



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS QUIXADÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO
MESTRADO ACADÊMICO EM COMPUTAÇÃO

FRANCISCO VICTOR DA SILVA PINHEIRO

UMA ABORDAGEM BASEADA EM REDE DE FORNECIMENTO DE SOFTWARE
PARA ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DE ECOSISTEMAS DE SOFTWARE

QUIXADÁ

2023

FRANCISCO VICTOR DA SILVA PINHEIRO

UMA ABORDAGEM BASEADA EM REDE DE FORNECIMENTO DE SOFTWARE PARA
ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DE ECOSSISTEMAS DE SOFTWARE

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Computação do Programa de Pós-Graduação em Computação da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Computação. Área de Concentração: Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Emanuel Ferreira Coutinho.

QUIXADÁ

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P719a Pinheiro, Francisco Victor da Silva.

Uma Abordagem baseada em rede de fornecimento de software para análise da evolução de ecossistemas de software / Francisco Victor da Silva Pinheiro. – 2023.
220 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá, Programa de Pós-Graduação em Computação, Quixadá, 2023.

Orientação: Prof. Dr. Emanuel Ferreira Coutinho.

1. ecossistemas de software. 2. modelagem de software. 3. rede de fornecimento de software. 4. ferramenta. I. Título.

CDD 005

FRANCISCO VICTOR DA SILVA PINHEIRO

UMA ABORDAGEM BASEADA EM REDE DE FORNECIMENTO DE SOFTWARE PARA
ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DE ECOSSISTEMAS DE SOFTWARE

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Computação do Programa de Pós-Graduação em Computação da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Computação. Área de Concentração: Ciência da Computação.

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Emanuel Ferreira Coutinho (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Paulo Henrique Mendes Maia
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Prof. Dr. Leonardo Oliveira Moreira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Gabriel Antoine Louis Paillard
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dedico este trabalho a todos os que me ajudaram ao longo desta caminhada, à minha família por sempre estar ao meu lado e acreditar em mim e em especial a minha noiva Maria Erilane por sempre me apoiar em tudo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por tantas graças, bênçãos e prodígios que Ele tem realizado em minha vida. A Nossa Mãe Maria Santíssima pela constante intercessão.

A minha família, meus Pais Manoel Pinheiro e Rita Machado, por sempre estarem comigo, por todos os incentivos, por nunca me abandonarem e não medirem esforços para que eu tivesse acesso a educação e ao caminho do bem, ao meu irmão Pedro Lucas e a minha avó Antônia Machado.

A minha noiva e futura companheira de vida, Maria Erilane, por sempre estar comigo me apoiando e me incentivando a nunca desistir, obrigado meu amor.

Agradeço ao meu padrinho Padre Thomas James por sua constante presença em minha vida, por sua ajuda espiritual e material e por sempre me incentivar a ser uma pessoa melhor, minha eterna gratidão, este título de mestre eu devo ao senhor.

Ao orientador deste trabalho, Prof. Dr. Emanuel Ferreira Coutinho por sua excelente orientação, lhe agradeço imensamente.

A banca avaliadora deste trabalho, Prof. Dr. Paulo Henrique, Prof. Dr. Leonardo Moreira e Prof. Dr. Gabriel Paillard pelas observações e correções que enriqueceram ainda mais este trabalho.

A meu grande amigo e irmão Ronier Lima integrante do nosso grupo de pesquisa em ECOS, minha eterna gratidão pela grande ajuda na implementação deste trabalho, sua ajuda fez a diferença.

Aos colegas de turma que fiz durante o curso de mestrado, pessoas que me ajudaram a conseguir este título minha eterna gratidão.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos neste dois anos do curso de mestrado - Processo nº 88887-617302/2021-00.

Por último agradeço a todos que fazem a Universidade Federal do Ceará - Campus Quixadá, pelo zelo, dedicação e incentivo à educação de qualidade.

"Sou todo vosso ó Virgem Maria e tudo quanto
tenho vos pertence"

(São Luís Maria Grignon de Montfort)

RESUMO

Ecossistemas de Software (ECOS) são um conjunto de atores e componentes que funcionam como uma unidade, se relacionando com base em um interesse em comum para prover soluções ou serviços para a indústria de software. *Software Supply Network* (SSN), o diagrama de redes de fornecimento de software é uma série de software, hardware e organizações de serviços ligados, que cooperam para atender às demandas do mercado. Para uma melhor visualização e compreensão de um ECOS, estudos recentes propõem a modelagem da rede formada, porém, ainda não existe um padrão de modelagem formalizado para esta área. A evolução de um ECOS acontece quando o ecossistema cresce de maneira significativa em relação a si mesmo e aos seus atores e seus respectivos relacionamentos, podendo ser internos e externos, assim como a expansão de relacionamentos do próprio ECOS com outros ECOS. Trabalhos com foco em evolução são escassos na literatura, trazendo um leque de oportunidades e desafios de pesquisa, tais como: acompanhar a evolução do ECOS de acordo com as mudanças da plataforma central, a evolução sobre o panorama da comunidade de usuários interna e externa. Tudo isso impacta a estrutura e no ciclo de vida do ECOS. Para entender o estado da arte da literatura foi conduzida um mapeamento sistemático de literatura sobre os termos: evolução, simulação, modelagem SSN, modelos, saúde e qualidade de ECOS. Neste contexto, este trabalho propõe uma abordagem para estudar, analisar, caracterizar e visualizar a evolução de um ECOS por meio da modelagem SSN utilizando a ferramenta de modelagem e repositório para modelos ECOS *Modeling* como suporte, com a finalidade de fornecer uma ampla visão da evolução de um ECOS sob o viés de dados estatísticos de modelos SSN possibilitando uma compreensão em quantitativa, qualitativa e percentual sobre a evolução. A abordagem proposta foi avaliada por alunos de graduação, pós-graduação, professores, pesquisadores e profissionais da indústria de software por meio de uma avaliação *Technology Acceptance Model* (TAM) com o intuito de validar a proposta. Adicionalmente foi realizado um estudo de caso utilizando a abordagem proposta aplicada ao ECOS SOLAR E SIPPA. Foi realizada uma entrevista com profissional da indústria ligado ao ECOS SIPPA para validar tanto o modelo apresentado como também avaliar a evolução do ECOS SIPPA analisada por meio da abordagem proposta neste trabalho. Diante dos resultados obtidos, a proposta se mostrou adequada ao processo de analisar a evolução de ECOS.

Palavras-chave: Ecossistemas de software. Modelagem de software. Rede de fornecimento de software. Ferramenta.

ABSTRACT

Software Ecosystems (ECOS) are a set of actors and components that work as a unit, relating based on a common interest to provide solutions or services for the software industry. Software Supply Network (SSN), the diagram of software supply networks is a series of linked software, hardware, and service organizations that cooperate to meet market demands. For a better visualization and understanding of an ECOS, recent studies propose the modeling of the network formed, however, there is still no formalized modeling pattern for this area. The evolution of an ECOS happens when the ecosystem grows significantly in relation to itself and its actors and their respective relationships, which can be internal and external, as well as the expansion of relationships between the ECOS itself and other ECOS. Works focusing on evolution are scarce in the literature, bringing a range of research opportunities and challenges, such as: following the evolution of ECOS according to changes in the central platform, the evolution of the panorama of the internal and external user community. All this impacts the structure and life cycle of ECOS. To understand the state of the art of the literature, a systematic mapping of the literature was carried out on the terms: evolution, simulation, SSN modeling, models, health and quality of ECOS. In this context, this work proposes an approach to study, analyze, characterize and visualize the evolution of an ECOS through SSN modeling using the modeling tool and repository for ECOS Modeling models as support, in order to provide a broad view of the evolution of an ECOS under the bias of statistical data from SSN models enabling a quantitative, qualitative and percentage understanding of the evolution. The proposed approach was evaluated by undergraduate and graduate students, professors, researchers and software industry professionals through a Technology Acceptance Model (TAM) assessment in order to validate the proposal. Additionally, a case study was carried out using the proposed approach applied to ECOS SOLAR AND SIPPA. An interview was conducted with an industry professional linked to ECOS SIPPA to validate both the model presented and also to evaluate the evolution of ECOS SIPPA analyzed through the approach proposed in this work. Given the results obtained, the proposal proved to be suitable for the process of analyzing the evolution of ECOS.

Keywords: Software ecosystems. Software modeling. Software supply network. Tool.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxo metodológico para a execução deste trabalho.	25
Figura 2 – Níveis de escopo de ecossistemas de software.	32
Figura 3 – Perspectivas dos Ecossistemas de Software (ECOS)	34
Figura 4 – Organização dos possíveis papéis de um ator em um ECOS.	35
Figura 5 – Descrição dos papéis dos atores do ECOS.	36
Figura 6 – Ciclo de vida social do ECOS.	38
Figura 7 – As três dimensões dos ECOS.	42
Figura 8 – Componentes do diagrama <i>Software Supply Network</i> (SSN).	46
Figura 9 – Modelo SSN do ECOS <i>DutchSV</i>	48
Figura 10 – Modelo SSN do ECOS Ambiente Virtual de Aprendizagem da Universidade Federal do Ceará (SOLAR).	49
Figura 11 – Modelo SSN de ECOS <i>SkinnerBox</i>	49
Figura 12 – Modelo SSN do ECOS meu ônibus.	52
Figura 13 – Modelo SSN do ECOS <i>Slender The Arrivel</i>	52
Figura 14 – Modelo de Aceitação de Tecnologia (<i>Technology Acceptance Model</i> (TAM)).	56
Figura 15 – Comunalidades das variáveis.	57
Figura 16 – Resumo dos testes para as variáveis.	58
Figura 17 – Construto Utilidade Percebida e Facilidade Percebida x Variáveis.	59
Figura 18 – Fluxo do protocolo do mapeamento.	63
Figura 19 – Quantidade de trabalhos por ano.	71
Figura 20 – Publicações de 2017 a 2022 por país.	72
Figura 21 – Nuvem de palavras construída pelas palavras chave dos trabalhos.	73
Figura 22 – Arquitetura e componentes da ferramenta.	93
Figura 23 – Diagrama classes UML.	96
Figura 24 – Diagrama de caso de uso.	96
Figura 25 – Diagrama entidade e relacionamento do banco de dados.	97
Figura 26 – Tela inicial da ferramenta.	99
Figura 27 – Tela da parte de modelagem SSN.	101
Figura 28 – Relatório estatístico do modelo em PDF.	102
Figura 29 – Relatório estatístico do modelo de ECOS.	102
Figura 30 – Funcionalidades de exportar e importar modelo.	103

Figura 31 – Tela de modelos cadastrados.	104
Figura 32 – Tela de modelos cadastrados do usuário logado.	105
Figura 33 – Tela de detalhes do modelo.	106
Figura 34 – Tela de cadastro de usuário na aplicação.	106
Figura 35 – Tela de login de usuário na aplicação.	107
Figura 36 – Tela de atualização de dados cadastrais.	107
Figura 37 – Tela de atualização de foto do perfil.	108
Figura 38 – Tela de atualização de senha.	108
Figura 39 – Tela inicial em inglês e espanhol.	109
Figura 40 – Fluxo da abordagem de estudo sobre evolução de ECOS.	112
Figura 41 – Dados numéricos do modelo SSN para o ECOS AWS.	115
Figura 42 – Gráfico de dados numéricos do modelo SSN para o ECOS AWS.	116
Figura 43 – Modelo SSN 1 do protótipo de evolução.	120
Figura 44 – Modelo SSN 2 do protótipo de evolução.	121
Figura 45 – Modelo SSN 3 do protótipo de evolução.	122
Figura 46 – Modelo SSN 4 do protótipo de evolução.	123
Figura 47 – Gráfico para cada modelo do protótipo de evolução.	124
Figura 48 – Gráfico geral do protótipo de evolução.	124
Figura 49 – Gráfico sobre componentes e relacionamentos do protótipo de evolução. . .	125
Figura 50 – Aba referente a análise de evolução de ECOS na ferramenta ECOS <i>Modeling</i> . 125	
Figura 51 – Página referente a análise de evolução de ECOS na ferramenta ECOS <i>Modeling</i> . 126	
Figura 52 – Resultado para o modelo SSN do ECOS SOLAR versão 1.	127
Figura 53 – Resultado para o modelo SSN do ECOS SOLAR versão 2.	128
Figura 54 – Gráficos com os resultados das comparações entre a versão 1 e 2 do ECOS SOLAR	129
Figura 55 – Tabela com comparação geral e tabela com métricas quantitativas	130
Figura 56 – Modelo SSN do ECOS SOLAR primeira versão.	134
Figura 57 – Modelo SSN do ECOS SOLAR segunda versão.	135
Figura 58 – Modelo SSN do ECOS SOLAR terceira versão (versão atual).	136
Figura 59 – Comparação numérica e percentual entre as versões do ECOS SOLAR. . . .	138
Figura 60 – Comparação numérica geral dos atores e relacionamentos entre as versões do ECOS SOLAR.	139

Figura 61 – Variação numérica e percentual entre a versão 1 e versão 3 do ECOS SOLAR.	140
Figura 62 – Tabelas com comparação entre a versão 1 e 2 e versão 2 e 3 do ECOS SOLAR.	141
Figura 63 – Modelo SSN do ECOS SIPPA primeira versão	144
Figura 64 – Modelo SSN do ECOS SIPPA segunda versão.	145
Figura 65 – Comparação numérica e percentual entre as versões do ECOS SIPPA.	148
Figura 66 – Comparação numérica geral dos atores e relacionamentos entre as versões do ECOS SIPPA.	149
Figura 67 – Variação numérica e percentual entre a versão 1 e versão 2 do ECOS SIPPA.	150
Figura 68 – Tabelas com comparação entre a versão 1 e 2 do ECOS SIPPA.	151
Figura 69 – Resultados das variáveis sexo e gênero dos participantes.	157
Figura 70 – Resultado da variável idade dos participantes.	158
Figura 71 – Resultados das variáveis grau de instrução e ocupação dos participantes.	159
Figura 72 – Resultados das variáveis sobre conhecimento em ECOS e SSN.	160
Figura 73 – Resultados das variáveis sobre realização e grau de habilidade em modelagem de ECOS.	160
Figura 74 – Resultado da variável sobre realização de alguma análise sobre evolução de ECOS.	161
Figura 75 – Resultado das variáveis sobre utilização de ferramentas de modelagem e repositórios de modelos.	162
Figura 76 – Resultado das variáveis sobre usabilidade e navegação da ferramenta.	162
Figura 77 – Resultado das variáveis sobre visual/interface e utilidade da ferramenta.	163
Figura 78 – Resultado das variáveis sobre os requisitos e funcionalidades.	163
Figura 79 – Resultado da variável sobre o nível de esforço mental em utilizar a ferramenta.	164
Figura 80 – Resultados das quatro primeiras variáveis sobre a abordagem de análise de evolução.	165
Figura 81 – Resultados de quatro variáveis sobre a abordagem de análise de evolução.	166
Figura 82 – Resultado da variável sobre as métricas de análise de evolução.	167
Figura 83 – Modelo ECOS SOLAR versão 1	201
Figura 84 – Modelo ECOS SOLAR versão 2	202
Figura 85 – Modelo ECOS SOLAR versão 3	202
Figura 86 – Passo 1	203
Figura 87 – Passo 2	203

Figura 88 – Passo 3	204
Figura 89 – Modelo ECOS SIPPA versão 1	205
Figura 90 – Modelo ECOS SIPPA versão 2	206
Figura 91 – Descrição dos componentes da notação SSN.	217
Figura 92 – Modelagem SSN para o ECOS SIPPA.	218
Figura 93 – Descrição dos produtos e serviços do ECOS SIPPA.	219

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Definições para o termo ecossistemas de software.	68
Tabela 2 – Número de Trabalhos retornados por fase.	69
Tabela 3 – Trabalhos selecionados no mapeamento.	70
Tabela 4 – Quantidade de trabalhos por termo de busca.	77
Tabela 5 – Medidas quantitativas e qualitativas sobre saúde de ECOS.	80
Tabela 6 – Comparação entre os principais trabalhos relacionados.	90
Tabela 7 – Indicadores percentuais de evolução de ECOS.	119
Tabela 8 – Resultados para as métricas quantitativas de evolução	141
Tabela 9 – Resultados para as métricas quantitativas de evolução	150

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Tipos de interações em ECOS.	37
Quadro 2 – Classificação de ecossistemas de software	40
Quadro 3 – Lista de veículos de publicação identificados no mapeamento.	72
Quadro 4 – Métricas quantitativas de evolução de ECOS.	118
Quadro 5 – Métricas qualitativas de evolução de ECOS.	118
Quadro 6 – Dados numéricos sobre os atores e relacionamentos das versões do ECOS SOLAR.	137
Quadro 7 – Descrição dos produtos e serviços do ECOS SIPPA	145
Quadro 8 – Dados numéricos sobre os atores e relacionamentos das versões do ECOS SIPPA.	147
Quadro 9 – Construto Utilidade Percebida x Variáveis.	169
Quadro 10 – Construto Facilidade Percebida x Variáveis.	169
Quadro 11 – Resultados para o construto utilidade percebida	170
Quadro 12 – Resultados para o construto facilidade percebida	170
Quadro 13 – Artigos publicados em conferências e periódicos.	183

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARDTS	Sistema de treinamento de dança baseado em AR
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
AWS	<i>Amazon Web Services</i>
BPMN	<i>Business Process Model and Notation</i>
ECOS	Ecosistemas de Software
ECOSM	Ecosistemas de Software Móvel
ES	Engenharia de Software
ETUFOR	Empresa de Transporte Urbano de Fortaleza
GPS	Sistema de Posicionamento Global
OJS	<i>Open Journal Systems</i>
OSEHO	<i>Open Source Ecosystem Health Operationalization</i>
OSS	<i>Open Source Software</i>
OSSECO	<i>Open Source Software Ecosystems</i>
PDC	<i>Product Deployment Context</i>
QuESo	<i>Evaluating OSS Software Ecosystems Quality</i>
SIPPA	Sistema de Presenças e Planos de Aulas
SOLAR	Ambiente Virtual de Aprendizagem da Universidade Federal do Ceará
SSN	<i>Software Supply Network</i>
STECO	Ecosistema de Teste de Software
TAM	<i>Technology Acceptance Model</i>
TRA	Teoria da Ação Raciocinada
UML	<i>Unified Modeling Language</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	Motivação e Contextualização do Problema	19
1.2	Objetivos de Pesquisa	23
1.3	Metodologia	24
1.4	Principais Resultados e Contribuições	27
1.5	Organização do Trabalho	28
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	30
2.1	Ecosistemas de Software	30
<i>2.1.1</i>	<i>Visão Geral Sobre a Definição de ECOS</i>	<i>31</i>
<i>2.1.2</i>	<i>Atores, Papéis, e Relacionamentos em ECOS</i>	<i>33</i>
<i>2.1.3</i>	<i>Ciclo de Vida e Saúde em ECOS</i>	<i>37</i>
<i>2.1.4</i>	<i>Classificação de ECOS</i>	<i>40</i>
<i>2.1.5</i>	<i>Dimensões do ECOS</i>	<i>41</i>
2.2	Redes Sócio-técnicas em ECOS	43
2.3	Qualidade em ECOS	44
2.4	Software Supply Network - SSN	45
2.5	Modelagem de ECOS	48
2.6	Evolução e Simulação de ECOS	52
2.7	Technology Acceptance Model (TAM)	54
<i>2.7.1</i>	<i>Visão Geral</i>	<i>55</i>
<i>2.7.2</i>	<i>Exemplos de Uso do TAM</i>	<i>57</i>
2.8	Conclusão	60
3	TRABALHOS RELACIONADOS	61
3.1	Introdução	61
3.2	Adaptação do Mapeamento Sistemático de Literatura	62
<i>3.2.1</i>	<i>Atividade 1: Planejamento do Mapeamento</i>	<i>62</i>
<i>3.2.2</i>	<i>Atividade 2: Condução do Mapeamento</i>	<i>66</i>
<i>3.2.3</i>	<i>Atividade 3: Resultado do Mapeamento</i>	<i>67</i>
3.3	Visão Geral dos Estudos	67
3.4	Resultados das Questões de Pesquisa	74

3.4.1	<i>Questão Principal: Qual o estado da arte sobre evolução, simulação, saúde qualidade e modelagem de Ecossistemas de software?</i>	74
3.4.2	<i>Questão Secundária 1 (QS1): Qual é o estado da arte em relação à saúde e qualidade de ECOS?</i>	77
3.4.3	<i>Questão Secundária 2 (QS2): Quais são as métricas de saúde e qualidade de ECOS existentes?</i>	79
3.4.4	<i>Questão Secundária 3 (QS3): Quais são os métodos e técnicas de modelagem de ECOS existentes?</i>	80
3.4.5	<i>Questão Secundária 4 (QS4): Quais são as técnicas e estudos sobre evolução e simulação de ECOS existentes?</i>	81
3.5	Descrição dos Trabalhos Relacionados	83
3.6	Comparação dos Principais Trabalhos Relacionados Com o Trabalho Proposto	90
3.7	Conclusão	91
4	FERRAMENTA ECOS MODELING	92
4.1	Arquitetura e Componentes	92
4.2	Funcionalidades	93
4.2.1	<i>Requisitos Funcionais</i>	94
4.2.2	<i>Requisitos Não-funcionais</i>	95
4.2.3	<i>Diagrama de Classes</i>	95
4.2.4	<i>Diagrama de Caso de Uso</i>	96
4.2.5	<i>Diagrama de Entidade e Relacionamento</i>	97
4.3	ECOS Modeling - Modelagem SSN e Repositório para Modelos	97
4.3.1	<i>Telas da Ferramenta</i>	98
4.3.1.1	<i>Tela Inicial</i>	98
4.3.1.2	<i>Tela da Modelagem SSN</i>	99
4.3.1.3	<i>Telas do Repositório para modelos SSN</i>	104
4.3.1.4	<i>Cadastro e Manipulação de Dados do Usuário</i>	106
4.3.1.5	<i>Mudança de Idioma na Ferramenta</i>	109
5	ABORDAGEM DE ESTUDO SOBRE EVOLUÇÃO DE ECOS	110
5.1	Introdução	110
5.2	Abordagem de Estudo sobre Evolução ECOS	111

5.3	Dados Numéricos dos Modelos SSN	115
5.3.1	<i>Dados do Modelo SSN do ECOS AWS</i>	115
5.4	Métricas de Evolução ECOS	117
5.4.1	<i>Métricas Quantitativas</i>	117
5.4.2	<i>Métricas Qualitativas</i>	118
5.4.3	<i>Indicadores Percentuais</i>	119
5.5	Exemplo de Estudo sobre Evolução de um ECOS Genérico	120
5.5.1	<i>Modelo SSN para o ECOS Genérico 1</i>	120
5.5.2	<i>Modelo SSN para o ECOS Genérico 2</i>	121
5.5.3	<i>Modelo SSN para o ECOS Genérico 3</i>	121
5.5.4	<i>Modelo SSN para o ECOS Genérico 4</i>	122
5.5.5	<i>Gráficos Com os Dados Sobre a Evolução</i>	123
5.6	Proposta Implementada na Ferramenta ECOS Modeling	125
5.7	Implicações da Abordagem de Estudo sobre a Evolução de ECOS	130
5.8	Conclusão	131
6	ESTUDO DE CASO	132
6.1	Introdução	132
6.2	Análise da Evolução do ECOS SOLAR	133
6.2.1	<i>Visão Geral da Evolução do ECOS SOLAR</i>	134
6.2.2	<i>Resultados Estatísticos da Evolução do ECOS SOLAR</i>	136
6.3	Análise da Evolução do ECOS Sistema de Presenças e Planos de Aulas (SIPPA)	143
6.3.1	<i>Visão Geral da Evolução do ECOS SIPPA</i>	143
6.3.2	<i>Resultados Estatísticos da Evolução do ECOS SIPPA</i>	146
6.4	Conclusão	152
7	AVALIAÇÃO DA PROPOSTA	154
7.1	Introdução	154
7.2	Avaliação TAM	154
7.2.1	<i>Planejamento</i>	155
7.2.2	<i>Execução</i>	156
7.2.3	<i>Resultados Obtidos com a Avaliação TAM</i>	157
7.2.3.1	<i>Resultados das Variáveis Demográficas</i>	157

7.2.3.2	<i>Resultados das Variáveis sobre ECOS, SSN, Modelagem e Evolução</i>	159
7.2.3.3	<i>Resultados das Variáveis sobre a Ferramenta ECOS Modeling</i>	161
7.2.3.4	<i>Resultados das Variáveis sobre a Abordagem de Análise de Evolução de ECOS</i>	164
7.2.3.5	<i>Resultados das Variáveis de Escopo Aberto</i>	168
7.2.3.6	<i>Resultados dos Construtos Utilidade Percebida e Facilidade Percebida . . .</i>	169
7.3	Discussão dos Resultados	171
7.4	Entrevista Guiada com Profissional da Indústria	174
7.4.1	<i>Planejamento</i>	174
7.4.2	<i>Execução</i>	175
7.4.3	<i>Resultados Obtidos com a Entrevista Guiada</i>	175
7.4.3.1	<i>Questões Demográficas</i>	175
7.4.3.2	<i>Questões sobre ECOS e SSN</i>	176
7.4.3.3	<i>Questões sobre o ECOS SIPPA</i>	176
7.4.4	<i>Discussão dos Resultados</i>	177
7.5	Conclusão	178
8	CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	180
8.1	Considerações Finais	180
8.2	Respondendo Questões de Pesquisa	182
8.3	Publicações	183
8.4	Limitações do Trabalho	183
8.5	Trabalhos Futuros	184
	REFERÊNCIAS	186
	APÊNDICE A –ROTEIRO PARA AVALIAÇÃO DA ABORDAGEM . .	198
	APÊNDICE B –QUESTIONÁRIO DA AVALIAÇÃO TAM	207
	APÊNDICE C –QUESTIONÁRIO DA ENTREVISTA GUIADA	216

1 INTRODUÇÃO

Neste Capítulo são apresentadas a motivação e a contextualização desta pesquisa a qual tem por finalidade conduzir uma abordagem de estudo sobre evolução de ecossistemas de software com o auxílio da modelagem SSN. Na Seção 1.1 são discutidas a contextualização e a motivação desta dissertação. Na Seção 1.2 são apresentados os objetivos e as questões de pesquisa. Na Seção 1.3 os procedimentos metodológicos são apresentados. Na Seção 1.4 os principais resultados e contribuições são apresentados. E por fim, a Seção 1.5 detalha a estrutura desta dissertação com a organização dos capítulos seguintes.

1.1 Motivação e Contextualização do Problema

Com as constantes mudanças na indústria e a criação de novos paradigmas, a área de Engenharia de Software (ES) tem progredido em pesquisa teórica e aplicada, buscando lidar com uma gama de novos conhecimentos do mercado atual (WOUTERS *et al.*, 2019). Dentre esses novos conhecimentos está o conceito de ECOS, que têm crescido rapidamente, tanto em número de casos reais como em volume de publicações, o que tem tornado o tema mais maduro nos últimos anos.

Segundo Jansen (2020), cada vez mais as empresas de software estão percebendo que não podem mais competir apenas pela excelência do produto. Os ecossistemas que cercam as plataformas, como sistemas operacionais, aplicativos corporativos e até redes sociais, são inegavelmente responsáveis por grande parte do sucesso de uma plataforma. Com essa percepção, as organizações produtoras de software precisam conceber ferramentas e estratégias para melhorar seus ecossistemas e reinventar ferramentas que outras já inventaram muitas vezes.

De acordo com Jansen (2020), empresas e organizações de software cada vez mais abrem seus negócios para outras empresas de software e, como consequência, encontram-se em um ecossistema de empresas, desenvolvedores e parceiros. Esses atores e principalmente a organização de software que está no centro desse ecossistema, estão tendo dificuldades em obter *insights* sobre esse ecossistema e como suas ações influenciam seu desempenho.

Bosch (2012) relata que as crescentes parcerias entre fornecedores concorrentes afetam a operação da indústria de software. As empresas de software percebem que a quantidade de funcionalidade necessária para satisfazer as demandas dos clientes é muito maior do que podem construir em um tempo razoável e com um investimento que ofereça um retorno aceitável

sobre o investimento.

As empresas de software abrem suas interfaces para desenvolvedores externos para integrar soluções específicas e desenvolver novos aplicativos dentro de suas plataformas (CHE; PERRY, 2014). Assim, as empresas interagem com atores externos, que podem complementar a funcionalidade dos produtos existentes e oferecer serviços técnicos, como integração e manutenção de sistemas (CUSUMANO, 2004). Segundo Weiblen e Chesbrough (2015), esse fenômeno caracteriza um ECOS. Nesse cenário, as empresas investem em modelos de negócios inovadores para criar valor para a rede. Esses novos modelos de negócios não envolvem apenas benefícios monetários, também podem fornecer promoção e compartilhamento de conhecimento (MANIKAS; HANSEN, 2013a).

Neste contexto, o conceito de ECOS é apresentado por diversos autores como: (JANSEN *et al.*, 2007a), (BOSCH, 2009), (JANSEN *et al.*, 2009) e (COUTINHO *et al.*, 2019), que vão desde ecossistemas sociais até ecossistemas de negócios, como é o conceito mais atual. Segundo Coutinho *et al.* (2019), ECOS é uma metáfora de ES que foi aplicada para a compreensão da dinâmica da rede de fornecimento de software centrada em plataformas de software. Ou ainda, um conjunto de entidades colaborando em conjunto com outras entidades em uma plataforma tecnológica central, havendo assim troca de informações, recursos e artefatos. Ou ainda ECOS podem consistir em um conjunto de atores interagindo como uma unidade, que por sua vez interagem com um mercado distribuído entre software e serviços, juntamente com as relações entre as mais variadas entidades (JANSEN *et al.*, 2009).

As práticas que abordam o desenvolvimento de software tem evoluído para o desenvolvimento de múltiplos produtos e serviços, derivados de uma plataforma baseada em uma arquitetura comum e integrados com outros sistemas por meio de redes de atores e artefatos com relacionamentos simbióticos (MANIKAS, 2016). Esses conjuntos de elementos formam um ECOS e requerem a integração de mecanismos e ferramentas para apoiar a troca de informações, recursos e artefatos, assim como para assegurar a comunicação e interação dos desenvolvedores e usuários (BOSCH, 2011).

Segundo Pontes e Arakaki (2011) ao longo da sua evolução o produto de software sofre sistematicamente alterações que podem consequentemente afetar a evolução do ecossistema que ele está inserido e se relacionando. A evolução do software também pode trazer a deterioração de sua estrutura de qualidade e consequentemente, afetar a sua saúde. A evolução de um software é um fato contínuo no ciclo de vida, mas mudar sistemas sem técnica pode prejudicar alguns

aspectos de qualidade, na arquitetura e na saúde do software. Graaf (2007) distingue claramente dois tipos de transformações durante a vida de um software. Segundo o autor os modelos e processos existentes envolvem tipicamente transformações verticais, do abstrato para o concreto, como acontece no ciclo de desenvolvimento de software. Por outro lado, atividades como manutenção e evolução, típicas em qualquer software, envolvem transformações horizontais como a migração do sistema de uma plataforma para outra.

A evolução de um ECOS acontece quando o ecossistema cresce de maneira significativa em relação a si mesmo e aos seus atores e seus respectivos relacionamentos, podendo ser internos e externos, assim como a expansão de relacionamentos do próprio ECOS com outros ECOS, havendo assim uma maior troca de informações, serviços, produtos e artefatos. Esse crescimento colaborativo consiste na evolução da plataforma central que é o centro do ECOS. Segundo Williamson e Meyer (2012), embora os ECOS possam evoluir por meio de auto-organização, como em ecossistemas criados por comunidades de código aberto, frequentemente, uma empresa líder catalisa o surgimento e o desenvolvimento subsequente da rede.

A simulação de ECOS é uma atividade que permite ao usuário ter uma visão geral do comportamento, da evolução e do crescimento do ECOS, de seus fornecedores, clientes, relacionamentos, assim como seus respectivos papéis dentro do ECOS. A simulação por meio da modelagem fornece uma descrição abrangente e precisa do estado do ecossistema, como também uma visão geral de sua estruturação. Segundo Coutinho *et al.* (2017) modelos são construídos para fornecer uma melhor compreensão de sistemas ou ambientes. Jansen *et al.* (2015a) argumentam que a modelagem de ECOS é importante para fornecer ideias a partir de representações, além de possibilitar a análise e comparação de ecossistemas “estáticos”, baseados em conceito chave (e.g., organizações, relacionamentos e fluxos) e métodos existentes (e.g., redes socio-técnicas e redes de fornecimento de software).

Embasados na literatura e em estudos e experimentos realizados, Jansen *et al.* (2015a) descobriram que os objetivos da modelagem são comuns: (i) fornecer informações, (ii) analisar ecossistemas estáticos e (iii) comparar o ecossistema. Para que sejam determinados o método de modelagem e os elementos e dados que serão usados, é crucial determinar o objetivo dela, os métodos mais propostos na literatura são observados no trabalho de Jansen *et al.* (2009).

Boucharas *et al.* (2009) propuseram em seu estudo o uso da notação SSN - Rede de Produção de Software, uma notação já utilizada pela comunidade de ECOS para a modelagem. O SSN é uma série de software, hardware e organizações de serviços interligados, que cooperam

para atender às demandas do mercado. Os elementos gráficos da notação auxiliam na representação dos atores e os comportamentos e interações dos mesmos dentro do ecossistema. A notação foi estendida por Costa *et al.* (2013), adicionando mais componentes e fornecendo uma maior explicação sobre cada um deles, como também para o seu uso de modo geral.

Na literatura são encontrados alguns trabalhos que abordam ou aplicam os conceitos e definições de ECOS e modelagem SSN, propondo modelos, exemplos, estudos e descrições sobre ecossistemas pertencentes a diversos domínios, como, por exemplo, no trabalho proposto por Coutinho *et al.* (2017) sobre o ECOS do SOLAR pertencente ao domínio educacional. Um problema identificado na literatura por Coutinho *et al.* (2017) é a carência de modelos, de ferramentas de modelagem, de falta de suporte a modelagem. Os autores argumentam que é muito livre sua representação, qualquer ferramenta para modelagem *Unified Modeling Language* (UML), *Business Process Model and Notation* (BPMN), imagens arquiteturais, etc., são utilizadas para a modelagem e descrição de ECOS, sem seguir um padrão de representação.

Em relação à carência de ferramenta de modelagem de ECOS o trabalho de Pinheiro *et al.* (2022) propõe amenizar essa carência com uma ferramenta web para modelagem de ECOS utilizando a notação SSN. O trabalho de Coutinho *et al.* (2019) apresenta uma ferramenta de repositório para modelos de ECOS, suprimindo assim a carência de modelos disponíveis. Essas ferramentas dão um suporte à literatura possibilitando um aumento nas pesquisas relacionadas a ECOS, modelagem, modelos SSN e também relacionadas ao ensino de ECOS algo que também é emergente. Ambas ferramentas mencionadas foram avaliadas no contexto educacional, trazendo assim uma abordagem da modelagem SSN de ECOS para a sala de aula. Como ilustra o trabalho de Coutinho *et al.* (2019), que apresenta um relatório sobre o ensino de ECOS na disciplina de ES, evidenciando-se a importância do ensino de ECOS em disciplinas de ES.

Contudo, tanto a definição de ECOS quanto suas aplicações em diversos domínios são emergentes nos campos da pesquisa, ensino e indústria. Vários problemas e limitações são encontrados na literatura, assim como os já mencionados previamente. São escassos estudos, abordagens, metodologias, ferramentas, técnicas, notações, e trabalhos relacionados à modelagem, a conceitos e ao ensino de ECOS. Conceitos como evolução, simulação, modelagem são campos pouco explorados e que dão margem para diversas pesquisas conceituais e experimentos práticos beneficiando a comunidade.

Trabalhos com foco em evolução são escassos na literatura, trazendo um leque de oportunidades e desafios de pesquisa, tais como: acompanhar a evolução do ECOS de acordo com as mudanças da plataforma central, a evolução sobre o panorama da comunidade de usuários externa, a evolução em relação a comunidade de usuários interna como os desenvolvedores e as mudanças que afetam a evolução em relação a fornecedores de tecnologias. Tudo isso impacta a estrutura e no ciclo de vida do ECOS de modo geral e deve ser objeto de pesquisa, com a finalidade de amenizar esses problemas.

O foco deste trabalho é apresentar uma abordagem de estudo sobre evolução de ECOS como foco na modelagem SSN e como base a ferramenta de modelagem e repositório para modelos ECOS *Modeling*. A abordagem se utiliza de dados, valores absolutos, valores percentuais, médias, variações e métricas estatísticas sobre o modelo SSN dos ECOSs, possibilitando uma visão geral sobre a evolução ao longo do tempo dentro do ciclo de vida do ECOS e ou a evolução sobre as percepções de modelagem de diferentes autores. As métricas deverão dar base para a realização desta análise estatística sobre o que aumentou, diminuiu ou impactou positiva ou negativamente a plataforma central e ao ECOS como um todo.

Esta abordagem também se aplica a simulação de ECOS, pois se pode fazer projeções de possíveis evoluções como: aumento de fornecedores, diminuição de desenvolvedores ou aumento de clientes para visualizar quais os impactos em números essas mudanças no ECOS causariam a plataforma central e a própria estrutura do ECOS, assim como aos próprios usuários finais e aos relacionamentos presentes no ecossistema.

1.2 Objetivos de Pesquisa

Neste contexto, este trabalho propõe uma abordagem para estudar, caracterizar e visualizar a evolução de ECOS por meio da modelagem SSN, utilizando a ferramenta de modelagem e repositório para modelos ECOS *Modeling* como suporte, com a finalidade de fornecer uma ampla visão da evolução de um ECOS sob o viés de dados estatísticos de modelos SSN possibilitando uma compreensão em quantitativa, qualitativa e percentual sobre a evolução.

Para entender o estado da arte da literatura foi conduzida um mapeamento sistemático de literatura sobre os termos: evolução, simulação, modelagem SSN, modelos, saúde e qualidade de ECOS. Com isso, o objetivo geral deste trabalho é fornecer uma abordagem de estudo sobre evolução de ECOS por meio da modelagem, com isso amenizar problemas em relação a evolução com foco em usuários internos, externos fornecedores e a própria plataforma central.

Os objetivos específicos são: (i) realizar um mapeamento sistemático de literatura; (ii) propor uma abordagem de estudo sobre evolução de ECOS com apoio da modelagem SSN; (iii) estender novas funcionalidades à ferramenta/repositório para modelos de ECOS; (iv) realizar um estudo de caso sobre a abordagem proposta com os ECOSs SOLAR e SIPPA ambos reais e pertencentes ao domínio educacional; (v) criar um cenário de avaliação da abordagem; (vi) aplicar um questionário a estudantes, professores, profissionais e pesquisadores da área de computação; (vii) realizar uma entrevista com profissionais ligados ao SIPPA sobre o ECOS SIPPA apresentado neste trabalho.

O foco principal da pesquisa é buscar construir uma abordagem de estudo sobre evolução e simulação de ECOS utilizando a modelagem SSN como apoio e identificar respostas às seguintes questões:

- Questão 1: Quais os principais desafios e oportunidades de pesquisa em evolução de ECOS?
- Questão 2: Qual o principal impacto dos estudos sobre evolução de ECOS em seu ciclo de vida e em sua estrutura geral?

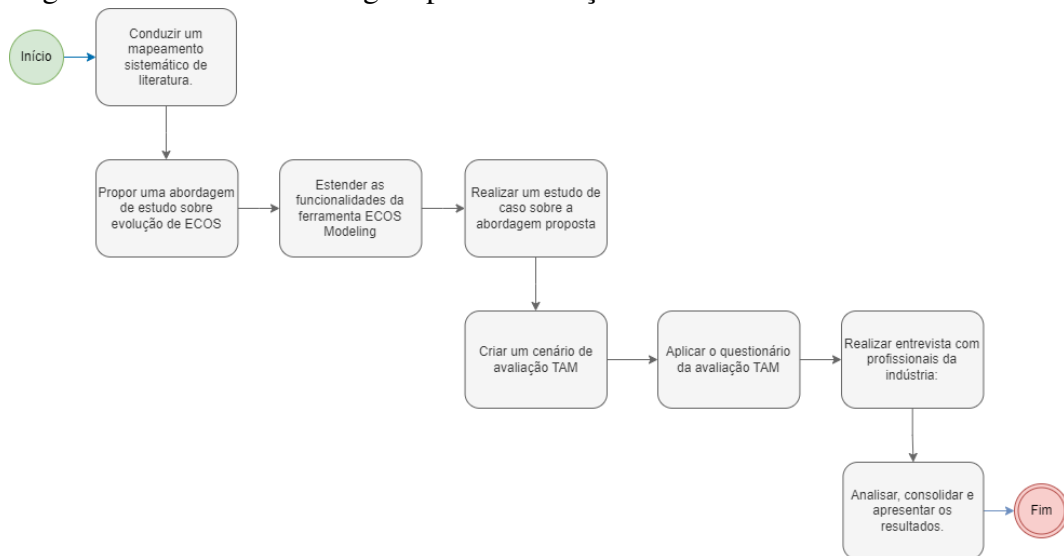
1.3 Metodologia

O presente trabalho foi subdividido em algumas etapas com intuito de cumprir os objetivos elencados anteriormente. Inicialmente algumas atividades comuns de pesquisa foram executadas para compreender melhor os conceitos, aplicações e problemas da literatura. Estas atividades foram: um levantamento bibliográfico e um estudo por meio de um mapeamento sistemático de literatura para os trabalhos relacionados. Todas essas etapas foram com foco para o desenvolvimento de uma abordagem de estudo sobre evolução de ECOS. As demais etapas da pesquisa estão relacionadas em um diagrama de atividades, apresentado na Figura 1 para melhorar o entendimento da execução das atividades.

Os passos estão detalhados logo a seguir:

- **Conduzir um mapeamento sistemático de literatura:** Para compreender o estado da arte da literatura e possibilitar embasamento teórico para este trabalho, o primeiro passo a ser realizado é um mapeamento sistemático de literatura. Com o objetivo de encontrar fatores que contribuem de maneira positiva ou negativa à esta proposta foi realizado um mapeamento sistemático de literatura que consiste em pesquisar em base de dados pré-estabelecidas trabalhos primários relacionados que obtenham conceitos

Figura 1 – Fluxo metodológico para a execução deste trabalho.



Fonte: Elaborado pelo autor.

relacionados ao contexto do trabalho. No mapeamento sistemático, primeiro é estabelecido um protocolo para a realização da pesquisa. Para isso, são estabelecidas a definição do objetivo, perguntas de pesquisa, *string* de busca, bases de dados, critérios de seleção, formulário de extração de dados, procedimento para seleção e ameaças à validade. A partir do protocolo do mapeamento segue a condução do mapeamento que é realizada com o objetivo de obter estudos que realizem experimentos, avaliações, análises e abordagens sobre ECOS com foco em evolução, simulação, saúde, qualidade e modelagem SSN. Esses estudos firmaram a fonte de dados para a obtenção dos fatores sobre evolução, saúde, qualidade e modelagem de ECOS. Após a extração de dados é realizada a comunicação do mapeamento apresentando as respostas a cada pergunta de pesquisa para que possam ser avaliadas. Considerando o objetivo deste mapeamento foi possível responder a seguinte pergunta de pesquisa principal: (QPP) Qual o estado da arte sobre evolução, simulação, saúde, qualidade e modelagem de Ecossistemas de Software? Existe a necessidade de especificar perguntas secundárias para entender o contexto do trabalho. As perguntas secundárias que foram respondidas são: (QS1) Qual é o estado da arte em relação à saúde e qualidade de ECOS? (QS2) Quais são as métricas de saúde e qualidade de ECOS existentes? (QS3) Quais são os métodos e técnicas de modelagem de ECOS existentes? e (QS4) Quais são as técnicas e estudos sobre evolução e simulação de ECOS existentes? Como resultado foram apresentados os fatores alcançados no mapeamento (positivo ou negativo) e sua definição. E também foram respondidas as perguntas de pesquisa.

– **Propor uma abordagem de estudo sobre evolução de ECOS:** Este passo metodológico

é o mais abrangente e envolve todos os pontos importantes desta proposta e utiliza a ferramenta *ECOS Modeling* como base. A proposta é uma abordagem de estudo sobre a evolução dos ecossistemas com a utilização da modelagem SSN. A abordagem se dará por meio do crescimento do modelo SSN ao longo do tempo, mediante diversas concepções sobre o modelo ou ainda por meio dos diferentes estudos e modelos gerados. Com esta abordagem poderá realizar-se estudos sobre a evolução do ECOS de modo geral, conforme seus atores e relacionamentos, avaliações e análises sobre a saúde do ECOS e perspectivas do ECOS no mercado.

