2011) e que foi utilizada na presente dissertação, é necessário selecionar uma variável de interesse a ser validada. Ainda, ao fim de cada replicação do modelo computacional, um dos *outputs* deve ser, de maneira “quantificada”, justamente a variável de interesse selecionada. Dessa forma, é possível realizar os testes estatísticos do *framework* e, ao final, comparar as médias dos dados dos ambientes real e simulado. Assim, em alguns casos, a validação estatística de um modelo de SBA pode não ser possível de ser realizada.

7. CONCLUSÕES

Esta dissertação teve como objetivo desenvolver um modelo de Simulação Baseada em Agentes apto a analisar o impacto que diferentes canais de captação de clientes possuem na quantidade final de novos usuários de um *e-marketplace* logístico, a partir da alteração de parâmetros nas taxas de conversão desses canais. Assim, buscou-se auxiliar na tomada de decisão dos gestores do *e-marketplace*, realizando recomendações com base nos resultados obtidos na simulação.

Para construção do modelo computacional, foi utilizado o *software* Anylogic®, amplamente empregado em estudos de SBA. Além disso, foi aplicada uma metodologia própria para estudos de simulação, que comporta desde o momento da definição do escopo até as recomendações finais. A aplicação da metodologia se demonstrou de suma importância, pois permitiu a estruturação das etapas do desenvolvimento do trabalho, de modo a servir como um “guia” para a condução da pesquisa.

Em se tratando dos resultados, em um primeiro momento, destaca-se a notável utilidade apresentada pelo Protocolo *Overview, Design Concepts e Details*, desenvolvido na fase de concepção do trabalho. A aplicação do protocolo para apresentar todas as configurações e variáveis acerca do modelo possibilitou que a exposição “teórica” da representação virtual fosse realizada de maneiras padronizada e objetiva, o que, além de favorecer o pleno entendimento do estudo, economizou esforços no momento de realizar a descrição e a construção do modelo de SBA.

Ainda neste contexto de favorecer o desenvolvimento do modelo de SBA, pode-se destacar também a função desempenhada pelo modelo conceitual. Neste caso, por representar esquematicamente o processo de captação de clientes do *e-marketplace*, através das decisões e estados a serem assumidos pelos agentes, o modelo conceitual possibilitou demonstrar de forma mais clara e compreensível o sistema que serviu como base ao diagrama de estado do modelo de SBA construído.

Na fase de implementação da metodologia, ainda nos resultados do estudo, outro aspecto que requer ser destacado é em relação a validação do modelo de SBA. A utilização dos métodos estatístico e “face a face” permitiu a validação de forma complementar do modelo. Enquanto a validação face a face realizou a consulta ao especialista no processo, a validação estatística comparou os resultados do ambiente real e simulado. Assim, a validação do modelo de SBA se tornou mais “robusta” e confiável.

Em relação aos resultados especificamente da simulação, após a alteração de parâmetros nos 16 cenários alternativos criados, pode-se afirmar que os cinco cenários que apresentaram melhor taxa de conversão de *leads* em ativados foram, respectivamente: TMS Parceiro e *Upsell* de CIOT; PQL e Indicação Interna; *Paid Media*, PQL e Indicação Interna; PQL, Indicação Interna e *Chat* Aquisição; e, por fim, Indicação Interna.

Entretanto, ao definir uma ordem de prioridade de investimento e realizar as recomendações finais, os canais de captação foram considerados de forma isolada. Assim, os canais que compõem os cenários de maior taxa de conversão não foram necessariamente os prioritários a se investir, uma vez que o investimento simultâneo em dois meios de captação exige mais recursos do que quando realizado em um único canal. Dessa forma, a ordem de prioridade de investimento estabelecida foi: Indicação Interna, CRM, *Upsell* de CIOT, TMS Parceiro, PQL, *Chat* Aquisição, Orgânico, *Outbound*, *Paid Media* e FMS.

No geral, a SBA se demonstrou adequada à proposta do estudo. No caso da presente pesquisa, ao realizar a modelagem do processo de captação utilizando um diagrama de estado dos agentes, foi possível comportar os diferentes estágios que ocorrem na prática neste processo. Além disso, ao estabelecer os parâmetros de transição a partir de distribuições de probabilidade, a tomada de decisão por parte dos agentes tornou-se mais robusta do que uma eventual utilização de uma taxa constante.

Assim, pode-se responder à pergunta de pesquisa estabelecida na presente dissertação: a Simulação Baseada em Agentes permitiu a representação dos diferentes estados que uma variável de análise pode ter no processo real de captação de clientes, além de possibilitar a definição de “regras de comportamento” dos agentes, através das distribuições probabilísticas que regem a transição entre os estados que compõem esse processo. Dessa forma, tornou-se possível simular o sistema real e, posteriormente, realizar as alterações de parâmetros nessas transições, a fim de verificar o impacto que cada uma possui na conversão de novos usuários; o que, como demonstrado, pode auxiliar no processo decisório dos gestores da empresa.

Portanto, pode-se afirmar que esta pesquisa cumpriu com o objetivo estabelecido e respondeu à pergunta de pesquisa estabelecida. As alterações de parâmetros foram realizadas, o impacto que cada canal de captação possui no número de novos usuários pôde ser compreendido e, por fim, as recomendações finais aos gestores do *e-marketplace* logístico foram realizadas.

Por fim, conforme mencionado no tópico da Justificativa, esta pesquisa é pertencente a um projeto do Mestrado Acadêmico para Inovação (MAI), que realiza uma cooperação técnica entre a Universidade Federal de Itajubá e a empresa Truckpad Tecnologia e Logística

S.A. Assim, acredita-se que os resultados e discussões estabelecidos na presente dissertação sejam úteis para auxiliar aos gestores da empresa.

7.1. Limitações e trabalhos futuros

A limitação encontrada nesta pesquisa foi referente a carência de dados em relação aos custos necessários para investimento em cada canal de captação de clientes. Assim, como trabalhos futuros sugere-se a análise e recomendações finais com base no “custo-benefício” proveniente por cada meio de captação. Além disso, sugere-se o estudo das relações de causalidades que possam existir entre os diferentes meios de captação, de modo que se torne mais compreensível o funcionamento em conjunto desses canais.

REFERÊNCIAS

- ADIYANTO, R. F. Authentication Of Transaction Process In *E-marketplace* Based On Blockchain technology. **Aptisi Transactions On Technopreneurship (ATT)**, v. 2, n. 1, p. 68–74, 29 fev. 2020.
- AKINGBESOTE, A. O. *et al.* **Performance Evaluation of Cloud *E-marketplaces* using Non Preemptive Queuing Model.** *In: WORLD CONGRESS ON SUSTAINABLE TECHNOLOGIES*, 2015, Londres. **Proceedings...**Londres: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2015, p. 66-71.
- ALGARVIO, H. *et al.* Variable renewable energy and market design: New products and a real-world study. **Energies**, v. 12, n. 23, 30 nov. 2019.
- ALVES, R. *et al.* Agent-based simulation model for evaluating urban freight policy to e-commerce. **Sustainability**, v. 11, n. 15, 1 ago. 2019.
- AXTELL, R. **Why agents? On the varied motivations for agent computing in the social sciences.** Center on Social and Economic Dynamics, n 17. Brookings Institution. Washington, USA, 2000.
- BAAS, J. *et al.* Scopus as a curated, high-quality bibliometric data source for academic research in quantitative science studies. **Quantitative Science Studies**, v. 1, n. 1, p. 377–386, 1 fev. 2020.
- BADICA, C.; LEON, F.; BADICA, A. Freight transportation broker agent based on constraint logic programming. **Evolving Systems**, v. 11, n. 3, p. 363–382, 1 set. 2020.
- BAI, J.; LIU, Y. **A Reputation Model Considering Buyer Subjectivity and Product Return Behavior.** *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS AND COMPUTER AIDED EDUCATION*, n° 2, 2019, Dalian. **Proceedings..**Dalian: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2019, p. 26-31.
- BAKOS, Y. The Emerging Role of Electronic *Marketplaces* on the Internet. **Communications of the ACM**, v. 41, n. 8, p. 35–42, 1998.
- BALZER, L.; LECLERCQ, L. **Mode shift with tradable credit scheme: A simulation study in Lyon.** *In: EURO WORKING GROUP ON TRANSPORTATION MEETING*, n. 24, 2022, Aveiro. **Anais...**Aveiro: Elsevier, 2022, p. 229-235.
- BANKS, J. **Introduction to simulation.** *In: WINTER SIMULATION CONFERENCE*, 2000, Orlando. **Proceedings...** Orlando: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2000, p. 9-16.
- BEAN, W. L.; JOUBERT, J. W. **Modelling receiver logistics behaviour.** *In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON AGENT-BASED MOBILITY, TRAFFIC AND TRANSPORTATION*, n. 8, 2019, Leuven. **Proceedings...**Leuven: Elsevier, 2019, p. 763-768.
- BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C. Operations management research methodologies using quantitative modeling. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 22, n. 2, p. 241–264, 2002.