- **Estender as funcionalidades da ferramenta *ECOS Modeling*:** *ECOS Modeling* é uma ferramenta que dá suporte a literatura no quesito modelagem SSN de ECOS e que suporta a utilização da notação SSN e possibilita a criação de modelos de ECOS de diversos domínios. As funcionalidades que serão implementadas serão especificamente sobre a abordagem de estudo sobre evolução de ECOS com foco em modelagem SSN. A ferramenta atenderá a duas vertentes emergentes na literatura, que são: a pesquisa em ECOS e o ensino de ECOS, conceitos e aplicações, e poderá também dar suporte a estudos sobre ECOS na indústria.
- **Realizar um estudo de caso sobre a abordagem proposta:** Uma vez a abordagem de estudo sobre evolução de ECOS concluída tanto em termos conceituais como implementada na ferramenta, será desenvolvido um estudo de caso sobre a abordagem em dois tipos de ECOS distintos: o ECOS SIPPA e o ECOS SOLAR. O estudo de caso implementado permite um suporte à abordagem proposta em termos práticos.
- **Criar um cenário de avaliação TAM:** Após a proposta implementada e testada, o passo seguinte foi definir um cenário de avaliação para ilustrar o funcionamento da abordagem proposta na ferramenta. Foi definido um cenário de utilização para alguns especialistas da área de ECOS realizarem a avaliação, em que os usuários participantes foram pessoas com experiência em pesquisa acadêmica sobre a área de estudo em questão. Foi utilizado a técnica de avaliação TAM para a avaliação da proposta por especialistas.
- **Aplicar o questionário da avaliação TAM:** Após a conclusão da avaliação foi aplicado um questionário TAM sobre a abordagem proposta a alunos, professores, profissionais e pesquisadores na área de computação participantes, buscando validar a proposta deste trabalho e investigar justificativas para apoiar a abordagem proposta sobre empregar o estudo de evolução de ECOS por meio da modelagem SSN. Também foi avaliado o uso da

ferramenta *ECOS Modeling* de modo geral.

- **Realizar entrevista com profissionais da indústria:** Esta etapa consistiu em realizar uma entrevista com profissionais da indústria, atuantes no ECOS SIPPA, um dos ECOS utilizados no estudo de caso de avaliação da proposta. Esta entrevista permitiu avaliar sob um panorama dos profissionais ligados ao ECOS SIPPA, sobre sua evolução e se a proposta deste estudo é eficiente na prática da indústria real.
- **Analisar e consolidar os resultados obtidos:** Por fim, após a execução das etapas anteriores, as informações foram consolidadas para avaliar os resultados obtidos. O intuito é verificar se a abordagem proposta por este trabalho é eficiente. Para isso, gráficos e relatórios com os resultados obtidos para analisar as informações foram projetados e desenvolvidos, e em seguida foram relacionados com os objetivos deste trabalho e as questões de pesquisa definidas.

1.4 Principais Resultados e Contribuições

Com base na pesquisa bibliográfica realizada e na experiência adquirida no desenvolvimento e aplicação dos conceitos estudados, pode-se listar as seguintes contribuições científicas deste trabalho:

- Um mapeamento sistemático de literatura sobre os termos evolução, simulação, saúde, qualidade e modelagem de ECOS (Capítulo 3);
- Uma abordagem de estudo e análise de evolução de ECOS por meio de modelos SSN (Capítulo 5);
- Um estudo de caso utilizando a abordagem proposta para analisar a evolução do ECOS SOLAR e ECOS SIPPA (Capítulo 6);
- Métricas quantitativas e qualitativas e indicadores percentuais (Seção 5.4);
- Uma avaliação TAM sobre a abordagem proposta neste trabalho (Seção 7.2);
- Uma entrevista com profissional da indústria sobre o modelo SSN do ECOS SIPPA (Seção 7.4)

Como contribuições tecnológicas adquiridas neste trabalho é possível destacar:

- A implementação da abordagem proposta na ferramenta de modelagem e repositório para modelos *ECOS Modeling* com a funcionalidade análise de evolução (Seção 5.6).

1.5 Organização do Trabalho

Este capítulo apresentou a motivação e contextualização do problema abordado nesta dissertação de mestrado, o objetivo geral e os objetivos específicos e as questões de pesquisa para este trabalho, assim como os procedimentos metodológicos utilizados para a execução do trabalho e os principais resultados e contribuições científicas e tecnológicas. O restante deste documento está organizado da seguinte maneira:

No Capítulo 2 são discutidos os conceitos relacionados a ecossistemas de software, apresentando uma visão geral da literatura, atores, papéis e relacionamentos no ECOS, ciclo de vida e saúde do ECOS, classificação e dimensões de ECOS, redes sócio-técnicas e qualidade. Definição e exemplos da notação *software supply network* - *SSN*, sobre modelagem de ECOS, evolução e simulação, sobre a avaliação *Technology Acceptance Model* - TAM e por fim a conclusão do capítulo.

No Capítulo 3 dos trabalhos relacionados, é realizado um mapeamento sistemático de literatura para entender o estado da arte sobre ECOS, definições e aplicações (evolução, simulação, saúde, qualidade e modelagem). Os trabalhos relacionados são catalogados, classificados, discutidos e comparados com a presente proposta de dissertação.

No Capítulo 4 é apresentada a ferramenta *ECOS Modeling*, sua arquitetura, os requisitos funcionais e não-funcionais implementados, diagrama de classes, diagrama de entidade e relacionamento e as telas de cada uma das funcionalidades implementadas na ferramenta.

No Capítulo 5 são apresentados a introdução, a abordagem de estudo e análise de evolução de ECOS proposta neste trabalho, assim como os passos para a utilização da abordagem, dados numéricos dos modelos *SSN* utilizados na abordagem, métricas quantitativas, qualitativas e percentuais relacionadas a evolução de ECOS, um exemplo genérico sobre evolução de ECOS, a implementação na ferramenta *ECOS Modeling*, implicações da abordagem e a conclusão do capítulo.

No Capítulo 6 são apresentados a introdução do capítulo, a análise de evolução do ECOS SOLAR com uma visão geral do SOLAR e os resultados obtidos no relatório de evolução gerado na ferramenta *ECOS Modeling* e a análise de evolução do ECOS SIPPA com uma visão geral do ECOS SIPPA, os resultados da análise de evolução e por fim a conclusão do capítulo.

No Capítulo 7 são apresentados a introdução do capítulo, uma breve descrição da avaliação TAM, o planejamento da avaliação, a execução da avaliação, os resultados obtidos com as questões fechadas da avaliação em gráficos, os resultados das questões de escopo aberto, os

resultados dos construtos utilidade percebida e facilidade de uso sobre as variáveis da abordagem proposta e discussões dos resultados da avaliação TAM. É apresentado também a entrevista guiada com profissional da indústria sobre o ECOS SIPPA, os resultados obtidos na entrevista, uma breve discussão dos resultados e por fim a conclusão do capítulo.

Por fim, o Capítulo 8 é dedicado à conclusão desta dissertação de mestrado, apresentando as considerações finais deste trabalho, as respostas para as questões de pesquisa apresentadas, as publicações relacionadas ao trabalho, as limitações e ameaças à validade deste trabalho e os trabalhos futuros derivados deste.

Os Apêndices A, B e C apresentam respectivamente o roteiro para avaliação da abordagem, o questionário da avaliação TAM sobre a abordagem e o questionário da entrevista guiada com profissional da indústria de software.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo trata da fundamentação teórica deste trabalho. São abordados os conceitos que serão utilizados para alcançar os objetivos desta dissertação de mestrado. Na Seção 2.1 são apresentados os conceitos de Ecossistemas de Software. Na Seção 2.2 são apresentados os conceitos sobre redes sócio-técnicas em ECOS. Na Seção 2.3 são explorados os conceitos de saúde e qualidade em ECOS. Na Seção 2.4 estão descritos os conceitos de *Software Supply Network*. Na Seção 2.5 são descritos os conceitos referentes a modelagem em ECOS. Na Seção 2.6 são apresentados os conceitos de evolução e simulação de ECOS. E, por fim na Seção 2.7 é apresentada a técnica de avaliação *Technology Acceptance Model*, utilizada na proposta deste trabalho.

2.1 Ecossistemas de Software

Ecossistemas são vários conjuntos de grupos que embora sejam distintos entre si, interagem de maneira mútua e disciplinada em um meio comum. A partir do momento em que uma empresa conduz seus produtos de software além de seus limites organizacionais, passando a disponibilizar sua plataforma e a interagir com atores externos a sua organização, é formado um ECOS (BOSCH, 2009). ECOS é uma metáfora da ES que foi aplicada para a compreensão da dinâmica da rede de fornecimento de software centrada em plataformas de software (COUTINHO *et al.*, 2019).

Segundo Lima (2015), ECOS podem ser caracterizados por um conjunto de elementos podendo ser: os atores envolvidos, dentro e fora da organização, o produto de software principal, a plataforma de apoio ao software e os ativos do ECOS. Estes elementos são tratados de maneira integrada, ou seja, levando em consideração as interações, as trocas de informações e artefatos entre eles.

Para Manikas e Hansen (2013b), a plataforma contém a tecnologia de software central, sobre a qual se dá a construção e manutenção do ECOS, (e.g., *Eclipse*, *Windows*, *Android*, etc). Segundo apresenta Lima (2015), para um exemplo real de ECOS pode ser considerado o ambiente do *iPhone*, onde os atores são: a empresa *Apple*, os usuários externos, os desenvolvedores internos da empresa, os desenvolvedores externos de aplicativos e o iOS que é a tecnologia de software central do ECOS.

Algumas das maiores corporações internacionais, como *Amazon*, *Microsoft*, *Google* e *Apple*, estão liderando o desenvolvimento de ECOS, o que vem contribuindo para o crescimento e avanço de pesquisas, já que há uma movimentação real da indústria de software e serviços relacionados (MANIKAS, 2016). Segundo Santos (2017), para melhor compreensão de um ECOS, é preciso entender quais elementos formadores constituem um ecossistema, conforme apresentado nas subseções seguintes.

2.1.1 Visão Geral Sobre a Definição de ECOS

Na literatura, existem algumas definições de ecossistemas. O termo foi proposto pelo ecólogo Arthur Tansley em 1935. Tansley (1935) definiu ecossistema como parte dos sistemas que existem na natureza e se desenvolvem gradualmente, tornando-se cada vez mais integrados e ajustados em equilíbrio. Esta definição se distancia da abordagem empregada em ECOS, sendo a noção de ecossistemas humanos, mais correspondente. Para Berk *et al.* (2010), um ECOS pode ser entendido como um subtipo de ecossistema de negócios, que conforme Moore (1996), retrata uma analogia do começo dos anos 90 para descrever uma nova forma de observar redes de negócios pelas Escolas de Administração.

Jansen *et al.* (2009) definiram ECOS como sendo um conjunto de negócios funcionando como uma unidade e interagindo com um mercado compartilhado de software e serviços, juntamente com as relações entre eles, frequentemente apoiados por uma plataforma ou mercado tecnológico comum, e operando através da troca de informações, recursos e artefatos. Sendo assim, um ECOS é uma interação de um conjunto de atores sobre uma plataforma tecnológica comum, tendo como resultados soluções ou serviços de software (MANIKAS; HANSEN, 2013a).

Estes ecossistemas possuem três elementos: um centralizador ou *hub*, uma plataforma ou tecnologia/mercado e um conjunto de agentes de nicho ou *niche players*, onde o centralizador é o proprietário da plataforma e os agentes de nicho podem utilizá-la para gerar valores para si mesmos e para ela (IANSITI; LEVIEN, 2004).

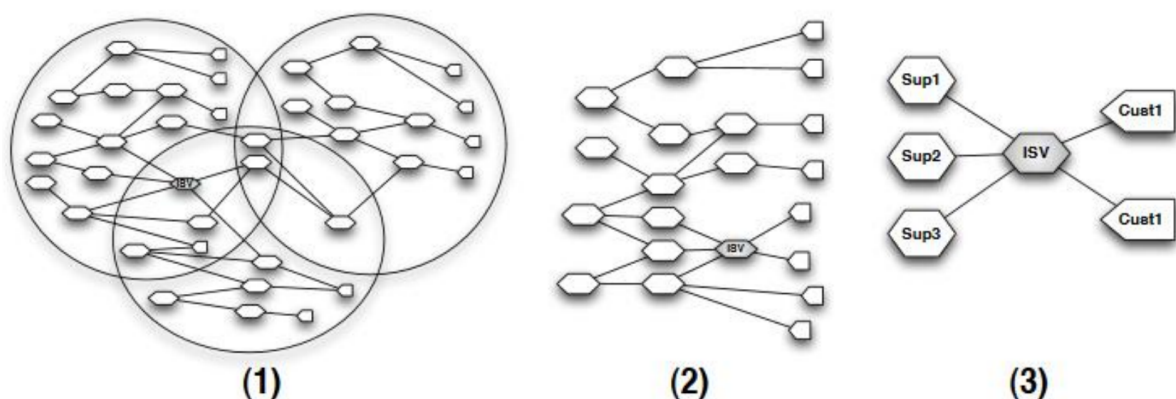
Por outro lado, Jansen *et al.* (2007a) propuseram que um ECOS pode ser definido como um conjunto de atores funcionando como uma unidade, interagindo com um mercado distribuído entre *softwares* e serviços, junto com as relações entre eles, que são geralmente apoiadas por uma plataforma tecnológica ou um mercado em comum, funcionando através da troca de informações, recursos e artefatos.

Segundo Bosch (2009) um ecossistema humano é um conjunto de atores e suas conexões e atividades, tais como as transações realizadas em torno dessas conexões, onde são considerados os fatores físicos e não físicos, podendo ser discernido entre ecossistemas comerciais e sociais. Em um ecossistema comercial ou de negócios, os atores são os negócios, fornecedores e clientes, os fatores são os serviços e as transações são, além das financeiras, o compartilhamento de conhecimento e de informação, contatos pré e pós vendas, etc (MCGREGOR, 2010).

Segundo Boucharas *et al.* (2009), fornecedores de software não atuam mais como unidades independentes entregando produtos separados, eles estão tornando-se cada vez mais dependentes de outros fornecedores. Isso acontece devido ao uso de componentes e infraestruturas externas que são essenciais para sua plataforma, tais como, sistemas operacionais, bibliotecas, lojas de componentes e tecnologias.

Conforme os ECOS vão evoluindo, surgem também algumas questões. Jansen *et al.* (2009) as definem através de necessidades dos fornecedores de: (i) obterem uma percepção do ECOS em que estão atuando; (ii) obterem uma percepção sobre as estratégias de sobrevivência existentes entre os participantes do ECOS; e (iii) uma visão geral de caminhos viáveis para possibilitar a empresa de abrir sua plataforma para o ECOS, mas de forma que ela não venha a perder sua propriedade intelectual. Como forma de auxiliar a concepção dessas questões, Jansen *et al.* (2009) fizeram ainda uma modelagem dos ECOS em três níveis de escopo, que podem ser observados na Figura 2, onde cada nível leva em consideração diferentes elementos:

Figura 2 – Níveis de escopo de ecossistemas de software.



Fonte: Jansen *et al.* (2009)

- No primeiro nível (3), chamado de **organizacional** (ISV), os objetos de estudo são os atores e seus relacionamentos, de modo a analisar o desempenho

e evolução como aspectos dependentes dos empreendedores do ECOS, onde é considerada a abertura da empresa, levando em consideração aspectos de compartilhamento de conhecimento e pesquisa, mercado e tecnologia com seus parceiros;

- O segundo nível (2), chamado de **redes de produção de software**, representa uma visão interna de um ECOS, tem como objetos de estudo as redes dentro de um ECOS e os relacionamentos entre elas. Nesse nível o alvo é o conjunto de participantes e características internas do ECOS referentes a saúde e sua estabilidade;
- O terceiro nível (1), é chamado de nível dos **ECOS**, sendo a visão externa, onde os objetos de estudo são os próprios ECOS e as relações entre eles. Considerando que as fronteiras devem estar bem definidas, mesmo que elas se sobreponham em sua análise, como no caso de um ator que esteja em diferentes ECOS.

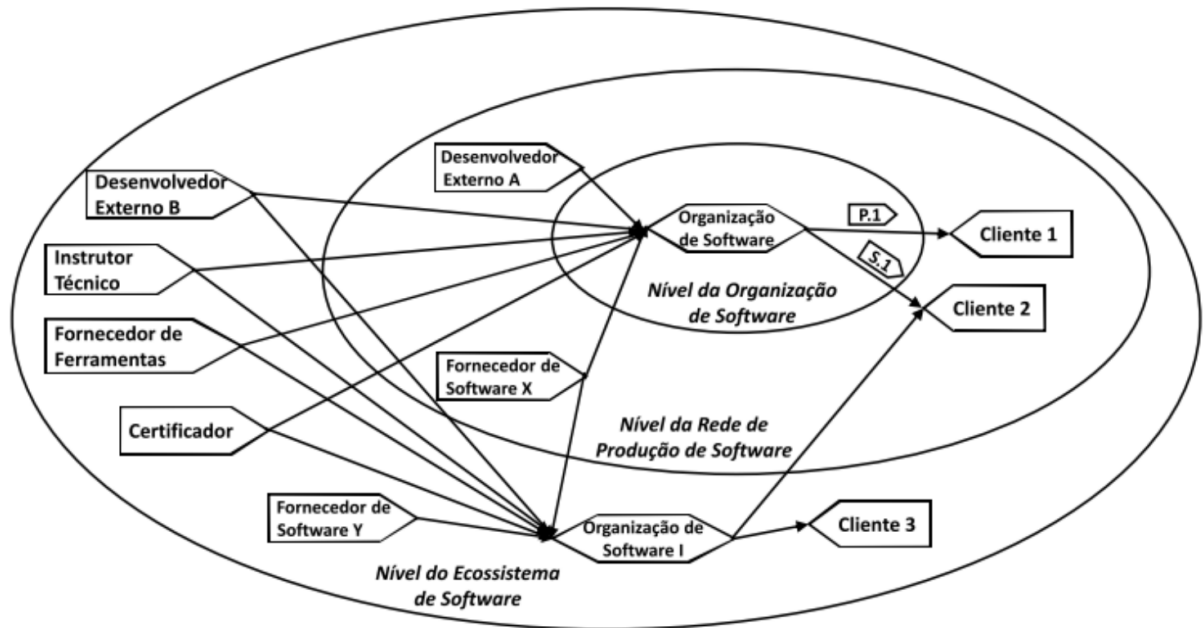
Embora haja esta classificação, Santos *et al.* (2013) destacam que as fronteiras do ECOS podem se sobrepor em sua análise, de forma que um ator pode estar presente em vários ECOS, possuindo diferentes papéis. Dessa forma, a Figura 3 ilustra as perspectivas do ECOS, em um exemplo estendido de Jansen *et al.* (2009), onde o nível organizacional envolve todos os produtos e serviços relacionados com a organização, assim como ela própria, o nível SSN, considera todos os clientes e fornecedores, tanto produtores como consumidores, que tenham contato direto com a organização, e o nível do ECOS que abrange todas as organizações de software relacionadas.

2.1.2 Atores, Papéis, e Relacionamentos em ECOS

Um ator em um ECOS pode ser desde uma empresa, um cliente, um fornecedor, um usuário final do produto de software ou serviço, ou até mesmo um usuário final do usuário do produto e de maneira geral, abrange quaisquer outros envolvidos ou partes interessadas dentro ou fora do ecossistema (SILVA *et al.*, 2017).

Na visão de Lima *et al.* (2014), um ator pode ser uma empresa (ou qualquer outro tipo de organização), um setor, um usuário final, um produto de software, um fornecedor, cliente e, de modo geral, incorporar quaisquer outros envolvidos (*stakeholders*). Podendo um mesmo ator exercer diferentes papéis, dependendo do relacionamento considerado, e.g., um ator pode ser um fornecedor de um componente e ao mesmo tempo o usuário final da aplicação, em um

Figura 3 – Perspectivas dos ECOS



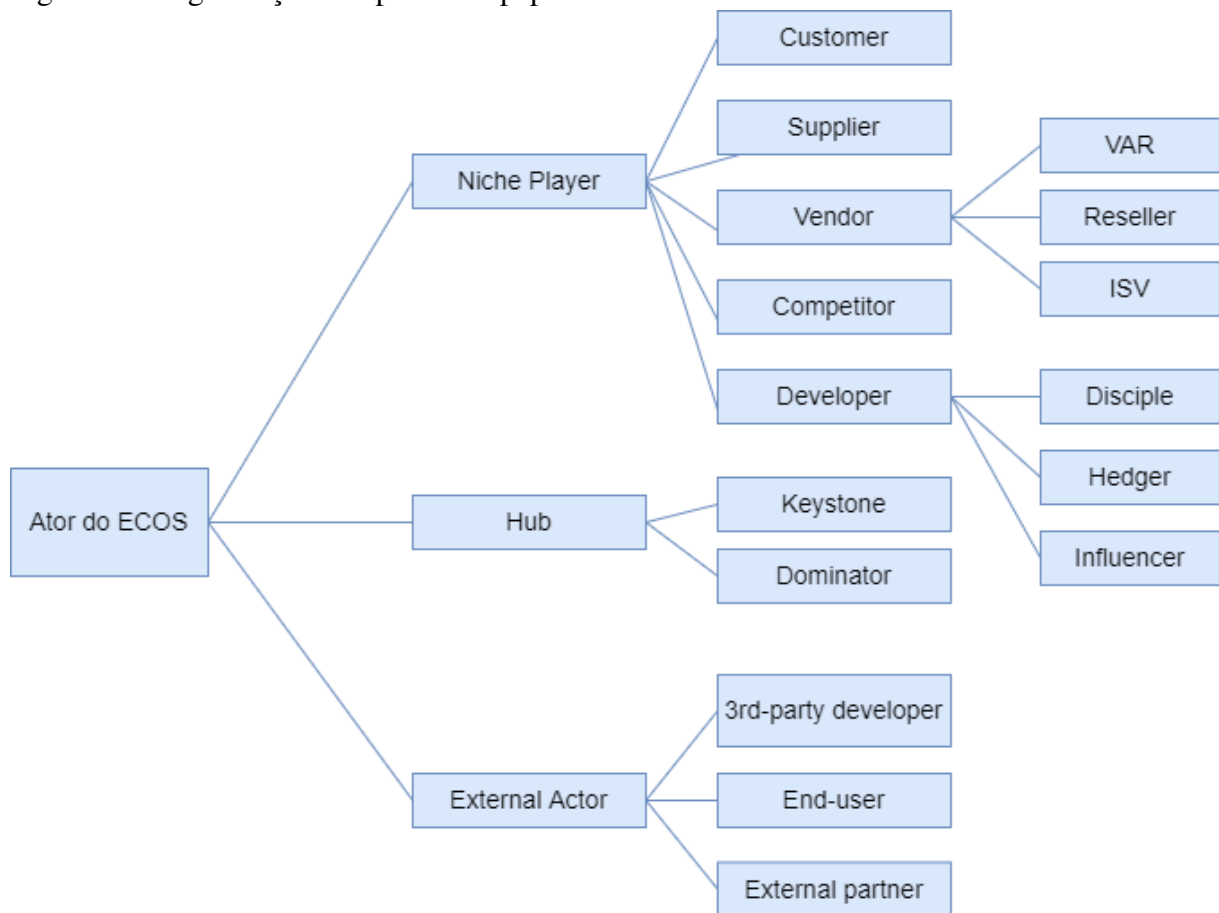
Fonte: Jansen *et al.* (2009)

mesmo ECOS.

Lima *et al.* (2014) baseados nas definições analisadas e papéis citados na literatura, (BOUCHARAS *et al.*, 2009), Jansen *et al.* (2009), (BERK *et al.*, 2010), realizaram uma classificação que categorizou os possíveis papéis de um ECOS, expressos em níveis que indicam uma classificação entre os três principais tipos de atores, que pode ser *Niche Player* (agente de nicho), *Hub* (centralizador) e *External Actor* (ator externo), neste nível, diferenciam-se, primeiramente, os atores externos dos internos (*hub* e *niche player*) quanto à organização em que o ECOS está centralizado. A variedade dos papéis atinge desde o principal interessado no êxito do ECOS (*keystone*), aos desenvolvedores (*developer* e os tipos que podem se originar dele), até o usuário final (*end-user*) do software. A Figura 4 apresenta a organização dos possíveis papéis de um ator em um ECOS. As definições de cada um dos papéis dos atores presentes no ECOS que foram identificados no trabalho de Lima *et al.* (2014) estão descritas na Figura 5.

Conforme Manikas e Hansen (2013a) existem duas definições fundamentais características dos ECOS, sendo eles: um interesse comum em uma tecnologia central, e.g., a plataforma central, e uma rede de organizações, i. e., algum relacionamento. Considerando os diferentes tipos de relacionamentos que podem haver entre a organização e a tecnologia central, emergem três papéis chave no âmbito dos ECOS (HANSSEN, 2012), sendo eles: (i) **organização chave ou proprietário da plataforma** (*keystone*), que pode ser uma organização ou grupo, responsável por conduzir o desenvolvimento da tecnologia de software central; (ii)

Figura 4 – Organização dos possíveis papéis de um ator em um ECOS.



Fonte: Lima *et al.* (2014).

usuários finais (*end-users*), são importante pois representa quem precisa da tecnologia central para realizar seu negócio, independente do tipo dele; e (iii) **organizações externas** (*third party organizations*), incluem desenvolvedores externos e utilizam a tecnologia central como base para fornecer uma série de soluções ou serviços.

Cada ator é motivado por um conjunto de interesses e está conectado aos demais atores e ao ecossistema por meio de relações simbióticas, ou seja, que compartilham vantagens, onde podem se beneficiar de suas participações no ECOS, sendo os relacionamentos dependentes dos papéis e atividades realizados por eles (LIMA *et al.*, 2014). Com base nisso, cinco tipos de relacionamentos podem ser identificados (MANIKAS; HANSEN, 2013a): (i) **mutualismo**, dois atores podem ter benefícios mútuos, i.e., quando há uma cooperação conjunta; (ii) **competição** (antagonismo), quando os atores estão em competição direta, i.e. disputam pela sobrevivência; (iii) **neutralismo**, nenhum afetado, interagem entre si mas não se influenciam; (iv) **amensalismo**, quando um não é afetado quando o outro se beneficiar; e (v) **parasitismo**, quando um dos atores é prejudicado pelo relacionamento. Partindo desse contexto, Seichter *et al.* (2010) apresentam no Quadro 1 os tipos de interações que podem surgir provenientes dos relacionamentos entre

Figura 5 – Descrição dos papéis dos atores do ECOS.

Hub	Keystone	Acrescenta valor para o ECOS e é o principal responsável pela manutenção da saúde, i.e., longevidade e propensão ao crescimento (Hartigh et al., 2006). Pode representar a entidade de influência dominante, e.g., o papel da Apple no ECOSiOS.		
	Dominator	Extrai valor do ECOS, colocando em risco a sua saúde e sustentabilidade, e.g., o papel da Microsoft no ECOS do BrOffice (alternativa ao Microsoft Office).		
Niche Player	Customer	Representa o cliente que gerou a necessidade dos produtos de software do ECOS, e.g., o papel de um cliente que contrata uma equipe para construir seus sistemas, participando do processo de desenvolvimento e informando seus requisitos.		
	Competitor	Tenta extrair valor do ecossistema, porém não ameaça a saúde do ECOS, e.g., o papel de uma pequena empresa oferecendo soluções alternativas às do <i>Keystone</i> , porém sem influência no mercado ou com uma fatia não significativa do mercado.		
	Supplier	Ator que fornece um ou mais produtos ou serviços necessários ao ECOS, e.g., o papel de uma empresa que fornece bibliotecas de desenvolvimento para construção de outros aplicativos.		
	Vendor	Vende os produtos de software do ECOS.	Reseller	Revende um produto desenvolvido por outro ator sem alterá-lo, e.g., o papel de <i>market places</i> distintos além do ECOS em questão (Google Play permite, mas Apple Store não permite).
			Independent Software Vendor (ISV)	Produz e vende seu próprio produto, e.g., desenvolvedores que publicam seus produtos para serem vendidos em plataformas com Apple Store.
			Value-added Reseller (VAR)	Revende um produto desenvolvido por outro ator, mas agrega valor ao mesmo, e.g., aplicações bancárias exploram outras aplicações específicas, como escâner de código de barras para viabilizar pagamentos e aplicação de mapa para localizar agências (e.g., Google Maps ou Mapas da Apple).
	Developer	Desenvolvedor interno, ligado a entidades formadoras do ECOS.	Influencer	Desenvolve para o ECOS e contribui para sua saúde ao se comprometer com uma estratégia, complementando o <i>Keystone</i> , e.g., membros de comunidades ligados ao <i>Keystone</i> , como Eclipse Foundation.
			Hedger	Desenvolve seus produtos ou serviços para apoiar múltiplas plataformas, e.g., desenvolvedores que publicam jogos ou aplicativos nas plataformas Android, Windows Phone e iOS.
			Disciple	Compromete-se exclusivamente com a plataforma, e.g., contratados pelo <i>Keystone</i> para desenvolver produtos e publicar somente em sua plataforma.
	External Actor	3rd-party developers	Promove o ECOS e seus produtos, pode propor melhorias. Análogo ao <i>Influencer</i> , porém externo ao ECOS, não tendo vínculo formal com o <i>Keystone</i> , e.g., participantes de comunidades como a Eclipse Foundation.	
End-user		Usuário final do produto, que difere do <i>Customer</i> , por não contratar serviço do <i>Keystone</i> , e.g., usuário comum que compra um produto pronto do <i>keystone</i> .		
External partner		Contribui para o bem estar do ECOS por meio de atitudes, tais como a promoção do ECOS e de seus produtos, propondo ainda melhorias, e.g., organizadores de eventos e comunidades independentes do <i>Keystone</i> , como fóruns de discussão e wikis.		

Fonte: Lima *et al.* (2014)

artefatos e atores. Lima *et al.* (2014) explica ainda que para representar as relações entre os elementos de um ECOS, é necessário saber o objeto de origem, o objeto de destino, o tipo de relacionamento e a frequência em que esse relacionamento ocorre.

Quadro 1 – Tipos de interações em ECOS.

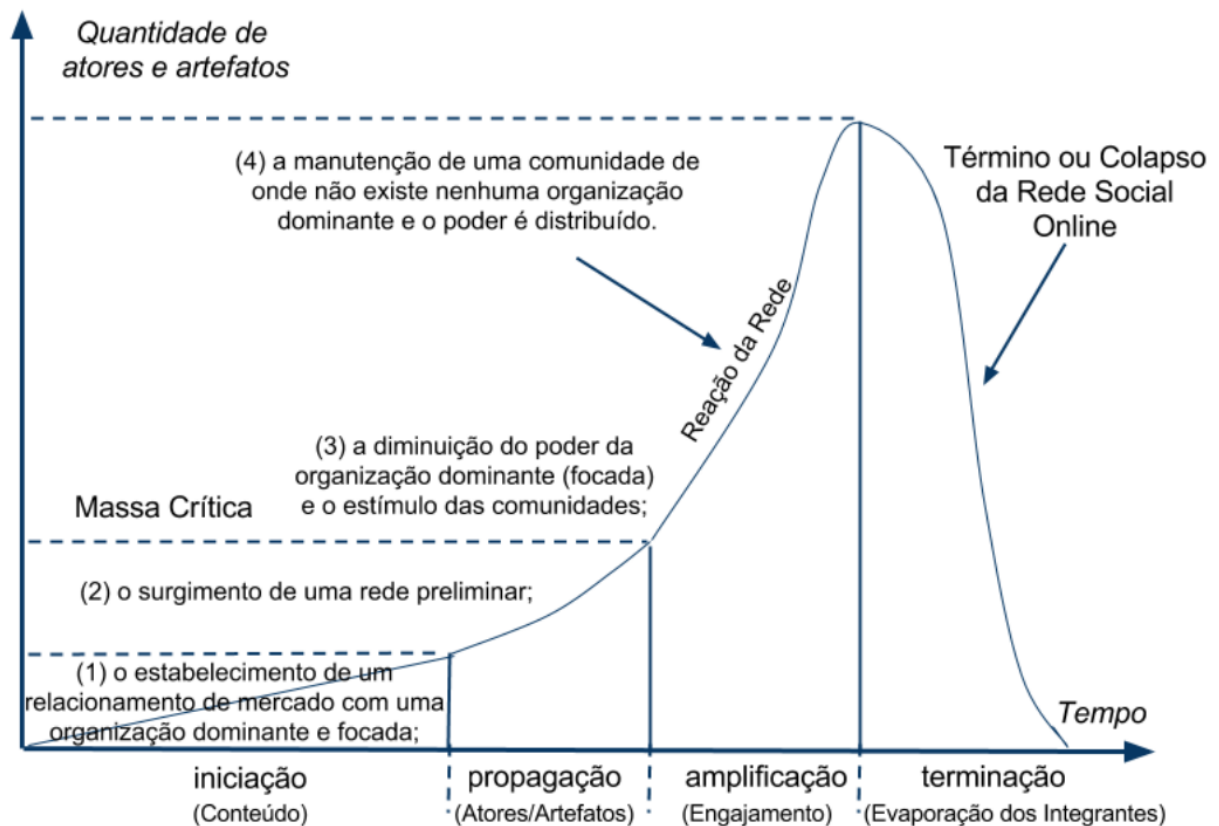
Tipo de Interação	Descrição
Ator → Ator	Atores podem interagir com outros atores, através de mensagens, compartilhamento de dados, etc.
Ator → Artefato	Atores podem interagir com artefatos da mesma maneira que com outros atores, em um caso de rede social, poderia ser através de avaliações e comentários.
Artefato → Ator	Promover artefatos permite que eles também interajam com pessoas, o que é possível através de atualizações de status automáticas gerando notificações visíveis para os atores conectados a ele, etc.
Artefato → Artefato	Ocorre entre dois artefatos e é relacionada à dependência entre eles. Existem duas categorias com base em se as informações são interpretadas automaticamente ou se um artefato é enriquecido com informações.

Fonte: Seichter *et al.* (2010).

2.1.3 Ciclo de Vida e Saúde em ECOS

Em Russ (2007) e Jansen *et al.* (2009) e estendido por Santos *et al.* (2014a), é apresentado o ciclo de vida social de ECOS que é dividido em quatro fases: que ocorrem ao longo do tempo em função da quantidade de atores e artefatos; que alcança o auge ao final da fase de amplificação e decresce a partir daí caracterizando o início da transformação da rede social do ECOS e seu eventual término (SANTOS *et al.*, 2013). A Figura 6 apresenta um gráfico que ilustra o ciclo de vida e as suas respectivas fases.

Figura 6 – Ciclo de vida social do ECOS.



Fonte: Santos e Werner (2012).

De acordo com Lima (2015), em cada fase do ciclo de vida social do ECOS, sites de redes sociais podem desempenhar um papel importante, principalmente devido à sua população e alcance. Além disso, o contato e a interação entre os atores também são facilitadas, incentivando a colaboração e formação de comunidades guiadas por interesses comuns. Desse modo, ao utilizar recursos das redes sociais para socialização e dinamização, o ECOS se torna mais atraente para entrada de novos atores e permanência dos que já estavam na rede. No trabalho de Santos *et al.* (2014a), os autores apresentam cada uma das fases do ciclo de vida de um ECOS, com base em sites de redes sociais, disponíveis na web, as fases são descritas a seguir:

- **Iniciação:** criação de uma página em um site de rede social e/ou sistema de gerenciamento de comunidades e conteúdos;
- **Propagação:** adesão de novos atores e artefatos, *i.e.*, surgimento de uma rede preliminar de atores com interesses em comum;
- **Amplificação:** estabelecimento de uma estrutura auto-organizável e manutenção de uma comunidade (rede de atores e artefatos), onde o poder é distribuído; e
- **Terminação:** normalmente, um serviço de rede social *online* termina devido à

saturação ou à substituição por um novo serviço, ou ainda porque surgem novos nichos, mercados ou tendências que fazem com que ocorra uma “evaporação” dos integrantes da rede do ECOS.

Complementando o ciclo de vida comercial e baseado na proposta de Moore (1996), o ciclo de vida transacional de um ECOS também pode ser definido em quatro fases, considerando que as relações sociais entre os atores podem ser tanto competitivas quanto cooperativas. É possível entender como os atores interagem para garantir a própria sobrevivência e a do ECOS como um todo (ANDRADE *et al.*, 2015):

- **Nascimento:** é o começo do ecossistema, quando são iniciadas as interações, onde são definidas as necessidades do cliente e potenciais participantes se juntarão ao ECOS, contribuindo com produtos e serviços;
- **Expansão:** Envolve batalhas internas e externas, como a luta para conquista de novos clientes e o crescimento de novos mercados. Disputas entre ecossistemas rivais são comuns, onde participantes precisam atuar em redes sociais para aumentar a cooperação com parceiros e minimizar a competição;
- **Liderança:** Acontece depois que o ecossistema mostra que é lucrativo, quando os participantes usufruem da estabilidade obtida no sucesso individual e coletivo. Várias oportunidades são identificadas, mas podem ocorrer disputas internas entre os participantes, para obter mais poder, e assim, liderança dentro do ECOS;
- **Autorrenovação:** Neste estágio o ecossistema terá mantido ou iniciará um novo ciclo evolutivo, adotando novas tecnologias ou adaptando seu modelo de negócio. Por exemplo, o *iMac*, já passou pela autorrenovação, tendo em vista que o computador já está no mercado há mais de 30 anos e precisou ser reinventado inúmeras vezes.

Em ecossistemas naturais segundo Schaeffer *et al.* (1988), é identificado um ecossistema saudável, como sendo estável e sustentável, capaz de manter sua organização e autonomia sobre o o tempo e resistência quanto a abalos. Enquanto, em ecossistemas de negócios, Hartigh *et al.* (2013) ressaltam que a saúde de um ecossistema é uma forma de avaliar sua força em determinados momentos, medindo seu desempenho através de três fatores: (i) **produtividade**, que indica a capacidade do ecossistema de transformar entradas em produtos e serviços, i.e., a produção de artefatos; (ii) **robustez**, que é a capacidade do ecossistema de lidar com interferências e a pressão da concorrência; e, por fim, (iii) **a criação de nicho**, que representa as

possibilidades de criar oportunidades para os participantes do ecossistema.

2.1.4 Classificação de ECOS

De acordo com Manikas e Hansen (2013a), ECOS podem ser classificados conforme o nível de abertura de suas plataformas. Sendo abertos, quando os participantes possuem total ou ampla influência a respeito das mudanças e evoluções da plataforma tecnológica; e fechados, quando o *Keystone* assumir um papel de controlador ativo, definindo as evoluções e exigindo certificações formais dos parceiros, como é apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 – Classificação de ecossistemas de software

	Social	Comercial
Aberto	Participação ativa de membros da comunidade. Membros podem evoluir a plataforma livremente.	Organização central fornece a plataforma tecnológica básica. A comunidade de desenvolvedores externos e usuários podem tomar decisões livremente.
Fechado	Existe um comitê que centraliza as decisões da plataforma. A comunidade pode fazer extensões desde que aprovadas pelo comitê.	A Organização central centraliza todas as decisões de evolução da plataforma e aprova a participação de novos membros.

Fonte: Valença e Alves (2013).

Bosch (2009) também classifica os ecossistemas como comerciais, quando os atores são empresas fornecedoras, integradores externos e clientes que se relacionam através de transações (e.g., *iPhone*, *iMac* e *iPad* são produtos da *Apple* que criaram vastos ecossistemas em torno de suas plataformas tecnológicas); e ecossistemas sociais, que consiste em usuários, seus relacionamentos e a troca de informações entre eles (e.g., comunidades *open source* como *Android* e *Linux*). Santos *et al.* (2013) trazem alguns exemplos que podem ser usados para estabelecer características típicas dos ECOS, como o ECOS *Microsoft*, *MySQL/PHP*, *iPhone* e *Eclipse*. Os ECOS podem estar inclusos em outros ECOS, como o ECOS *Microsoft CRM* (*Customer Relationship Management*) está contido no ECOS *Microsoft* completo. Pode-se dizer que o ECOS *iPhone*, com sua *AppStore* é fechado, à medida que o ECOS *MySQL/PHP* e o ECOS *Eclipse* são abertos, desde que as empresas tenham acesso ao código fonte e às bases de conhecimento relacionadas a ele. Contudo, Anvaari e Jansen (2010) relatam que um ecossistema concebido em uma plataforma do tipo proprietária, nem sempre será fechado, o que garante que estes exemplos demonstram de maneira simples o conceito de ECOS.

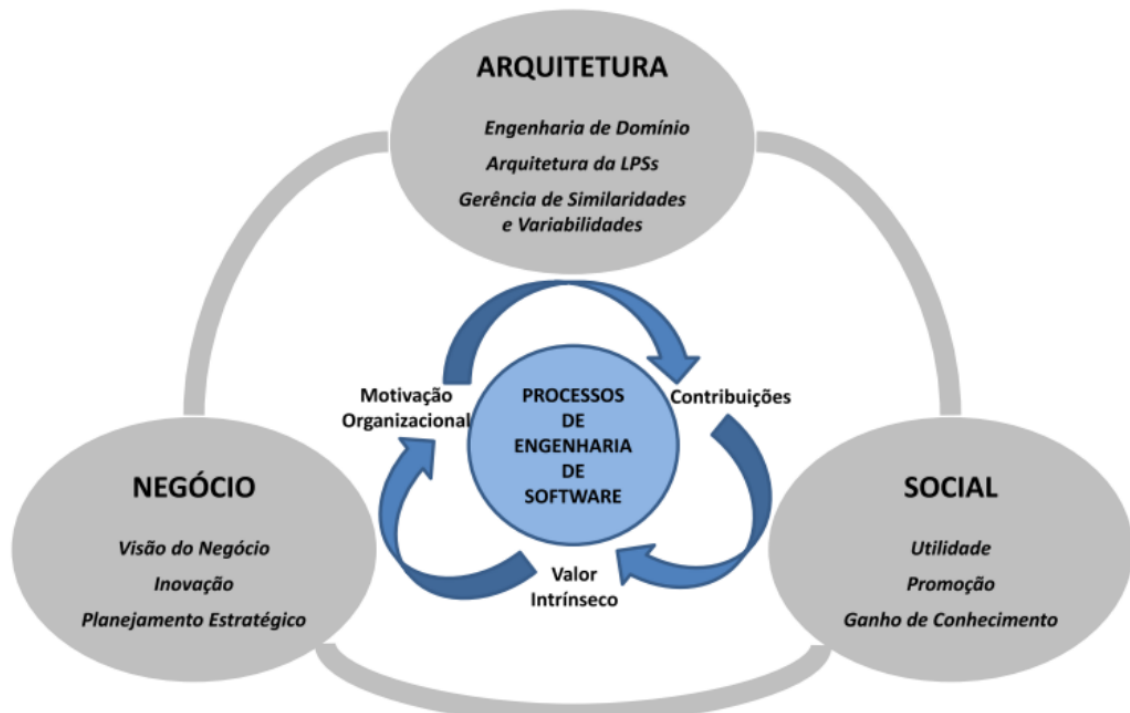
2.1.5 Dimensões do ECOS

Campbell e Ahmed (2010) argumentam que o conceito de ECOS tem suas raízes nas teorias de desenvolvimento de plataformas comuns e redes sociais, sendo uma estratégia para alcançar a transição, inovação e evolução na Engenharia de Software. Além disso apresentam uma perspectiva que ECOS podem ser observados em 3 dimensões: (i) **Arquitetura:** que envolve a plataforma (tecnologia ou infraestrutura) em que o ECOS vai estar inserido; (ii) **Negócio:** que envolve o conhecimento sobre o mercado, decisões tomadas pelos autores sobre modelos de negócio, definição do portfólio de produtos do ECOS; e (iii) **Social:** que define a forma como a rede de atores de se relacionará para atingir seus objetivos e potencializar o crescimento do ECOS por meio de uma proposta onde todos possam obter ganhos. Na Figura 7 pode se observar a três dimensões dos ECOS.

Baseados nestas definições, Santos *et al.* (2013) apresentam uma generalização para analisar as três dimensões dos ECOS.

- **Técnica:** dimensão que aborda a abertura das plataformas e o envolvimento de atores externos. É direcionada por três fatores: (i) **engenharia da plataforma**, que trata da definição, modelagem e construção do sistema; (ii) **arquitetura**, que trata da estrutura dos componentes do sistema, relacionamentos e princípios

Figura 7 – As três dimensões dos ECOS.



Fonte: Campbell e Ahmed (2010), traduzido por Santos *et al.* (2013)

para sua evolução; e (iii) **gerência de requisitos**, que trata das funcionalidades comuns;

- **Transacional:** dimensão que trata a colaboração ou competitividade, expectativa dos envolvidos e impacto na produtividade do ambiente. É direcionada por três fatores: (i) **visão do ambiente**, que opõe realizar planos versus estar aberto a ações situadas; (ii) **inovação**, que opõe usar criatividade versus atuar conforme um segmento; e (iii) **planejamento estratégico**, que opõe seguir objetivos versus ousar nas oportunidades;
- **Social:** dimensão que aborda sobre a abertura da empresa como um todo, nas comunidades criadas em torno das plataformas e do desenvolvimento colaborativo. É direcionada pelos fatores: (i) **utilidade**, compensações e recompensas esperadas e percebidas pelos membros da rede; (ii) **ganho de conhecimento**, armazenamento e manutenção de experiências e oportunidades para que as partes interessadas se envolvam com novas tecnologias e ferramentas no ambiente colaborativo.