- BORGHESI, A.; MILANO, M. Merging observed and self-reported behaviour in agent-based simulation: A case study on photovoltaic adoption. **Applied Sciences**, v. 9, n. 10, 1 maio 2019.
- CANO, J. A. *et al.* A Bibliometric Analysis and Systematic Review on *E-marketplaces*, Open Innovation, and Sustainability. **Sustainability**, v. 14, n. 9, p. 1-42, 1 maio 2022.
- CAPLICE, C. Electronic Markets for Truckload Transportation. **Production and Operations Management**. v. 16, n. 4, p. 423-436, 1 jul 2007.
- CHENG, C. Y.; LIN, I. C.; WU, H. J. Recommendation system to identify collusive users in online auctions using the pollution diffusion method. **Journal of Internet Technology**, v. 20, n. 2, p. 353–358, 2019.
- CHENG, R. *et al.* **Simulation: The Past 10 Years and The Next 10 Years**. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2016, Washington. **Proceedings...** Washington: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2016, p. 2180-2192.
- CHESNEY, T.; GOLD, S.; TRAUTRIMS, A. Agent based modelling as a decision support system for shadow accounting. **Decision Support Systems**, v. 95, p. 110–116, 1 mar. 2017.
- CHWIF, L.; MEDINA, A. **Modelagem e simulação de eventos discretos: Teoria e aplicações**. 4 ed. São Paulo: Elsevier, 2015.
- COLLIGNON, S. E.; STERNBERG, H. S. Adoption of multiple electronic *marketplaces*: Antecedents from a grounded theory study. **Journal of Business Logistics**, v. 41, p. 310-333, 1 dez. 2020.
- COUSSEMENT, K.; BENOIT, D. F. Interpretable data science for decision making. **Decision Support Systems**. v. 150, 1 nov. 2021.
- DEWI, M. A. A. *et al.* **Trust transfer and its effects on the continuance usage of mobile service in B2C e-marketplaces**. In: PACIFIC ASIA CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS, n. 21, 2017, Langkawi. **Proceedings...**Langkawi: AIS Electronic Library, 2017.
- FREEMAN, D. *et al.* **Methodology for the design of unmanned aircraft product families**. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE AERONAUTICAL SCIENCES, n° 28, 2012, Brisbane. **Proceedings...**Brisbane: Optimage Ltd., 2012.
- GHIASI, H.; FATHIAN BROJENY, M.; GHOLAMIAN, M. R. A reputation system for *e-marketplaces* based on pairwise comparison. **Knowledge and Information Systems**, v. 56, n. 3, p. 613–636, 1 set. 2018.
- GRIEGER, M. Electronic *marketplaces*: A literature review and a call for supply chain management research. **European Journal of Operational Research**, v. 144, n. 2, p. 280–294, 16 jan. 2003.
- GRIMM, V. *et al.* A standard protocol for describing individual-based and agent-based models. **Ecological Modelling**, v. 198, n. 1–2, p. 115–126, 15 set. 2006.
- GRIMM, V. *et al.* The ODD protocol for describing agent-based and other simulation models: A second update to improve clarity, replication, and structural realism. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**, v. 23, n. 2, 2020.

- HAAPALA, K. R. *et al.* An Open Online Product *Marketplace* to Overcome Supply and Demand Chain Inefficiencies in Times of Crisis. **Smart and Sustainable Manufacturing Systems**, v. 4, n. 3, 1 mar. 2020.
- HONSEL, D. *et al.* Investigation and prediction of open source *software* evolution using automated parameter mining for agent-based simulation. **Automated Software Engineering**, v. 28, n. 1, 1 maio 2021.
- HOPKINS, J. *et al.* Pirasa: strategic protocol selection for e-commerce agents. **Electronic Markets**, v. 29, n. 2, p. 239–252, 1 jun. 2019.
- HUSSIEN, F. T. A.; RAHMA, A. M. S.; WAHAB, H. B. A. Design and implement a new secure prototype structure of e-commerce system. **International Journal of Electrical and Computer Engineering**, v. 12, n. 1, p. 560–571, 1 fev. 2022.
- INOUE, Y.; HASHIMOTO, M.; TAKENAKA, T. Effectiveness of ecosystem strategies for the sustainability of *marketplace* platform ecosystems. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 20, 1 out. 2019.
- JAHN, B. *et al.* Targeted covid-19 vaccination (Tav-covid) considering limited vaccination capacities—an agent-based modeling evaluation. **Vaccines**, v. 9, n. 5, 1 maio 2021.
- JEON, S. M.; KIM, G. A survey of simulation modeling techniques in production planning and control (PPC). **Production Planning and Control**. v. 27, p. 360-377, 3 abr. 2016.
- JIANG, G. *et al.* Agent-based modeling and simulation of the decision behaviors of e-retailers. **Industrial Management and Data Systems**, v. 118, n. 5, p. 1094–1113, 13 ago. 2018.
- KAUARK, F. da S; MANHÃES, F. C; MEDEIROS, C. H., **Metodologia de Pesquisa: um Guia Prático**. 1 ed. Itabuna: Via Litterarum, 2010.
- KELTON, W. DAVID.; SADOWSKI, R. P.; ZUPICK, N. B. **Simulation with Arena**. 6 ed., New York: McGraw-Hill Education, 2014.
- KUSUMAWATI, R. D. *et al.* Analysis of Marketing Mix Strategies for Sales of Agricultural Products on *E-marketplace* in Indonesia. **International Journal of Economics and Management Studies**, v. 8, p. 118-122, 01 fev. 2021
- LAW, A. M. **How the Expertfit Distribution-fitting *software* can make your simulation models more valid**. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2011, Phoenix. **Proceedings...** Phoenix: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2011, p. 63-69.
- LAW, A. M. **Simulation Modeling and Analysis**, 5 ed. New York: McGraw- Hill Education, 2015.
- LEAL, F. *et al.* A Practical Guide For Operational Validation of Discrete Simulation Models. **Pesquisa Operacional**. v. 31, n. 1, p. 57-77, 1 abr 2011.
- LIU, Y. *et al.* A simulation *framework* for measuring robustness of incentive mechanisms and its implementation in reputation systems. **Autonomous Agents and Multi-Agent Systems**, v. 30, n. 4, p. 581–600, 1 jul. 2016.

LIU, Y. *et al.* **A reputation model considering repurchase behavior and mechanism design to promote repurchase.** *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SECURITY, PRIVACY AND ANONYMITY IN COMPUTATION, COMMUNICATION AND STORAGE*, n° 10, 2017, Guangzhou. **Proceedings...** Guangzhou: Springer, 2017, p. 256–268.

LIU, Y. *et al.* The design and simulation of an autonomous system for aircraft maintenance scheduling. **Computers and Industrial Engineering**, v. 137, 1 nov. 2019.