2.2 Redes Sócio-técnicas em ECOS

As redes sociais representam pessoas conectadas por uma ou várias relações, de forma a partilharem informações e valores. Como a definição de ECOS se refere a atores e suas interações, as redes sociais podem ser aplicadas na representação da rede que surge em um ECOS (BARBOSA *et al.*, 2013). As redes sociais possibilitam apoio tecnológico para as redes formadas, oferecendo diversos recursos, como a criação de comunidades para apoiar o trabalho cooperador entre equipes.

Segundo Seichter *et al.* (2010), a comunicação e a interação entre esses atores são realizadas por meio dos artefatos que eles compartilham. Pelo fato dos atores terem uma rotatividade maior que os artefatos na rede, cria-se uma identidade para o artefato, transformando-o em um “cidadão de primeira classe” ao explorar a parte da rede que detém grande parte da informação, não contemplada antes nas redes sociais. Assim, os elementos da rede passam a ser pessoas, equipes ou empresas, e ativos de software (i.e., necessidades e artefatos), constituindo a rede socio-técnica (HANSSEN; DYBÅ, 2012).

De acordo com Lima (2015), redes, de modo geral, são construídas para mapear interações entre seus elementos. Redes sociais representam diferentes tipos de relacionamentos entre pessoas, que estão conectadas por uma ou várias relações, de forma a partilharem informações e valores. Como a definição de ECOS se refere a atores e suas interações, as redes sociais podem ser aplicadas na representação da rede que surge em um ECOS (BARBOSA *et al.*, 2013).

O alcance das plataformas de redes sociais incentiva organizações e comunidades a interagirem com as pessoas por meio de grupos, páginas pessoais e comerciais, entre outros, a fim de atingir seus objetivos (BOYD; ELLISON, 2007). As redes sociais podem expandir o ECOS, sendo utilizadas como um canal de comunicação e aproximação entre ativos de software e atores do ECOS, comerciais ou não (SANTOS; OLIVEIRA, 2013).

Segundo Lima (2015) as redes socio-técnicas são redes heterogêneas, por englobarem diferentes tipos de elementos (atores e ativos). Além disso, possuem foco na produção e disseminação do conhecimento, majoritariamente armazenado nos artefatos e registrado no ECOS por meio das relações entre os elementos da rede. Este conhecimento se faz presente por meio de produtos relacionados à manipulação do artefato dentro do ECOS, podendo ser encontradas informações e conhecimentos sobre a organização e seu ECOS em documentos, manuais, registros de manutenção e testes, bibliotecas de desenvolvimento, documentação de bibliotecas, os códigos da implementação, entre outros.

2.3 Qualidade em ECOS

De acordo com as definições previamente apresentadas, ECOS é um conjunto de negócio, empresas ou entidades que funcionam com uma unidade e interagem como um mercado compartilhado para fornecer software e serviços. Desse modo, segundo Souza *et al.* (2018), a qualidade de software pode ser definida como um conjunto de atributos que devem ser satisfeitos de modo que o software atenda às necessidades do usuário. Sua medição é feita através dos requisitos (explícitos e implícitos) e padrões que necessitam ser relevantes para o domínio da aplicação, das tecnologias utilizadas, das características específicas do projeto, das necessidades do usuário e da organização.

Com uma ampla atuação de atores externos à organização que provê a plataforma, como *startups* e desenvolvedores independentes (MIRANDA *et al.*, 2014), o desafio da qualidade em ECOS vem se tornando uma questão importante (AXELSSON *et al.*, 2014). De acordo com Barbosa *et al.* (2013), a questão da qualidade não tem sido definida ou tratada especificamente para ECOS, mas a maneira pela qual a qualidade é medida vem sendo uma preocupação real. As primeiras iniciativas para discutir qualidade em ECOS foram voltadas para a avaliação das contribuições dos atores, o que é crucial para o desenvolvimento e evolução da plataforma (HMOOD *et al.*, 2010).

Na presença de um *keystone*, fatores adicionais são percebidos, como o nível de controle e poder sobre o ECOS (JANSEN *et al.*, 2009). Para exemplificar, de acordo com Santos *et al.* (2014a), para um ECOS fechado, como o ECOS *iPhone*, o *keystone* tem controle para garantir que as contribuições atendam a um padrão de qualidade mínimo exigido pelo canal de distribuição *AppleStore*. Já em um ECOS aberto, como o ECOS *MySQL/PHP*, onde os atores têm acesso ao código fonte e às bases de conhecimento relacionadas, o controle de qualidade é mais difícil de ser gerenciado e garantido, considerando atores externos desconhecidos.

Além disso, a qualidade em ECOS não tem se restringido à visão dos processos e dos produtos, mas explora a visão de saúde e de prosperidade (FOTROUSI *et al.*, 2014). Manikas e Hansen (2013a) mostram que qualidade é entendida como saúde do ECOS, i.e., o grau com que um ECOS oferece oportunidades para colaboradores e para os que dele dependem.

Dhungana *et al.* (2010) discutem dois indicadores: (i) **sustentabilidade**, capacidade do ECOS aumentar ou manter a comunidade de colaboradores diante do aparecimento de tecnologias/produtos de competidores; e (ii) **diversidade**, capacidade do ECOS envolver diferentes colaboradores ao prover uma plataforma que dê suporte a diferentes produtos, linguagens,

dispositivos, perfis dentre outros.

Já Hartigh *et al.* (2006) apresentam três categorias de indicadores: (i) **produtividade**, capacidade do ECOS adaptar e entregar novas tecnologias, processos e ideias aos seus participantes; (ii) **robustez**, capacidade do ECOS sustentar a sua rede de relacionamentos e manter a arquitetura da plataforma estável; e (iii) **criação de nicho**, capacidade do ECOS inovar ou propiciar que a sua comunidade o faça.

2.4 *Software Supply Network - SSN*

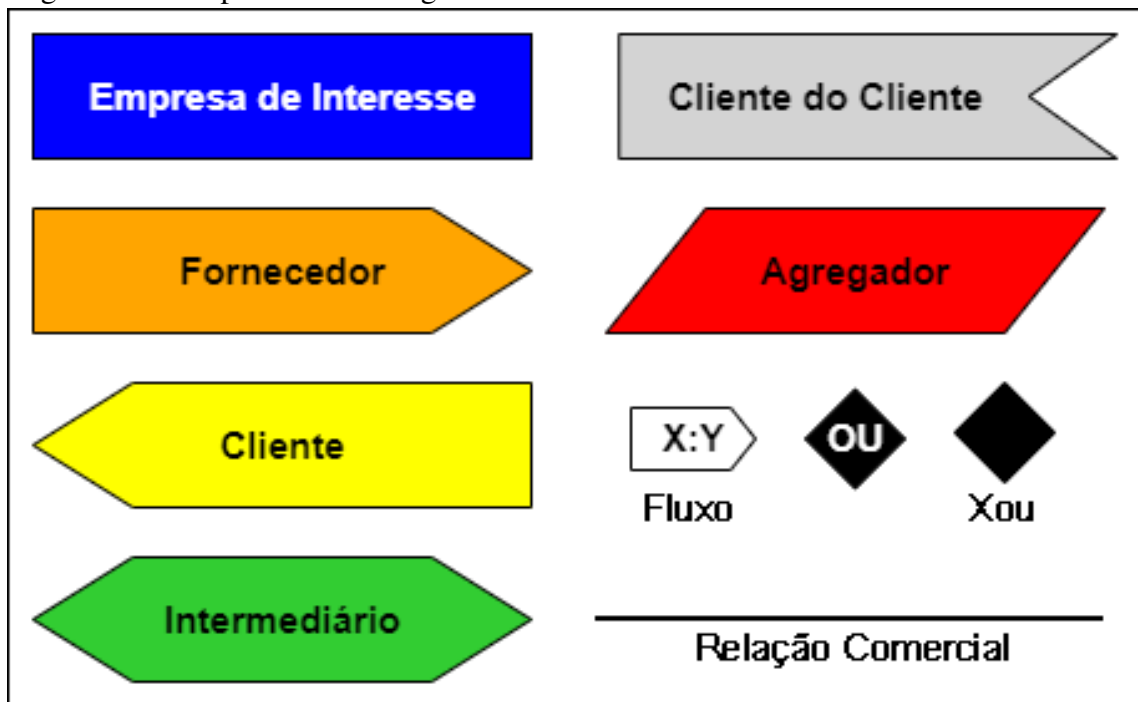
O diagrama de redes de fornecimento de software, é um componente do Meta-modelo de ECOS (*SEM Meta-model*). O (*SEM Meta-model*) é um metamodelo do modelo de equação estrutural que descreve as relações hipotéticas entre os efeitos da fragmentação do habitat (isolamento, relação borda-a-área da mancha, proximidade da borda), interações planta-animal e métricas em nível de parcela, incluindo produção reprodutiva. A direção das relações hipotéticas é indicada pela direção de cada seta. SSN é uma série de software, hardware e organizações de serviços ligados, que cooperam para atender às demandas do mercado (COSTA *et al.*, 2013). Os elementos gráficos da notação auxiliam na representação dos atores e os comportamentos e interações dos mesmos dentro do ecossistema. De acordo com Handoyo *et al.* (2013), SSN pode ser utilizado para ilustrar as estruturas das cadeias de fornecimento de software em ECOS.

O SSN permite raciocinar sobre o modelo de negócios de uma organização de software, mostrando suas dependências e fluxo (BOUCHARAS *et al.*, 2009). Com ele é possível explicar as relações comerciais entre os elementos de um ECOS em termos de fluxos de entrada e saída entre os atores, possuindo uma terminologia baseada nos termos utilizados nas atividades de desenvolvimento de software, tornando-se facilmente compreensível para desenvolvedores (SADI; YU, 2015a). A Figura 8 ilustra todos os componentes da notação.

Atores, Relações comerciais, Fluxos e *Gateways* são os elementos essenciais da modelagem SSN. Dessa forma, um ator vai ser uma organização ou empresa que participa de um ECOS, podendo ser uma Empresa de Interesse, Fornecedor, Cliente, Intermediário ou Cliente de Cliente. O que conectará dois atores será uma Relação comercial, que pode ser formado por um ou mais Fluxos (SADI; YU, 2015a). Boucharas *et al.* (2009) estendido por Costa *et al.* (2013) definem cada um desses componentes da notação SSN da seguinte maneira:

- **Companhia de Interesse (CoI):** A companhia de interesse entrega o produto de interesse, sob averiguação. É representada por um retângulo azul de borda

Figura 8 – Componentes do diagrama SSN.



Fonte: Boucharas *et al.* (2009) com a extensão de Costa *et al.* (2013).

- sólida;
- **Cliente:** É o ator que adquire ou faz uso do produto de interesse, seja este uso direto ou indireto. É representado por uma caixa amarela de borda sólida;
 - **Fornecedor:** É um ator que fornece um ou mais produtos/serviços. É representado por uma caixa de cor laranja e borda sólida.
 - **Intermediário:** Pode ser um revendedor, distribuidor, entre outros, são atores que atuam como intermediários entre duas partes que se relacionam. É representado por uma caixa verde de borda sólida;
 - **Agregador:** Empresas, produtos ou serviço direto ou indiretamente ligados a empresa de interesse. É representado por um losango vermelho de borda sólida;
 - **Cliente do Cliente:** É possível que um cliente tenha seu próprio cliente com produtos ou serviços diretos ou indiretos da Companhia de Interesse, (e.g., suporte ao produto, atualizações). É representado por uma caixa de cor cinza e borda sólida;
 - **Fluxo:** É um artefato ou fluxo de serviço de um ator para outro, pode ser um produto, serviço, finança, conteúdo. Onde o X é substituído por um ou mais caracteres, que representa o tipo do artefato, e o Y é substituído por um número que caracteriza a identificador do fluxo. É branco com a borda sólida e o texto

preto;

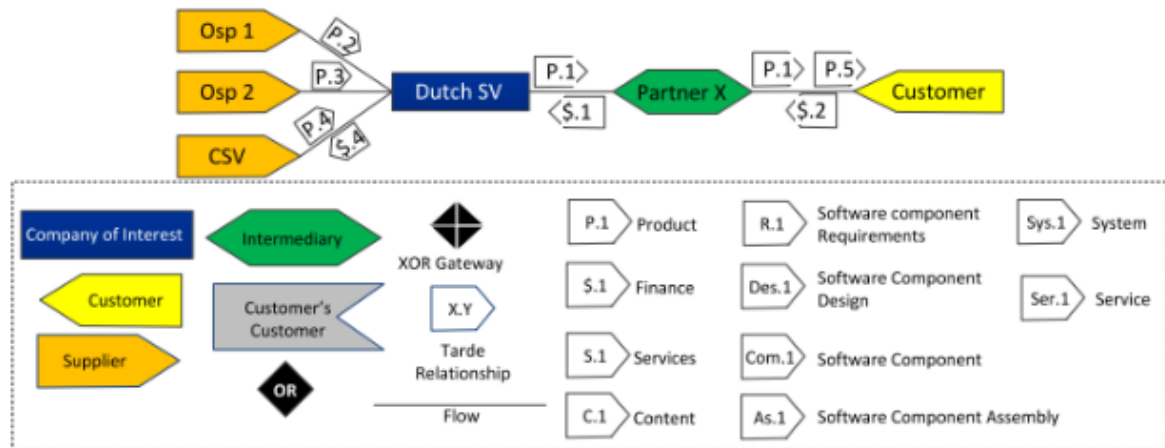
- **OU Gateway:** É uma relação lógica entre os fluxos, que permite um ou mais ou todos os relacionamentos comerciais e seus fluxos entre relacionamentos comerciais de entrada e saída. É preto e o texto branco;
- **XOU Gateway:** Também é uma relação lógica entre os fluxos, que permite apenas um relacionamento comercial e seus fluxos entre os relacionamentos comerciais de entrada e saída. É preto;
- **Relação Comercial:** É um relacionamento que conecta dois atores, podendo ser complexo e formado por um ou vários fluxos. É representado por uma linha sólida e preta.

A notação SSN é um conjunto de organizações conectadas de software, *hardware* e serviços que contribuem para satisfazer as demandas do mercado (JANSEN *et al.*, 2007a). Baseados em uma revisão de técnicas de modelagem utilizadas em ECOS, Sadi e Yu (2015a), relatam que dentre as técnicas selecionadas (UML, representação em grafos, *Product Deployment Context* (PDC), *i**, etc.), apenas o SSN é proposto especificamente para modelar ECOS, enquanto as demais são genéricas e amplamente utilizadas em outras áreas, e embora o SSN não suporte descrever as atividades dos colaboradores, a maioria das técnicas fornecem pouco apoio para a descrição de restrições, atributos e interações dos colaboradores.

Um diagrama de redes de fornecimento de software é composto por nós, que representam os atores e suas relações e arestas que representam os fluxos de entrada e saída dos atores em um ECOS. Boucharas *et al.* (2009) exemplifica isso em uma versão simplificada modelada para um fornecedor de software holandês (*DutchSV*), que constrói e vende uma grande plataforma de produtos.

A Figura 9 ilustra o exemplo (*DutchSV*) utilizando a notação SSN. Pode-se observar que o fornecedor optou por trabalhar através de parceiros, além de ter aberto sua interface para que terceiros criem extensões em seu software, onde sua plataforma de produtos contém os provedores de código aberto (OSp1 e OSp2) e um componente comercial do fornecedor de software comercial (CSV). É observado que o *Partner X* (intermediário) pode criar seu próprio componente e revendê-lo aos clientes.

Coutinho *et al.* (2017) apresentaram a modelagem de um ECOS no contexto de ensino a distância denominado ECOS SOLAR, descrevendo suas tecnologias, aspectos de desenvolvimento e relações, além de apresentar alguns desafios de pesquisa. Coutinho *et al.*

Figura 9 – Modelo SSN do ECOS *DutchSV*.

Fonte: Boucharas *et al.* (2009).

(2017) realizaram um estudo exploratório sobre a necessidade de modelagem no campo de ECOS. Os autores identificaram alguns elementos de modelagem da literatura de ECOS e exploraram no contexto de um ECOS real no domínio educacional.

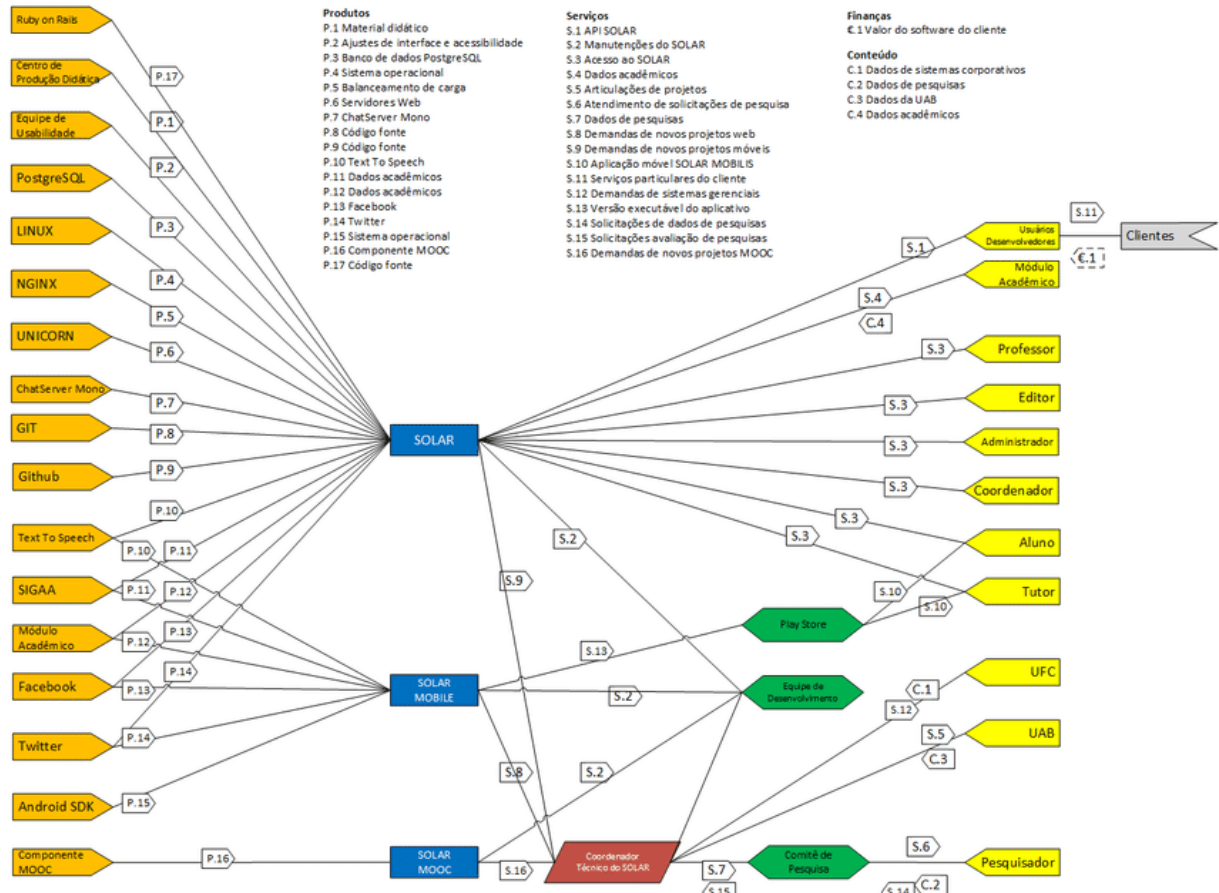
A Figura 10 apresenta o ECOS SOLAR com seus elementos, sendo o próprio Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) SOLAR a plataforma central, seus fornecedores, sejam software livre ou não, seus clientes, os componentes intermediários e agregadores e relacionamentos.

A Figura 11 apresenta o ECOS do simulador *SkinnerBox*, que é uma aplicação que simula os experimentos de condicionamento operante, realizado com ratos na caixa de *Skinner*, um aparelho fechado que contém uma barra ou chave, onde animal pode pressionar ou manipular de modo a obter alimentos ou água, como um tipo de reforço quando são realizadas as ações esperadas. São utilizadas no curso de Psicologia da Universidade Federal do Ceará (UFC), além de outros cursos, para atividades da disciplina de análise comportamental.

2.5 Modelagem de ECOS

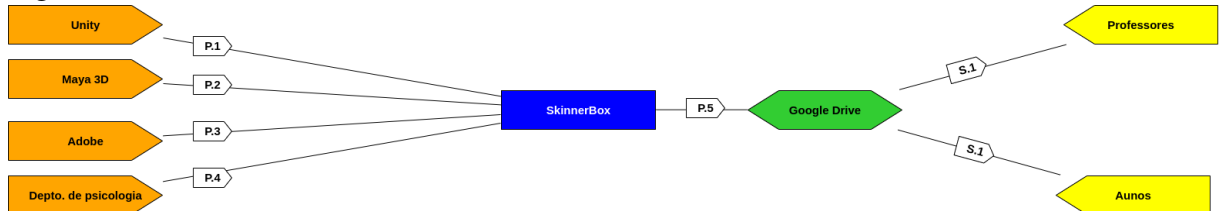
Com o avanço na pesquisa relacionada a ECOS, torna-se quase inviável acompanhar os novos trabalhos que vão surgindo a cada momento neste campo. Logo é notória a necessidade de maturar alguns ramos que não foram totalmente consolidados, e um destes é a modelagem de ECOS, que é importante pois possibilita uma visão mais ampla e detalhada do ECOS, assim como dos seus atores e relacionamentos.

Figura 10 – Modelo SSN do ECOS SOLAR.



Fonte: Coutinho *et al.* (2017).

Figura 11 – Modelo SSN de ECOS SkinnerBox.



Fonte: Pinheiro (2021)

Jansen *et al.* (2015a) identificam três pontos importantes para a utilização da modelagem em ECOS, que são: em primeiro lugar, a forma mais significativa para que seja possível compreender os ECOS, independente do tipo ao qual eles se referem, (e.g., aberto, comercial, social); em segundo, acredita-se que a análise é realizada mais satisfatoriamente através da modelagem; e, por último, presume-se que a previsão de como o ecossistema está pendente de determinadas decisões, sendo essas feitas de forma mais eficiente com o apoio da modelagem.

De acordo com Silva (2018), ao se referir a modelagem de ECOS, espera-se abordar os métodos usados para modelar, analisar, visualizar e simular ECOS, de forma a fornecer informações e análise visual. Essas técnicas, porém, ainda são insuficientes quando se deseja

realizar uma análise mais profunda, e apesar de já existirem alguns métodos de modelagem e visualização, não são explícitos os requisitos dos modeladores de ECOSs, abrindo assim uma lacuna na comunidade, já que esta era favorável uma forma padronizada para troca de dados, criação de modelos e modelagem de ECOS.

Embasados na literatura e entrevistas realizadas, Jansen *et al.* (2015a) identificaram que os objetivos da modelagem são comuns: (i) **fornecer informações**, para os pesquisadores uma imagem em um documento é capaz de fornecer uma visão geral do aspecto do ECOS, facilitando na identificação de atores com papéis chave, como o *keystone* e fornecendo informações sobre os relacionamentos; (ii) **analisar ecossistemas estáticos**, com a análise real do ECOS é possível identificar relacionamentos chaves, densidade de relacionamentos, conexão dentro do ECOS e diferenças no tamanho da importância dos atores; e (iii) **comparar o ecossistema**, através da visualização é conveniente para analisar a maturidade e desenvolvimento da dinâmica do ECOS e constatar como as formas, conectividade e objetos nos modelos de ECOS diferem. Eles relatam, ainda, que os modelos e visualizações realizados são diversos, podendo ser desde modelos simples de seta e caixa, modelos de cadeia de fornecimento e nuvens de pontos, que são modelos de nós e arestas, que mostram os atores e seus relacionamentos.

São observados os seguintes elementos nos modelos de ecossistema: (i) **organizações** e seus tipos, a entidade em torno da qual o modelo gira; (ii) **relacionamentos**, podendo ser dependências de componentes, relações comerciais e colaborações; e (iii) **fluxos**, que podem ser quantidade de código que passa de um projeto para outro, o valor que passa de um revendedor de software para um o provedor da plataforma, fluxos de conhecimento e dependências em uma rede social, porém, esta entidade acaba não recebendo muita atenção.

Para que seja determinado o método de modelagem, e os elementos e dados que serão usados, é crucial determinar o objetivo dela. Os métodos mais propostos na literatura são observados em (JANSEN *et al.*, 2009), que são:

- **Modelos de redes sociais:** As redes sociais têm sido vistas como uma aplicação adequada para ECOS, já que essas redes de pessoas se assemelham às suas relações, fluxos e entidades, porém, estes modelos são considerados inadequados e insuficientes quando se trata de modelar fluxos complexos e redes amplas;
- **Linguagens de modelagem de objetivos como i*:** Poucos são os trabalhos que demonstram a aplicação do *framework i** em ECOS, porém a modelagem de objetivos é aplicada por ser capaz de expressar os objetivos das organizações den-

tro do ECOS, combinando competição e colaboração. O *framework i** funciona representando através dos modelos, os atores e relacionamentos entre eles, mas é indicado que ele seja simplificado para acomodar a escala e complexidade dos ECOS;

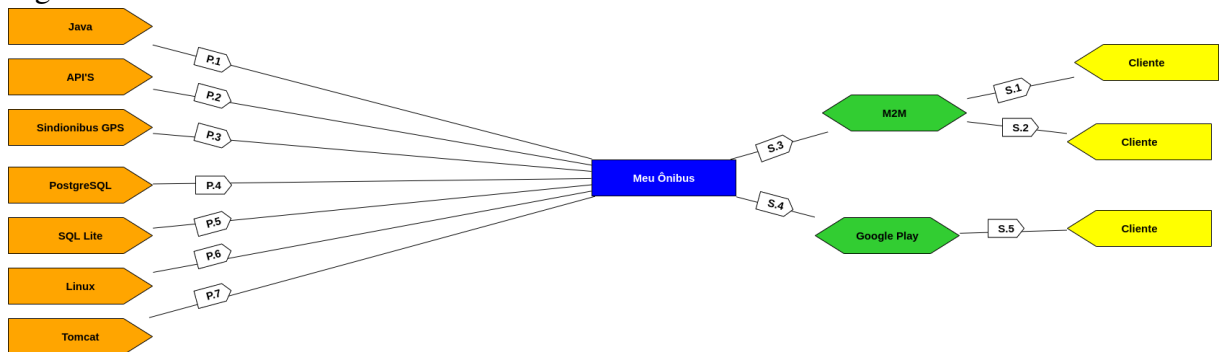
- **Redes de cadeia de fornecimento:** Com essas técnicas, a modelagem conceitual de ECOS tem sido bem sucedida, recebendo elogios pelo nível de código e perspectiva organizacional, oferecendo uma estrutura agradável. Porém, foi insuficientemente adotada para a modelagem de ECOS complexos, provavelmente pela falta de ferramentas ou formalização.

Boucharas *et al.* (2009) relatam a ausência de um padrão formal que modele tanto os ECOS, como o ambiente em que os produtos e serviços de software atuam, o que é acarretado devido a dificuldade que os fornecedores de software tem em discernir os ECOS em que estão ativos e usá-los em sua vantagem. Com isso, foi proposta uma abordagem para modelagem de ecossistemas, que consiste nas técnicas de diagramação PDC, que se baseia no produto, ou seja, o motivo pelo qual o ECOS existe e SSN, que trata a camada mais interna do ECOS, levando em consideração os atores e seus relacionamentos.

Para Jansen *et al.* (2007a), um modelo de contexto de produto descreve o contexto em que um serviço de software é executado e os produtos de software e hardware necessários para fornecer um determinado serviço. Embora o PDC seja mais estruturado que o SSN, sua abordagem parece ser confusa no início e suas regras difíceis de cumprir (BOUCHARAS *et al.*, 2009).

A Figura 12 apresenta o modelo SSN do ECOS meu ônibus fortaleza, que é uma aplicação desenvolvida pela M2M *Solutions* e é inteiramente destinada a dispositivos móveis para *android*, disponível para *download* na plataforma *Google Play*. Esta aplicação foi feita para permitir que as pessoas que usam ônibus em Fortaleza no estado do Ceará, possam saber o tempo de chegada ao ponto de parada. O sistema é alimentado pela banco de dados da Empresa de Transporte Urbano de Fortaleza (ETUFOR) e pelo Sistema de Posicionamento Global (GPS) dos veículos. Ele é uma iniciativa pública da Secretaria de Conservação e Serviços Públicos, em parceria com a ETUFOR e o Sindiônibus.

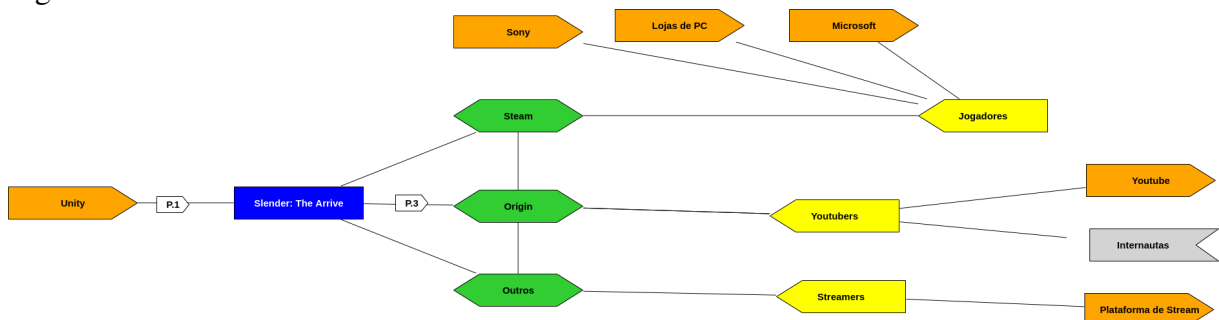
Figura 12 – Modelo SSN do ECOS meu ônibus.



Fonte: Pinheiro (2021).

A Figura 13 exibe o modelo de ECOS do *Slender The Arrivel* que é um jogo de terror psicológico desenvolvido pela *Blue Isle Studios*. O jogo está disponível para *Desktop*. No jogo, o jogador deve percorrer o mapa em busca de alguns coletáveis antes que seja capturado pela criatura chamada *Slender*. O jogador só pode correr, manusear uma lanterna e interagir com alguns objetos nos mapas seguintes do jogo.

Figura 13 – Modelo SSN do ECOS *Slender The Arrivel*.



Fonte: Pinheiro (2021).

2.6 Evolução e Simulação de ECOS

Um software, durante o seu ciclo de vida, necessita de evolução contínua. Podem surgir erros e falhas, mudanças nas regras de negócios da empresa, novos requisitos. A evolução de software é importante porque as organizações são muito dependentes dos sistemas que investiram e que utilizam (SOMMERVILLE, 2020).

A evolução de software está diretamente relacionada ao conceito de software legado. Um software pode ser considerado como legado quando encontra-se ainda em operação, foi desenvolvido no passado e sofreu modificações ao longo do tempo sem que recebesse melhorias estruturais e de forma sistemática (LUCIA *et al.*, 2001). Tu e Godfrey (2002) definem a evolução de software como uma das disciplinas emergentes da ES, explora os mecanismos que afetam

mudanças e fornece diretrizes para melhorar o processo de evolução de software.

Barros *et al.* (2002) aplicam simulação no contexto de gerenciamento de projetos de desenvolvimento de software. Nesse trabalho, diferentes situações de projetos são representadas em modelos de cenários, permitindo que um gerente verifique o impacto de teorias, procedimentos, ações, mudanças e estratégias gerenciais que podem ser aplicadas ou impostas durante a execução de um projeto de software. Os modelos de cenário utilizados são descritos por meio de formulações matemáticas e avaliados por meio de simulações. Esse trabalho é um exemplo prático da aplicação de simulação em problemas reais, reforçando a importância do seu uso como apoio ao processo de decisão, reduzindo riscos e minimizando custos em projetos de software.

A respeito de simulação, há diversos conceitos relacionados que devem ser levados em consideração, que incluem: sistema, eventos, variáveis de estado do sistema, entidades e atributos, processamento de lista, atividades e atrasos, e finalmente, um modelo computacional que permita a simulação (BANKS, 1999). Para produzir um modelo, é necessário construir uma abstração da realidade. Esse modelo não deve representar todos os aspectos de um sistema a ser estudado. Em vez disso, o modelo deve ser desenvolvido de forma simples, representando apenas os aspectos importantes para avaliar as variáveis do sistema que se quer medir. Assim, o modelo pode descrever um sistema em algum momento de captação ou em múltiplos níveis de captação com o objetivo de representar o sistema de uma forma confiável, que permita a simulação computacional (BANKS; SOKOLOWSKI, 2010). Muitas vezes, é difícil decidir quais os aspectos relevantes que devem ser incluídos no modelo de simulação.

A história da adoção de métodos na ES para desenvolver modelos de simulação data da década de 70, com propostas como o uso de técnicas de projeto estruturado para abstração de modelos de simulação (RYAN, 1979). E evoluiu para o uso de modelos de maturidade de processos de software para definir o ciclo de vida da modelagem de simulação. Na direção oposta, a aplicação de modelos de simulação para resolver ou investigar problemas de engenharia de software começou nos anos 80 com tentativas de simular a dinâmica de processos de software (ABDEL-HAMID; MADNICK, 1983).

França e Travassos (2013) apresentam as dificuldades em se utilizar simulação em experimentos envolvendo Engenharia de Software. O autor destaca, ainda, que a falta de informações sobre a maioria dos estudos baseados em simulação, e seus modelos, restringem à replicação desses estudos. França e Travassos (2013) relatam ainda que a falta de um modelo e de informações claras sobre o processo de execução da simulação podem ser uma ameaça

à validade dos resultados, comprometendo a sua confiança. Em um trabalho seguinte França (2015), os autores apresentam um conjunto de práticas e recomendações para suportar o projeto de estudos baseados em simulação.

A evolução de ECOS é alavancada pela motivação dos usuários individuais, assim como pelas relações simbióticas e a interação entre os usuários com a plataforma central (HANSSEN; DYBÅ, 2012), (JANSEN; CUSUMANO, 2013), (MANIKAS; HANSEN, 2013b). Segundo Hanssen (2012), o autor argumenta que o objetivo final de investir e trabalhar para um ecossistema é que todos os membros obtenham mais benefícios por fazerem parte dele. Segundo Fan *et al.* (2020), estudar a evolução do ecossistema pode ajudar aos gerentes de ECOS a entender melhor a sua estrutura, monitorar o *status* da evolução e tomar decisões corretas.

Segundo Bezerra *et al.* (2016), o uso de simulação mostra-se como uma importante ferramenta para apoio a tomada de decisão, experimentando de forma controlada diferentes cenários em Ecossistemas de Software Móvel (ECOSM) e minimizando risco na busca pela criação de um *App* popular. Em ECOSM, isso permite, por exemplo, avaliar previamente o nível de aceitação de um aplicativo baseado em suas características e do ecossistema no qual a aplicação será inserida. Entretanto, para isso ser possível, é importante entender quais ferramentas estão disponíveis na literatura técnica que viabilizem uma simulação confiável de um ECOSM. Na área técnica, os desafios estão relacionados à construção de soluções que permitam a aplicação de simulação por desenvolvedores e empresas usando dados e modelos que representem cenários próximos aos reais.

2.7 *Technology Acceptance Model (TAM)*

Segundo Bueno *et al.* (2004), a aceitação e o uso de tecnologias da informação é algo que deve ter a atenção de pesquisadores e profissionais nas áreas de Ciência da Computação e Sistemas de Informação, visto que trabalham na perspectiva de que um sistema bem desenvolvido será utilizado, pois partem do pressuposto de que boas soluções em software podem trazer vantagens competitivas às empresas e/ou aos indivíduos. Alguns modelos teóricos têm sido desenvolvidos e aplicados para estudar a aceitação e o comportamento de uso de tecnologias da informação. Entretanto, o TAM é considerado um dos mais influentes e amplamente utilizados pelos pesquisadores para descrever a aceitação, de determinada tecnologia, pelos indivíduos (SILVA, 2005).

2.7.1 Visão Geral

O desenvolvimento do modelo TAM originou-se de um contrato da IBM do Canadá com o *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) em meados dos anos 80 para avaliar o potencial de mercado para novos produtos da marca e possibilitar uma explicação dos determinantes da utilização de computadores (DAVIS; BAGOZZI; WARSHA, 1989). Davis *et al.* (1989) propuseram o TAM para focar no porquê dos usuários aceitarem ou rejeitarem a tecnologia da informação.

Davis *et al.* (1989) conduziram um *survey* em um grupo de 112 usuários na IBM do Canadá e em 40 estudantes do *Master in Business Administration* (MBA) da Universidade de Boston. A validação do modelo TAM foi baseada na aceitação de um software editor de texto. O TAM tem a vantagem de ser específico para tecnologia da informação e possui uma forte base teórica, além do amplo apoio empírico Davis *et al.* (1989).

O TAM, mais conhecido como modelo de aceitação de tecnologia, foi proposto por Davis *et al.* (1989) como sendo uma adaptação do modelo da Teoria da Ação Raciocinada (TRA). Segundo Davis *et al.* (1989) por ser tão universal, o TRA foi modificado especificamente, para criar modelos de aceitação em tecnologia da informação, como no caso específico do TAM. O modelo TAM foi projetado para compreender a relação causal entre variáveis externas de aceitação dos usuários e o uso real do computador, buscando entender o comportamento destes usuários através do conhecimento da utilidade e da facilidade de utilização percebida por eles (DAVIS *et al.*, 1989).

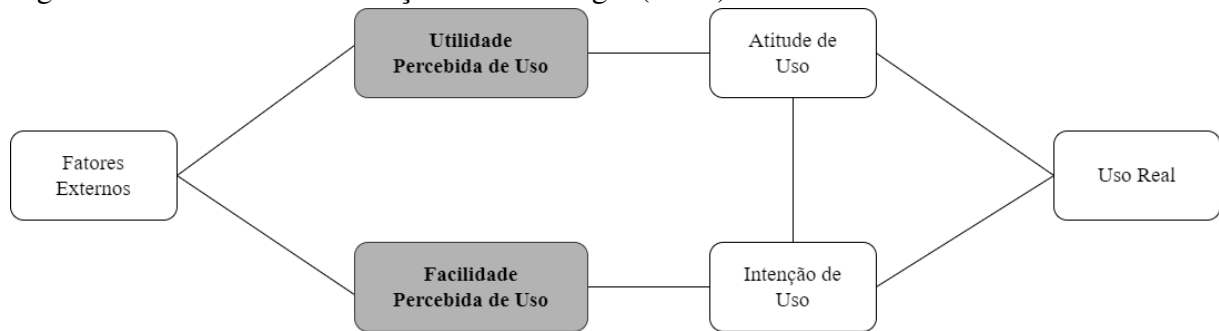
O Modelo TAM está alicerçado em dois construtos: a utilidade percebida e a facilidade de uso percebida (DAVIS *et al.*, 1989). A intenção deste modelo é representar o impacto de fatores externos relacionados ao sistema de informação, sobre aqueles internos do indivíduo, como as atitudes e intenções de uso (SILVA, 2005).

A Figura 14 sugere que os indivíduos usarão uma determinada tecnologia se acreditarem que este uso fornecerá resultados positivos, focalizando-se na facilidade de uso percebida (*Perceived Ease of Use*) e na utilidade percebida (*Perceived Usefulness*).

Davis *et al.* (1989) definem os dois principais determinantes do TAM da seguinte maneira:

- **Utilidade percebida de uso:** Grau em que uma pessoa acredita que o uso de um sistema particular pode melhorar o seu desempenho;
- **Facilidade percebida de uso:** É o grau em que uma pessoa acredita que o uso de um

Figura 14 – Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM).



Fonte: Davis *et al.* (1989).

sistema de informação será livre de esforço.

Segundo Dias *et al.* (2011), de acordo com o modelo, o uso dos sistemas de informação seria determinado essencialmente pela intenção de uso que o indivíduo apresenta. Esta, por sua vez, seria determinada em conjunto pela atitude de uso do indivíduo com relação ao uso real do sistema e pela utilidade percebida, cada uma exercendo um peso relativo. Esta relação entre atitude e intenção sugere que as pessoas formam intenções para desempenhar ações para as quais tenham um sentimento positivo. Já a relação entre utilidade percebida e intenção de uso, é baseada na ideia de que, dentro de um contexto organizacional, as pessoas formam intenções com relação a comportamentos que elas acreditam que aumentarão a sua performance no trabalho.

Como o modelo é comportamental, só pode referir-se às questões diretamente relacionadas com o usuário e suas percepções sobre o uso do sistema (DAVIS *et al.*, 1989). Por isso os construtos devem ser desenvolvidos de modo a captar opiniões pessoais e tratar suposições a respeito de terceiros (pessoas ou instituições) (SALEH, 2004).

Segundo Dias *et al.* (2011) Este modelo é útil não só para prever, mas também para descrever, de forma que pesquisadores e profissionais possam identificar o porquê da não aceitação de um sistema ou tecnologia em particular pelos usuários e, conseqüentemente, implementar os passos corretivos adequados.

O modelo TAM tem recebido suporte teórico e empírico, através de validações, aplicações e replicações realizadas por pesquisadores e profissionais da área de tecnologia da informação. Lee, Kozar e Larsen (2003) conduziram uma meta-análise da literatura relativa ao TAM e constataram que o modelo já foi aplicado em diferentes tecnologias, como, por exemplo, processadores de texto, Internet, sistemas bancários e hospitalares dentre outros.

2.7.2 Exemplos de Uso do TAM

No trabalho de Dias *et al.* (2011), os autores realizaram um estudo sobre a aceitação do *Open Journal Systems* (OJS) através do modelo TAM. O objetivo do trabalho era avaliar como a tecnologia afeta a seus usuários, buscando entender melhor a sua aceitação pelos seus usuários. O grupo selecionado para o estudo foram os usuários com perfil de autor cadastrado no periódico científico eletrônico “Informação & Sociedade: estudos”. O instrumento de pesquisa utilizado foi um questionário desenvolvido e aplicado com o suporte do software livre *LimeSurvey*.

Neste trabalho, o número de respondentes foi de 373 onde obteve uma taxa de retorno de 29,76%, ou seja, 111 questionários respondidos por completo. Tal retorno está de acordo com a taxa descrita na literatura do percentual de questionários retornados e completos. A análise das comunalidades, que corresponde à proporção da variância de cada item observado explicada pelo fator comum que a influencia, ou pelos fatores comuns, caso haja mais de um, e que, por regra prática, deve ser maior que 0,500 para cada variável. A Figura 15 apresenta o resultado final das comunalidades.

Figura 15 – Comunalidades das variáveis.

Código	Variável	Comunalidades
V1	Aprender a usar o OJS foi fácil	0,567
V2	Utilizar o OJS/SEER é importante e adiciona valor ao processo de submissão e acompanhamento de artigos científicos	0,618
V3	Eu gosto de trabalhar com o OJS/SEER	0,508
V4	O acesso ao OJS/SEER é simples	0,609
V5	O OJS/SEER é útil no processo de submissão de meus artigos para avaliação	0,675
V6	Usar o OJS/SEER aumentou meu desempenho no processo de submissão de artigos	0,519
V7	O OJS/SEER facilita a realização do processo de submissão e acompanhamento de artigos científicos	0,535
V8	Usar o OJS/SEER produz os resultados que espero de um sistema eletrônico de submissão de artigos científicos	0,611
V9	Usar o OJS/SEER é uma boa idéia	0,644
V10	Usar o OJS/SEER minimizou o tempo de resposta no processamento de meus artigos	0,418

Fonte: Dias *et al.* (2011).

Ao todo foram convidados 373 usuários do periódico para participarem da pesquisa. Os questionários recebidos tiveram seus dados sumarizados e processados através de várias técnicas estatísticas, de forma mais preponderante a análise fatorial. A análise dos dados identificou que a facilidade de uso percebida é o elemento que melhor explica a utilização do OJS pelos seus usuários. A Figura 16 apresenta o resumo dos testes de hipóteses para mediana no intuito de verificar quais das variáveis separadamente são mais significativas no estudo e

uso do OJS quanto a resposta dos respondentes. As variáveis são as perguntas direcionadas aos participantes da avaliação.

Figura 16 – Resumo dos testes para as variáveis.

Tabela 5: Resumo dos testes para as variáveis

Variável	N	Abaixo de μ	Igual de μ	Acima de μ	p-valor
V2	108	0	3	105	0,0000
V3	107	3	20	84	0,0000
V4	105	10	3	92	0,0000
V5	105	1	7	97	0,0000
V6	102	9	24	69	0,0000
V7	106	2	7	97	0,0000
V8	105	4	9	92	0,0000
V9	108	0	8	100	0,0000
V10	101	22	19	60	0,0000
V18-Revisão por pares	102	51	25	26	0,9985
V19-Busca	106	86	8	12	1,0000

Fonte: Dias *et al.* (2011).