LORO, C.; MANGIARACINA, R. The impact of *e-marketplace* on the B2b relationships. **Industrial Management and Data Systems**, v. 122, n. 1, p. 37–54, 3 jan. 2022.

MACAL, C. M. Everything you need to know about agent-based modelling and simulation. **Journal of Simulation**, v. 10, n. 2, p. 144–156, 1 maio 2016.

MACAL, C. M. **Tutorial On Agent-Based Modeling And Simulation: ABM Design For The Zombie Apocalypse** *In: WINTER SIMULATION CONFERENCE*, 2018, Gothenburg. **Proceedings...** Gothenburg: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2018, p. 207-221.

MACAL, C. M.; NORTH, M. J. **Agent-based modeling and simulation.** *In: WINTER SIMULATION CONFERENCE*, 2009, Austin. **Proceedings...** Austin: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2009, p. 86-98.

MACAL, C. M.; NORTH, M. J. **Introductory Tutorial: Agent-Based Modeling And Simulation.** *In: WINTER SIMULATION CONFERENCE*, 2011, Phoenix. **Proceedings...** Phoenix: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2011, p. 1451-1464.

MARASCO, A. Business Models of Transportation Electronic *Marketplaces*: an Empirical Survey. **Journal of Maritime and Transportation Sciences**, v. 42, p. 77–92, 2004.

MCGARRAGHY, S. *et al.* Conceptual System Dynamics and Agent-Based Modelling Simulation of Interorganisational Fairness in Food Value Chains: Research Agenda and Case Studies. **Agriculture**, v. 12, n. 2, 1 fev. 2022.

MEKIĆ, A.; ZIABARI, S. S.; SHARPANSKYKH, A. Systemic agent-based modeling and analysis of passenger discretionary activities in airport terminals. **Aerospace**, v. 8, n. 6, 1 jun. 2021.

MGBEMENA, C.; BELL, D. **Data-driven Customer Behaviour Model Generation for Agent Based Exploration.** *In: ANNUAL SIMULATION SYMPOSIUM*, n. 49, 2016, San Diego. **Proceedings...** San Diego: Society for Computer Simulation International, 2016, p. 1-7.

MIGUEL, P. A. C. *et al.* **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações.** 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

MITROFF, I. I. *et al.* On Managing Science in the Systems Age: Two Schemas for the Study of Science as a Whole Systems Phenomenon. **Interfaces**, v. 4, n. 3, p. 46–58, 1974.

MONTEVECHI, J. A. B. *et al.* **Application of design of experiments on the simulation of a process in an automotive industry.** *In: WINTER SIMULATION CONFERENCE*, 2007, Washington. **Proceedings...** Washington: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2007, p. 1601-1609.

MONTEVECHI, J. A. B. *et al.* **Conceptual Modeling In Simulation Projects By Mean Adapted Idef: An Application In A Brazilian Tech Company.** *In:* WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2010, Baltimore. **Proceedings...** Baltimore: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2010, p. 1624-1635.

MONTGOMERY, D. C. **Design and Analysis of Experiments**, 8 ed. New York: John Wiley and Sons, 2012.

NANDIRAJU, S.; REGAN, A. **Freight transportation electronic marketplaces: a survey of the industry and exploration of important research issues.** *In:* ANNUAL MEETING OF THE TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, n° 84, 2005, Washington. **Proceedings...** Washington: National Academies, 2005.

NASCIMENTO, V. *et al.* An agent-based electronic market simulator enhanced with ontology matching services and emergent social networks. **Int. J. Simulation and Process Modelling.** v. 10, p. 265-278, 24 aug. 2015.

NISAFANI, A. S.; WIBISONO, A.; REVALDO, M. H. T. **Analyzing the Effectiveness of Public e-marketplaces for Selling Apparel Products in Indonesia.** *In:* INFORMATION SYSTEMS INTERNATIONAL CONFERENCE, n° 4, 2017, Bali. **Proceedings...** Bali: Elsevier, 2017, p. 6-8.

OLIVEIRA, J. B.; LIMA, R. S.; MONTEVECHI, J. A. B. Perspectives and relationships in Supply Chain Simulation: A systematic literature review. **Simulation Modelling Practice and Theory**, v. 62, p. 166–191, 1 mar. 2016.

PAGANI, M. *et al.* User behaviour and electric vehicle charging infrastructure: An agent-based model assessment. **Applied Energy**, v. 254, 15 nov. 2019.

PARK, H.; BELLAMY, M. A.; BASOLE, R. C. Visual analytics for supply network management: System design and evaluation. **Decision Support Systems**, v. 91, p. 89–102, 1 nov. 2016.

PÉTERFI, C.; GYENGE, B. Improving supply chain efficiency through simulations - literature and methodological review. **Studia Mundi-Economica**, v. 8, n. 4, p. 27-40, 2021.

PEYMAN, M. *et al.* **A Tutorial on how to Connect Python with Different Simulation Software to Develop Rich Simheuristics.** *In:* WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2021, Phoenix. **Proceedings...** Phoenix: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2021, p. 1-12.

PIANTARI, E. *et al.* **An Architecture of E-marketplace Platform for Agribusiness in Indonésia.** *In:* MATHEMATICS, SCIENCE, AND COMPUTER SCIENCE EDUCATION INTERNATIONAL SEMINAR, n° 7, 2020, Bandung. **Proceedings...** Bandung: European Alliance for Innovation, 2020.

PINHO, A. P; MORAIS, N. S. Utilização da Simulação Computacional Combinada à Técnica de Otimização em um Processo Produtivo. **Revista P&D em Engenharia de Produção**, v. 08, n. 02, p. 88-101, 2010.

PRIHASTOMO, Y. *et al.* **The Key Success Factors In E-marketplace Implementation: A Systematic Literature Review.** *In:* INTERNATIONAL CONFERENCE ON

INFORMATION MANAGEMENT AND TECHNOLOGY, 2018, Jakarta.

Proceedings...Jakarta: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2018.

RABIA, M. A. B; BELLABDAOUI, A. **Simulation as a decision-making tool in a business analytics environment.** *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON LOGISTICS OPERATIONS MANAGEMENT*, n° 5, 2020, Rabat. **Proceedings...**Rabat: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2020.

RIAZATI, M.; SHAJARI, M.; KHORSANDI, S. An incentive mechanism to promote honesty among seller agents in electronic *marketplaces*. **Electronic Commerce Research**, v. 19, n. 1, p. 231–255, 15 mar. 2019.

ROBINSON, S. **Simulation: The Practice of Model Development and Use.** 2 ed., New York: Palgrave Macmillan, 2014.

RODRIGUES, H. D. N.; DIMURO, G. P.; ADAMATTI, D. F. **A Variable Dimensional Fuzzy Logic-based Reputation Model for MAS.** *In: WORKSHOP ON MULTI-AGENT-BASED SIMULATION*, n° 18, 2017, São Paulo. **Anais...**São Paulo: Springer, 2017, p. 18-32.

ROSÉS, R.; KADAR, C.; MALLESON, N. A data-driven agent-based simulation to predict crime patterns in an urban environment. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 89, 1 set. 2021.

SCHEIDEGGER, A. P. *et al.* An introductory guide for hybrid simulation modelers on the primary simulation methods in industrial engineering identified through a systematic review of the literature. **Computers and Industrial Engineering**, v. 124, p. 474–492, 1 out. 2018.

SCHMID, B. F.; LINDEMANN, M. A. **Elements of a reference model for electronic markets.** *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES*, n. 31, 1998, Kohala Coast. **Proceedings...** Kohala Coast: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 1998, p. 193-201.

SCOTT, A. Carrier Bidding Behavior in Truckload Spot Auctions. **Journal of Business Logistics**, v. 39, n. 4, p. 267–281, 1 dez. 2018.