A regra de decisão se dá através do p-valor, ou seja, pode-se interpretar esta medida como sendo a probabilidade da hipótese H_0 ser verdadeira, logo se p-valor for menor que $\alpha = 0,05$ há fortes evidências para crer-se que esta hipótese não é verdadeira, logo deve ser rejeitada.

No trabalho de Silva *et al.* (2012) os autores propuseram colaborar para o aprofundamento do conhecimento sobre algumas questões fundamentais no uso de computadores pelos professores das cidades de Patos e Brejo do Cruz, no Estado da Paraíba. O estudo foi realizado utilizando como ferramenta o modelo teórico de aceitação de tecnologia TAM. Caracteriza-se como pesquisa exploratória e descritiva, com coleta de dados realizada por meio de aplicação de questionário.

Como resultado foi possível detectar que houve o treinamento no uso do computador e que o mesmo foi adequado. Identificou-se que o construto utilidade percebida teve a maior relevância na avaliação da aceitação do computador em ambas as cidades. Por outro lado também foi confirmada pelos resultados obtidos, que a facilidade de uso percebida possui um efeito direto e positivo na utilidade percebida.

A facilidade de uso é frequentemente citada como fator de satisfação. Importa, pois, conciliar a simplicidade com as possibilidades de uma utilização intuitiva e natural. A Figura 17 apresenta um quadro com os construtos para a utilidade percebida e facilidade de uso percebida em contraste com as variáveis.

Figura 17 – Construto Utilidade Percebida e Facilidade Percebida x Variáveis.

Quadro 1 – Construto Utilidade Percebida x Variáveis.

Construto	Definição	Base Conceitual	Variáveis
Utilidade percebida	Grau em que uma pessoa acredita que utilizar o sistema da BVS irá melhorar seu desempenho.	Davis, 1989; Davis; Bagozzi; Warshaw, 1989; Dillon; Morris, 1996; Venkatesh; Davis, 2000; Heijden, 2000; Venkatesh et al, 2003. Lee; Kozar; Larsen, 2003; Silva, 2005; Pires; Costa Filho, 2008.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Utilizar o computador é importante e adiciona valor ao meu trabalho. ✓ O computador é útil em meus trabalhos acadêmicos. ✓ O computador torna os meus estudos mais interessantes. ✓ O computador melhorou meu desempenho nos estudos. ✓ Usar o computador produz o efeito desejado em meus estudos. ✓ Usar o computador aumentou minha produtividade na escola. ✓ Usar o computador me deixa com mais tempo livre

Quadro 2 – Construto Facilidade Percebida x Variáveis.

Construto	Definição	Base Conceitual	Variáveis
Facilidade de uso percebida	Grau em que uma pessoa acredita que utilizar o sistema da BVS não envolverá esforço.	Davis, 1989; Venkatesh; Davis, 2000; Venkatesh et al, 2003.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Eu utilizaria o computador mais freqüentemente se fosse mais fácil usá-lo. ✓ Usar o computador facilita a realização do meu trabalho. ✓ Usar o computador é uma boa idéia. ✓ Trabalhar com o computador é agradável.

Fonte: Silva *et al.* (2012).

No trabalho de Iqbal e Sidhu (2022), o foco principal da pesquisa foi resolver a retenção de aprendizado de longo prazo e a baixa eficiência de aprendizado para dominar uma habilidade de dança por meio da tecnologia AR baseada na teoria de aprendizado do construtivismo, modelo de *Dreyfus* e Modelo de Aceitação de Tecnologia. A análise do problema realizada nesta pesquisa teve como principais resultados de pesquisa, em que a retenção e a eficiência de aprendizagem de um sistema de treinamento de dança foram predominantemente determinadas pelo tipo de teoria de aprendizagem adotada, ambiente de aprendizagem, ferramentas de treinamento, tecnologia de aquisição de habilidades e tipo de técnica de AR.

A avaliação e os testes foram realizados para validar o Sistema de treinamento de dança baseado em AR (ARDTS) desenvolvido e implementado. O TAM como modelo de avaliação e análise quantitativa foi feito com um instrumento de pesquisa que englobou variáveis externas e internas. O estudo investigou o uso potencial do sistema de treinamento de dança baseado em AR para promover uma habilidade de dança específica entre uma amostra da população com várias formações e interesses. Os resultados obtidos suportam uma aceitação

geral para ARDTS entre os usuários que estão interessados em explorar a tecnologia de ponta de AR para ganhar experiência em uma habilidade de dança.

2.8 Conclusão

Este capítulo apresentou os principais conceitos que foram utilizados neste trabalho. O objetivo deste trabalho é propor uma abordagem de análise de evolução de ECOS por meio da modelagem SSN. Dessa forma, foram apresentados os conceitos e definições relacionadas a ECOS e suas aplicações tais como: atores papéis e relacionamentos em ECOS, ciclo de vida e saúde de ECOS, classificação de ECOS e dimensões.

Foram apresentados os conceitos sobre redes sócio-técnicas em ECOS, qualidade em ECOS, os conceitos e formas de utilização e finalidade da notação SSN. A definição da modelagem de ECOS e sua importância na descrição e visualização de um ECOS e os conceitos e definições sobre evolução e simulação de ECOS. Por fim, foi apresentado o termo *Technology Acceptance Model* - TAM, uma forma avaliação pro meio de usuários que foi utilizada para avaliar a abordagem proposta, assim como aplicações da TAM e exemplos de utilização.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Este capítulo apresenta um mapeamento sistemático de literatura como estratégia de recuperação dos trabalhos relacionados a este trabalho. Uma visão geral do assunto é apresentada para situá-lo diante da literatura obtida, assim como uma breve descrição de cada um dos trabalhos. Por fim, alguns critérios de comparação entre a proposta da dissertação e os trabalhos relacionados também são apresentados.

3.1 Introdução

Os ECOS se tornaram um dos principais impulsionadores da inovação e do crescimento na indústria de Tecnologia da Informação. Um ECOS consiste em um grupo de empresas interconectadas entre si que trabalham como uma unidade e interagem com um mercado, realizando um compartilhamento simbiótico, com trocas que vão desde software a serviços e artefatos no ECOS (JANSEN *et al.*, 2009). A fundação de um ECOS é baseada na noção de relacionamento interfirmas, com empresas que criam valor via tecnologias (e.g., novas funcionalidades para um sistema inovador), comercial (e.g., conjunto relevante de clientes de diferentes segmentos) e/ou intelectual (e.g., novas habilidades de desenvolvimento de software).

A evolução de ECOS é impulsionada pela motivação dos usuários individuais, como também pelas relações sociais e interação entre eles (HANSSEN; DYBÅ, 2012), (JANSEN; CUSUMANO, 2013), (MANIKAS; HANSEN, 2013b). De acordo com o resumo realizado por Hanssen (2012), o objetivo final de investir e trabalhar para um ecossistema é que todos os membros obtenham mais benefícios por fazerem parte dele. Segundo Fan *et al.* (2020) estudar a evolução do ECOS pode ajudar os gerentes de ecossistema a entender melhor a estrutura do ECOS, monitorar o *status* da evolução e tomar decisões corretas.

Saúde e qualidade de ECOS estão interligadas pois uma é resultado da outra, ou seja um ECOS saudável é consequentemente um ECOS de qualidade, levando em consideração os atributos internos da plataforma do ECOS e sua evolução ao longo do tempo. Segundo Coutinho *et al.* (2017), medir a saúde do ECOS é um desafio que estará sempre em discussão. À medida que um ECOS evolui, suas características, componentes e relacionamentos mudam, e isso tem um impacto no ECOS como um todo.

Axelsson e Skoglund (2016a) apresentaram desafios relacionados a garantia da qualidade no ECOS. As descobertas da literatura são complementadas com uma abordagem

construtiva, resultando em um conjunto de tópicos de pesquisa que formam um roteiro para garantia de qualidade em ECOS: ciclo de vida do sistema, configuração do ecossistema, interações entre organizações fronteiras e a integração dinâmica do sistema.

Embora alguns estudos na literatura de ECOS tenham explorado direta ou indiretamente o tema evolução de ECOS (MENS *et al.*, 2011); (BASOLE; KARLA, 2011); (GARCIA-HOLGADO; GARCIA-PENALVO, 2013); (GERMAN *et al.*, 2013); (MENS *et al.*, 2014); (GOEMINNE, 2014); (SADI; YU, 2014); (HYRYNSALMI; LINNA, 2017a), simulação (LIM; BENTLEY, 2013); (BEZERRA *et al.*, 2016); (BEZERRA *et al.*, 2018), saúde e qualidade (JANSEN, 2014); (SANTOS *et al.*, 2014b); (AXELSSON; SKOGLUND, 2016b); (ALVES *et al.*, 2017); (CARVALHO, 2017); (AMORIM *et al.*, 2017); (SILVA *et al.*, 2021), modelagem (JANSEN *et al.*, 2007b); (BOUCHARAS *et al.*, 2009); (SHEN *et al.*, 2012); (SADI; YU, 2015b); (JANSEN *et al.*, 2015b), o processo de análise do estado da arte para a seleção de trabalhos relacionados necessita de uma abordagem mais complexa para sua elaboração e execução, evitando a realização de apenas uma fraca revisão de literatura.

3.2 Adaptação do Mapeamento Sistemático de Literatura

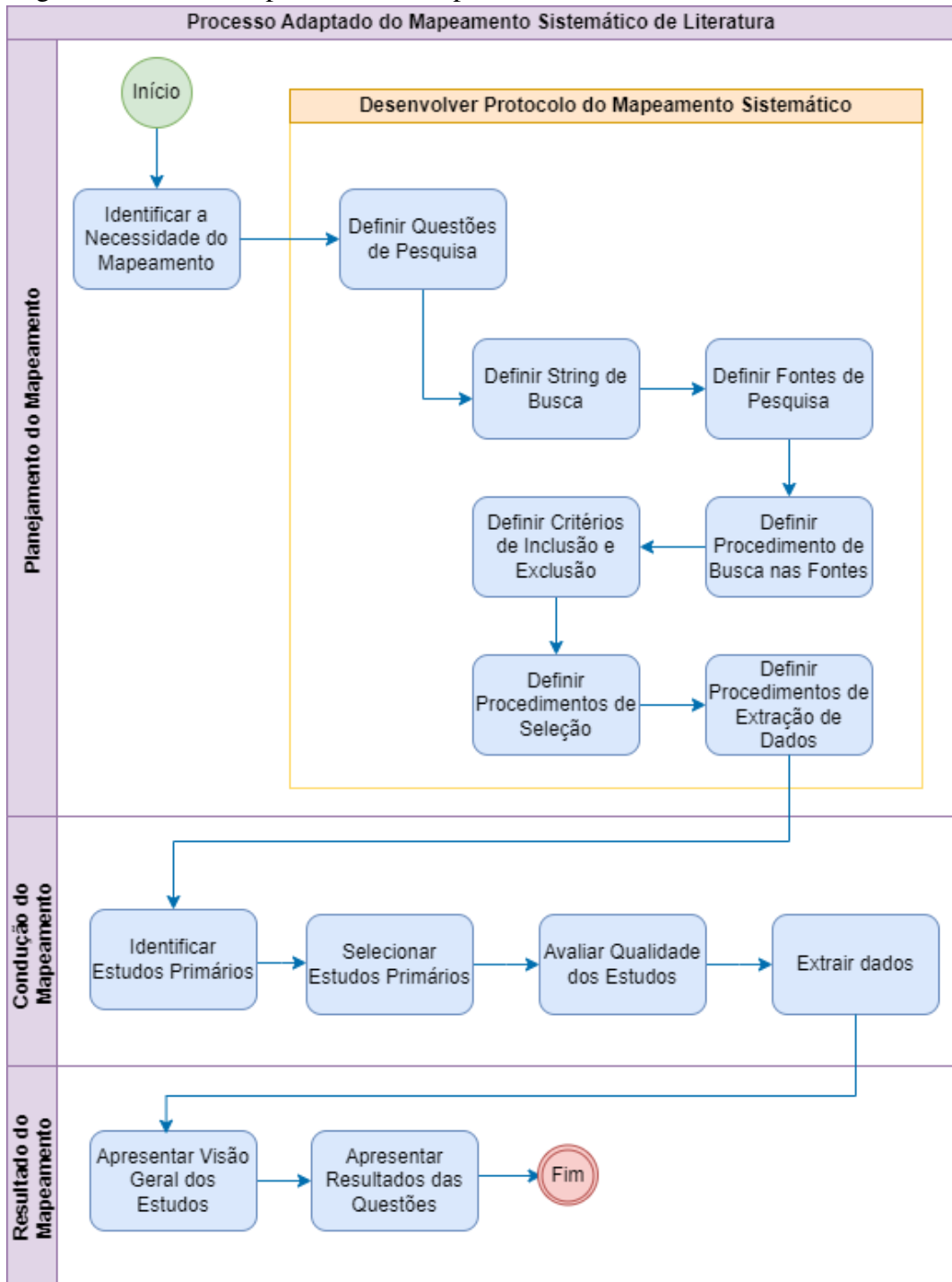
Um mapeamento sistemático de literatura é uma revisão orientada por um protocolo que sintetiza estudos com foco em um tópico de pesquisa ou relacionado à questões-chave (RUSSELL *et al.*, 2010). Por meio da utilização de um processo formal de pesquisa bibliográfica, espera-se que os resultados retornem os tópicos mais emergentes e mais pesquisados, lacunas, desafios, processos, ferramentas e técnicas. Para a execução do mapeamento foi utilizado como base o guia para mapeamento sistemático de Kitchenham e Charters (2007) com algumas adaptações (simplificação das atividades, não discussão das vulnerabilidades do mapeamento e não apresentação dos dados de maneira estatística). A Figura 18 apresenta a adaptação utilizada neste trabalho.

3.2.1 Atividade 1: Planejamento do Mapeamento

O primeiro passo é o planejamento do mapeamento, baseado no guia previamente citado. A finalidade do planejamento é descrever as atividades necessárias para o andamento do mapeamento.

– Identificar a Necessidade do Mapeamento

Figura 18 – Fluxo do protocolo do mapeamento.



Fonte: Adaptado de Kitchenham e Charters (2007).

Ecossistemas de software é um campo novo de estudos, que traz um leque de lacunas, dificuldades e de oportunidades de pesquisa na literatura. Os termos qualidade, saúde e modelagem de ECOS são citados comumente em alguns estudos na literatura, trazendo bastante oportunidade de pesquisa. Já os termos simulação e evolução de ECOS são importantes na literatura, porém não é fácil encontrar trabalhos que se aprofundem no assunto, de maneira geral isso se caracteriza como uma limitação de pesquisa, ou seja, uma lacuna presente na literatura.

– Desenvolver o Protocolo do Mapeamento

O protocolo do mapeamento está descrito a seguir, disposto em sete sub-atividades:

(i) Definir Questões de Pesquisa:

Após a leitura de alguns artigos selecionados, este mapeamento sistemático teve como objetivo responder às seguintes questões de pesquisa:

- **Questão Principal:** Qual o estado da arte sobre evolução, simulação, saúde, qualidade e modelagem de Ecossistemas de Software?
- **Questão Secundária 1 (QS1):** Qual é o estado da arte em relação à saúde e qualidade de ECOS?
- **Questão Secundária 2 (QS2):** Quais são as métricas de saúde e qualidade de ECOS existentes?
- **Questão Secundária 3 (QS3):** Quais são os métodos e técnicas de modelagem de ECOS existentes?
- **Questão Secundária 4 (QS4):** Quais são as técnicas e estudos sobre evolução e simulação de ECOS existentes?

(ii) Definir a *String* de Busca:

Em todas as consultas utilizadas, as seguintes palavras chave foram utilizadas: "*software ecosystems*", "*technological ecosystem*", "*software supply network*", "*health*", "*quality*", "*model*", "*modeling*", "*evolution*", "*simulation*", "*software ecosystem simulation*", "*evolution of software ecosystems*", "*sociotechnical networks*" e "*tool*". Após alguns refinamentos, a seguinte *string* de busca foi gerada: ("*software ecosystems*" OR "*software supply network*" OR *SECO*) AND (*health* OR *quality*) AND (*model* OR *modeling*) AND (*evolution* OR *simulation*)

(iii) Definir as Fontes de Pesquisa:

Para este mapeamento sistemático de literatura, os artigos foram pesquisados nos indexadores: *ACM Digital Library*¹, *Engineering Village*², *IEEEExplore*³, *ScienceDirect*⁴, *Scopus*⁵ e *Springer Link*⁶.

(iv) Definir o Procedimento de Busca nas Fontes:

A mesma *string* de busca foi utilizada nos seis indexadores por meio do mecanismo de busca avançada existente em cada um deles.

¹ ACM Digital Library

² Engineering Village

³ IEEEExplore

⁴ ScienceDirect

⁵ Scopus

⁶ Springer Link

(v) Definir Critérios de Inclusão e Exclusão:

Algumas restrições foram utilizadas para limitar a busca. Foram pesquisados trabalhos do tipo periódico ou conferência e os trabalhos deveriam ter sido publicados entre os anos de 2018 a 2022. Qualquer uma das palavras chave a seguir, "*evolution, simulation, health, quality, modeling*" devem constar no trabalho, já que todos os trabalhos estão na língua inglesa. Novamente, os trabalhos selecionados e não selecionados são verificados para garantir que nenhum deles tenha sido incluído ou excluído erroneamente.

– Critérios de inclusão:

- O estudo introduz os conceitos de evolução/simulação de ecossistemas de software;
- O estudo descreve o desenvolvimento, avaliação, métricas, técnicas e ferramentas de evolução e/ou simulação de ecossistemas de software;
- O estudo descreve o desenvolvimento, avaliação, métricas, técnicas e ferramentas de modelagem e/ou modelos de ecossistemas de software;
- O estudo descreve o desenvolvimento, avaliação, métricas, técnicas e ferramentas de saúde / qualidade de modelos de ecossistemas de software;
- O estudo estuda e/ou apresenta métricas de qualidade/saúde de modelos de ecossistemas de software.

– Critérios de exclusão:

- Estudo não relacionado ao domínio de ecossistemas de software;
- Estudo que trata do domínio de ecossistemas de software, porém não faz uma discussão profunda sobre evolução, simulação, modelagem, saúde, qualidade de ECOS e de modelos;
- Estudo que não deixa claro o objeto de pesquisa e a metodologia aplicada;
- Estudo não escrito na língua inglesa;
- Estudo com menos de 5 páginas.

(vi) Definir Procedimento de Seleção:

Etapa 1: A estratégia de busca é aplicada nas fontes.

Etapa 2: Para selecionar um conjunto inicial de estudos, foi utilizada a ferramenta *Parsifal*⁷ para auxiliar na condução do mapeamento. Os títulos e resumos de todos os artigos obtidos foram lidos e confrontados com os critérios de inclusão e exclusão.

⁷ Parsifal

Etapa 3: Todos os artigos selecionados na etapa 2 foram lidos por completo e novamente confrontados com os critérios do item (v). Os artigos incluídos são documentados e encaminhados para extração dos dados.

(vii) Definir Procedimento de Extração de Dados:

A extração das informações dos artigos foi realizada com base em um formulário com perguntas direcionadas a obter respostas para as questões de pesquisa do mapeamento. O formulário consiste em uma planilha com os seguintes itens a serem preenchidos para cada trabalho lido: título, ano de publicação, veículo de publicação, autores, país, palavras-chave, resumo, tipo de estudo, métricas para qualidade de ECOS, carga de trabalho, técnicas de modelagem de ECOS, estudo sobre saúde de ECOS, estudo sobre evolução e simulação de ECOS, ferramentas, trabalhos futuros, modelo, repositório, experimentos, revisão sistemática, sala de aula e observações gerais.

3.2.2 Atividade 2: Condução do Mapeamento

A condução do mapeamento consistiu em quatro sub-atividades descritas a seguir:

- **Identificar Estudos Primários**

A coleta de informações deste mapeamento sistemático ocorreu no mês de abril de 2022. A execução das demais atividades ocorreram no mês de maio de 2022 e foram atualizadas em junho do referido ano. Como resultado, na *ACM Digital Library* foram encontrados 146 trabalhos, na *Engineering Village* 43, na *IEEEExplore* 18, na *ScienceDirect* 266, na *Scopus* 29 e na *Springer Link* apenas 1, totalizando 506 trabalhos encontrados no mapeamento.

- **Selecionar Estudos Primários**

Para um refinamento dos resultados, como critérios de inclusão os resumos dos 506 artigos foram lidos para que fosse confirmado se eles realmente estavam alinhados com o tema, e se de alguma forma pelo menos um dos termos evolução, simulação, saúde e qualidade de ECOS eram utilizados nos trabalhos, restando apenas 26 trabalhos, divididos em 13 na *ACM Digital Library*, 1 na *Engineering Village*, 3 na *IEEEExplore*, 6 na *ScienceDirect*, 2 na *Scopus* e 1 na *Springer Link*, foram rejeitados 432 e detectados 45 trabalhos duplicados.

- **Avaliar a Qualidade dos Estudos**

A avaliação da qualidade dos artigos dos estudos primários foi feita de forma aprofundada, verificando se havia a presença ou não de algum estudo ou abordagem de evolução e simulação de ECOS, ou métricas de qualidade, saúde de modelos e metodologia, ferramentas e

técnicas de modelagem. E ainda verificando o tipo do estudo e a forma em que o mesmo aborda os critérios citados e se a metodologia e o tipo de objeto de estudo estão evidentes no trabalho.

- **Extrair Dados**

Uma vez definido o conjunto dos trabalhos selecionados para a realização da leitura completa, efetuou-se o processo de extração de dados, conforme o planejado no item de procedimento de extração de dados. Para isto, com a utilização do *Parsifal*, foram preenchidas para cada artigo as informações definidas no item “Definir Procedimento de Extração dos Dados”. Esta atividade durou aproximadamente 2 semanas para ser concluída.

3.2.3 Atividade 3: Resultado do Mapeamento

O Resultado do mapeamento consistiu de duas sub-atividades, onde são apresentados os resultados do mapeamento de modo geral para cada questão de pesquisa planejada.

- **Apresentar Uma Visão Geral dos Estudos**

Apresenta uma visão geral dos resultados obtidos pelo mapeamento. Estes resultados mostram informações gerais associadas a ECOS, assim como a proposta deste mapeamento, revisar a literatura sobre os termos: evolução, simulação, saúde e qualidade e modelagem de ECOS. Estes resultados porém não enfatizam diretamente os termos simulação e modelagem de ECOS, mas servem para contextualizar a época da realização do mapeamento de literatura e perceber lacunas na literatura.

- **Apresentar Resultados das Questões de Pesquisa**

Apresenta os resultados para cada uma das questões de pesquisa levantadas neste estudo, a questão principal e as questões secundárias.

3.3 Visão Geral dos Estudos

Após a realização da leitura dos artigos selecionados, os resultados foram consolidados conforme o planejamento. Algumas informações foram identificadas antes da consolidação das questões pesquisadas, possibilitando uma visão geral sobre os estudos sobre evolução de ECOS com foco em saúde e qualidade e modelagem de ECOS.

Definição de ecossistemas tem evoluído ao longo dos anos. Começou em 1935 quando Moore (1993) amadureceu o termo apresentado por Clapham em 1930, para denotar componentes biológicos de um ambiente quando são considerados em relação uns aos outros

como uma unidade. Essas definições vão desde negócios à comunidade de desenvolvedores. A Tabela 1 resume as definições relacionadas a ECOS, mapeadas no trabalho de Franco-Bedoya *et al.* (2017).

Tabela 1 – Definições para o termo ecossistemas de software.

Definição	Autores
"Seu próprio ECOS inclui, por exemplo, empresas para as quais você terceiriza funções de negócios, instituições que fornecem financiamento, empresas que fornecem a tecnologia necessária para realizar seus negócios e fabricantes de produtos complementares que são usados em conjunto com os seus. Inclui até concorrentes e clientes, quando suas ações e feedbacks afetam o desenvolvimento de seus próprios produtos ou processos. O ecossistema também inclui entidades como agências reguladoras e meios de comunicação."	Iansiti e Levien (2004)
"Tradicionalmente, um ecossistema de software refere-se a uma coleção de produtos de software que possuem algum grau de relações simbióticas."	Yu <i>et al.</i> (2007)
"Um ecossistema de software é uma coleção de projetos de software que são desenvolvidos e evoluem juntos no mesmo ambiente."	Lungu (2008)
"Um ecossistema de software consiste no conjunto de soluções de software que permitem, suportam e automatizam as atividades e transações dos atores do ecossistema social ou de negócios associado e das organizações que fornecem essas soluções."	Bosch (2009)
"Definimos um ecossistema de software como um conjunto de negócios funcionando como uma unidade e interagindo com um mercado compartilhado de software e serviços, juntamente com os relacionamentos entre eles. Esses relacionamentos são frequentemente sustentados por uma plataforma tecnológica ou mercado comum e operam por meio da troca de informações, recursos e artefatos."	Jansen <i>et al.</i> (2009)
"Definimos o ecossistema como o código-fonte junto com as comunidades de usuários e desenvolvedores que cercam o software."	Goeminne e Mens (2010)
"É uma rede de organizações ou atores e um interesse comum no desenvolvimento e uso de uma tecnologia de software central."	Hanssen (2012)
"Ecossistema de software é um universo de ativos compartilhados centrados em torno de uma plataforma técnica comum. Nesse universo, vários papéis, principalmente fornecedores e consumidores, interagem para desenvolver, gerenciar e consumir ativos."	Berger <i>et al.</i> (2014)
"A interação software e ator em relação a uma infraestrutura tecnológica comum, que resulta em um conjunto de contribuições e influencia direta ou indiretamente o ecossistema."	Manikas (2016)

Fonte: Franco-Bedoya *et al.* (2017)

Moore (1996) propõe um ciclo de vida de quatro fases para descrever a evolução de um ecossistema de negócios, que consiste em nascimento, expansão, liderança e auto-renovação. Segundo Mazrae (2021) os desafios relacionados à evolução dos ecossistemas de software podem ser vistos a partir de duas dimensões: a dimensão social que se concentra em problemas relacionados às pessoas que estão contribuindo e interagindo com (partes do) ecossistema, e a dimensão técnica que aborda problemas relacionados aos artefatos técnicos (como o código-fonte, testes, documentação ou quaisquer outros artefatos) que estão sendo produzidos ou mantidos. De acordo com Fan *et al.* (2020) estudar e analisar as evoluções do ECOS pode ajudar aos gerentes do ecossistema a entender melhor a sua estrutura, monitorar o andamento da evolução e tomar decisões corretas dentro do ECOS.

Uma definição para evolução de ECOS é o quanto o ECOS cresce em relação a seus atores e relacionamentos internos e externos, tal como a expansão de relacionamentos do próprio ECOS com outros ECOS de diferentes domínios, aumentando a capacidade de trocar informações, serviços e produtos. Os ECOS evoluem dependendo da evolução da plataforma central e de seus relacionamentos, abrindo assim um leque de informações relevantes à pesquisa na literatura. Esta evolução pode ser ilustrada e analisada através da modelagem utilizando a notação SSN, que exprime bem a plataforma central, seus atores e respectivos relacionamentos.

Na literatura é escasso o conceito sobre o termo simulação de ECOS, tendo em vista que é uma área de pesquisa bem recente. O termo simulação aparece relacionado a Ecossistemas de software Móvel (ECOSM) (BEZERRA *et al.*, 2018), com a finalidade de analisar os ECOS de plataformas que fornecem serviços para dispositivos móveis. A modelagem de ECOS é também uma forma de simular a estrutura do ECOS de uma maneira geral, de acordo com qualquer perspectiva e visão, podendo ser aplicada a diversos domínios, como na educação, na indústria e na pesquisa.

Foram retornados 506 trabalhos durante a pesquisa. Após a aplicação do 1º filtro, que consistiu na seleção baseada no título, resumo e palavras chave, 108 trabalhos foram selecionados. No 2º filtro, baseado na análise do ano de publicação, quantidade de páginas e tipo de estudo, foram retornados 40 trabalhos. No 3º e último filtro, baseado na análise do texto completo do trabalho para a extração dos dados, 26 trabalhos foram selecionados no final. A Tabela 2 resume a quantidade de trabalhos retornados por cada base e o número de trabalhos selecionados em cada fase.

Tabela 2 – Número de Trabalhos retornados por fase.

Biblioteca Digital	Trabalhos Retornados	1º Filtro	2º Filtro	3º Filtro
<i>ACM Digital Library</i>	146	31	15	13
<i>Engineering Village</i>	43	15	4	1
<i>IEEE Digital Library</i>	18	22	5	3
<i>ScienceDirect</i>	266	29	9	6
<i>Scopus</i>	29	10	6	2
<i>Springer Link</i>	1	1	1	1
Total	506	108	40	26

Fonte: Elaborado pelo autor.

A pesquisa em ECOS envolvendo os termos evolução, simulação, saúde, qualidade e modelagem ainda é recente, haja visto o número de trabalhos disponíveis na literatura resultantes

neste mapeamento. A Tabela 3 apresenta a lista completa dos 26 trabalhos resultantes deste mapeamento, com seus respectivos objetivos de pesquisa.

Tabela 3 – Trabalhos selecionados no mapeamento.

ID	Estudo	Objetivo do estudo
ID1	Coutinho <i>et al.</i> (2017)	Apresentar o e-learning ECOS SOLAR. Como objetivo secundário, pretende-se apresentar alguns desafios e oportunidades de pesquisa relacionados ao ECOS SOLAR.
ID2	Schettino <i>et al.</i> (2017)	Investigar as relações entre descrições de ecossistemas de software de última geração e questões organizacionais, técnicas e sociais descritas na literatura sobre plataformas de ECOS.
ID3	Abdalla <i>et al.</i> (2017)	Propor o R.ECOS, um ECOS para recomendação de recursos educacionais, onde estarão disponíveis os serviços necessários para que os usuários possam utilizar a infraestrutura desenvolvida em diferentes domínios.
ID4	Coutinho <i>et al.</i> (2017)	Investigar porque a modelagem ECOS ainda é imatura, bem como tentar mudar esse cenário através da exploração de casos reais na indústria. Além disso, modelamos um ECOS usando uma notação específica para identificar seus elementos e relacionamentos. Ao final, pretendemos divulgar a relevância da modelagem e documentação do ECOS.
ID5	Hyrnsalmi e Lima (2017b)	Discutir as implicações dessa suposição: Os ecossistemas de aplicativos móveis mencionados são usados como um caso de exemplo e as limitações de generalização do caso para o tipo geral de ecossistemas de software são abordadas.
ID6	Plakidas <i>et al.</i> (2017)	Apresentar uma avaliação quantitativa de alto nível do ecossistema R (Plakidas <i>et al.</i> , 2016) como um estudo exemplar sobre compreensão e modelagem de ecossistemas de software. Fornecemos uma visão detalhada da evolução da rede de dependências do ecossistema R.
ID7	Valença e Alves (2017)	Investigar a dinâmica de poder em ECOS formado por pequenas e médias empresas (PMEs). As PMEs têm características específicas, como estrutura organizacional flexível, disposição para explorar modelos de negócios inovadores, bem como recursos financeiros e humanos limitados. De acordo com um relatório recente da Organização Mundial do Comércio (OMC, 2016), essas empresas podem fomentar e se beneficiar significativamente da inovação.
ID8	Franco-Bedoya <i>et al.</i> (2017)	Realizar um mapeamento sistemático para identificar e analisar os principais estudos sobre ECOS publicados no meio acadêmico. O estudo de mapeamento tomou 2003 como o ano inicial porque foi o ano de publicação do livro seminal sobre ECOS.
ID9	Garcia-Holgado e Garcia-Penalvo (2018)	Descrever o mapeamento realizado para complementar a revisão sistemática da literatura sobre RSL de ecossistemas de software. Encontrar e analisar revisões sistemáticas de literatura e mapeamentos sobre ecossistemas de software.
ID10	Hinterreiter (2018)	Investigar o desenvolvimento e a evolução orientados para os recursos de ECOS industriais (ECOSI). Além disso, realizar um estudo de caso empírico sobre os desafios da evolução do software no desenvolvimento do ECOSI.
ID11	Mijsters <i>et al.</i> (2018)	Introduzir o conceito de sub-ecossistemas no campo dos ecossistemas de software. Uma extensão da <i>Open Source Ecosystem Health Operationalization</i> para medir a saúde de um sub-ecossistema é criada e avaliada com três pequenos estudos de caso. Método. Uma revisão da literatura de software e pesquisa de ecossistema natural é usada para as definições de conceitos-chave.
ID12	Santos <i>et al.</i> (2018)	Apresentar uma investigação dos efeitos do ECOS em organizações consumidoras de software que realizam atividades de gerenciamento de TI em cenários reais. Primeiro, explicamos o método que usamos para realizar estudos observacionais em dois casos reais brasileiros onde diferentes organizações criam uma plataforma de ecossistema baseada em aplicativos e tecnologias que adquirem ao longo do tempo.
ID13	Valença <i>et al.</i> (2018)	Apresentar versão refinada das hipóteses com novas evidências coletadas de entrevistas confirmatórias. Também adicionamos um novo estudo de caso (CSIII). Como novas contribuições, propomos um meta-modelo que integra conceitos de poder e ecossistemas de software. Além disso, apresentamos um conjunto de estratégias que as empresas podem empregar para estabelecer relações de poder bem-sucedidas em ecossistemas de software.
ID14	Steglich <i>et al.</i> (2019)	Revisitar o estado da arte em ECOS móveis e apontar publicações recentes que complementam o trabalho de Fontão, Santos e Dias-Neto (2015). Além disso, nosso mapeamento sistemático da literatura destaca os principais autores e temas de discussão na área. Mais especificamente, identificamos 63 publicações, das quais mais de 60% foram publicadas após 2015.
ID15	Santos <i>et al.</i> (2020)	Identificar oportunidades de pesquisa STECO; incentivar novas pesquisas sobre esses temas; e investigar os elementos da atividade de teste que constituem um ecossistema e como ele pode ser testado para melhorar a qualidade do software.
ID16	Franco-Bedoya <i>et al.</i> (2020)	Propor uma abordagem denominada processo QuEso que descreve o fluxo de atividades para a avaliação da qualidade de ECOS. Para isso, apresentamos um processo baseado na construção de redes Bayesianas (RN) como modelo de avaliação.
ID17	Massanori <i>et al.</i> (2020)	Avançar na investigação do que acontece com um ECOS quando a plataforma principal é descontinuada oficialmente. Nosso foco, neste momento, é iniciar a análise envolvendo a plataforma <i>Windows Phone</i> que foi descontinuada e o impacto nos desenvolvedores dentro do ecossistema. Isso pode ser feito analisando o comportamento dos desenvolvedores.
ID18	Fan <i>et al.</i> (2020)	Propor uma abordagem para análise evolutiva e previsão de tendências de subgrafos de redes de dependência de código. As principais contribuições deste artigo são as seguintes: (1) Combinando métricas de rede complexas, é proposta uma abordagem para analisar a evolução e as tendências de previsão dos subgrafos de rede de dependência de código do ecossistema de software no nível de chamada de método; (2) De acordo com a análise estatística manual de <i>subcallers</i> de rede de dependência de código, 5 padrões de evolução de subgrafos são resumidos; (3) A avaliação de nossa abordagem proposta nos projetos de camada de estrutura do <i>Android</i> .
ID19	Coutinho e Bezerra (2020)	Discutir aspectos dinâmicos da modelagem do software ECOS SOLAR educacional. Como objetivo secundário, pretendemos apresentar um exemplo com foco na funcionalidade de fórum de discussão do SOLAR VLE, um dos serviços mais utilizados dentro do ECOS SOLAR.
ID20	Jansen (2020)	Apresentar um modelo de maturidade de governança de ecossistema de software (SEG-M2), que foi desenhado de acordo com os princípios de um modelo de maturidade de área de foco. O SEG-M2 foi projetado para que organizações produtoras de software avaliem suas práticas de governança de ecossistema, definam uma meta de melhoria e executem um plano de melhoria.
ID21	Costa <i>et al.</i> (2021a)	Realizar uma investigação da governança de ECOS e mecanismos de saúde para o contexto ECOS proprietário. Realizamos um estudo longitudinal da literatura sobre governança ECOS e cobertura de saúde de 2016 a 2020, atualizando e refinando a revisão sistemática da literatura. Fornecemos uma atualização com base em uma análise de como os aspectos proprietários do ECOS evoluíram nos últimos cinco anos, motivados por um estudo exploratório anterior sobre o assunto na indústria.
ID22	Costa <i>et al.</i> (2021b)	Relatar um estudo de literatura longitudinal focado em governança proprietária e saúde abrangendo 2016 a 2020, atualizando e refinando o estudo anterior de Alves <i>et al.</i> seguido de um estudo de caso participativo e pesquisa de opinião em uma grande organização internacional como método de coleta de percepções dos participantes.
ID23	Mazrae (2021)	Estudar empiricamente e reduzir problemas de saúde sócio-técnicos em ecossistemas de embalagens OSS em evolução, determinando as características e conexões importantes entre diferentes pacotes que desempenham um papel importante nos problemas de saúde. Com base nisso, pretendo fornecer modelos de recomendação e modelos de previsão para reduzir esses problemas de saúde.
ID24	Hou <i>et al.</i> (2021)	Apresentar um método de detecção de comunidade avaliando de forma abrangente a intensidade da cooperação do desenvolvedor. Primeiro, combinamos informações de topologia de rede e informações de interação do desenvolvedor no ecossistema de software para calcular a intensidade da cooperação do desenvolvedor para explorar profundamente a relação entre desenvolvedores de propriedades topológicas e semânticas.
ID25	Sha <i>et al.</i> (2022)	Quantificar a robustez de um ecossistema de software para a perda de contribuidores e realizar um estudo de caso em ecossistemas OSS representativos. Para responder questões sobre quais fatores influenciam a robustez de um ecossistema de OSS à perda de contribuidores, propomos um novo modelo de geração de grafos bipartidos onde utilizamos parâmetros para controlar as topologias das redes do projeto contribuidor e realizar análises de robustez.
ID26	Vulpen <i>et al.</i> (2022)	Apresentar uma classificação das atividades de gestão de parceiros para auxiliar os orquestradores no estabelecimento e manutenção de parcerias. Contribuímos com uma metodologia para avaliar a gestão de parceiros em ecossistemas de software, uma classificação de conhecimento e atividades para gestão de parceiros e um ponto de partida para o desenvolvimento de teoria sobre as atividades de gestão de parceiros.

Fonte: Elaborado pelo autor.

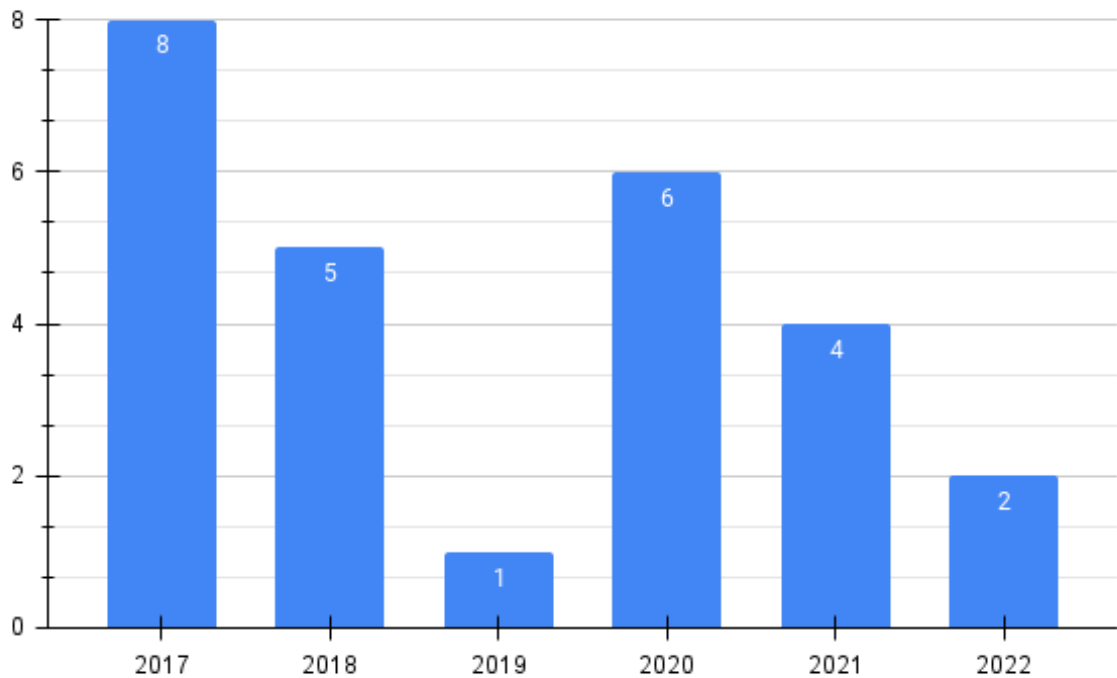
A maioria dos trabalhos são estudos exploratórios que investigam o tema ECOS, servindo para passar o conhecimento do pesquisador com o objeto que está sendo investigado durante a realização da pesquisa. Por ser uma área nova, vários estudos exploratórios empíricos são realizados para contribuir com resultados emergentes na literatura. Alguns trabalhos seguem a linha de estudo de caso, onde estudos são realizados através de caso de estudo, consistindo na utilização de um ou mais métodos qualitativos de levantamento de informação não seguindo uma linha mais rígida e formal de investigação.

Apenas duas ferramentas que realizam/utilizam alguma abordagem relacionada a qualidade de ECOS foram encontradas neste mapeamento, significando e confirmando ainda mais a reduzida quantidade de trabalhos na literatura, pouca maturidade e o quão jovem é a

literatura, comparada com outras da ES. As ferramentas encontradas foram a *QuESo* e *R.E.C.O.S.*, uma que auxilia na medição da qualidade dos ecossistemas e a outra que traz uma abordagem sobre o ensino de ECOS.

A Figura 19 exibe a quantidade de publicações para cada ano, considerando tanto periódicos quanto conferências. O ano de publicação considerado foi o que estava registrado no próprio trabalho como data de publicação. O período considerado foram os anos de 2017 a 2022, levando em consideração até 5 anos antes da realização deste mapeamento, para dar uma visão mais ampla da literatura na atualidade. A maioria dos trabalhos foram publicados nos anos de 2017 e 2020.

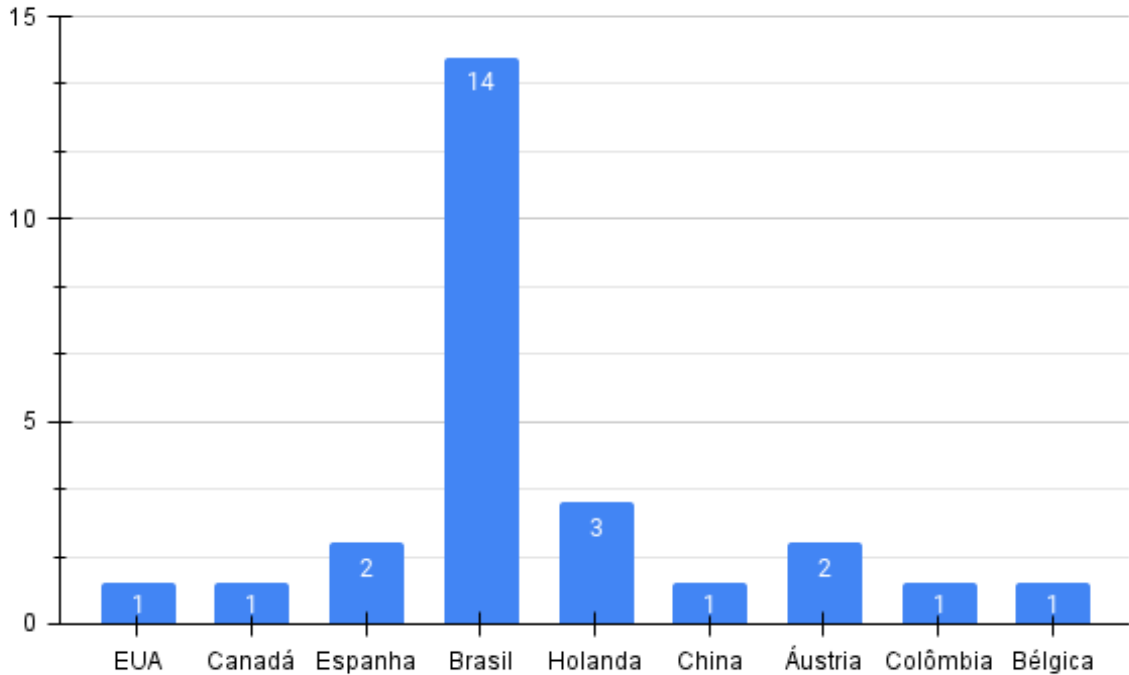
Figura 19 – Quantidade de trabalhos por ano.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A contabilização dos países foi realizada para cada um dos trabalhos de acordo com a localidade de cada autor. A Figura 20 apresenta as publicações por país. Os países que mais se destacaram nas publicações foram: em primeiro lugar o Brasil com 14 publicações, em segundo a Holanda com 3, terceiro a Espanha e Áustria com 2 e o restante EUA, Canadá, China, Colômbia e Bélgica, com apenas 1 trabalho.

Figura 20 – Publicações de 2017 a 2022 por país.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Quadro 3 lista os veículos de publicação identificados. Apenas um trabalho está publicado em periódico, mesmo sendo uma edição originada de uma conferência. Todos os eventos foram diferentes.

Quadro 3 – Lista de veículos de publicação identificados no mapeamento.

International Workshop on Modelling in Software Engineering (MiSE)
Social Science Research Network (SSRN)
Information and Software Technology
Journal of Systems and Software
Information and Software Technology
Science of Computer Programming
Journal of the Brazilian Computer Society
International Workshop on Software Engineering for Systems-of-Systems
Brazilian Symposium on Software Engineering
International Systems and Software Product Line Conference
Euro-American Conference on Telematics and Information Systems
International Workshop on Software Health (SoHeal)
European Conference on Software Architecture: Companion Proceedings
Brazilian Symposium on Software Components, Architectures, and Reuse
International Workshop on Software Engineering for Systems-of-Systems (SESoS)
Workshop on Distributed Software Development, Software Ecosystems and Systems-of-Systems (WDES)
Brazilian Symposium on Information Systems
International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectroni
CEUR Workshop Proceedings

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4 Resultados das Questões de Pesquisa

Esta seção apresenta os resultados e análises para cada uma das questões de pesquisa deste mapeamento, elencando os trabalhos que as respondem e apresentando um panorama do estado da arte da literatura.

3.4.1 *Questão Principal: Qual o estado da arte sobre evolução, simulação, saúde qualidade e modelagem de Ecossistemas de software?*

O termo evolução de ECOS ocorreu em 13 dos 26 trabalhos elencados neste mapeamento. O termo simulação não ocorreu em nenhum dos estudos. O termo saúde ocorreu em 14 trabalhos e qualidade de ECOS em 7 trabalhos. E o termo modelagem, de maneira geral, ocorreu em apenas 5 trabalhos deste mapeamento. Alguns dos artigos desenvolveram experimentos, estudos de caso ou estudos exploratórios especificamente para evolução relacionada a saúde de ECOS, enquanto que a maioria apenas citou ou propôs tendências futuras de pesquisa sobre evolução. De modo geral, a maioria dos trabalhos em ECOS relacionados aos termos previamente citados englobaram os seguintes temas:

- Governança e saúde de ECOS;
- Necessidade de modelagem de ECOS;
- Evolução do ECOS e previsão de tendências de projetos;
- Estratégias de governança com base em métricas de saúde;
- O papel dos aplicativos e seus fornecedores na evolução do ECOS;
- ECOS de código aberto;
- Relações de poder em ECOS;
- Avaliando a qualidade de ECOS;
- Efeitos ecossistêmicos em organizações consumidoras de software;
- Sub-ecossistemas de software e sua saúde.

De maneira mais específica, algumas categorias e tendências de áreas de pesquisa foram identificadas nos trabalhos selecionados e estão descritas a seguir:

Evolução: alguns experimentos que abordam o termo evolução de ECOS de maneira geral foram elencados. Foi proposto por Costa *et al.* (2021a) a realização de uma análise das classificações do ECOS e avaliação da evolução do ECOS proprietário, discutindo a maturidade

e evolução da governança do ECOS e de métricas de saúde. Coutinho *et al.* (2017) apresenta uma modelagem de ECOS e faz direcionamentos futuros relacionado a evolução da plataforma central e do ECOS. O autor ainda argumenta que a modelagem SSN contribui para uma descrição de um ECOS e um modelo de ECOS ajuda a identificar riscos e pontos de integração, auxiliando na evolução do ecossistema. O trabalho de Costa *et al.* (2021b) propõe uma abordagem para análise de evolução e previsão de tendências com base no subgrafo do grafo de rede de dependência de código, a fim de realizar a análise efetiva do ECOS em larga escala. Em Valença e Alves (2017), os autores apresentam uma análise aprofundada das relações de poder orientada a empresas de software, sobre como obter e aplicar poder sobre os parceiros. Também revelam formas de poder que são benéficas ao ECOS (por exemplo, formas de poder que as empresas devem investir para obter outras e aquelas que sustentam a evolução do ecossistema).

Saúde: em alguns dos estudos selecionados, o termo saúde de ECOS ocorre, porém em sua maioria de maneira secundária no trabalho, como direcionamentos futuros ou apenas citações de autores de como a saúde afeta no desenvolvimento, na evolução e na estabilidade do ECOS de maneira geral. Coutinho *et al.* (2017) utilizam métricas relacionadas a saúde em ECOS, em um nível teórico: produtividade (produtividade total dos fatores, melhorias de produtividade e entrega de inovações), robustez (taxas de sobrevivência, persistência de estrutura, previsibilidade, obsolescência limitada e continuidade) e criação de nicho (variedade e criação de valor), métricas essas apontadas em um trabalho de Jansen (2014). No trabalho de Massanori *et al.* (2020), os autores apresentam uma pesquisa de base para mitigar riscos em torno do ECOS, análise de reutilização de recursos, adaptação de estratégias *DevRel*, análise de impacto e suporte a mecanismos de monitoramento e previsão com foco na saúde do ECOS. Em Costa *et al.* (2021b) foi realizado um estudo de caso participativo em uma grande organização internacional, que possui um ECOS proprietário. Para cada nova estratégia, foram associadas métricas de saúde relacionadas aos mecanismos de governança. Com base no catálogo de métricas de saúde, as métricas foram selecionadas para mensurar as estratégias de governança adotadas para cada mecanismo. O estudo de Mazrae (2021) visa estudar e reduzir empiricamente problemas de saúde sociotécnicos em ecossistemas de embalagens de software em evolução, determinando as características importantes e as conexões entre diferentes pacotes que desempenham um papel importante nos problemas de saúde. Com base nisso, o autor fornece modelos de recomendação e modelos de previsão para reduzir problemas de saúde.

Qualidade: estudos sobre qualidade de software e em ECOS são escassos, em sua maioria apenas fazendo referência a estudos futuros ou analisando impactos de fatores internos na qualidade do ECOS. No trabalho de Santos *et al.* (2020) propõe-se uma definição de ecossistema de teste de software, fomentando a condução de novas pesquisas para investigar os elementos de atividade de teste que constituem um ecossistema e como ele pode ser testado para melhorar a qualidade do ECOS. No trabalho de Franco-Bedoya *et al.* (2020) é proposta uma abordagem denominada processo *QuESo* que descreve o fluxo de atividades para a avaliação da qualidade de ECOS de código aberto. Para isso, se utiliza um processo baseado na construção de redes Bayesianas como modelo de avaliação. Este novo processo permitirá avaliar o modelo *QuESo* em um caso específico de estudo de ECOS livre. Em Franco-Bedoya *et al.* (2017), os autores relatam que as comunidades *open source* em torno de projetos devem fornecer acesso a todos os dados relacionados à sua evolução. Esses dados podem ser usados para avaliar a qualidade dos ECOS. A qualidade dos ECOS afeta as organizações adotantes, desenvolvedores de software e a própria ECOS. No entanto, gestão da qualidade e operacionalização de ecossistemas de software ainda é uma disciplina imatura.

Modelagem: a realização de modelagem de ECOS de maneira geral é bastante escassa em trabalhos na literatura, porém a modelagem com a técnica SSN é ainda mais escassa, ocorrendo em apenas 3 trabalhos dos selecionados neste mapeamento, sendo eles de um mesmo grupo de pesquisa caracterizando uma continuação de pesquisa, sendo os trabalhos de Coutinho *et al.* (2017), Coutinho *et al.* (2017) e Coutinho e Bezerra (2020). No trabalho de Coutinho *et al.* (2017) é apresentado um ECOS de *e-learning* denominado ECOS SOLAR, suas tecnologias, aspectos de desenvolvimento e relações. Também são apontado alguns desafios de pesquisa relacionados ao ECOS. Em Santos *et al.* (2020) os autores relatam que as pesquisas existentes sobre os diversos temas relacionados aos ECOS ainda são escassas, por exemplo, técnicas de modelagem e análise, modelos de qualidade, normas e definições. No trabalho de Coutinho *et al.* (2019), os autores realizam um estudo sobre o ensino de ECOS em turmas de ES, introduzem os conceitos de ECOS, modelagem e notação SSN, reportam a falta de apoio a modelagem SSN e a importância da modelagem no contexto do ensino de ECOS. No estudo realizado por Franco-Bedoya *et al.* (2017), é avaliado o estado da arte atual da pesquisa em ECOS abertos. A análise permitiu responder todas às questões de pesquisa, e uma delas classificou as técnicas de

modelagem e análise existentes dos ECOS.

A Tabela 4 apresenta para cada termo da questão principal de pesquisa, os trabalhos relacionados direta e indiretamente, mostrando um panorama do estado da arte atual da literatura em relação a ECOS, evolução, saúde, qualidade, modelos e modelagem SSN.

Tabela 4 – Quantidade de trabalhos por termo de busca.

Termo	Total de Trabalhos	Trabalhos (ID)
Evolução	13	5, 6, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 24, 25
Saúde	14	2, 3, 9, 10, 12, 15, 17, 18, 20, 21, 22, 24, 25, 26
Qualidade	8	2, 3, 4, 15, 17, 18, 24
Modelagem	5	2, 3, 13, 20, 24

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4.2 Questão Secundária 1 (QS1): Qual é o estado da arte em relação à saúde e qualidade de ECOS?

Em relação à saúde e qualidade de ECOS, somando os trabalhos, ao todo foram 16 que abordam direta ou indiretamente os termos e/ou realizam estudos primários ou secundários, além de fazer alguns apontamentos futuros sobre os estudos realizados. A maioria dos trabalhos deram uma visão geral sobre saúde e/ou qualidade em ECOS. Três trabalhos focaram realmente em realizar estudos sobre a saúde e a qualidade de um ECOS. A maioria utilizou e/ou citou métricas de saúde de ECOS propostas no trabalho de Jansen (2014).

Os trabalhos que introduzem a definição de saúde de ECOS e/ou realizam estudos exploratórios, estudos de caso e experimentos são: (COUTINHO *et al.*, 2017), (VALENÇA; ALVES, 2017), (PLAKIDAS *et al.*, 2017), (FRANCO-BEDOYA *et al.*, 2017), (SANTOS *et al.*, 2018), (MIJSTERS *et al.*, 2018), (VALENCA *et al.*, 2018), (JANSEN, 2020), (COUTINHO; BEZERRA, 2020), (SANTOS *et al.*, 2020), (MASSANORI *et al.*, 2020), (COSTA *et al.*, 2021b), (MAZRAE, 2021) e (VULPEN *et al.*, 2022). De uma forma direta ou indireta, esses trabalhos relataram/abordaram o termo saúde de ECOS em seus estudos.

Sobre a definição de qualidade em ECOS, os estudos que realizaram algum estudo ou abordagem do termo são: (COUTINHO *et al.*, 2017), (FRANCO-BEDOYA *et al.*, 2017), (PLAKIDAS *et al.*, 2017), (SANTOS *et al.*, 2020), (FRANCO-BEDOYA *et al.*, 2020), (COSTA *et al.*, 2021b) e (MAZRAE, 2021). Os trabalhos abordaram o termo qualidade em ECOS de

forma direta ou indiretamente em seus estudos.

Apenas cinco trabalhos realizaram estudos sobre os dois termos em conjunto, saúde e qualidade de ECOS, os trabalhos que relataram e/ou conduziram estudos são: (COUTINHO *et al.*, 2017), (FRANCO-BEDOYA *et al.*, 2017), (SANTOS *et al.*, 2020), (COSTA *et al.*, 2021b) e (MAZRAE, 2021). Isso mostra que ainda são escassos estudos sobre os temas, porém confirma que os dois termos estão ligados e um é resultado do outro, ou seja, ter qualidade no ECOS é sinônimo de saúde no ECOS e vice-versa.

De modo geral, os trabalhos realizaram estudos com base nas métricas de saúde de ECOS. Os autores relatam ainda que avaliar a saúde de um ecossistema envolve tarefas complexas e deve ser apoiada por abordagens, técnicas, ferramentas e modelos apropriados (SANTOS *et al.*, 2020). Foram identificados três fatores que impactam a saúde dos ECOS. Esses fatores são a receptividade, o tamanho relativo e as propriedades do ECOS (MASSANORI *et al.*, 2020). A saúde do ECOS é medida a partir de indicadores operacionais relacionados aos mecanismos de governança (COSTA *et al.*, 2021b).

A qualidade de ECOS está diretamente relacionada a qualidade do software, a qualidade geral do ECOS e, conseqüentemente, sua saúde pode ser consideravelmente aumentada a partir dos ecossistemas de teste de software (SANTOS *et al.*, 2020). A qualidade do ECOS afeta as organizações adotantes, desenvolvedores de software e ao próprio ECOS (FRANCO-BEDOYA *et al.*, 2017). Um ECOS com uma plataforma central de alta qualidade e um produto de alta qualidade, conseqüentemente é um ecossistema ativo e saudável (JANSEN, 2020).

Contudo, pode-se afirmar que é escasso a pesquisa em ECOS sobre saúde e qualidade, por ser uma literatura nova. Porém a comunidade entende a importância de ter um ECOS saudável, tanto para os fatores externos, quanto para os internos. A importância de mais métricas para avaliar a saúde e a qualidade faz-se necessário, uma vez que os trabalhos apenas utilizam as métricas do trabalho de Jansen (2014), que são boas e dão resultados, porém escassas e antigas, tendo passado 8 anos após a apresentação delas na literatura, ou seja, a atualização das métricas e a disposição de cenários de avaliação propiciaram a literatura uma margem para mais trabalhos sobre saúde e qualidade em ECOS.

3.4.3 Questão Secundária 2 (QS2): Quais são as métricas de saúde e qualidade de ECOS existentes?

Os trabalhos selecionados neste mapeamento em sua maioria realizam estudos e avaliam a saúde de um ECOS a partir das métricas de Jansen (2014), Iansiti e Levien (2004) e de Hartigh *et al.* (2013). Essas métricas descrevem sobre produtividade, robustez e criação de nicho e esses três pilares são divididos em três camadas: teoria, rede e projeto, onde Iansiti e Levien (2004) prescrevem as diretrizes para operacionalização do conceito de saúde, que por sua vez é inspirado nos conceitos dos ecossistemas naturais: vigor, resiliência e organização. Há a necessidade de métricas de negócio mais ligadas a plataforma central, e seus relacionamentos simbióticos com os fatores externos e internos a ela. Métricas que em conjunto com modelos de ECOS auxiliem na avaliação da qualidade dos relacionamentos dos atores presentes no ECOS, assim como da sua saúde e vitalidade de modo geral.

No trabalho de Plakidas *et al.* (2017), os autores realizam um estudo tendo como base o trabalho de Franco-Bedoya *et al.* (2014) e associaram métricas específicas com os atributos de qualidade de um ECOS, distinguindo a saúde da comunidade, da saúde da rede de componentes de software do ecossistema. Os resultados do estudo foram de qualidade variável, devido ao tamanho extremamente pequeno dos grupos.

Os trabalhos que realizam experimentos ou alguma abordagem, introduziram e/ou avaliaram a saúde/qualidade de um ECOS, ou propuseram estudos futuros com base em métricas, são: (COUTINHO *et al.*, 2017), (FRANCO-BEDOYA *et al.*, 2017), (PLAKIDAS *et al.*, 2017), (SANTOS *et al.*, 2020), (COSTA *et al.*, 2021b) e (MAZRAE, 2021).

Em Plakidas *et al.* (2017) são apresentadas e utilizadas métricas quantitativas e qualitativas que auxiliam na avaliação da saúde do ECOS, com foco na sua evolução de acordo com a comunidade, a rede de dependência, o nível do ECOS no mercado e as motivações do ECOS. As medidas quantitativas e qualitativas destacadas no trabalho estão listadas na Tabela 5.

Contudo, o uso de métricas nesses estudos ainda é raso, comparado com o número de artigos, porém percebe-se que está em evolução, necessitando de mais métricas, técnicas, ferramentas e abordagens que auxiliem nesse processo de avaliação da saúde e da qualidade do ECOS de maneira geral. As métricas, técnicas, ferramentas e abordagens existentes são poucas e necessitam de reformulação de acordo com o nível em que o ECOS se encontra e no ritmo em que evolui ao longo do tempo.

Tabela 5 – Medidas quantitativas e qualitativas sobre saúde de ECOS.

ID	Medida
Medidas quantitativas de dependência do ECOS	
MD1	Profundidade máxima da cadeia de dependência
MD2	Profundidade máxima da cadeia de dependência reversa
MD3	Número de dependências transitivas
Medidas quantitativas do nível do ECOS no mercado	
MN1	Tamanho geral do mercado
MN2	Tamanho geral do mercado ativo
MN3	Tamanho geral do mercado arquivado
MN4	Tamanho de aquisição do mercado
MN5	Tamanho de aquisição da comunidade
MN6	Taxa de rotatividade da comunidade
Medidas qualitativas sobre as motivações do ECOS	
MM1	O que motiva estar inserido no ECOS?
MM2	Quão aberto o ECOS é?
MM3	Quem possui o ECOS e seus componentes?

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4.4 Questão Secundária 3 (QS3): Quais são os métodos e técnicas de modelagem de ECOS existentes?

Em relação a modelagem de ECOS, são poucos os trabalhos que realizam experimentos e apresentam a importância da modelagem na descrição, na visão e no entendimento do ECOS e dos conceitos de ECOS. A notação SSN sugerida na literatura para a modelagem fornece um série de *hardware* e software, serviços e relacionamentos simbióticos. Os trabalhos em sua maioria relatam sobre a importância da modelagem, porém são poucos os estudos que apresentam alguma modelagem SSN de um ECOS e realizam experimentos, abordagens e técnicas sobre os modelos de ECOS.

Dentre os trabalhos selecionados neste mapeamento que realizam, apresentam ou exploram a modelagem de ECOS de uma forma ou de outra, são: (COUTINHO *et al.*, 2017), (COUTINHO *et al.*, 2017), (FRANCO-BEDOYA *et al.*, 2017), (SANTOS *et al.*, 2020) e (COUTINHO; BEZERRA, 2020). Os trabalhos (COUTINHO *et al.*, 2017), (COUTINHO *et al.*, 2017) e (COUTINHO; BEZERRA, 2020) são do mesmo grupo de pesquisa e realizam modelagem SSN de um ECOS denominado ECOS SOLAR, e apresentam em cada um dos trabalhos mais oportunidades de pesquisa sobre o ECOS, evoluindo a pesquisa em diferentes ramificações sempre utilizando a modelagem SSN e mostrando seus benefícios para a literatura.

O trabalho de Franco-Bedoya *et al.* (2017) avalia o estado da arte da pesquisa em ECOS, por meio de mapeamento sistemático. Uma das questões de pesquisa é como o conhecimento sobre ECOS é representado, ou seja, o trabalho mapeia as notações, técnicas e ferramentas de modelagem, de representação de ECOS disponíveis na literatura. Os resultados obtidos no trabalho reponderam a todas as questões de pesquisa e pode se classificar as técnicas de modelagem e análise existentes dos ECOS. O estudo mostrou que a maioria dos trabalhos adapta algumas técnicas de modelagem disponíveis ou usa modelos *ad hoc* para apoiar seus trabalhos, sem propor novas técnicas. Nenhum dos estudos primários desenvolveu uma nova técnica, notação ou diretrizes para modelagem de ECOS. Foram identificadas várias técnicas de modelagem para descrever ECOS em geral. As notações mais usadas foram: mapas *ad hoc*, tabulares e conceituais. Outros ECOS foram modelados usando diagramas de classes, metamodelos ou modelos matemáticos. A maioria dos artigos que usam modelos para ECOS não realizam nenhuma análise ECOS a partir do modelo. Além disso, as técnicas de análise usadas nos trabalhos restantes, como matemático, visual e estatístico foram usados apenas para analisar casos.

Contudo, constata-se que ainda são escassos trabalhos que apresentam novas técnicas de modelagem ou que utilizem a técnica SSN já existente. A maioria dos modelos são apenas para representação de maneira geral, o trabalho não faz uma análise do ECOS a partir dos modelos, isso é caracterizado como uma lacuna na literatura, uma dificuldade eminente que precisa de resolução para amenizá-la. A modelagem de ECOS precisa de abordagens, técnicas, metodologias, ferramentas que auxiliem na sua disseminação e crescimento no campo da pesquisa. Essa situação exige mais esforços de investigação sobre como as organizações e as comunidades de ECOS realmente entendem os ECOS e a modelagem como um todo.

3.4.5 Questão Secundária 4 (QS4): Quais são as técnicas e estudos sobre evolução e simulação de ECOS existentes?

A evolução de ECOS foi encontrada em 13 trabalhos dos 26 selecionados neste mapeamento. Um bom número de trabalhos, porém ainda escasso, pois os trabalhos não abordam diretamente técnicas e experimentos sobre evolução de ECOS de maneira específica. O termo simulação de ECOS não ocorre em nenhum dos trabalhos selecionados, uma lacuna eminente na literatura, que requer solução para amenizar o impacto da falta de trabalhos com foco em simulação de ECOS. A combinação dos termos evolução e simulação em nenhum momento

ocorre dentre os trabalhos selecionados.

Os trabalhos que exploram direta ou indiretamente o termo evolução de ECOS são: (SCHETTINO *et al.*, 2017), (COUTINHO *et al.*, 2017), (VALENÇA; ALVES, 2017), (FRANCO-BEDOYA *et al.*, 2017), (PLAKIDAS *et al.*, 2017), (HYRYNSALMI; LINNA, 2017b), (VALENCA *et al.*, 2018), (COUTINHO; BEZERRA, 2020), (FAN *et al.*, 2020), (JANSEN, 2020), (COSTA *et al.*, 2021a), (COSTA *et al.*, 2021b) e (MAZRAE, 2021). Os trabalhos realizam experimentos sobre a evolução de ECOS e fazem projeções para pesquisas futuras sobre o tema.

No trabalho de Schettino *et al.* (2017), os autores afirmam que os *niche players* são atores dentro de um ecossistema que interagem com a plataforma e com eles mesmos, influenciando sua evolução. Eles visam distinguir seus serviços e produtos dos concorrentes, que podem estar no mesmo ecossistema. Em Costa *et al.* (2021a), é realizada uma análise das classificações do ECOS e uma avaliação da evolução do ECOS proprietário. Discute-se sobre a maturidade e a evolução da governança do ECOS. No trabalho de Costa *et al.* (2021b), os autores argumentam que para a comunidade acadêmica, a governança dos ecossistemas influencia na saúde do ECOS. Isso significa que as estratégias de governança e as decisões gerenciais tomadas pelas peças-chave afetarão a evolução saudável de todo o ECOS. Em Hyrynsalmi e Linna (2017b), os autores relatam que os ecossistemas de aplicativos móveis são usados como um caso de exemplo e apresentaram as limitações de generalização, este estudo exige mais investigações avaliando o gerenciamento estratégico de ecossistemas de software em evolução.

No trabalho de Plakidas *et al.* (2017), o estudo é baseado em um artigo anterior de 2016 sobre a compreensão e a modelagem de ECOS. O estudo fornece uma análise aprofundada da evolução da rede de dependência do ecossistema R e os padrões de contribuição e colaboração da comunidade de desenvolvedores. Os autores utilizam métricas que foram extraídas do próprio estudo para examinar aspectos do ecossistema R que dizem respeito à sua saúde. As questões de pesquisa foram: (i) Como é construído o mercado R?; (ii) Como os membros da comunidade contribuem para o ecossistema R?; e (iii) Qual é o estado atual do ecossistema R?, todas com foco na evolução do ECOS. No estudo sobre a evolução do ECOS R foram examinados todos os fatores presentes no ECOS: a comunidade, os desenvolvedores, os softwares, as dependências, a própria plataforma central e os negócios envolvidos no ECOS. A saúde do ECOS também foi avaliada, pelas mesmas métricas previamente descritas em seções anteriores. O método utilizado no trabalho foi considerado pelos autores um método que pode ser empregado em qualquer tipo de ECOS, de qualquer domínio.

Contudo, alguns trabalhos abordam o estudo sobre a evolução de ECOS como algo importante a longo prazo. Porém os estudos ainda são genéricos, por vezes são apenas apontamentos futuros, necessitando de análises mais profundas sobre o termo, com o auxílio de técnicas, ferramentas, abordagens, modelagem, métodos que auxiliem na avaliação da evolução do ECOS como um todo, desde seus fornecedores, clientes, clientes do cliente até mesmo em relação a outro ECOS que ele mantenha relacionamentos. A evolução de ECOS é de grande importância e necessita ser aplicada em todos os segmentos da literatura, pois auxilia na medição das relações em que o ECOS se encontra, e na avaliação, tanto da saúde quanto da qualidade do ECOS, de médio a longo prazo auxiliando a organização central em diversas tomadas de decisão, que vão desde o nível operacional até o nível estratégico da empresa.

3.5 Descrição dos Trabalhos Relacionados

Coutinho *et al.* (2017) apresentam em seu trabalho a modelagem SSN do ECOS no domínio de *e-learning* da plataforma SOLAR denominado ECOS SOLAR, suas tecnologias, aspectos de desenvolvimento e relações. Foram apresentados o modelo SSN par o ECOS SOLAR, definições e aspectos fundamentais relacionados ao ECOS assim como uma análise da comunidade de usuários e dos relacionamentos dentro do ECOS SOLAR. Ao final, foram apresentados pelos autores alguns desafios e oportunidades de pesquisa relacionados ao ECOS SOLAR.

No trabalho de Schettino *et al.* (2017), os autores descreveram e avaliaram os aspectos técnicos, organizacionais e sociais do *Spotify*, denominado ecossistema de software, em relação a trabalhos anteriores. Além da revisão da literatura e pesquisa sobre as características do *Spotify*, o trabalho apresentou um aplicativo que estende a recomendação nativa do *Spotify* e apresenta informações sobre as faixas ouvidas, como energia, dançabilidade e popularidade. Essas propriedades são coletadas da API da Web do *Spotify*, trazendo um esclarecimento mais profundo sobre os aspectos técnicos.

Abdalla *et al.* (2017) apresentam o R.ECOS, uma abordagem sob a perspectiva dos ECOS para recomendar Recursos Educacionais. Define uma plataforma que permite a integração de serviços e outros serviços de Ecossistemas, com o objetivo de facilitar o reuso e compartilhamento de soluções em Sistemas de Recomendação. O desenvolvimento da proposta avança nos estudos do Grupo de Pesquisa, especialmente na área educacional. Uma avaliação inicial da proposta foi feita por meio de um cenário de aplicação, no qual os serviços do R.ECOS

foram desenvolvidos para definir grupos de usuários. Adicionalmente, foram reaproveitados serviços de terceiros.

Em Coutinho *et al.* (2017), os autores relatam em seu trabalho que os sistemas intensivos em software tornaram-se cada vez mais onipresentes, grandes e complexos, com disseminação em vários domínios de aplicação e altamente dependentes de diferentes tecnologias. Apesar dos avanços iniciais na pesquisa ECOS, existem poucos modelos analíticos, estudos de caso com dados reais e ferramentas de suporte integradas. Uma grande barreira para a evolução do campo para auxiliar a tomada de decisão na indústria real é a falta de suporte de modelagem ECOS. Neste artigo é realizado um estudo exploratório sobre a necessidade de modelagem de ECOS. Foram identificados preliminarmente alguns elementos de modelagem na literatura ECOS e foram explorados no contexto de um ECOS real no domínio educacional.

No trabalho de Hyrynsalmi e Linna (2017b) os autores relatam que vários estudos foram dedicados a analisar os indicadores de bem-estar ou estruturas de ecossistemas de software e a importância dos complementadores e complementos são reconhecidos, faltam estudos que abordem como os complementadores afetam a evolução dos ecossistemas. Esta análise conceitual visa abrir a discussão sobre este tópico usando os ecossistemas de aplicativos móveis - como o *Google Play* ou o *iOS* da *Apple* - como objeto de estudo. Embora os resultados sugiram algumas implicações para os proprietários e complementadores da plataforma, mais trabalho é necessário.

Plakidas *et al.* (2017) conduzem uma análise exploratória do ecossistema R como um exemplo de avaliação de alto nível em todo o ecossistema. Com base principalmente nos metadados de documentação dos pacotes R, gerou-se uma variedade de métricas que permitem a quantificação do ecossistema R. Também categorizou-se os participantes do ecossistema, tanto no mercado de software quanto na comunidade de desenvolvedores, por características que medem sua atividade e impacto. Ao visualizar as métricas ao longo do ciclo de vida do ecossistema para as várias categorias de participantes, descobriu-se inter-relações entre eles e determinou-se a contribuição de cada categoria para o ecossistema como um todo.

O trabalho de Valença e Alves (2017) apresenta uma teoria substantiva para explicar como o poder e a dependência se manifestam em parcerias entre pequenas e médias empresas (PMEs) construindo um ecossistema de software. Realizaram-se estudos de caso exploratórios de dois ecossistemas de software emergentes formados por PMEs. Interpretaram-se os resultados à luz de um referencial teórico sustentado pela taxonomia de poder de French e Raven. Por fim, realizou-se uma análise cruzada de casos para avaliar os achados e construir a teoria. A

teoria proposta destaca as interações entre as diferentes formas de poder e as correspondentes fontes de poder empregadas pelas empresas. Ele fornece uma melhor compreensão de como o poder e a dependência influenciam o comportamento e a coordenação das empresas dentro de um ecossistema de software.

No trabalho de Franco-Bedoya *et al.* (2017) os autores realizaram um mapeamento sistemático seguindo as práticas recomendadas. Aplicaram buscas automáticas e manuais em diferentes fontes e utilizaram um método rigoroso para extrair as palavras-chave das questões de pesquisa e critérios de seleção para recuperar os trabalhos finais. Como resultado, 82 artigos foram selecionados e avaliados. A análise permitiu responder às questões de investigação. Mais notavelmente, o trabalho fez o seguinte: (a) identificaram 64 termos relacionados ao *Open Source Software Ecosystems* (OSSECO) e os organizamos em uma taxonomia; (b) construiu uma árvore genealógica para entender a gênese do termo OSSECO a partir de definições relacionadas; (c) analisou as definições disponíveis de ECOS no contexto de *Open Source Software* (OSS); e (d) classificou as técnicas de modelagem e análise existentes de OSSECO.

Em Garcia-Holgado e Garcia-Penalvo (2018) os autores relatam que a pesquisa em ECOS é uma área de pesquisa relativamente jovem, mas já existem diversos trabalhos que analisam a literatura associada. Para realizar uma nova revisão sistemática da literatura é necessário assegurar que não existam estudos que façam o mesmo, ou seja, que não respondam às mesmas questões de investigação. A identificação da necessidade de uma revisão foi feita por meio de um estudo focado em revisões sistemáticas de literatura e estudos de mapeamento sobre ECOS. Este trabalho teve como objetivo descrever o mapeamento realizado como parte desse estudo e fornecer um estudo sobre o estado da arte global deste tipo de estudos na área de ECOS.

No trabalho de Hinterreiter (2018) o autor apresenta que a constatação no qual as equipes de desenvolvimento geralmente usam sistemas de controle de versão para rastrear alterações refinadas no nível de implementação em linhas de produtos e produtos. No entanto, é difícil relacionar essas mudanças de baixo nível aos recursos e sua evolução no ECOS. Abordagens de última geração que abordam esse problema são sistemas de controle de variação, que permitem o rastreamento de alterações no nível dos recursos. No entanto, esses sistemas não encontraram seu caminho para o desenvolvimento convencional até agora. Neste trabalho, o autor descreve quais fluxos de trabalho e adições aos sistemas de controle de variação são necessários para suportar o desenvolvimento orientado a recursos em um ambiente industrial ECOS. O trabalho investigou ainda os mecanismos que suportam o monitoramento baseado em recursos para guiar

a evolução em ECOS.

O trabalho de Mijsters *et al.* (2018) introduz o conceito de sub ecossistemas no campo dos ecossistemas de software. Uma extensão da operacionalização da saúde do ecossistema de código aberto para medir a saúde de um sub ecossistema é criada e avaliada com três pequenos estudos de caso. Uma revisão da literatura de pesquisa de software e ecossistema natural é usada para as definições de conceitos-chave. A *Design Science* é usada para a extensão da Operacionalização da Saúde do Ecossistema de Código Aberto. Além disso, uma extensão da estrutura *Open Source Ecosystem Health Operationalization* (OSEHO) é introduzida para considerar sub ecossistemas em avaliações de saúde.

Santos *et al.* (2018) apresentam uma investigação dos efeitos do ECOS em organizações consumidoras de software que executam atividades de gerenciamento de TI em ambientes reais. As equipes de gestão de TI se reúnem regularmente para deliberar sobre as decisões de aquisição que se baseiam na experiência e nas recomendações do mercado de TI, incluindo planilhas e documentos distribuídos. A análise do espaço de decisão, a sinergia dos objetivos de negócios e a dependência de tecnologia/fornecedor são identificados como os indicadores de saúde mais críticos para o monitoramento da plataforma ECOS nas atividades de gerenciamento de TI. Isso destaca o papel crítico que a preparação de aquisição desempenha no contexto do ECOS.

O trabalho de Valenca *et al.* (2018) investiga a dinâmica de poder e dependência em ECOS realizou três estudos de caso de ecossistemas formados por pequenas e médias empresas. Como resultado, os autores apresentam um conjunto de hipóteses que explicam os efeitos do poder nos ECOS. Como contribuição teórica, os autores apresentam um meta-modelo que integra conceitos da literatura de ECOS com constructos das teorias clássicas de poder. A contribuição prática desse trabalho é um conjunto de estratégias que as empresas podem empregar para gerir as relações de poder com os parceiros, para que seus ecossistemas evoluam de forma saudável e próspera.

Steglich *et al.* (2019) visou revisitar o estado da arte por meio de um mapeamento sistemático da literatura. 63 publicações sobre o tema dos ECOS móvel foram encontradas, que foram categorizadas por ano (quase 50% das publicações são de 2015 em diante), por autor (alguns *clusters* de colaboração foram identificados) e pelas características dos ecossistemas móveis (a maioria das publicações abordam aspectos de negócios ou técnicos) e elementos (aplicativos e a plataforma são os temas mais discutidos seguidos pelos desenvolvedores e pelos

usuários). Os resultados fornecem um mapa atualizado do tópico para os interessados em ECOS móvel.

Santos *et al.* (2020) propuseram uma definição de Ecossistema de Teste de Software (STECO) e relataram oportunidades de pesquisa, para aproximar esses dois campos de pesquisa diferentes, promovendo a realização de novas pesquisas na interseção desses dois tópicos para investigar os elementos de teste atividade que constitui um ecossistema e como ela pode ser analisada para melhorar a qualidade do software. Assim, para ilustrar a ideia de um STECO, desenhou-se um modelo para descrever os elementos envolvidos em torno do *JUnit* ECOS e descreveram-se algumas oportunidades de pesquisa considerando o conhecimento dos campos de teste e ECOS.

Franco-Bedoya *et al.* (2020) para avaliar a qualidade do OSSECO projetaram o processo *Evaluating OSS Software Ecosystems Quality* (QuESo). Este processo descreve as atividades e tarefas que dão suporte à avaliação do OSSECO. A proposta tenta preencher a lacuna existente entre os modelos de qualidade e sua operacionalização. Para isso, utilizou-se o modelo QuESo, descrito anteriormente em outro artigo de um dos autores, como base para a avaliação da qualidade do OSSECO.

Massanori *et al.* (2020) os autores apresentam o *Developer Relations (DevRel)*, que é uma estratégia para atrair, engajar e amadurecer desenvolvedores na contribuição para uma plataforma. Ele suporta o estabelecimento de ECOS. Os autores contribuem para a compreensão de como, por que e quando um ECOS está se tornando estático (ou seja, morrendo) e o status “*post mortem*” de um ECOS. Inicialmente, estudou-se o *Windows Phone* a partir de 46.030 perguntas no *Stack Overflow* para entender o que acontece com um ECOS quando a plataforma principal é descontinuada. A partir da análise de resultados percebeu-se que pode ser útil para entender os “*sinais vitais*” do colapso do ecossistema, padrões migratórios/sobreviventes, reciclagem de recursos técnicos e transferência de energia entre indivíduos, populações, comunidades e ECOSs.

Fan *et al.* (2020) propuseram uma abordagem para análise de evolução e previsão de tendências com base no subgrafo do grafo de rede de dependência de código, a fim de realizar a análise efetiva do ECOS em larga escala. Com base nos dados do código-fonte da estrutura do aplicativo coletados do AOSP, a abordagem proposta é verificada. Os resultados da previsão do modelo mostram que os valores médios de precisão e *recall* são 90,0% e 90,4% respectivamente, o que prova que a abordagem pode ser bem eficaz.

Coutinho e Bezerra (2020) discutiram a variabilidade dinâmica do ecossistema de

software educacional SOLAR e a modelagem de software. Como exemplo, foram discutidos aspectos da variabilidade dinâmica do modelo de recursos da funcionalidade do fórum de discussão SOLAR VLE, um dos serviços mais utilizados dentro do SOLAR SECO. Como principal conclusão deste trabalho, identificou-se que a utilização do diagrama de características contextuais permite o estudo dos aspectos dinâmicos de um sistema, ainda mais apoiado em ferramentas de apoio à coleta automática de medidas.

Jansen (2020) este trabalho apresenta o modelo de maturidade de governança de ECOS (SEG-M2), que foi projetado de acordo com os princípios de um modelo de maturidade de área de foco. O SEG-M2 foi projetado para que organizações produtoras de software avaliem suas práticas de governança de ecossistema, estabeleçam uma meta de melhoria e executem um plano de melhoria. O modelo foi criado seguindo um método de *design* de modelo de maturidade de área de foco estabelecido. O modelo foi avaliado em seis estudos de caso de avaliação com profissionais, primeiro aplicando o modelo em suas organizações e, em segundo lugar, avaliando com os profissionais se a avaliação e o conselho de melhoria do modelo são válidos, úteis e eficazes.

Em Costa *et al.* (2021a), os autores pretenderam: i) fornecer uma atualização sobre os mecanismos de governança de ECOS e as métricas de integridade do ECOS; ii) analisar as classificações ECOS e avaliar a evolução do ECOS proprietário; e iii) explorar as estratégias da organização neste contexto e investigar o processo de gerenciamento de incidentes de ECOS. Para isso, foi realizado um estudo longitudinal da literatura sobre ECOS, estendendo um estudo existente que cobriu 2006 a 2015. Como tal, analisaram-se 422 estudos de 2016 a 2020 e uma perspectiva atualizada com base em sete questões de pesquisa foi fornecida, bem como uma análise refinada perspectiva sobre o ECOS proprietário e um profundo entendimento sobre o processo de gerenciamento de incidentes neste cenário.

Costa *et al.* (2021b) relata um estudo longitudinal da literatura para entender como os mecanismos de governança funcionam e as organizações lidam com incidentes em ECOSs, atualizando uma revisão sistemática anterior da literatura que abrange de 2006 a 2015 com novos estudos de 2016 a 2020. Além disso, os autores coletam informações sobre a governança na prática e definiram estratégias para implementar mecanismos de governança medidos por métricas de saúde, a saber: 1) observação: analisando o comportamento dos participantes diante de situações problemáticas; 2) entrevistas: coleta dos participantes; informações sobre a adoção de mecanismos de governança; e 3) pesquisa de opinião: verificando o nível dos participantes.

Mazrae (2021) analisou como a evolução das características sociotécnicas em grandes ecossistemas de software de código aberto afeta a saúde desses ecossistemas e seus blocos de construção. Para capturar o máximo de dimensões diferentes da saúde do software, os autores pretenderam combinar os aspectos humanos (sociais) e técnicos da atividade de desenvolvimento de software colaborativo. Essas dimensões foram integradas em modelos de aprendizado de máquina computacional e modelos de recomendação para permitir a previsão de tendências de mudança na integridade do software e melhorar a integridade futura com base na análise histórica.

Hou *et al.* (2021) combinaram informações de topologia de rede e informações de interação do desenvolvedor para calcular a intensidade da cooperação do desenvolvedor, de modo a explorar profundamente o relacionamento entre os desenvolvedores de propriedades topológicas e semânticas. Em seguida, um algoritmo de detecção de comunidade ABDCI é proposto com base na intensidade de cooperação dos desenvolvedores, referindo-se à ideia de agrupamento hierárquico do algoritmo de *Louvain*. Por fim, esse método é aplicado a vários tipos diferentes de redes de desenvolvedores no ECOS por meio da plataforma de hospedagem *GitHub*.

Em Sha *et al.* (2022), os autores descobriram que a rotatividade de colaboradores e o abandono do projeto ocorrem com frequência nos ecossistemas *Ruby* e *PyPI*. Além disso, a preferência dos desenvolvedores em contribuir para grandes projetos em um ecossistema OSS afeta negativamente a robustez do ecossistema. Os autores forneceram um método de simulação de ecossistema para analisar como vários fatores determinam a robustez de um ecossistema OSS, demonstrando o potencial do *Preprint* submetido à Tecnologia da Informação e Software em 4 de abril de 2022, testando uma hipótese sem dados empíricos para análise de robustez do ecossistema.

Vulpen *et al.* (2022) apresenta uma classificação para atividades de gestão de parceiros para auxiliar os orquestradores no estabelecimento e manutenção de parcerias. As contribuições do trabalho foram: (i) uma metodologia para avaliar o gerenciamento de parceiros em ecossistemas de software, (ii) uma classificação de conhecimento e atividades para gerenciamento de parceiros e (iii) um ponto de partida para o desenvolvimento da teoria sobre atividades de gerenciamento de parceiros. A classificação e as atividades são avaliadas em cinco estudos de caso de orquestradores de plataforma de software.

3.6 Comparação dos Principais Trabalhos Relacionados Com o Trabalho Proposto

A Tabela 6 apresenta uma comparação dos aspectos comuns e incomuns entre os principais trabalhos relacionados encontrados no mapeamento com o trabalho proposto nesta dissertação de mestrado. Os trabalhos relacionados são comparados ao trabalho proposto com base em critérios obtidos através de uma análise realizada em cada trabalho analisado, destacando problemas e lacunas existentes no domínio da literatura assim como as dificuldades apontadas pelos autores.

Os critérios de comparação estão dispostos da seguinte maneira: (i): notação SSN; (ii): modelagem de ECOS; (iii): ferramenta de modelagem/repositório para modelos de ECOS; (iv): estudo sobre evolução de ECOS; (v): abordagem ou técnica de análise de evolução; e (vi): métricas de análise de evolução de ECOS.

Tabela 6 – Comparação entre os principais trabalhos relacionados.

Trabalho	SSN	Modelagem	Ferramenta	Evolução	Abordagem	Métricas
Coutinho <i>et al.</i> (2017)	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não
Coutinho <i>et al.</i> (2017)	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não
Hyrnsalmi e Linna (2017b)	Não	Não	Não	Sim	Não	Não
Massanori <i>et al.</i> (2020)	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim
Fan <i>et al.</i> (2020)	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Coutinho e Bezerra (2020)	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não
Mazrae (2021)	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim
Trabalho Proposto	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.7 Conclusão

Neste capítulo foi apresentado um mapeamento sistemático de literatura, respondendo a algumas questões de pesquisa e elencando trabalhos relacionados a este trabalho. Foram identificadas lacunas em aberto e deficiências nos estudos sobre modelagem, saúde, qualidade e evolução de ECOS, assim como escassez de trabalhos com foco em evolução de ECOS.

Os resultados obtidos nesta revisão foram importantes para estabelecer as lacunas e deficiências nos trabalhos que abordam evolução e modelagem de ECOS. As principais necessidades são: (i): desenvolver estudos sobre evolução de ECOS, com foco em modelagem; (ii) analisar e avaliar a saúde e a qualidade de ECOS com base em métricas; (iii) propor mais métricas de saúde e qualidade de ECOS; (iv) verificar o real impacto do estudo da qualidade do ECOS na saúde do mesmo; (v) desenvolver estudos sobre modelagem SSN de ECOS; e (vi) verificar o real impacto da modelagem SSN na literatura. Assim, este trabalho visa realizar uma abordagem para analisar a evolução de ECOS com o auxílio da modelagem SSN.

4 FERRAMENTA ECOS MODELING

Neste capítulo, é apresentada a ferramenta de modelagem e repositório para modelos denominada de *ECOS Modeling*. São destacados alguns aspectos relevantes como: sua arquitetura e componentes, suas funcionalidades implementadas nesta versão, os requisitos funcionais e não funcionais com uma breve descrição de cada um deles, os diagramas de classes UML, entidade e relacionamento do banco de dados, o diagrama de caso de uso de algumas funcionalidades, as principais telas da ferramenta e alguns exemplos de uso na parte da modelagem SSN.