SCOTT, A.; PARKER, C.; CRAIGHEAD, C. W. Service refusals in supply chains: Drivers and deterrents of freight rejection. **Transportation Science**, v. 51, n. 4, p. 1086–1101, 1 nov. 2017.

SHETTY, D. K. *et al.* Assessment Of *E-marketplace* In Increasing The Cost Efficiency Of Road Transport Industry. **Palarch's Journal Of Archaeology Of Egypt/Egyptology**, v. 17, n. 9, p. 3799-3840, 11 mar 2020.

SORIGUERA, F.; CASADO, V.; JIMÉNEZ, E. **A simulation model for public bike-sharing systems.** *In: CONFERENCE ON TRANSPORT ENGINEERING*, n. 8, 2018, Gijón. **Proceedings...** Gijón: Elsevier, 2018, p. 139-146.

SUMARI, S. *et al.* Comparing Three Simulation Model Using Taxonomy: System Dynamic Simulation, Discrete Event Simulation and Agent Based Simulation. **International Journal of Management Excellence**, v. 1, n. 3, p. 54, 30 ago. 2013.

SUN, P. C. *et al.* **A core broking model for E-markets.** *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CYBER-ENABLED DISTRIBUTED COMPUTING AND*

KNOWLEDGE DISCOVERY, 2012, Sanya. **Proceedings...**Sanya: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2012, p. 249-256.

THITIMAJSHIMA, W.; ESICHAIKUL, V.; KRAIRIT, D. A *framework* to identify factors affecting the performance of third-party B2B *e-marketplaces*: A seller's perspective. **Electronic Markets**, v. 28, n. 2, p. 129–147, 1 maio 2018.

TURBAN, E. *et al.* **Electronic Commerce: A Managerial and Social Networks Perspective**. 8 ed. New Jersey: Springer, 2015.

VAN CAPELLEVEEN, G. *et al.* Exploring recommendations for circular supply chain management through interactive visualisation. **Decision Support Systems**, v. 140, 1 jan. 2021.

WANG, Y.; POTTER, A.; NAIM, M. **An exploratory study of electronic logistics marketplaces and its impact on customised logistics**. In: ANNUAL CONFERENCE OF PRODUCTION AND OPERATIONS MANAGEMENT SOCIETY, n° 18, 2007a, Dallas. **Proceedings...**Dallas, 2007a.

WANG, Y.; POTTER, A.; NAIM, M. Electronic *marketplaces* for tailored logistics. **Industrial Management and Data Systems**, v. 107, n. 8, p. 1170–1187, 2007b.

WANG, Y.; POTTER, A.; NAIM, M. **The potential for a regional Electronic Logistics Marketplace: the case of Wales**. In: ANNUAL LOGISTICS RESEARCH NETWORK, n° 13, 2008, Liverpool. **Proceedings...**Liverpool: Chartered Institute of Logistics and Transport, 2008, p. 259-264.

WANG, Y.; SARKIS, J. Emerging digitalisation technologies in freight transport and logistics: Current trends and future directions. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**. v. 148, 1 abr. 2021.

WHITE, K. P.; INGALLS, R. G. **The basics of simulation**. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2018, Gothenburg. **Proceedings...** Gothenburg: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2018, p. 147-161.

YANG, Y.; SUN, X.; WANG, J. The value of reputation in electronic *marketplaces*: A moderating role of customer experience. **Journal of Research in Interactive Marketing**, v. 13, n. 4, p. 578–601, 14 nov. 2019.

ZAFFAR, M. A.; KUMAR, R. L.; ZHAO, K. Diffusion dynamics of open source *software*: An agent-based computational economics (ACE) approach. **Decision Support Systems**, v. 51, n. 3, p. 597–608, jun. 2011.

ZHANG, J.; MCBURNEY, P.; MUSIAL, K. Convergence of trading strategies in continuous double auction markets with boundedly-rational networked traders. **Review of Quantitative Finance and Accounting**, v. 50, n. 1, p. 301–352, 1 jan. 2018.