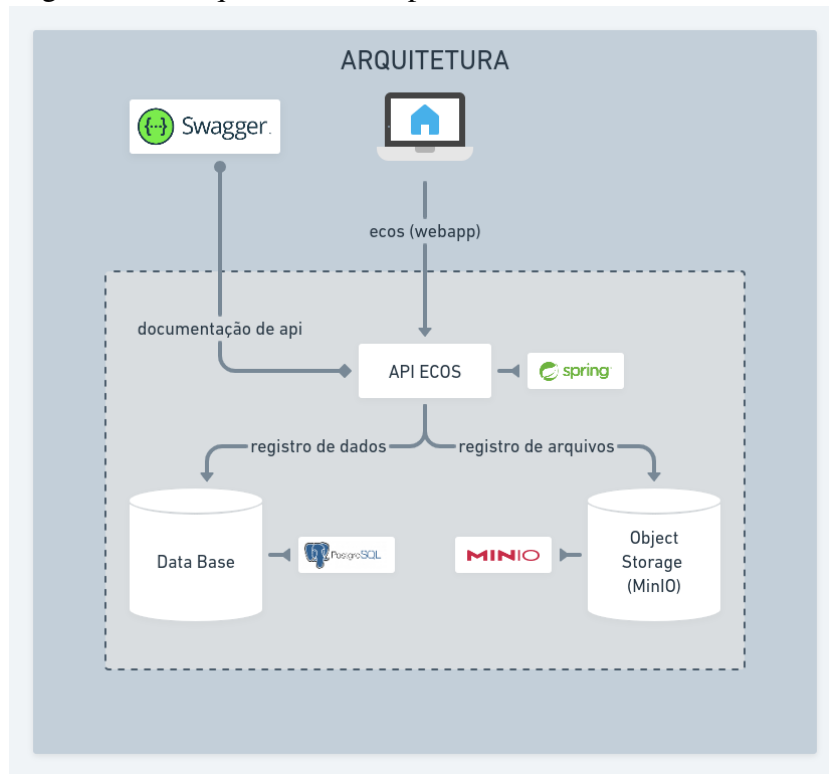
4.1 Arquitetura e Componentes

A Figura 22 apresenta uma visão geral da arquitetura da ferramenta, onde é sugerida uma estrutura cliente-servidor sendo que o servidor se comunica com o *app front-end ECOS Modeling* e o mesmo recebe requisições por recursos dos seus clientes. As tecnologias de desenvolvimento de software utilizadas para a implementação da aplicação foram: o *framework front-end Vue.JS*, a biblioteca *JavaScript* para criação e manipulação de diagramas interativos *Mxgraph.JS* e a linguagem de programação *Java* em sua versão 11 com Ecosystema *Spring* para o desenvolvimento do *back-end* da aplicação.

Os componentes presentes na arquitetura da aplicação são: a *API ECOS*, o banco de dados relacional *PostgreSQL*, o Ecosystema *Spring*, o *framework Vue.JS*, o *MinIO* e o *Swagger*. Todos estes componentes se comunicam através do protocolo *http*. A seguir é apresentada uma breve descrição de cada um dos componentes e tecnologias:

- **API ECOS:** é a estrutura do *back-end* da aplicação disponibilizada em formato de *API RESTFULL*, onde se concentram as principais regras de negócio, toda a parte de segurança e controle de acesso de usuários e a interface entre o cliente, a base de dados e os arquivos salvos;
- **PostgreSQL:** base de dados relacional, onde ficam salvos os usuários, os modelos e as referências para seus respectivos arquivos;
- **MinIO:** é um servidor de arquivos baseado no protocolo S3, onde são salvos os arquivos referente aos modelos;
- **ECOS webapp:** é o que compõe o sistema de modelagem e o repositório para modelos;

Figura 22 – Arquitetura e componentes da ferramenta.



Fonte: Elaborado pelo autor.

- **Swagger:** é a documentação da API ECOS, serve para a realização de testes no *back-end* da aplicação;
- **VueJs:** é o *framework* utilizado no desenvolvimento do *front-end* da aplicação;
- **Ecosistema Spring** é o *framework* utilizado no desenvolvimento do *back-end* da aplicação.

4.2 Funcionalidades

A ferramenta de modelagem e repositório para modelos ECOS *Modeling* implementa algumas funcionalidades que foram elencadas desde a sua concepção e que não foram totalmente realizadas em suas versões anteriores - (PINHEIRO, 2021); (PINHEIRO *et al.*, 2022) - até a presente versão. O objetivo da ferramenta é possibilitar a comunidade um suporte no quesito modelagem, disponibilidade de modelos e ambiente próprio com repositório para modelos.

As principais funcionalidades que esta versão implementa são: o cadastro de usuários, *login*, cadastro de modelos SSN, visualização de modelos, edição de modelos cadastrados pelos usuários, modelagem SSN e armazenamento de modelo pelos usuários no repositório. A ferramenta também implementa funcionalidades de renderização dos modelos salvos para a

visualização por parte dos usuários, implementa também a internacionalização da ferramenta disponível nos idiomas português, inglês e espanhol e aprimora algumas funcionalidades relacionadas ao quesito modelagem SSN.

4.2.1 Requisitos Funcionais

Nesta subseção estão especificados os requisitos funcionais da ferramenta ECOS *Modeling* levantados conforme a necessidade da comunidade de ECOS em relação a modelagem e conforme as especificações da própria ferramenta. Os requisitos funcionais são apresentados com seus respectivos identificadores (RF<Número Identificador>), os mesmos especificam os comportamentos, funcionalidades, regras de negócio e a estrutura da ferramenta:

- **RF1 - Cadastro de usuários:** os usuários poderão se cadastrar na aplicação para salvar seus modelos criados no repositório e para utilizar as principais funcionalidades da ferramenta;
- **RF2 - Login de usuários:** os usuários poderão realizar o login na aplicação por meio de e-mail e senha cadastrados;
- **RF3 - Alteração de dados cadastrais:** os usuários poderão alterar seus dados cadastrais como: nome, e-mail, instituição, senha e foto;
- **RF4 - Modelagem SSN de ECOS:** os usuários poderão realizar modelagem utilizando a notação SSN;
- **RF5 - Salvar modelos SSN:** os usuários poderão salvar seus modelos criados no repositório e disponibilizá-los à comunidade;
- **RF6 - Atualização de dados do modelo:** os usuários poderão atualizar os dados de seus modelos cadastrados;
- **RF7 - Exclusão de modelos:** os usuários poderão excluir seus modelos cadastrados;
- **RF8 - Edição de modelos do usuário:** os usuários poderão editar seus modelos, realizando manutenções e evoluções dos mesmos;
- **RF9 - Visualização de modelos disponíveis:** os usuários poderão visualizar todos os modelos criados por todos os usuários na aplicação;
- **RF10 - Geração de estatísticas de um modelo:** os usuários poderão gerar estatísticas dos modelos, para fins de estudos e análises estatísticas.

4.2.2 *Requisitos Não-funcionais*

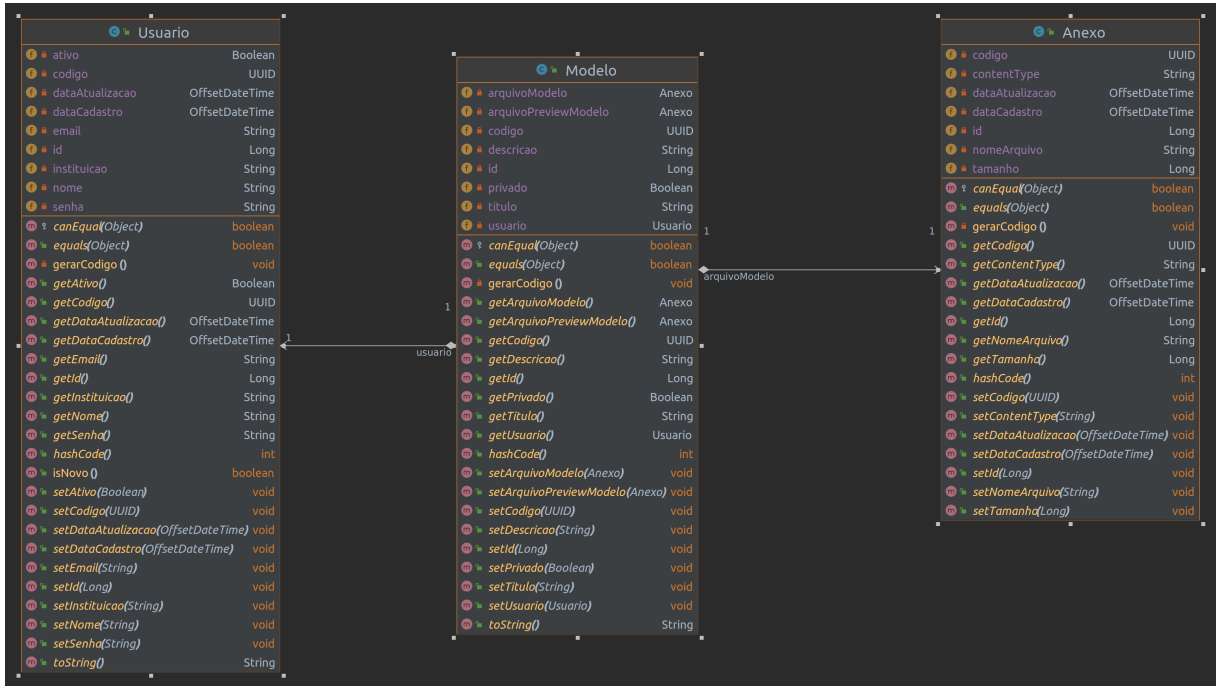
Nesta subseção são apresentados os requisitos não funcionais elencados para a ferramenta de modelagem e repositório para modelos de ECOS, com seus respectivos identificadores (RNF<Número Identificador>). Esses requisitos não funcionais são relacionados ao uso da aplicação em termos de desempenho, usabilidade, confiabilidade, segurança, disponibilidade, manutenção e tecnologias envolvidas, assim como estes requisitos dizem respeito a como as funcionalidades serão entregues ao usuário da ferramenta:

- **RNF1 - Usabilidade:** a interação como usuário é vital para o pleno funcionamento do sistema, logo a ferramenta possui uma interface usual e de fácil compreensão pelo usuário;
- **RNF2 - Desempenho:** a ferramenta deverá realizar todas as operações em tempo considerável sem erros ou falhas;
- **RNF3 - Internacionalização:** a ferramenta deverá estar disponível em 3 idiomas diferentes, neste caso o português, o inglês e o espanhol;
- **RNF4 - Segurança:** todas as operações realizadas na aplicação deverão ser seguras, e assegurar ao usuário integridade nos dados;
- **RNF5 - Disponibilidade:** a aplicação deverá estar o máximo possível disponível a comunidade, sem falhas de acesso;
- **RNF6 - Confiabilidade:** os dados cadastrados pelos usuários deverão ser mantidos seguros e a aplicação ser confiável.

4.2.3 *Diagrama de Classes*

A Figura 23 apresenta o diagrama de classes UML da aplicação, apresentando as classes do *back-end* da aplicação implementada em *Java*. O diagrama de classes UML tem a finalidade de separar os elementos de *design* da codificação do sistema e de descrever os objetos da aplicação *web* através da especificação dos atributos e operações que cada classe possui (BEZERRA, 2007). A ferramenta implementa três classes de objetos em *Java*, sendo elas: a classe usuário com os atributos e comportamentos do usuário na aplicação, a classe de modelo que é relacionada aos modelos SSN na aplicação; e a classe anexo que complementa os comportamentos na relação entre usuários e modelos na ferramenta.

Figura 23 – Diagrama classes UML.

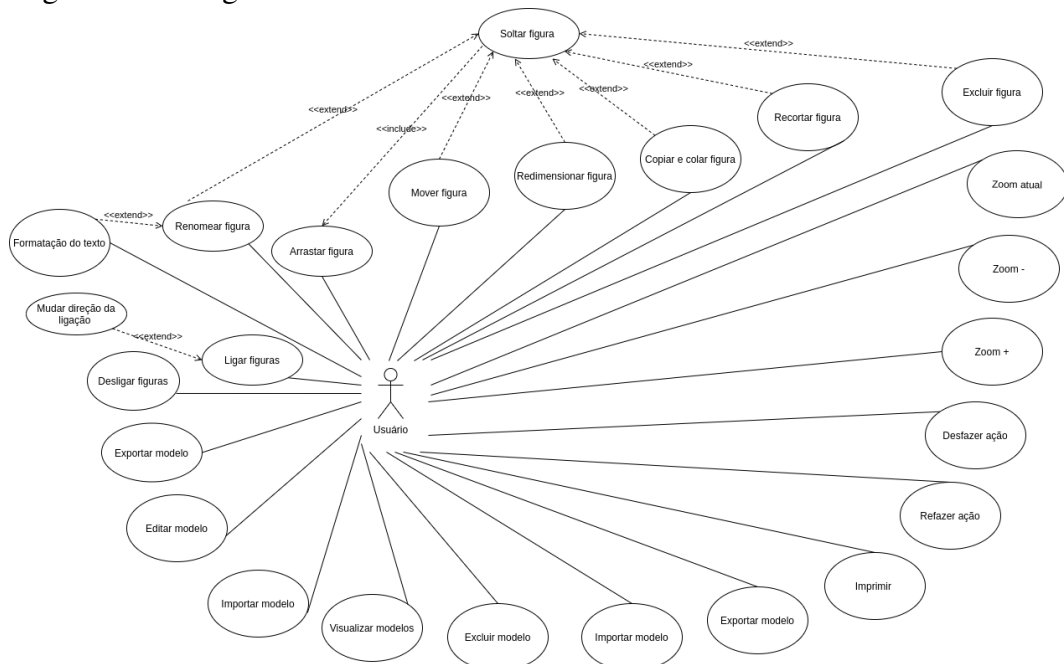


Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.4 Diagrama de Caso de Uso

A Figura 24 apresenta o diagrama de caso de uso da ferramenta com todas as funcionalidades e requisitos relacionados a modelagem SSN, com o intuito de demonstrar as diversas maneiras que o usuário pode interagir com a ferramenta no quesito criação de modelos.

Figura 24 – Diagrama de caso de uso.

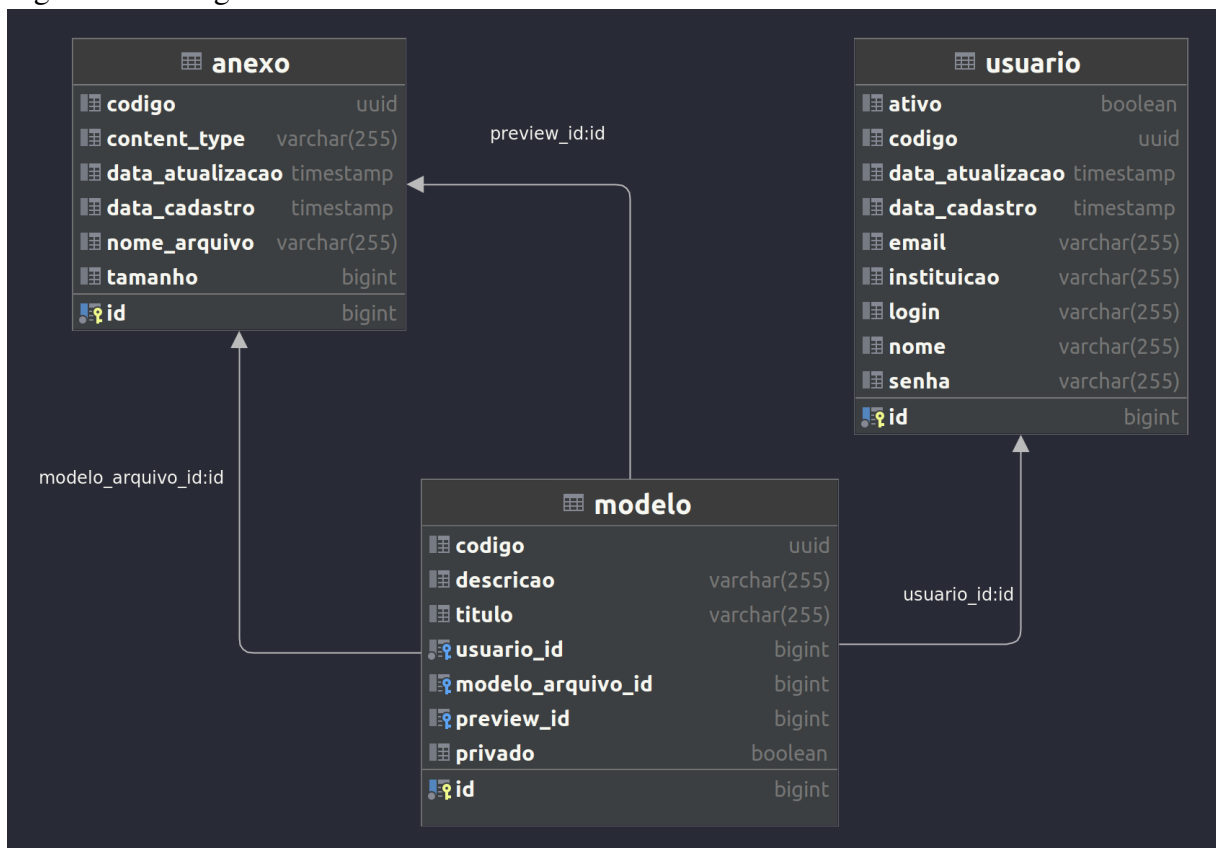


Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.5 Diagrama de Entidade e Relacionamento

A Figura 25 apresenta o diagrama de entidade e relacionamento do banco de dados da aplicação, apresentando as classes e as entidades do banco de dados SQL utilizadas na implementação. O diagrama é um modelo de dados para descrever os dados ou aspectos de informação de um domínio de negócio ou seus requisitos de processo.

Figura 25 – Diagrama entidade e relacionamento do banco de dados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 ECOS Modeling - Modelagem SSN e Repositório para Modelos

Esta seção apresenta a ferramenta de modelagem e repositório para modelos ECOS Modeling. A ferramenta de modelagem ECOSModeling¹ é um sistema web que é capaz de entregar aos usuários e pesquisadores da comunidade de ECOS um ambiente próprio de modelagem SSN, com o objetivo de suprir uma das carências da literatura que é a falta de ambiente próprio e de suporte a modelagem, assim como um repositório para modelos de ECOS.

O objetivo desta ferramenta é dar um apoio a comunidade acerca da modelagem

¹ <https://www.ecosmodeling.ml/>

SSN de ECOS que é algo emergente em termos de pesquisa, ensino e prática. Outro objetivo é fornecer um repositório para modelos SSN criados na própria ferramenta, ou seja o usuário modela o ECOS, salva e disponibiliza na ferramenta com a finalidade de colaboração entre a comunidade de ECOS nos modelos gerados. Este quesito objetiva fomentar a pesquisa prática sobre modelagem de ECOS e alavancar a literatura no que diz respeito ao ensino dos conceitos de ECOS em disciplinas de ES.

A ferramenta em questão foi avaliada em sua primeira versão apenas com a funcionalidade de modelagem e outra com as demais funcionalidades existentes (PINHEIRO *et al.*, 2022). A avaliação foi efetuada no contexto educacional, ou seja, no contexto de ensino de ECOS em disciplinas de ES. As avaliações foram bem proveitosas, deram um respaldo maior a ferramenta e possibilitaram a resolução de algumas inconsciências que existiram.

4.3.1 Telas da Ferramenta

Esta seção apresenta as telas e funcionalidades da ferramenta, com a finalidade de ilustrar as principais contribuições que esta ferramenta traz a comunidade nos termos previamente citados, assim como apresentar o ambiente de modelagem e repositório para modelos disponíveis, elencando as principais funcionalidades e uma breve descrição de cada funcionalidade.

As telas da ferramenta estão dispostas em quatro formas de organização. A primeira é a tela inicial que mostra todo o corpo da ferramenta, a segunda é a parte da modelagem SSN, a terceira é a parte do repositório para modelos disponíveis na ferramenta para os usuários e por último a parte de cadastro, login e troca de foto na ferramenta.

4.3.1.1 Tela Inicial

A Figura 26 apresenta a tela inicial da ferramenta com algumas informações sobre a mesma, alguns modelos disponíveis e a informação de como citar a ferramenta em trabalhos acadêmicos. A tela principal conta com um menu superior com alguns *links* para outras páginas da aplicação como: para a parte do editor que é a modelagem, para os modelos disponíveis, para o cadastro na ferramenta e a funcionalidade de *login*.

A página possui uma breve descrição da ferramenta e alguns modelos já cadastrados na ferramenta são listados também na página inicial. Por último, o rodapé exibe como citar a ferramenta em trabalhos acadêmicos.

Figura 26 – Tela inicial da ferramenta.

ECOS Modeling Início Editor Modelos Cadastro Entrar

Ecos Modeling

Modelagem de ecossistemas de software

Sobre

A ferramenta ECOS Modeling 3.0 surge com o intuito de agrupar modelos desenvolvidos por pesquisadores, de forma que a comunidade de ECOS possa colaborar para disseminar e impulsionar o crescimento da área.

Além disso, tem o quesito principal que a modelagem de ECOS, ou seja, a criação dos modelos, funcionalidade já existente na versão 1.0 da ferramenta. As novas funcionalidades da ferramenta incluem consultar modelos e perceberem a importância de se construir uma modelagem adequada, além de expandir a ferramenta.

Diagrama de relacionamento:

```

    graph TD
      Cliente[Cliente] --> Intermediario[Intermediário]
      Fornecedor[Fornecedor] --> Intermediario
      Intermediario --> ClienteCliente[Cliente do Cliente]
  
```

Modelos

Ronier Lima
16/09/2022

Evolução do ECOS SIPPA
Sistema de Presenças e Planos de Aula da UFPA

DETALHES

Victor Pinheiro
21/09/2022

ECOS SIPPA
Sistema de Presenças e Planos de Aula da Universidade Federal do Ceará - Campus Caucaia

DETALHES

Victor Pinheiro
22/09/2022

ECOS AWS
Amazon Web Services, também conhecido como AWS, é uma plataforma de serviços de computação em nuvem.

DETALHES

Maria Erlaine
26/09/2022

ECOS GCP 01
Google Cloud Platform é uma suite de computação em nuvem oferecida pelo Google.

DETALHES

Maria Erlaine
26/09/2022

ECOS AWS 01
Amazon Web Services, também conhecido como AWS, é uma plataforma de serviços de computação em nuvem.

DETALHES

Victor Pinheiro
22/09/2022

ECOS GCP
Google Cloud Platform é uma suite de computação em nuvem oferecida pelo Google.

DETALHES

+

Como citar essa Ferramenta?

PINHEIRO, F. V. da S.; COUTINHO, E. F.; SANTOS, I.; BEZERRA, C. I. M. A Tool for Supporting the Teaching and Modeling of Software Ecosystems Using SSN Notation. *Journal on Interactive Systems*, Porto Alegre, RS, v. 13, n. 1, p. 192-204, 2022. DOI: 10.5753/jis.2022.2602. Disponível em: <https://soi.sbc.org.br/journals/index.php/jis/article/view/2602>.

► BibTeX

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3.1.2 Tela da Modelagem SSN

As funcionalidades relacionadas a modelagem SSN disponíveis nesta versão da ferramenta são: otimização na modelagem SSN, exportação de modelos em formatos de imagem e hipertexto, importação de modelo SSN na ferramenta para possíveis edições e manutenções, manipulação dos modelos e do modelo criado, propriedades sobre o modelo gerado, e dados estatísticos sobre os componentes e os relacionamentos no modelo de ECOS. A seguir estão

descritas estas funcionalidades:

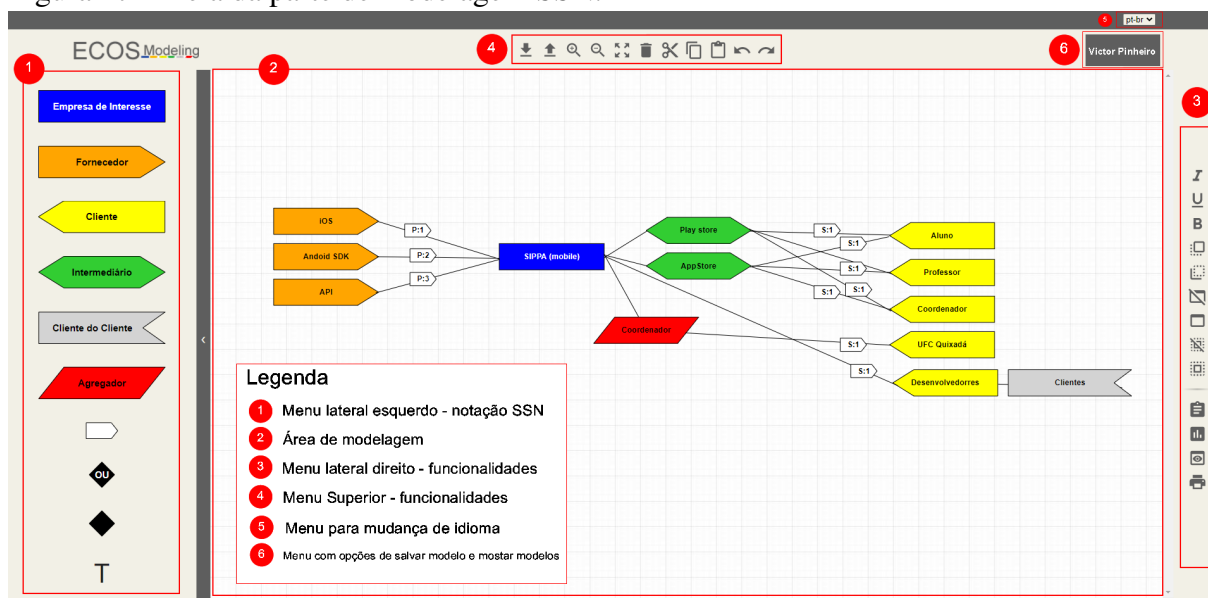
- **Modelagem:** Funcionalidade que permite ao usuário manipular os componentes da notação SSN desde o menu do lado esquerdo até a área de modelagem, permitindo a criação do modelo de ECOS. Possui ainda a funcionalidade de área de desenho infinita, permitindo a criação de modelos em grande escala;
- **Exportar modelo:** Permite a exportação do modelo criado em algumas extensões, tanto como imagem (PNG e SVG) quanto nos formatos JSON e XML. Esta funcionalidade permite que o usuário utilize posteriormente o modelo criado na ferramenta;
- **Importar modelo:** Permite a importação do modelo em formato XML na ferramenta para manutenção e posterior evolução como adição de novos componentes e relacionamentos ao ECOS;
- **Internacionalização:** Possibilita a internacionalização da ferramenta. A funcionalidade permite a tradução da ferramenta em três idiomas: português, inglês e espanhol;
- **Manipulação do modelo:** Série de funcionalidades que auxiliam na criação do modelo, sua estruturação e posterior manutenção e evolução. As funcionalidades de manipulação são: ampliar e reduzir, zoom padrão, excluir componente, recortar, copiar, colar, refazer, desfazer, selecionar tudo e desmarcar, imprimir, avançar, retroceder, negrito, itálico e sublinhado;
- **Propriedades:** A funcionalidade exibe as propriedades XML do modelo criado no momento da modelagem para o usuário. Esta funcionalidade permite visualizar as propriedades do modelo;
- **Estatísticas:** A funcionalidade gera um relatório estatístico do modelo sobre os componentes e relacionamentos do ECOS. A funcionalidade permite a extração de dados para futura análise quantitativa do modelo, evolução, versões e manutenção.

A Figura 27 apresenta a tela da área de modelagem da ferramenta, com a notação SSN disposta no menu lateral esquerdo, a área de modelagem ao centro, as funcionalidades de manipulação do modelo no menu lateral direito na parte superior e na parte inferior as

funcionalidade sobre as propriedades e estatísticas do modelo. No menu superior direito temos mais funcionalidades de manipulação do modelo, o menu de internacionalização no menu superior e o nome do usuário logado com as funcionalidades de salvar o modelo, novo modelo, meus modelos e *logout* na aplicação.

Esta parte da ferramenta é o segundo foco principal da ferramenta *ECOS Modeling*, pois permite ao usuário criar modelos de ECOS e posteriormente disponibilizá-los no repositório. A parte de modelagem segue o mesmo padrão de *design* minimalista com a finalidade de facilitar a utilização da ferramenta pelo usuário. A ferramenta de modelagem já existia separadamente e agora está em conjunto com o repositório para modelos.

Figura 27 – Tela da parte de modelagem SSN.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Outro exemplo é a funcionalidade de relatório estatístico do modelo mostrado na Figura 28. A funcionalidade fornece uma visão numérica do ECOS em relação aos seus atores, papéis e relacionamentos. O relatório gerado é apresentado aos usuários tanto em um modal na tela como também pode ser exportado em formato PDF.

Figura 28 – Relatório estatístico do modelo em PDF.

ECOS Modeling

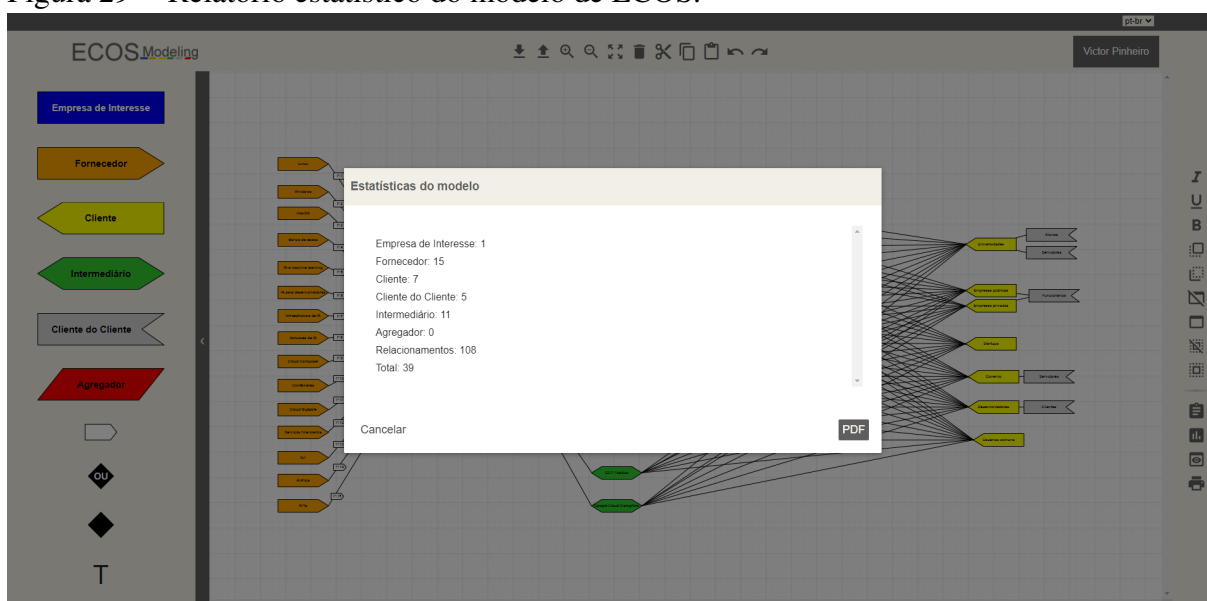
Estatísticas do modelo

Empresa de Interesse: 2
 Fornecedor: 7
 Cliente: 8
 Cliente do Cliente: 2
 Intermediário: 1
 Agregador: 1
 Relacionamentos: 21
 Total: 21

Fonte: Elaborado pelo Autor.

A Figura 29 apresenta o relatório gerado na ferramenta e com a opção de exportar em formato PDF. O relatório gerado no modelo mostra o número de elementos presentes no ECOS, quantas empresas de interesse, quantos clientes, quantos fornecedores, quantos intermediários, quantos agregadores, o total de relacionamentos e o total de componentes SSN no ECOS. Este relatório é importante para estudos futuros relacionados a evolução e simulação de ECOS, como e quanto o modelo evoluiu em termos de quantidade de elementos em um determinado período de tempo.

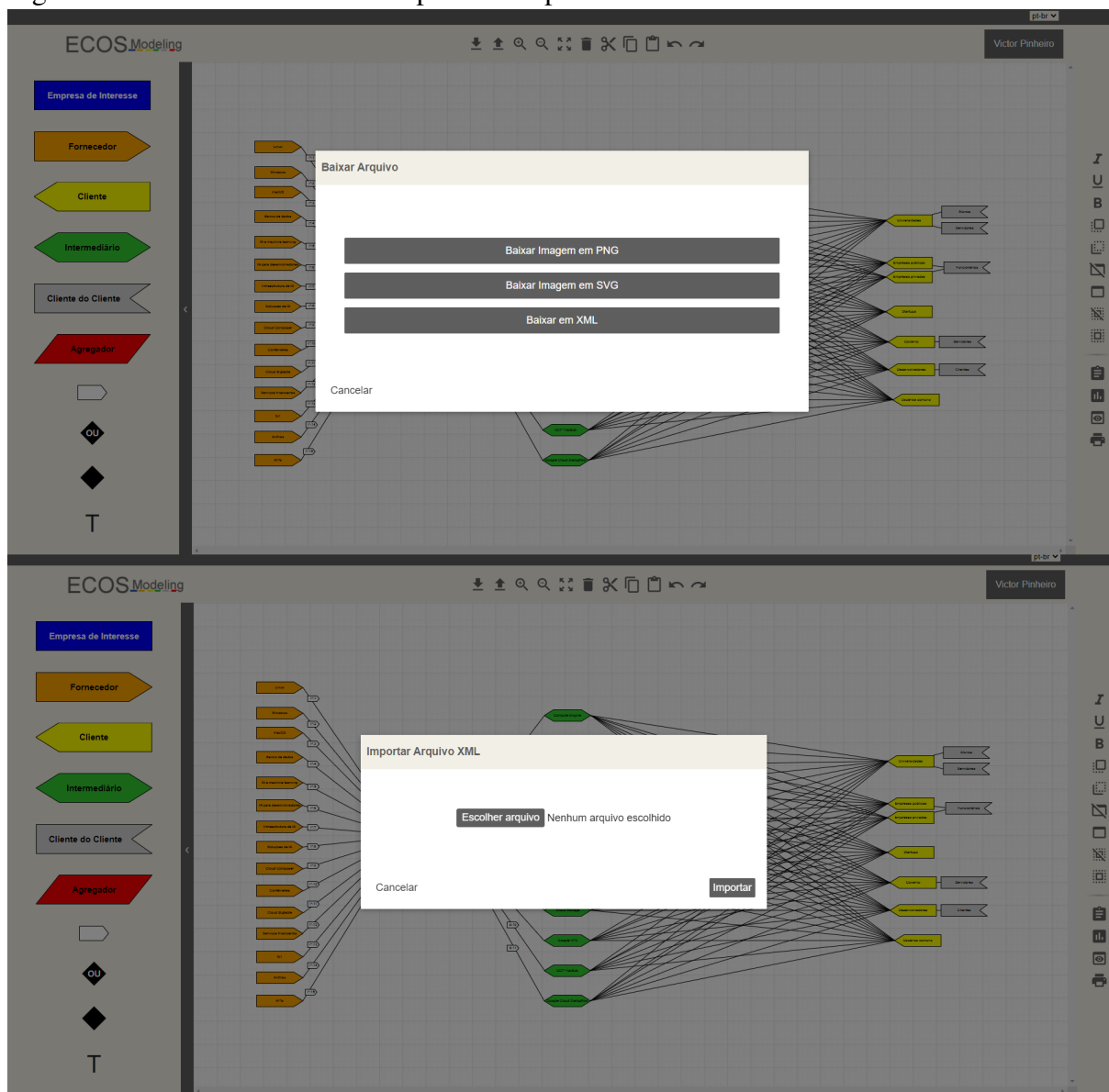
Figura 29 – Relatório estatístico do modelo de ECOS.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Outro exemplo é ilustrado na Figura 30, a funcionalidade de exportação, permite salvar o modelo criado e importar, que é abrir o modelo na ferramenta de edição e manutenção. São funcionalidades que permitem exportar o modelo em algumas extensões (XML, SVG, PNG e JSON) e importar o modelo para a própria ferramenta no formato XML. A funcionalidade de importação é importante para manter o modelo ao longo do tempo, reutilizando o modelo antigo em vez de recriá-lo do zero, apenas fazendo pequenas edições, adicionando ou removendo componentes e relacionamentos ao modelo.

Figura 30 – Funcionalidades de exportar e importar modelo.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.3.1.3 Telas do Repositório para modelos SSN

A Figura 31 apresenta a tela de modelos cadastrados no repositório, onde se pode observar todos os modelos disponíveis de todos os usuários, assim como, visualizar todas as informações sobre o modelo e adicionar o modelo para si, podendo editá-lo e interagir com a comunidade de usuários.

Figura 31 – Tela de modelos cadastrados.

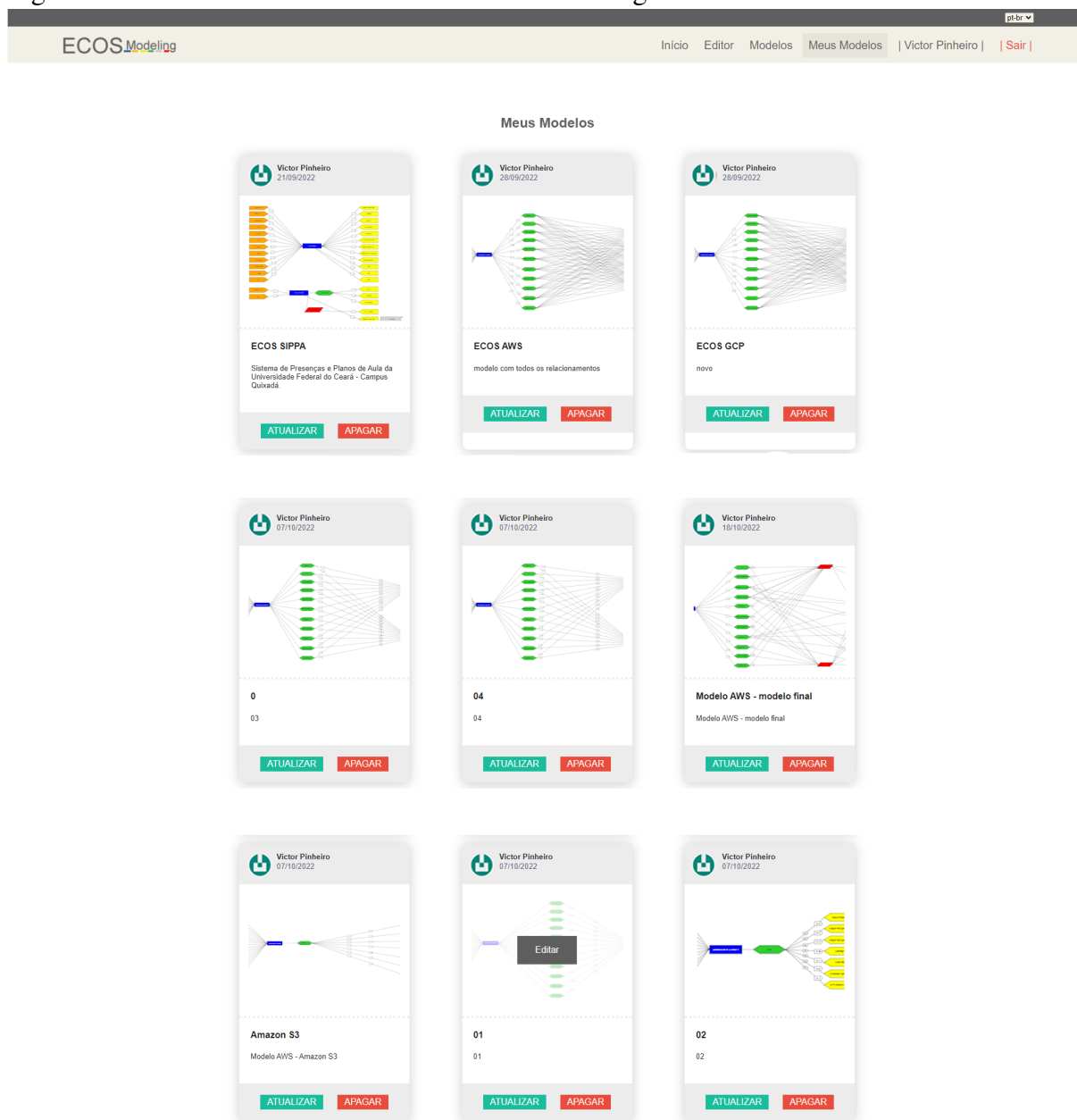
The screenshot shows the 'Modelos' section of the ECOS Modeling repository. The interface includes a navigation bar with 'Início', 'Editor', 'Modelos', 'Cadastro', and 'Entrar'. The main content area displays a grid of model cards, each with a diagram, a title, a description, and a 'DETALHES' button.

Model Name	Author	Description
Evolução do ECOS SIPPA	Ronier Lima (19/09/2022)	Sistema de Presenças e Planos de Aula da UFC
ECOS SIPPA	Victor Pinheiro (21/09/2022)	Sistema de Presenças e Planos de Aula da Universidade Federal do Ceará - Campus Quixadá
ECOS AWS	Victor Pinheiro (28/09/2022)	Amazon Web Services, também conhecido como AWS, é uma plataforma de serviços de computação em nuvem.
ECOS GCP 01	Maria Erlane (29/09/2022)	Google Cloud Platform é uma suite de computação em nuvem oferecida pelo Google
ECOS AWS 01	Maria Erlane (29/09/2022)	Amazon Web Services, também conhecido como AWS, é uma plataforma de serviços de computação em nuvem.
ECOS GCP	Victor Pinheiro (28/09/2022)	Google Cloud Platform é uma suite de computação em nuvem oferecida pelo Google
SIPPA MOBILE	Ronier Lima (29/09/2022)	Sistema de Presenças e Planos de Aula da Universidade Federal do Ceará - Campus Quixadá

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 32 apresenta a tela meus modelos, com os modelos criados pelo usuário logado na ferramenta de modelagem e disponíveis no repositório, onde o usuário pode editar dados, atualizar modelo e excluir modelo do repositório.

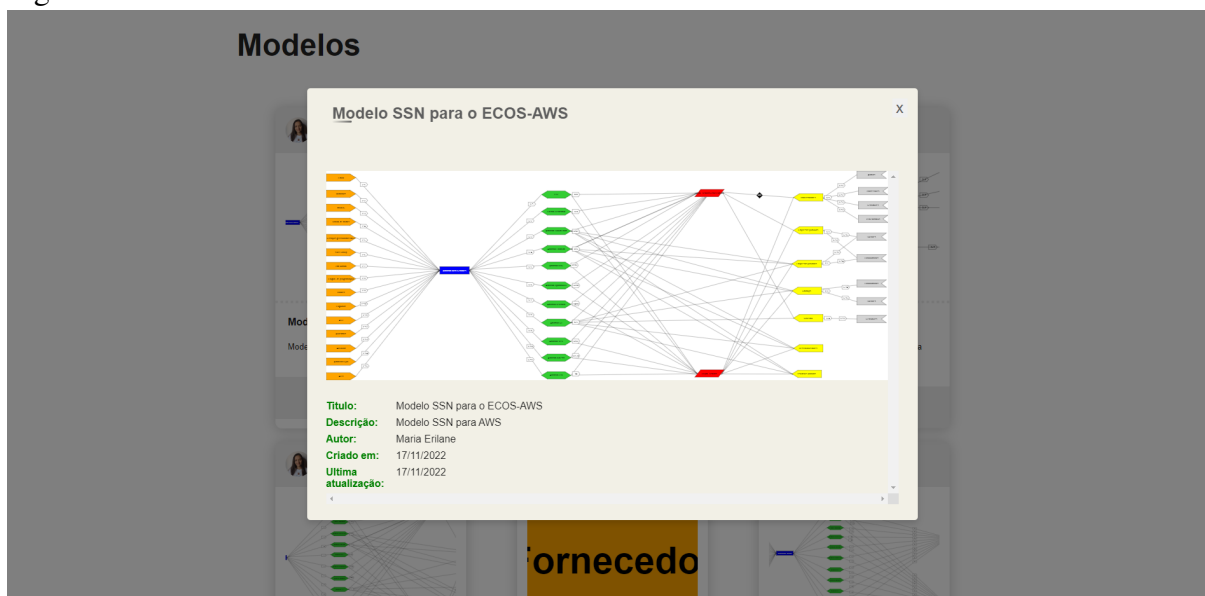
Figura 32 – Tela de modelos cadastrados do usuário logado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 33 apresenta um modal na tela com os detalhes do modelo, que podem ser acessados pelos usuários da ferramenta, tanto na tela inicial como na tela de modelos disponíveis. Os dados sobre o modelo são: título, descrição, autor, data de criação e data de última atualização.

Figura 33 – Tela de detalhes do modelo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3.1.4 Cadastro e Manipulação de Dados do Usuário

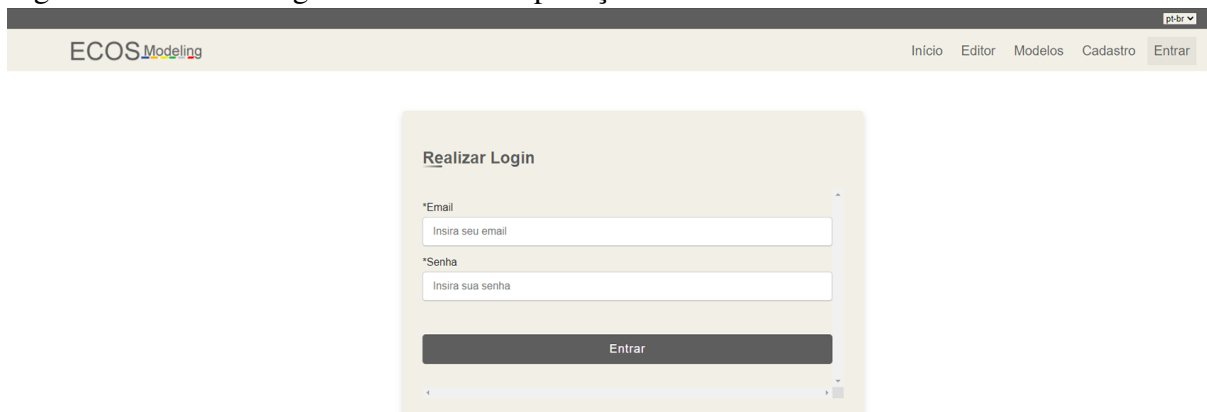
A Figura 34 apresenta a tela de cadastro de usuário na aplicação. Para a realização do cadastro o usuário deve fornecer os seguintes campos: nome, e-mail, senha e instituição no qual o usuário pertence.

Figura 34 – Tela de cadastro de usuário na aplicação.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 35 apresenta a tela de *login* de usuário na aplicação. Para a realização do login o usuário deve fornecer os seguintes campos: e-mail e senha.

Figura 35 – Tela de login de usuário na aplicação.



The screenshot shows the login interface of the ECOS Modeling application. At the top, there is a navigation bar with the logo 'ECOS Modeling' on the left and menu items 'Início', 'Editor', 'Modelos', 'Cadastro', and 'Entrar' on the right. A language dropdown menu is set to 'pt-br'. The main content area features a form titled 'Realizar Login'. The form contains two input fields: '*Email' with the placeholder text 'Insira seu email' and '*Senha' with the placeholder text 'Insira sua senha'. Below these fields is a dark 'Entrar' button. The form is enclosed in a light-colored box with a subtle shadow.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 36 apresenta a tela de manipulação de dados do usuário cadastrado na aplicação. A tela apresenta os campos: nome, e-mail e instituição a qual o usuário pertence. Por meio dessa tela o usuário logado pode alterar seus dados cadastrados na aplicação.

Figura 36 – Tela de atualização de dados cadastrais.

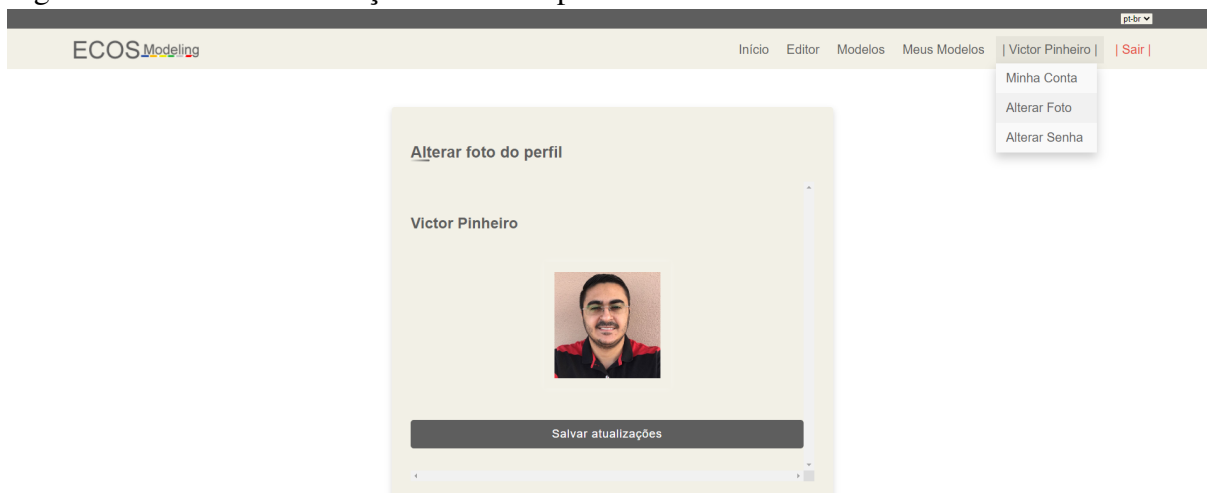


The screenshot shows the user profile update interface of the ECOS Modeling application. The navigation bar is similar to the login page, but includes a user profile dropdown menu with the name 'Victor Pinheiro' and options for 'Minha Conta', 'Alterar Foto', and 'Alterar Senha'. The main content area features a form titled 'Atualizar meus dados'. The form contains three input fields: '*Nome' with the value 'Victor Pinheiro', '*Email' with the value 'victor.pinheiro.mr@gmail.com', and 'Instituição' with the value 'Universidade Federal do Ceará - UFC'. Below these fields is a dark 'Salvar' button. The form is enclosed in a light-colored box with a subtle shadow.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 37 apresenta a tela de atualização de foto do perfil de usuário logado na aplicação. O usuário pode acessar o seu perfil e adicionar a sua foto ou ícone que desejar escolher. Por padrão a ferramenta no ato do cadastro coloca um ícone aleatório para cada usuário cadastrado.

Figura 37 – Tela de atualização de foto do perfil.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 38 apresenta a tela de atualização de senha do usuário logado na aplicação. O usuário pode acessar o seu perfil e trocar a sua senha, colocando a senha atual e informando a nova senha duas vezes.

Figura 38 – Tela de atualização de senha.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3.1.5 Mudança de Idioma na Ferramenta

A Figura 39 (A) apresenta a tela inicial da ferramenta no idioma inglês. A Figura 39 (B) apresenta a tela inicial da ferramenta no idioma espanhol, conforme a funcionalidade de internacionalização.

Figura 39 – Tela inicial em inglês e espanhol.

ECOS Modeling en

Home Editor Models Registration Log In

Ecos Modeling Software Ecosystems Modeling

(A)

About

The ECOS Modeling 3.0 tool appears with the aim of grouping models developed by researchers, so that the ECOS community can collaborate to disseminate and boost the growth of the area.

In addition, there is the main issue of ECOS modeling, that is, the creation of models, a feature that already exists in version 1.0 of the tool. The new features of the tool include querying models and realizing the importance of building an adequate model, in addition to expanding the tool.



The diagram illustrates a flow of information or services. It features four main components: 'Cliente' (Client) represented by a yellow arrow pointing left, 'Fornecedor' (Provider) represented by an orange arrow pointing right, 'Intermediário' (Intermediary) represented by a green arrow pointing right, and 'Cliente do Cliente' (Client of the Client) represented by a grey arrow pointing left. The arrows are arranged in a way that suggests a network or flow between these entities.

ECOS Modeling es

Inicio Editor Modelos Registro Acceso

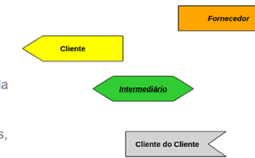
Ecos Modeling Software de modelado de ecosistemas

(B)

Sobre

La herramienta ECOS Modeling 3.0 surge con el objetivo de agrupar modelos desarrollados por investigadores, para que la comunidad ECOS pueda colaborar en la difusión e impulsar el crecimiento del área.

Además, está el tema principal del modelado ECOS, es decir, la creación de modelos, característica que ya existe en la versión 1.0 de la herramienta. Las nuevas características de la herramienta incluyen consultar modelos y darse cuenta de la importancia de construir un modelo adecuado, además de expandir la herramienta.



The diagram illustrates a flow of information or services. It features four main components: 'Cliente' (Client) represented by a yellow arrow pointing left, 'Fornecedor' (Provider) represented by an orange arrow pointing right, 'Intermediário' (Intermediary) represented by a green arrow pointing right, and 'Cliente do Cliente' (Client of the Client) represented by a grey arrow pointing left. The arrows are arranged in a way that suggests a network or flow between these entities.

Fonte: Elaborado pelo autor.

5 ABORDAGEM DE ESTUDO SOBRE EVOLUÇÃO DE ECOS

Este Capítulo apresenta a abordagem de estudo sobre evolução de ECOS proposta por este trabalho de mestrado. Na Seção 5.1 é apresentada a introdução do capítulo. Na Seção 5.2 é apresentada a abordagem proposta. A Seção 5.3 apresenta os dados dos modelos SSN a serem utilizados na realização da análise de evolução, neste caso são apresentados dados sobre o ECOS da plataforma de computação em nuvem *Amazon Web Services (AWS)*. Na Seção 5.4 são apresentadas métricas quantitativas, qualitativas e indicadores percentuais sobre a evolução do ECOS. A Seção 5.5 apresenta um exemplo de estudo sobre evolução de um ECOS genérico, apenas exemplificando a abordagem proposta. A seção 5.6 apresenta a proposta implementada na ferramenta *ECOS Modeling*. A Seção 5.7 apresenta as implicações da abordagem proposta neste trabalho e a Seção 5.8 apresenta a conclusão do capítulo.

5.1 Introdução

O estudo sobre evolução de ECOS por meio da análise de modelos SSN é algo bem emergente e escasso na literatura. Na literatura são encontrados alguns trabalhos que apontam e analisam evoluções de ECOS específicos, mais especificamente ECOS abertos e utilizam de abordagens sociais, de negócio porém não fazem o uso da modelagem SSN como meio de analisar a evolução, assim como de visualização da evolução do ECOS conforme a evolução dos modelos.

A evolução de ECOS é impulsionada pela motivação dos usuários individuais, como também pelas relações sociais e interação entre eles (HANSSEN; DYBÅ, 2012), (JANSEN; CUSUMANO, 2013), (MANIKAS; HANSEN, 2013b). De acordo com Hanssen (2012), o objetivo final de investir e trabalhar para um ecossistema é que todos os membros obtenham mais benefícios por fazerem parte dele. Segundo Fan *et al.* (2020) estudar a evolução do ECOS pode ajudar os gerentes de ecossistemas a entender melhor a estrutura do ECOS, monitorar o *status* da evolução e tomar decisões corretas.

Alguns experimentos que abordam o termo evolução de ECOS de maneira geral são encontrados no mapeamento sistemático de literatura realizado por este trabalho: Coutinho *et al.* (2017), Valença e Alves (2017), Costa *et al.* (2021a), Costa *et al.* (2021b). O mais revelante trabalho é o trabalho de Costa *et al.* (2021b) que propõe uma abordagem para análise de evolução e previsão de tendências com base no subgrafo do grafo de rede de dependência de código, a fim

de realizar a análise efetiva do ECOS em larga escala.

Como é apontado no mapeamento sistemático de literatura realizado neste trabalho, são escassos os trabalhos que mencionam os termos evolução de ECOS ou realizam algum experimento prático ou teórico sobre o assunto. Diante disso, esta proposta apresenta uma abordagem de estudo sobre evolução de ECOS por meio de modelos SSN, tendo como apoio a ferramenta *ECOS Modeling*.

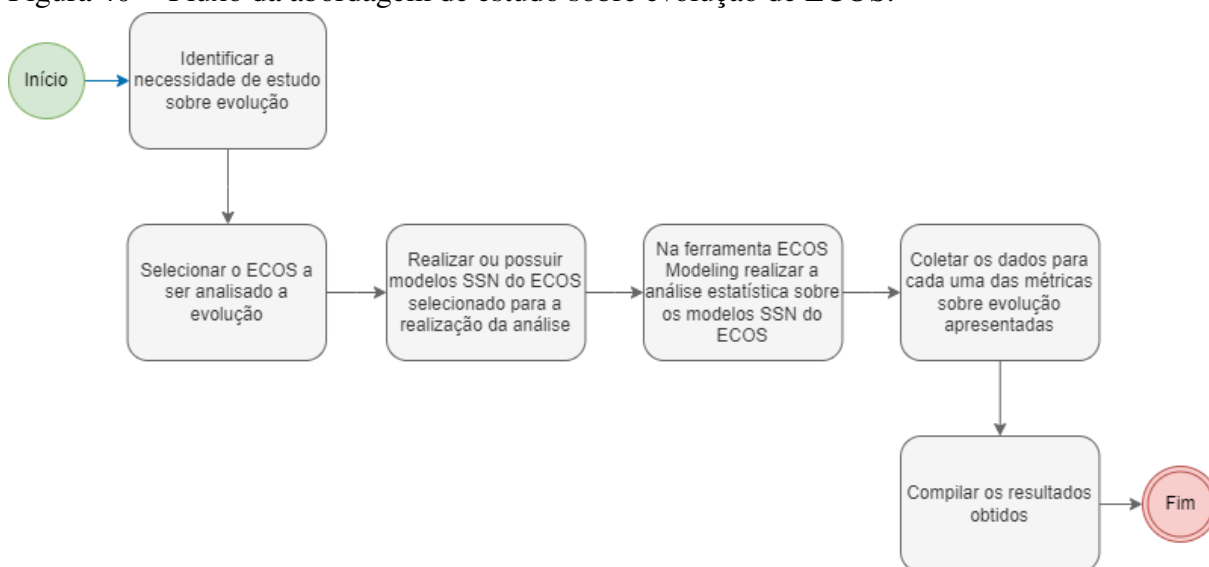
5.2 Abordagem de Estudo sobre Evolução ECOS

A abordagem de estudo sobre evolução de ECOS permite a comunidade realizar uma análise estatística sobre os dados dos modelos SSN de um ECOS, de forma automatizada tendo como base a ferramenta *ECOS Modeling*. A abordagem de estudo proposta por este trabalho é realizada na ferramenta mencionada, onde os dados a serem analisados e métricas sobre a evolução são apresentadas. Os dados são apresentados em forma numérica e percentual tanto por meio de gráficos como em tabelas.

Para realizar um estudo sobre a evolução de ECOS com a utilização da modelagem SSN, em primeiro lugar é necessário identificar a necessidade do estudo sobre a evolução de ECOS a partir dos modelos SSN do ECOS. É necessário a elaboração de um modelo SSN do ECOS a ser analisado, possuindo pelo menos duas versões de diferentes intervalos de tempos, ou de duas concepções diferentes do ECOS. Os dados dos modelos SSN gerados irão dar meio para a realização do estudo sobre a evolução. Após esses passos iniciais, outros passos deverão ser executados posteriormente seguindo uma sequência lógica para uma melhor compreensão da evolução do ECOS e para se obter bons e relevantes resultados sobre a análise da evolução a ser realizada.

Para a realização de estudo utilizando a abordagem sobre a evolução de ECOS por meio da modelagem SSN proposta por este trabalho é necessário seguir alguns passos sequenciais. Os passos para a realização da abordagem proposta são: (i) identificar a necessidade de estudo sobre evolução; (ii) selecionar o ECOS que terá a sua evolução analisada; (iii) realizar ou possuir modelos SSN do ECOS selecionado para a realização da análise; (iv) na ferramenta *ECOS Modeling* realizar a análise estatística sobre os modelos SSN do ECOS; (v) coletar os dados para cada uma das métricas sobre evolução apresentadas; (vi) compilar os resultados obtidos. A Figura 40 apresenta os passos utilizados na abordagem de estudo sobre evolução de ECOS.

Figura 40 – Fluxo da abordagem de estudo sobre evolução de ECOS.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os passos estão detalhados logo a seguir:

- **Identificar a necessidade de estudo sobre evolução:** o primeiro passo para a realização da abordagem é identificar a necessidade de estudo sobre a evolução de ECOS sobre a modelagem SSN. Essa identificação é necessária para realizar um levantamento das informações iniciais sobre o estudo de evolução. O foco sobre estudo da evolução de um ECOS deverá ser em relação a quantidade de componentes presentes no ECOS, quantidade de atores e relacionamentos assim como a quantidade interações, entradas e saídas no escopo do ECOS. Outro ponto que deve ser tratado é em relação a como a plataforma central é afetada com a evolução do ECOS, e quais fatores individuais de cada componente impactam na evolução de modo geral. A necessidade de estudo sobre evolução deve ser estipulada, para que a abordagem de estudo siga um viés mais apropriado que pode ser voltado a aspectos sociais, de negócios ou ainda com foco na própria plataforma central, evidenciando quais foram os aspectos fortes, fracos e quais melhorias devem ser tomadas em relação ao ECOS e seus atores.

- **Selecionar o ECOS a ser analisado a evolução:** o segundo passo a ser realizado é selecionar o ECOS a ser estudado/analísado a sua evolução, ao longo de um certo período de tempo ou ao longo de certas concepções de modelos SSN que o mesmo ECOS possa ter. O ECOS escolhido pode pertencer a qualquer domínio e pode ser aberto ou fechado. O ECOS a ser analisado deverá possuir pelo menos 5 componentes, atores e relacionamentos em seu escopo. O estudo sobre a evolução de ECOS sob o viés da modelagem SSN irá permitir uma concepção visual e estatística sobre as mudanças que ocorreram com o ECOS, sejam elas de entradas ou saídas de atores e relacionamentos no ECOS. Isso permite uma visão geral do comportamento dos atores com a plataforma central, com os demais atores presentes no ECOS ao longo do tempo.

- **Realizar ou possuir modelos SSN do ECOS selecionado para a realização da análise:** para a realização da análise estatística sobre a evolução do ECOS escolhido no passo anterior, deverá se realizar a modelagem SSN do ECOS de acordo com as mudanças que ocorreram ao longo do tempo escolhido, ou o ECOS já possuir modelos SSN gerados por outros autores que possam evidenciar numericamente e visualmente o comportamento do ECOS assim como sua evolução ao longo dos modelos SSN gerados. Como a abordagem proposta por este trabalho está baseada na modelagem SSN, é crucial que o ECOS a ser estudado possua modelos SSN para a realização do estudo. Por outro lado, pode ser implementada esta abordagem proposta em ECOS sem modelos SSN, porém o trabalho manual de coletar dados sobre o ECOS assim como de relacionar esses dados serão bem maiores e serão por conta do autor do estudo, não se fazendo o uso da abordagem implementada na ferramenta *ECOS Modeling*. A análise estatística compreende a utilização de contagens de dados sobre os modelos, média de evolução por componente e por modelos e dados percentuais sobre a evolução tanto por componentes como por modelos e a diferença percentual de um modelo para outro.

- **Na ferramenta *ECOS Modeling* realizar a análise estatística sobre os modelos SSN do ECOS:** toda a parte de tratamento de dados estatísticos será realizada de forma automática na ferramenta *ECOS Modeling*. A ferramenta irá disponibilizar todos os dados em primeiro lugar individualmente para cada modelo, sendo dados estatísticos numéricos e percentuais apresentados em gráficos e tabelas. Posteriormente irá ser apresentado um

gráfico comparando a quantidade de componentes e relacionamentos para cada modelo e uma tabela com esses dados comparados, mostrando as diferenças numéricas e percentuais. Serão apresentados dois gráficos gerais sobre o quantitativo total de componentes no ECOS assim como com o quantitativo total de relacionamentos e duas tabelas com esses dados evidenciando as diferenças numéricas e percentuais. Serão apresentados os resultados obtidos para cada uma das métricas de evolução em gráficos e tabelas, assim como uma tabela geral com todos os dados, resultados e métricas. Este relatório estatístico gerado sobre a evolução do ECOS por meio da modelagem é que dará margem para estudos relacionados a evolução e/ou simulação de possíveis evoluções no ECOS ao longo do tempo.

- **Coletar os dados para cada uma das métricas sobre evolução apresentadas:** Os dados gerados pelo relatório de evolução do ECOS devem ser relacionados às métricas de evolução, para constatar evoluções de aumento, diminuição, ou estabilidade de componentes, relacionamentos e atores no ECOS e quais os impactos desses aumentos, diminuição, ou estabilidade na plataforma central e no ECOS como um todo. A ferramenta irá apresentar a relação dos dados obtidos com as métricas, porém a interpretação e análise mais profunda o autor deverá realizar para dar mais confiança aos estudo e investigar mais a fundo sobre a evolução, se caso a mesma foi benéfica ou não para o crescimento e o ciclo de vida do ECOS como um todo.

- **Compilar os resultados obtidos:** por fim devem ser compilados todos os resultados obtidos tanto pela ferramenta como pela projeção e relação com as métricas de evolução. Esses resultados apontam a evolução do ECOS pelo determinado intervalo de tempo dos modelos SSN criados para o ECOS. Com esses resultados podem-se fazer inferências de como o ECOS irá se comportar em relação às novas evoluções, adição ou remoção de novo atores e relacionamentos e como a plataforma central está relacionada a todos estes resultados sobre a evolução do ECOS.

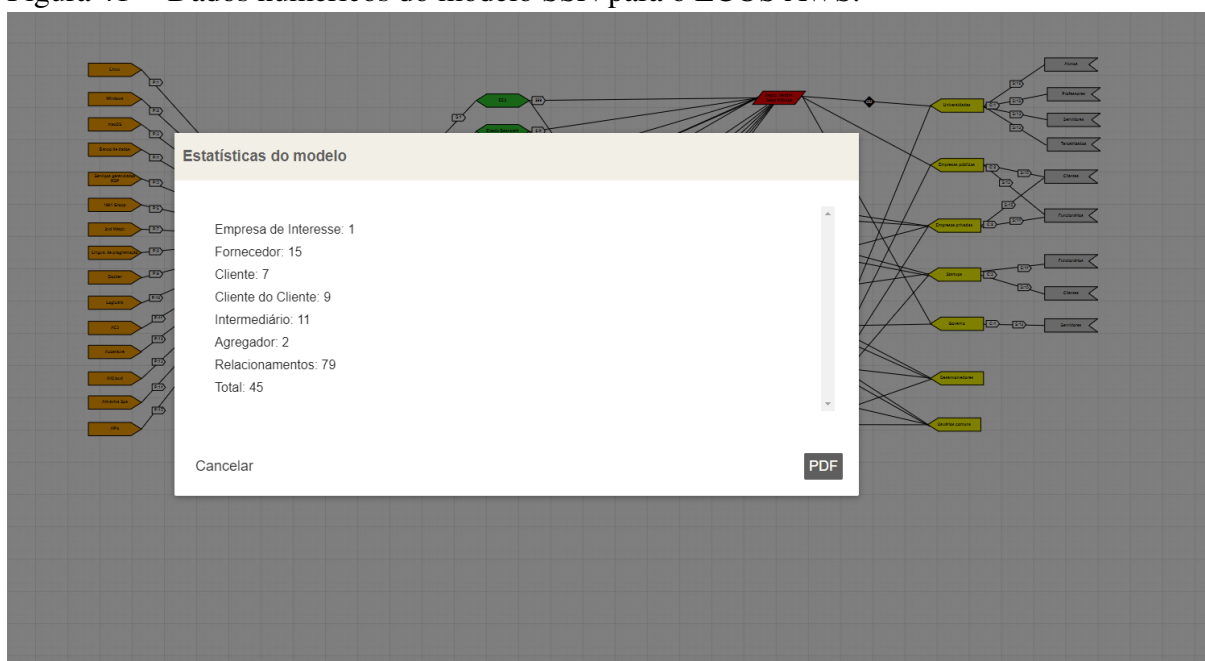
5.3 Dados Numéricos dos Modelos SSN

Os dados que serão utilizados para o levantamento estatístico da evolução conforme os modelos SSN são os dados numéricos sobre os modelos dispostos na ferramenta *ECOS Modeling* na funcionalidade estatísticas do modelo. Esses dados posteriormente serão utilizados para a realização da análise sobre a evolução do ECOS, sendo apresentados em gráficos tabelas e com dados estatísticos de percentuais, média, valores absolutos dentre outros.

5.3.1 Dados do Modelo SSN do ECOS AWS

A Figura 41 apresenta os dados numéricos do modelo SSN para o ECOS da plataforma de computação em nuvem *Amazon Web Services*, um ECOS de grande porte, com um bom número de atores e relacionamentos assim como uma vasta comunidade de usuários. Os atores presentes no ECOS AWS que compõem sua comunidade de usuários são variados e vão desde estudantes, funcionários, servidores públicos a usuários comuns. Esses atores foram selecionados para dar uma visão geral da comunidade de usuários em si, não sendo necessariamente apenas esses usuários que se relacionam com o ecossistema, podendo haver inúmeros outros pertencentes a diversos nichos.

Figura 41 – Dados numéricos do modelo SSN para o ECOS AWS.

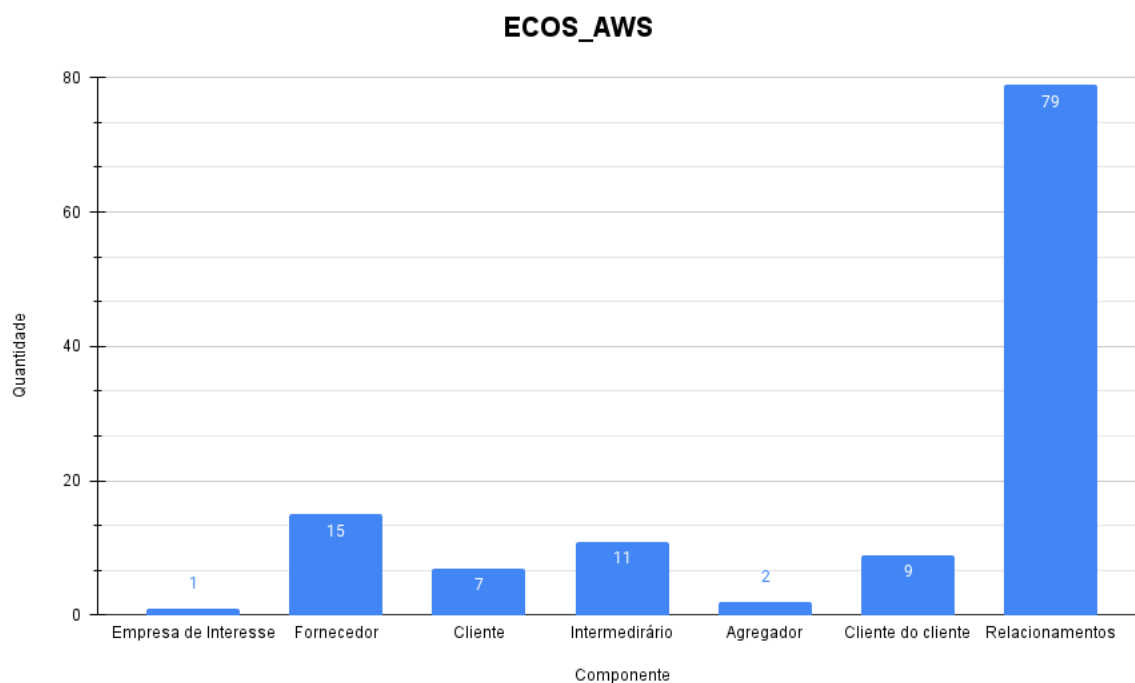


Fonte: Elaborado pelo autor.

Esses dados mostram valores absolutos sobre cada um dos componentes SSN do modelo do ECOS AWS. Pode-se observar um total de 79 relacionamentos 45 atores totalizando ao todo 124 componentes presentes nesta versão do ECOS. Pode-se realizar uma análise de evolução do ECOS AWS a partir de dados de modelos de outras versões do ECOS AWS, confeccionadas há algum determinado período de tempo.

A Figura 42 apresenta esses valores numéricos do modelo SSN para o ECOS AWS em um gráfico de colunas que é outra de forma de visualizar os dados que posteriormente poderão comparados com outros dados e analisada a evolução do ECOS AWS. A ferramenta ECOS *Modeling* irá disponibilizar esses dados tanto em tabelas como em gráficos para uma melhor compreensão do autor em relação aos dados brutos do modelo SSN do ECOS.

Figura 42 – Gráfico de dados numéricos do modelo SSN para o ECOS AWS.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.4 Métricas de Evolução ECOS

Algumas métricas para analisar de um ponto de vista estatístico a evolução de ECOS são apresentadas por este trabalho, com a finalidade de se medir através dos resultados obtidos possíveis aumentos, diminuições e estabilidades que ocorreram no ECOS de acordo com os modelos apresentados a serem utilizados no estudo sobre a evolução. Essas métricas auxiliam na realização de inferências sobre quais impactos a evolução constatada trouxe para o ECOS e a plataforma central, além de números e estimativas. Pode-se utilizar para realizar estimativas futuras, simulando possíveis situações em que o ECOS se encontre através de modelos, os resultados e das métricas propostas.

As métricas sobre a evolução de ECOS propostas neste trabalho são divididas em três partes: métricas quantitativas, qualitativas e percentuais, para se comparar e analisar com os dados obtidos pelo resultado do estudo sobre evolução de ECOS. As métricas quantitativas abordam dados numéricos e valores absolutos, as qualitativas dão um suporte às quantitativas apenas para confrontar os resultados obtidos e as métricas de percentuais demonstram os resultados obtidos de forma percentual e estatística.

5.4.1 Métricas Quantitativas

As métricas quantitativas seguem os dados de valores absolutos como o quantitativo de atores, relacionamentos, a diferença entre esse quantitativo de um modelo para outro, a diferença de aumento, diminuição ou estabilidade desses valores assim como apresentação de cálculos de média de crescimento individual de cada modelo do ECOS e média da evolução geral do ECOS como um todo em relação a todos os modelos analisados. O Quadro 4 apresenta as métricas quantitativas de evolução apresentadas neste trabalho assim com uma breve descrição delas e sua relação com a análise da evolução do ECOS de modo geral.

Quadro 4 – Métricas quantitativas de evolução de ECOS.

Id	Métrica	Descrição
01	Alteração no número de componentes no geral	Valor absoluto sobre a alteração no número de componentes de modo geral no ECOS
02	Alteração no número de empresa de interesse	Valor absoluto sobre a alteração no número de empresa de interesse no ECOS
03	Alteração no número de fornecedor	Valor absoluto sobre a alteração no número de fornecedores no ECOS
04	Alteração no número de cliente	Valor absoluto sobre a alteração no número de clientes no ECOS
05	Alteração no número de cliente do cliente	Valor absoluto sobre a alteração no número de clientes do cliente no ECOS
06	Alteração no número de intermediário	Valor absoluto sobre a alteração no número de intermediários no ECOS
07	Alteração no número de agregador	Valor absoluto sobre a alteração no número de agregadores no ECOS
08	Alteração no número de relacionamentos	Valor absoluto sobre a alteração no número de relacionamentos no ECOS
09	Média de evolução por componentes	Média da evolução do ECOS sobre os componentes por cada modelo analisado
10	Média de evolução relacionamentos	Média da evolução do ECOS sobre os relacionamentos por cada modelo analisado

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.4.2 Métricas Qualitativas

As métricas qualitativas em conjunto com os resultados para as métricas quantitativas apresentam uma abordagem de um panorama tanto estatístico como conceitual sobre os dados obtidos e a evolução do ECOS em si, de acordo com os dados numéricos e as projeções e inferências sobre a evolução do ECOS e o impacto que a evolução causou a estrutura do ECOS e a seus atores e relacionamentos respectivamente. O Quadro 5 apresenta as métricas qualitativas de evolução com uma breve descrição e sua relação com a análise da evolução do ECOS de modo geral.

Quadro 5 – Métricas qualitativas de evolução de ECOS.

Id	Métrica
01	Em quais pontos-chave o ECOS mais evoluiu?
02	Quais relacionamentos de quais componentes evoluíram?
03	Qual o impacto da evolução nos relacionamentos presentes no ECOS?
04	Qual o impacto da evolução do ECOS em sua estrutura?
05	Qual o impacto da evolução do ECOS na plataforma central?

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.4.3 Indicadores Percentuais

Os indicadores percentuais apresentados neste trabalho darão um viés estatístico mais profundo sobre a evolução do ECOS de acordo com os resultados das métricas quantitativas. Esses indicadores irão abordar dados sobre o percentual de evolução de um modo para o outro e o percentual de evolução geral, assim como o percentual de adição, remoção ou estabilidade dos atores e relacionamentos do ECOS. O Quadro 7 apresenta os indicadores percentuais de evolução com uma breve descrição e sua relação com a análise da evolução do ECOS de modo geral.

Tabela 7 – Indicadores percentuais de evolução de ECOS.

Id	Métrica	Descrição
01	Qual percentual de evolução por componentes?	Valor percentual sobre a evolução do ECOS conforme aumento, diminuição ou estabilidade de componentes.
02	Qual percentual de evolução por relacionamentos?	Valor percentual sobre a evolução do ECOS conforme aumento, diminuição ou estabilidade de relacionamentos.
03	Qual o percentual de evolução por modelo?	Valor percentual sobre a evolução do ECOS conforme os modelos analisados.
04	Qual percentual de evolução geral do ECOS?	Valor percentual sobre a evolução do ECOS de modo geral sobre os dados de todos os modelos analisados.

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.5 Exemplo de Estudo sobre Evolução de um ECOS Genérico

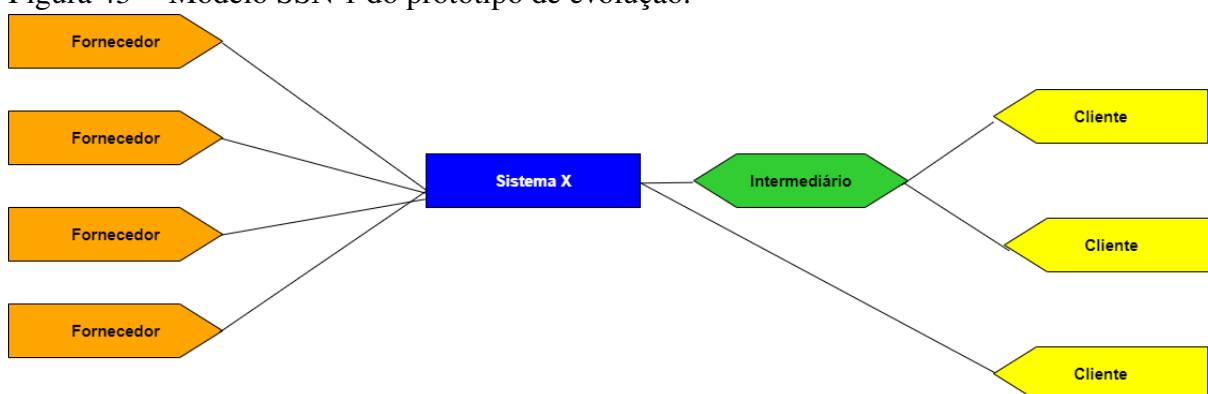
Nesta seção é apresentado um protótipo genérico de estudo sobre evolução de ECOS empregando o modelo SSN. O protótipo contém quatro fases em que se analisa a evolução do modelo a partir da funcionalidade da ferramenta *ECOS Modeling*, o relatório estatístico do modelo de ECOS. É analisado um ECOS que evoluiu e são observados quatro estágios diferentes de evolução, neste caso ocorreu um incremento no número de componentes e relacionamentos de um estágio para o outro.

Os resultados obtidos neste protótipo são exemplos do estudo que a abordagem de evolução de ECOS proposta por este trabalho apresenta. Os dados apresentados são fictícios, não são de ECOS reais. Este exemplo ilustra os resultados obtidos pela ferramenta *ECOS Modeling*, a relação dos resultados com as métricas e inferências sobre a evolução do ECOS como um todo.

5.5.1 Modelo SSN para o ECOS Genérico 1

A Figura 43 apresenta a primeira fase da modelagem SSN do ECOS, um modelo simples com apenas 9 componentes no total e 8 relacionamentos entre os atores do ECOS. São contabilizados no ECOS genérico no primeiro estágio de evolução: 1 empresa de interesse, 4 fornecedores, 3 clientes, 1 intermediário e nenhum agregador e cliente do cliente. É um exemplo de ECOS pequeno com apenas poucos relacionamentos e atores

Figura 43 – Modelo SSN 1 do protótipo de evolução.

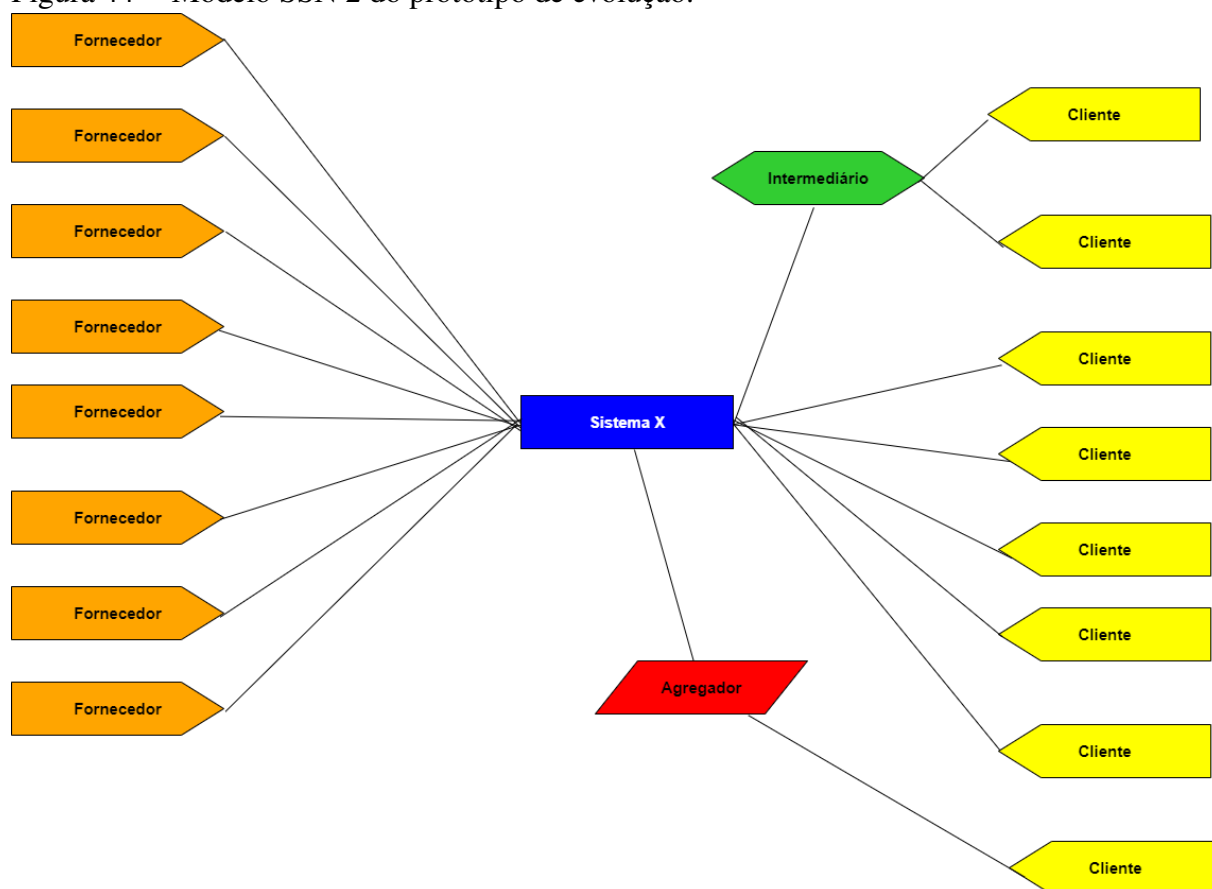


Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.5.2 Modelo SSN para o ECOS Genérico 2

A Figura 44 apresenta o segundo estágio de evolução do ECOS, o modelo contém 19 componentes no total e 18 relacionamentos entre os atores no ECOS. São contabilizados nesta segunda fase: 1 empresa de interesse, 8 fornecedores, 8 clientes, 1 intermediário, 1 agregador e nenhum cliente do cliente. Dessa fase para a anterior observamos um aumento no número fornecedores e clientes e o surgimento de 1 agregador no ECOS.

Figura 44 – Modelo SSN 2 do protótipo de evolução.



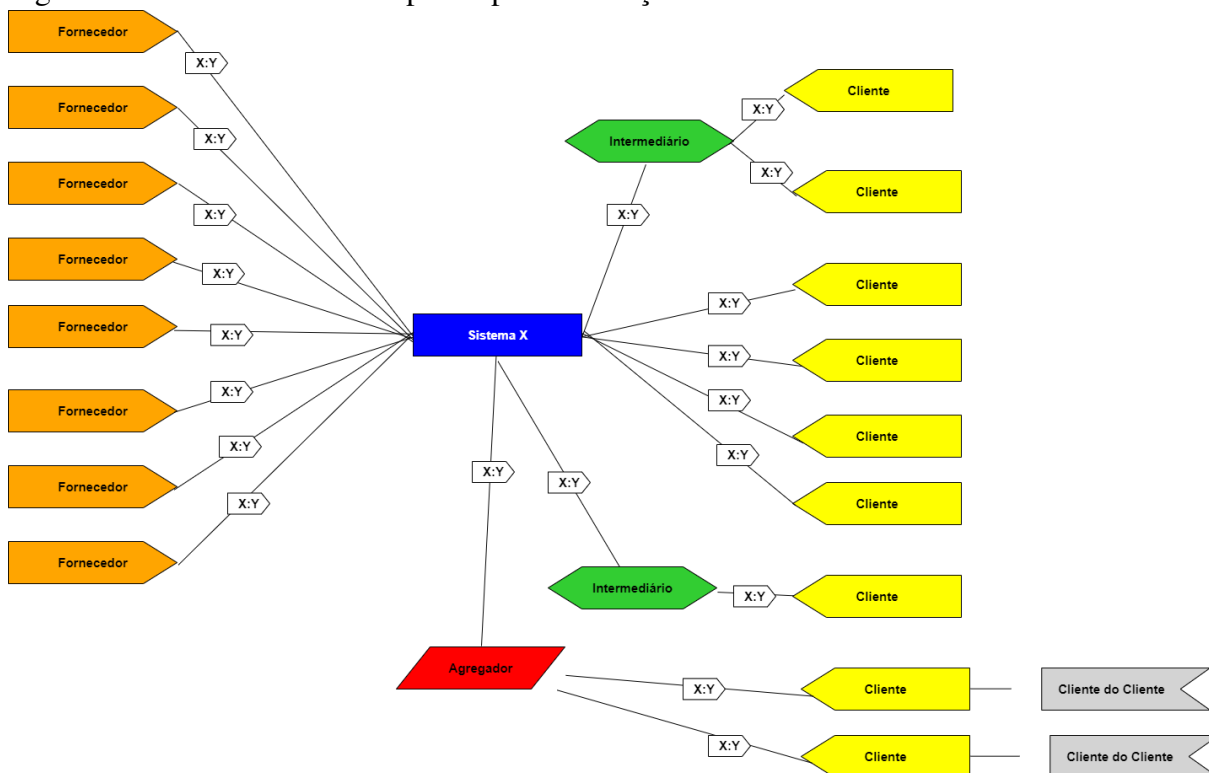
Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.5.3 Modelo SSN para o ECOS Genérico 3

A Figura 45 ilustra o terceiro estágio de evolução do ECOS, o modelo contém 23 componentes no total e 22 relacionamentos simbióticos entre os atores no ECOS. São contabilizados nesta terceira fase: 1 empresa de interesse, 8 fornecedores, 9 clientes, 2 intermediários, 1 agregador e 2 clientes do cliente. Temos nesta fase do modelo SSN um aumento no número de clientes, o surgimento do ator cliente do cliente o aumento no número de intermediários. Outro

ponto a ser observado é a adição do fluxo do relacionamento simbiótico, elencando trocas de recursos e artefatos entre os atores no ECOS.

Figura 45 – Modelo SSN 3 do protótipo de evolução.



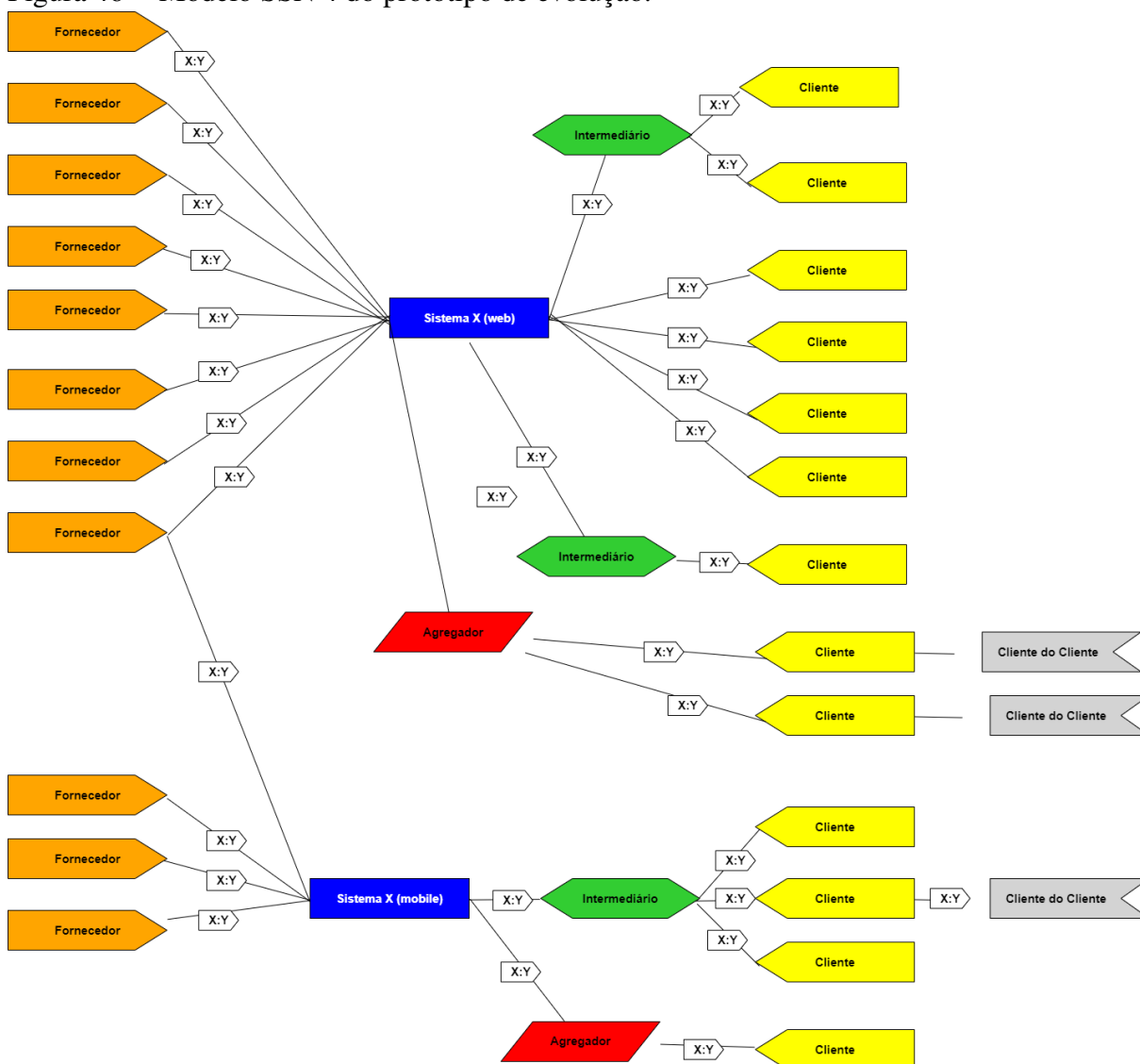
Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.5.4 Modelo SSN para o ECOS Genérico 4

A Figura 46 apresenta o quarto e último estágio de evolução do ECOS, o modelo contém 34 componentes no total e 33 relacionamentos simbióticos entre os atores no ECOS. São contabilizados 2 empresas de interesse, 11 fornecedores, 13 clientes, 3 intermediários, 2 agregadores e 3 clientes do cliente.

O modelo SSN se encontra bem expandido e possui vários relacionamentos simbióticos, assim como vários atores e possibilita um estudo de comparação desde o modelo 1 até o 4. Esse modelo no estágio quatro apresenta duas empresas de interesse, teve um aumento no número de clientes e fornecedores, assim como em relacionamentos. Teve aumento no número de intermediários e fornecedores assim como no número de clientes do cliente.

Figura 46 – Modelo SSN 4 do protótipo de evolução.



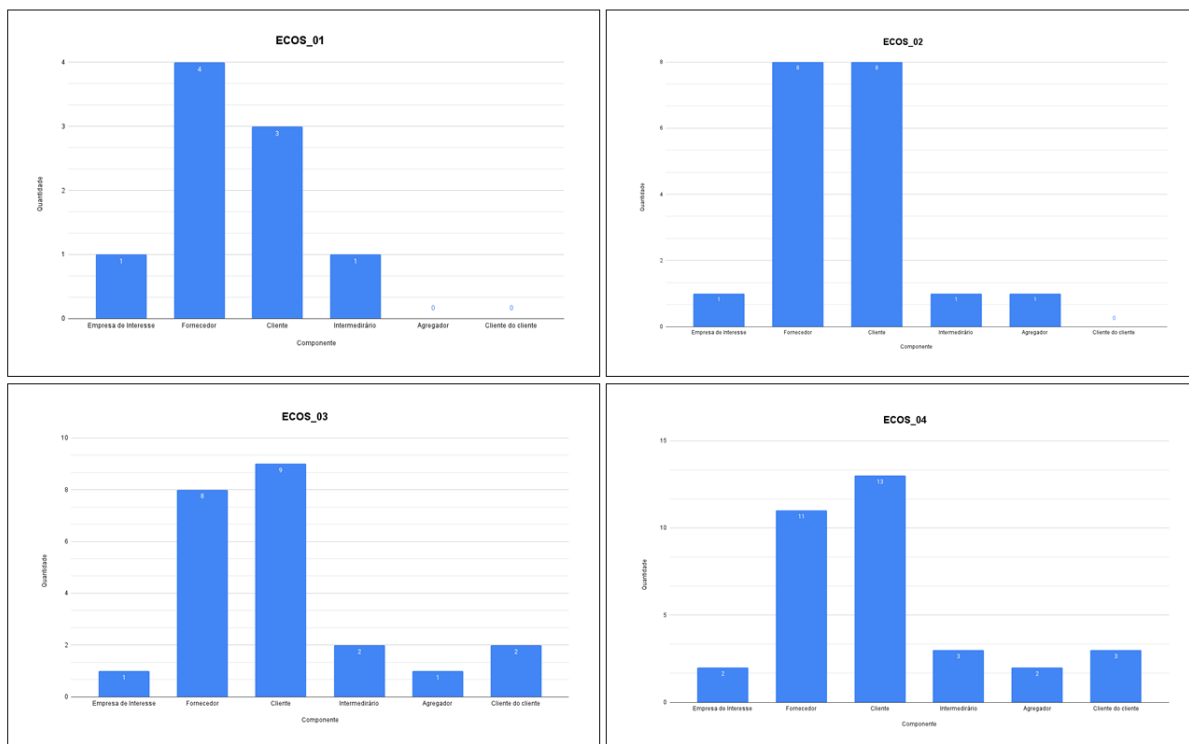
Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.5.5 Gráficos Com os Dados Sobre a Evolução

A Figura 47 apresenta os gráficos com o quantitativo para cada componente SSN presente nos modelos de ECOS gerados no protótipo de estudo. Percebe-se tanto pelos gráficos quanto principalmente pelos modelos SSN a evolução do ECOS em termos de crescimento de atores e relacionamentos simbióticos. Esses crescimentos impactam de uma forma ou de outra na estrutura geral do ECOS assim como na plataforma central. Percebe-se que ao longo das evoluções surge uma segunda plataforma central que também dá base para o ECOS e apoia os relacionamentos simbióticos entre os atores.

O gráfico apresentado na Figura 48 apresenta os dados gerais sobre os componentes e os atores dos ECOSs presentes no protótipo de evolução apresentado. Esse gráfico dá uma

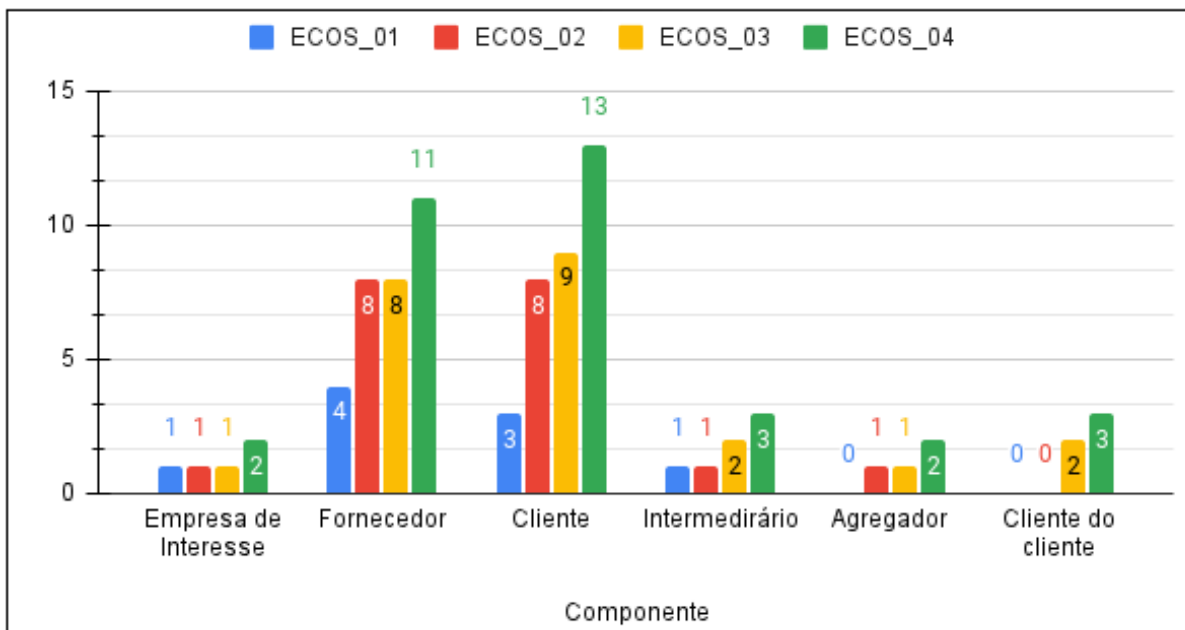
Figura 47 – Gráfico para cada modelo do protótipo de evolução.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

visão geral das evoluções em quantidade numérica de componentes no ECOS de acordo com as evoluções, neste caso aumentativas de um modelo SSN para o outro em determinados intervalos de tempo.

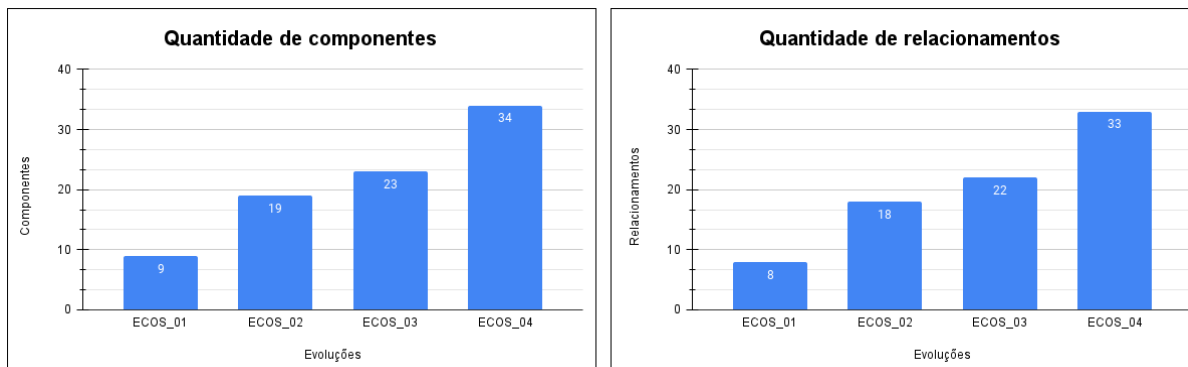
Figura 48 – Gráfico geral do protótipo de evolução.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A Figura 49 apresenta os gráficos referentes aos dados da quantidade de componentes presentes no ECOS e a quantidade de relacionamentos entre os componentes.

Figura 49 – Gráfico sobre componentes e relacionamentos do protótipo de evolução.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.6 Proposta Implementada na Ferramenta ECOS Modeling

A abordagem de estudo sobre evolução de ECOS está implementada na ferramenta de modelagem e repositório para modelos ECOS Modeling. A Figura 50 apresenta a aba no menu principal da análise de evolução. Foram implementadas as funcionalidade de análise de evolução de ECOS a partir dos dados numéricos das versões de modelos SSN de um ECOS realizadas em diferentes espaços de tempo ou por diferentes autores.

Figura 50 – Aba referente a análise de evolução de ECOS na ferramenta ECOS Modeling.

ECOS Modeling pt-br

Início Editor Modelos **Análise De Evolução** Cadastro Entrar

Ecos Modeling

Modelagem de ecossistemas de software

Sobre

A ferramenta ECOS Modeling 3.0 surge com o intuito de agrupar modelos desenvolvidos por pesquisadores, de forma que a comunidade de ECOS possa colaborar para disseminar e impulsionar o crescimento da área.

Além disso, tem o quesito principal que a modelagem de ECOS, ou seja, a criação dos modelos, funcionalidade já existente na versão 1.0 da ferramenta. As novas funcionalidades da ferramentas incluem consultar modelos e perceberem a importância de se construir uma modelagem adequada, além de expandir a ferramenta.

```

graph TD
    Cliente[Cliente] --> Fornecedor[Fornecedor]
    Fornecedor --> Intermediario[Intermediário]
    Intermediario --> ClienteCliente[Cliente do Cliente]
  
```

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na proposta implementada na ferramenta, o usuário deve selecionar dois ou mais modelos SSN de um ECOS dispostos na listagem de modelos da ferramenta e clicar em gerar relatório de evolução. Após isso uma aba irá se abrir com o relatório da evolução do ECOS selecionado, com gráficos, tabelas, métricas, dados percentuais, média e dados absolutos. A Figura 51 apresenta a página de selecionar os modelos SSN para a análise de evolução.

Figura 51 – Página referente a análise de evolução de ECOS na ferramenta ECOS *Modeling*.

The screenshot displays the 'Relatório de evolução de ECOS' page in the ECOS Modeling tool. The interface features a navigation bar at the top with the following items: 'Início', 'Editor', 'Modelos', 'Análise De Evolução' (highlighted with a red box), 'Cadastro', and 'Entrar'. Below the navigation bar, the page title 'Relatório de evolução de ECOS' is centered. A pagination control shows '1' in a box with left and right arrows. A prompt reads 'Selecione pelo menos 2 modelos para gerar evolução'. The main content area contains a 3x3 grid of model cards. Each card includes a user profile picture and name, a network diagram, a model name, and a date. The cards are:

- Row 1: Ronier Lima (SIPPA - Aplicativo, 23/11/2022), Edval Junior (SIPPA - Aplicativo, 17/11/2022), juliene (Aplicativo SIPPA, 17/11/2022).
- Row 2: Maria Erlane (Modelo SSN para o ECOS-AWS, 17/11/2022), Victor Pinheiro (ECOS SOLAR V1, 03/01/2023), Victor Pinheiro (ECOS SIPPA, 21/09/2022).
- Row 3: Victor Pinheiro (Modelo GCP - todos relacioname..., 26/10/2022), Victor Pinheiro (ECOS SOLAR V2, 04/01/2023), Victor Pinheiro (Modelo GCP - todos relacioname..., 26/10/2022).

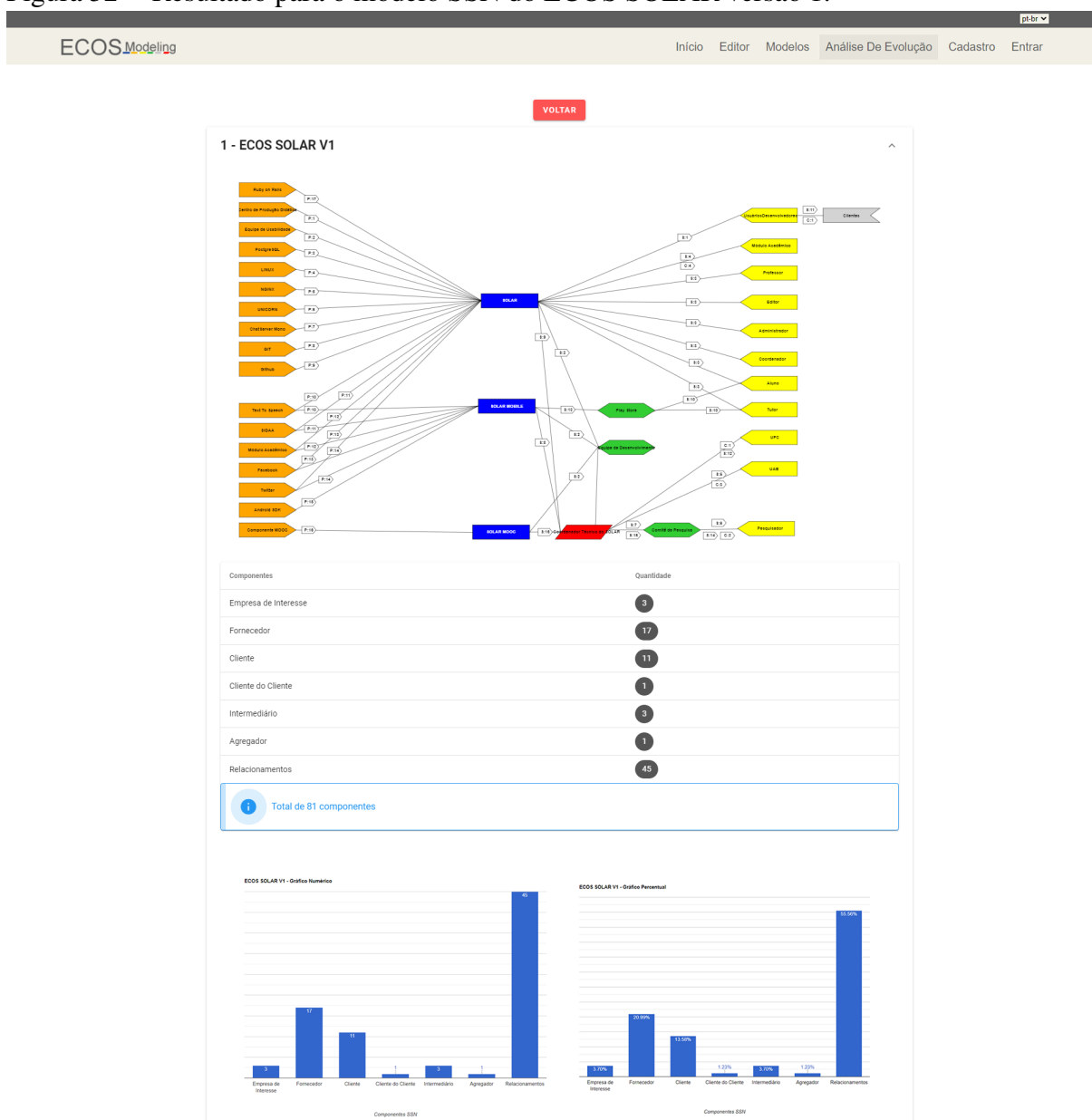
 The selection checkboxes for 'ECOS SOLAR V1' and 'ECOS SOLAR V2' are checked and highlighted with red boxes.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os resultados obtidos através da análise estatística implementada na ferramenta são dispostos em uma página denominada relatório de evolução, onde o usuário pode analisar os dados obtidos, captá-los e utilizá-los de acordo com a necessidade da pesquisa. Os resultados são

apresentados em primeiro lugar separadamente para cada modelo que é uma versão do ECOS a ser analisado. Neste caso é apresentado o exemplo de análise de evolução do ECOS SOLAR versão 1 e versão 2. A Figura 52 apresenta os resultados gerados pelo relatório de evolução de ECOS individualmente para o modelo SSN do SOLAR versão 1.

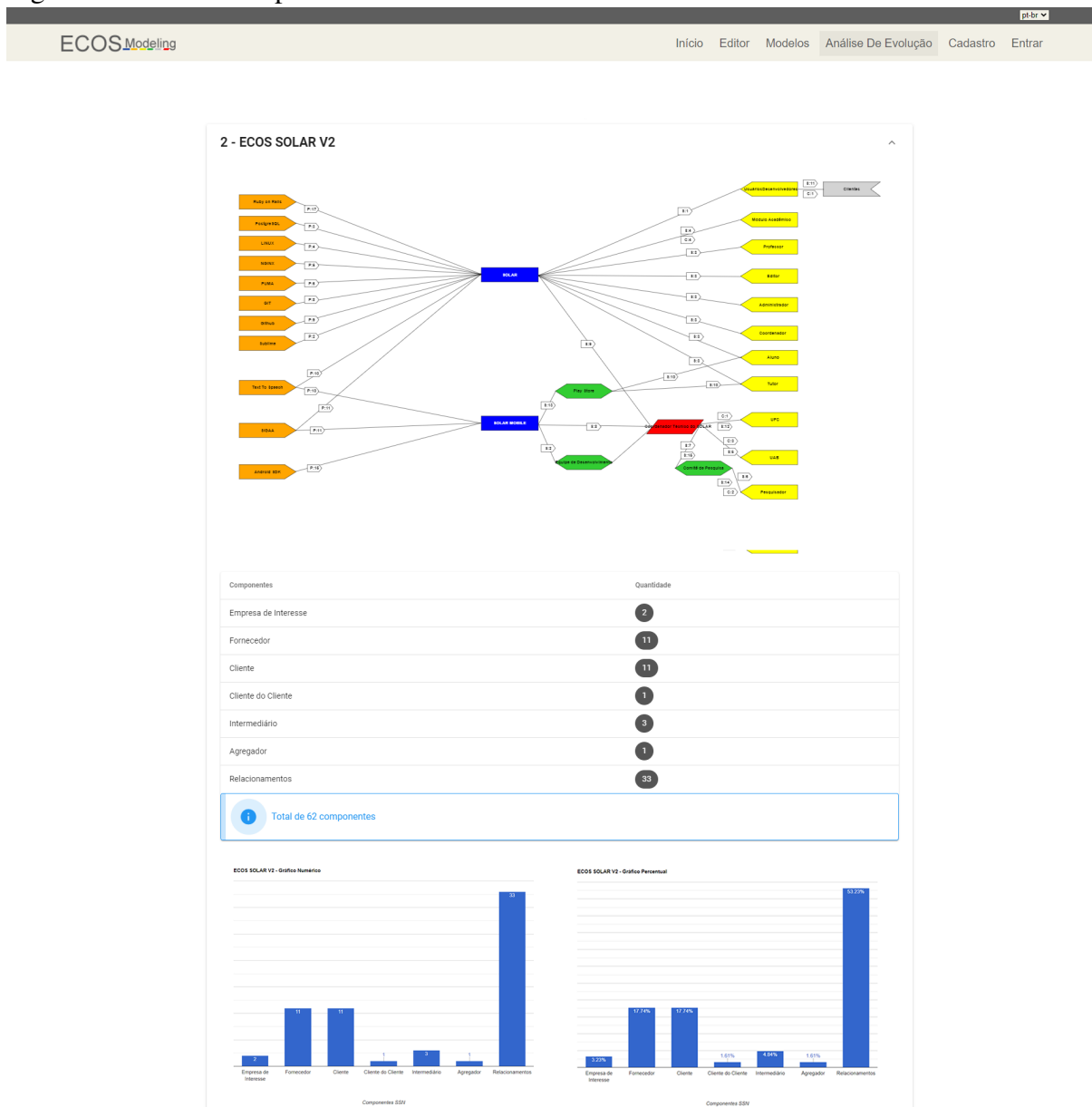
Figura 52 – Resultado para o modelo SSN do ECOS SOLAR versão 1.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A Figura 53 apresenta os resultados gerados pelo relatório de evolução de ECOS individualmente para o modelo SSN do SOLAR versão 2.

Figura 53 – Resultado para o modelo SSN do ECOS SOLAR versão 2.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A comparação entre as duas versões do ECOS analisado apresenta um gráfico com uma comparação numérica entre as versões, um gráfico com uma comparação percentual, um gráfico comparando o valor total de componentes e relacionamentos, gráfico com valores comparando o quantitativo de relacionamentos de uma versão para outra, um gráfico apresentado uma diferença numérica entre a primeira e a última versão e um gráfico com a variação percentual entre a primeira e última versão do ECOS analisado. A Figura 54 apresenta os gráficos

mencionados.

Figura 54 – Gráficos com os resultados das comparações entre a versão 1 e 2 do ECOS SOLAR



Fonte: Elaborado pelo Autor.

É apresentada também uma tabela geral comparando a diferença numérica, percentual e apresentando a média entre uma versão e outra analisada. No caso se forem analisadas duas versões a comparação será da versão 1 para a versão 2, se for realizada a análise com 3 versões, a comparação é realizada da versão 1 para a versão 2 e da versão 2 para a versão 3. Por último são apresentados resultados para as métricas quantitativas. A Figura 55 apresenta a tabela da comparação e a tabela com os resultados para as métricas quantitativas.

Figura 55 – Tabela com comparação geral e tabela com métricas quantitativas

The screenshot shows the ECOS Modeling software interface. At the top, there is a navigation bar with the following items: 'Início', 'Editor', 'Modelos', 'Análise De Evolução', 'Cadastro', and 'Entrar'. The main content area is divided into two sections:

Componentes

Componentes	Diferença Numérica	Diferença Percentual	Média
Empresa de Interesse	-1	14.50%	2,5
Fornecedor	-6	18.22%	14
Cliente	0	30.63%	11
Cliente do Cliente	0	30.89%	1
Intermediário	0	30.81%	3
Agregador	0	30.89%	1
Relacionamentos	-12	4.38%	39

Métricas Quantitativas

Métrica ↕	Total
Alteração no número de componentes no geral	-19
Alteração no número de empresa de interesse	-1
Alteração no número de fornecedor	-6
Alteração no número de cliente	0
Alteração no número de cliente do cliente	0
Alteração no número de intermediário	0
Alteração no número de agregador	0
Alteração no número de relacionamentos	-12
Média de evolução dos componentes	71,5
Média de evolução por relacionamentos	39

Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.7 Implicações da Abordagem de Estudo sobre a Evolução de ECOS

A abordagem da análise de evolução de ECOS proposta neste trabalho possui algumas implicações em diferentes campos, tais como: (i): pesquisa em evolução de ECOS; (ii): pesquisa em modelagem de ECOS; e (iii): pesquisa e aplicações da indústria de software. A seguir são detalhadas cada uma das implicações referentes a pesquisa realizada.

Em relação a pesquisa em evolução de ECOS por meio da modelagem SSN, os impactos a serem estudados sobre a evolução do ECOS podem ser comparados em relação a qualidade, a saúde e o ciclo de vida do ECOS de modo geral. Pode haver impactos em relação a plataforma central, aos atores e os relacionamentos e a estrutura do ECOS como um todo. Pode impactar na manutenção do software, no uso de tecnologias e na comunidade de usuários. Tais implicações se referem a estudos que derivam de análises sobre a evolução de um ECOS.

Sobre a pesquisa em modelagem de ECOS, a abordagem implica em relação a necessidade de se ter modelos SSN para realizar a análise da evolução de um ECOS por meio da abordagem proposta. Isso provoca na comunidade uma necessidade de ter modelos disponíveis para se ter um repositório de modelos e oportunidade de realizar estudos sobre tais modelos. A

modelagem mais uma vez se faz presente e é considerada importante.

Em relação a pesquisa e aplicações na indústria de software, os impactos seriam em relação a equipe de desenvolvimento e manutenção de software, impacto na visão de negócios do software de modo geral, impacto na estrutura geral do ECOS e impacto no ciclo de vida do software em relação ao mercado e comunidade de usuários.

5.8 Conclusão

Este capítulo apresentou a abordagem de estudo sobre evolução de ECOS por meio da modelagem SSN implementada na ferramenta de modelagem e repositório para modelos ECOS *Modeling*. Foram apresentadas as motivações para a implementação da abordagem proposta, foi apresentado o passo a passo a ser realizado na utilização da abordagem proposta por este trabalho assim como descritos de forma sucinta e explícita. Ao todo os seis passos apresentados formaram a abordagem conceitual para analisar a evolução de um ECOS por meio da modelagem SSN com o auxílio da ferramenta.

Foram apresentados os dados numéricos sobre os quais foram realizados os estudos e análises geradas pela ferramenta e utilizados na abordagem do estudo como um todo. No caso foram apresentados os dados do modelo SSN para os ECOS da plataforma de computação em nuvem AWS. Foram apresentadas métricas e indicadores relacionadas a evolução de ECOS, métricas estas divididas em dois grupos; quantitativas, qualitativas e os indicadores percentuais.

Foi apresentado um exemplo de utilização da abordagem com um ECOS genérico que foi evoluindo ao longo de quatro estágios, ou seja, quatro modelos SSN diferentes para o mesmo ECOS com evoluções significativas em sua estrutura e em seus atores e relacionamentos. Foram apresentados os resultados numéricos, estatísticos e percentuais sobre a evolução do ECOS genérico e a comparação dos resultados obtidos com as métricas propostas.

Foram apresentadas algumas implicações e impactos da abordagem proposta com o estado da arte, com o ECOS de modo geral, com a plataforma central, a comunidade de usuários interna e externa, a comunidade de desenvolvedores e com as tecnologias e serviços utilizados pela plataforma central. De modo geral pode-se afirmar que a abordagem de estudo sobre evolução de ECOS proposta neste trabalho está bem estruturada e apresenta resultados promissores em relação a pesquisa sobre ECOS, modelagem, evolução e até mesmo simulação de possíveis comportamentos sobre o ECOS no futuro fazendo projeções por meio da modelagem SSN.

6 ESTUDO DE CASO

Este Capítulo apresenta um estudo de caso sobre a evolução dos ECOSs SOLAR e SIPPA, ambos ECOS reais e pertencentes ao domínio educacional. Para cada um dos ECOS será realizada uma análise da evolução dos mesmos a partir da abordagem proposta neste trabalho, exemplificando o uso e apresentando para a literatura uma análise sobre a evolução de um ECOS a partir de modelos SSN.

6.1 Introdução

Para a execução deste trabalho foi utilizado o Estudo de Caso. Para Yin (2015), o estudo de caso é um estudo empírico que analisa um fenômeno atual dentro do seu contexto de realidade, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidas e no qual são utilizadas várias fontes de evidência. Assim, esta pesquisa utilizará o Estudo de Caso por meio de uma abordagem de evolução de ECOS descritiva quantitativa e qualitativa sobre os ECOS SOLAR e SIPPA.

Conforme Zanella (2009) uma pesquisa descritiva pretende descrever com exatidão os fatos ou fenômenos de uma determinada realidade; o atributo quantitativo busca utilizar método estatísticos, o atributo qualitativo possui o intuito de enfatizar a não utilização de instrumentos estatísticos para análise dos dados, e sim de conhecimentos teórico-empíricos para atribuir autenticidade a análise.

Para a realização de cada um dos estudos de caso sobre os ECOSs previamente citados, foram realizadas algumas consultas e entrevistas com profissionais experientes diretamente ligados ao desenvolvimento e a manutenção dos softwares SOLAR e SIPPA pertencentes ao domínio educacional. Essas consultas e entrevistas serviram para captar informações sobre o estado atual das aplicações, captar opiniões sobre os modelos SSN dos ECOS e validar os dados obtidos pela análise de evolução assim como validar o modelo SSN do ECOS em si, conforme está atualmente.

Os arquivos referentes aos resultados obtidos neste estudo de caso realizado por este trabalho, os modelos SSN para os ECOSs em formatos PNG e XML e o relatório de evolução de cada um dos ECOSs estão disponíveis em um repositório na plataforma *GitHub*¹, com a finalidade da pesquisa ser pública para que a comunidade possa contribuir para o crescimento

¹ <https://github.com/ibituruna/EVOLUCAO-ECOS>

da pesquisa em ECOS, modelagem e análise da evolução. Os resultados possuem a licença de uso *open source* para que outros pesquisadores possam contribuir de forma colaborativa com os resultados da pesquisa e possam disseminar na literatura pesquisas sobre modelagem SSN, análise de evolução de ECOS e simulação de ECOS. O foco do repositório é disponibilizar os produtos gerados pela pesquisa: imagens dos modelos e as fontes para uso na ferramenta *ECOS Modeling*.

6.2 Análise da Evolução do ECOS SOLAR

A análise da evolução do ECOS SOLAR foi realizada seguindo a abordagem proposta por este trabalho. Em primeiro lugar a necessidade para a realização da análise da evolução do ECOS SOLAR por alguns motivos: (i) continuação de pesquisa; (ii) visualizar e apresentar evolução no software SOLAR ao longo do tempo; (iii) apresentar mudanças em tecnologias, usuários e plataformas presentes no ECOS SOLAR e (iv) realizar pesquisas em relação a ECOS e evolução pro meio da modelagem SSN, algo escasso na literatura.

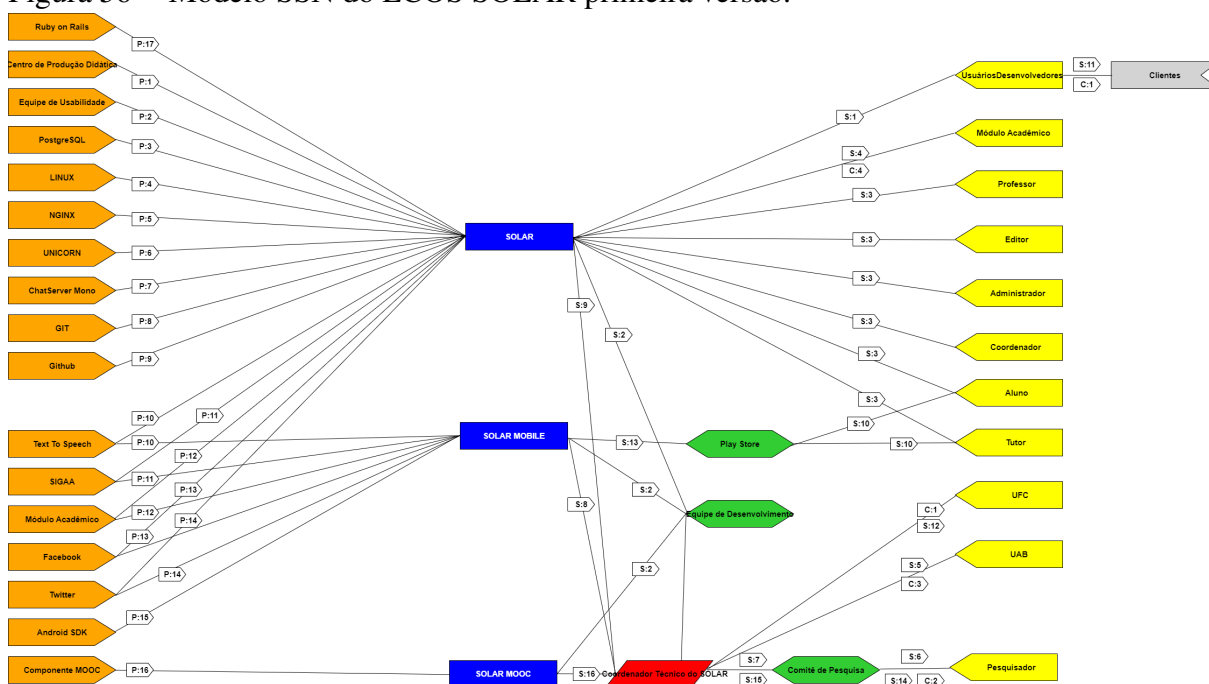
A plataforma SOLAR foi escolhida por ter um modelo SSN sólido e consolidado na literatura, sendo apresentado em alguns trabalhos ((COUTINHO *et al.*, 2017), (COUTINHO; BEZERRA, 2020)) que realizam análises e impactos da modelagem no SOLAR e na comunidade de usuários assim como em relação a atributos de qualidade de software. Como já existia na literatura o ECOS SOLAR modelado na notação SSN, foi realizado apenas a remodelagem na ferramenta *ECOS Modeling* para a realização da análise de evolução. Os demais modelos sobre a evolução foram captados através de uma consulta com um profissional experiente ligado a plataforma SOLAR.

Na ferramenta de modelagem foram modeladas as três versões do ECOS SOLAR, a primeira já disponível na literatura e as demais outras duas derivadas da consulta realizada com um profissional. Foi realizada a análise na ferramenta, os resultados obtidos foram compilados e são apresentados a seguir.

6.2.1 Visão Geral da Evolução do ECOS SOLAR

Para a realização da análise de evolução do ECOS SOLAR a partir da abordagem proposta por este trabalho, foi utilizado o modelo SSN para o ECOS SOLAR apresentado no trabalho de Coutinho *et al.* (2017). O modelo SSN do SOLAR traz uma série de componentes e relacionamentos e um visão geral da comunidade de usuários assim como da plataforma central e os demais componentes de tecnologia. A Figura 56 apresenta o modelo SSN do ECOS SOLAR refeito na ferramenta *ECOS Modeling* para a realização do estudo sobre a sua evolução.

Figura 56 – Modelo SSN do ECOS SOLAR primeira versão.



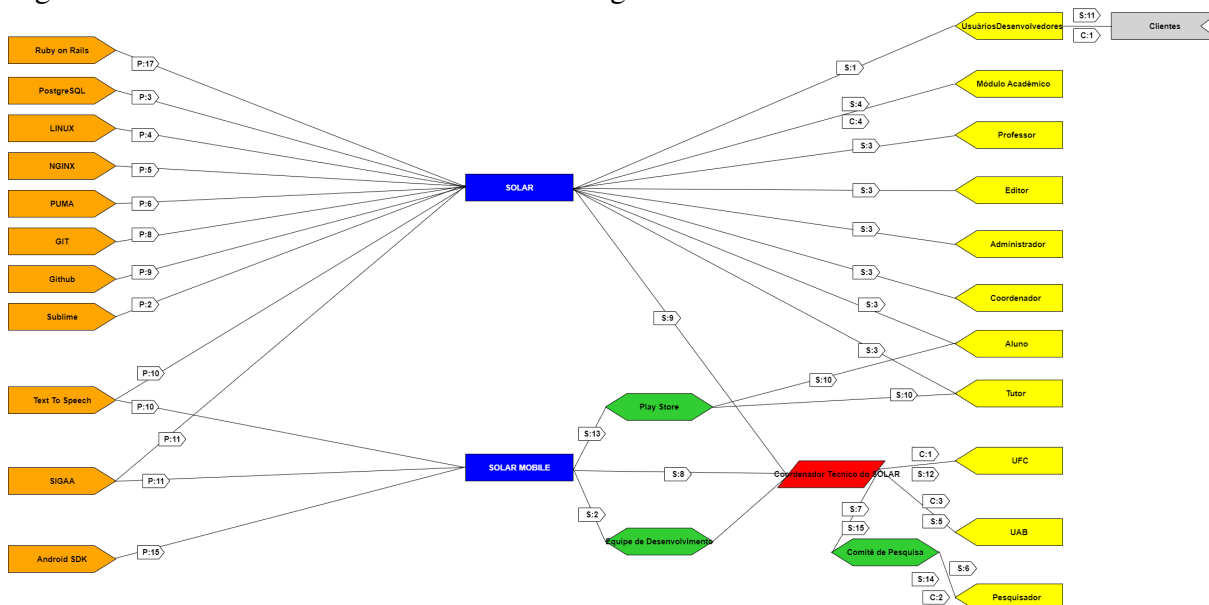
Fonte: Coutinho *et al.* (2017).

Para a captação de dados sobre a evolução do ECOS SOLAR ao longo do tempo, foi realizada uma consulta com um profissional com uma vasta experiência tanto em desenvolvimento e manutenção de software como em negócios. O profissional entrevistado já trabalha com o SOLAR há um tempo bastante considerável para perceber e descrever com precisão as mudanças que ocorreram desde 2017 (primeiro modelo SSN do ECOS SOLAR) até a atualidade, ou seja evidenciando a evolução do SOLAR.

A consulta com o profissional se deu por meio de algumas perguntas relacionadas ao ECOS SOLAR, seus fornecedores, comunidade de usuários e negócios do SOLAR. As perguntas ao todo foram seis e dentro de algumas perguntas alguns detalhes sobre os fornecedores de serviços e tecnologias, sobre clientes, sobre a plataforma central e os relacionamentos foram

citados. A Figura 57 apresenta o modelo SSN do ECOS SOLAR segunda versão modelado na ferramenta *ECOS Modeling* a partir dos dados fornecidos pelo profissional.

Figura 57 – Modelo SSN do ECOS SOLAR segunda versão.

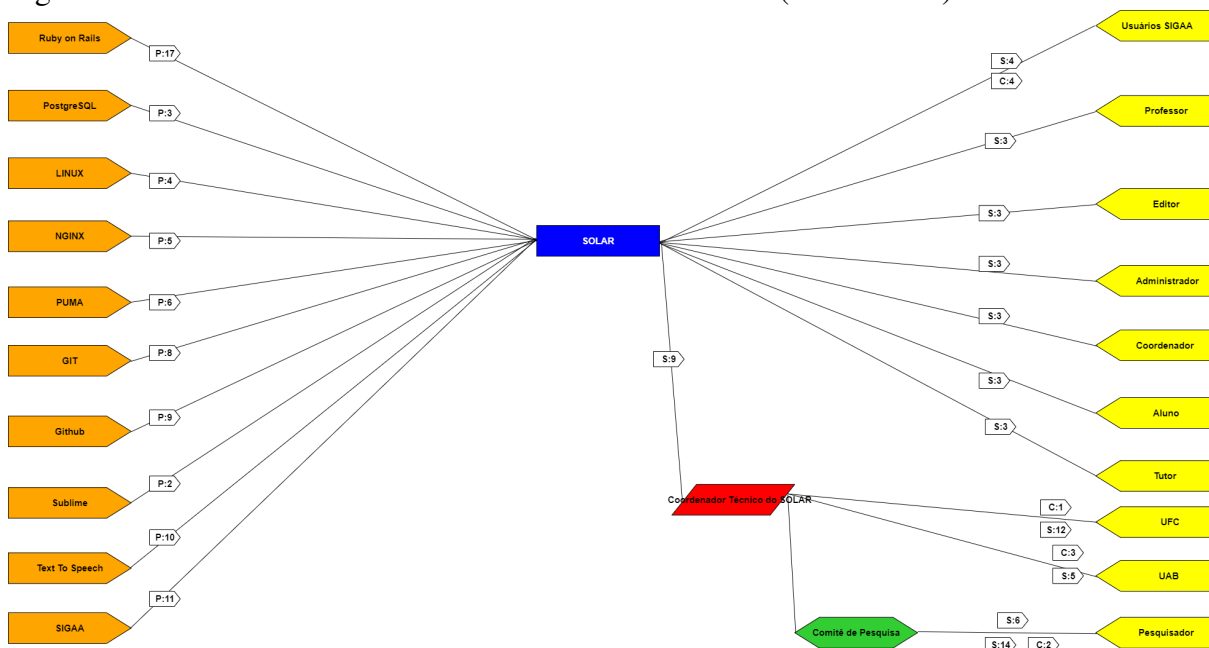


Fonte: Elaborado pelo Autor.

Percebe-se uma diminuição no número de fornecedores de serviços e tecnologias e em uma das empresas de interesse do ECOS. Essa diminuição foi ocasionada por conta em primeiro lugar da equipe de manutenção do SOLAR estar reduzida atualmente, por conta de algumas plataformas deixarem de ser mantidas como o SOLAR MOOC e a descontinuação de algumas tecnologias que foram migradas para o uso de outras semelhantes, porém com denominações distintas

A última versão do ECOS SOLAR apresenta o panorama atual do sistema, com quais tecnologias está operando, em quais plataformas está disponível e quais usuários estão ainda ativos e bem como os relacionamentos dos usuários com a plataforma central. A Figura 58 apresenta o modelo SSN do ECOS SOLAR terceira versão, ou seja versão atual de acordo com os dados obtidos na consulta.

Figura 58 – Modelo SSN do ECOS SOLAR terceira versão (versão atual).



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Pode-se observar no modelo atual do ECOS SOLAR na Figura 58 que o número de empresas interesse diminuiu, antes eram SOLAR *web*, SOLAR *mobile* e SOLAR *mooc* e atualmente apenas SOLAR *web*, isso se deu por conta que o SOLAR se solidificou apenas na sua versão para a *web* implementando a funcionalidade de responsividade, descontinuando as aplicações nas plataformas *mobile* e *mooc*. Por essa razão dois intermediários foram excluídos: a *Play Store* loja de aplicativos do *Google* e a equipe de desenvolvimento do SOLAR *mobile* e *mooc*. Diminuíram o número de clientes em relação as versões anteriores assim como no número dos relacionamentos de modo geral.

6.2.2 Resultados Estatísticos da Evolução do ECOS SOLAR

Os resultados obtidos pela abordagem de evolução de ECOS implementada na ferramenta ECOS *Modeling* são apresentados em um relatório de evolução com gráficos, tabelas, resultados com números absolutos, números percentuais e médias assim o cruzamento dos resultados obtidos com as métricas quantitativas e percentuais relacionadas a evolução de ECOS apresentadas por este trabalho. A seguir são apresentados os resultados obtidos no relatório de evolução.

O Quadro 6 apresenta os dados numéricos sobre os atores e relacionamentos de cada versão do ECOS SOLAR. Apenas com a visualização desses números já é perceptível, assim como com a visualização dos modelos, a evolução ocorrida no ECOS SOLAR. Neste caso os

números decrescem de uma versão para outra do ECOS por conta da descontinuações de uso de algumas tecnologias e serviços e de versões da plataforma SOLAR.

Quadro 6 – Dados numéricos sobre os atores e relacionamentos das versões do ECOS SOLAR.

ECOS SOLAR versão 1		ECOS SOLAR versão 2		ECOS SOLAR versão 3	
Componentes	Quantidade	Componentes	Quantidade	Componentes	Quantidade
Empresa de Interesse	3	Empresa de Interesse	2	Empresa de Interesse	1
Fornecedor	17	Fornecedor	11	Fornecedor	10
Cliente	11	Cliente	11	Cliente	10
Cliente do Cliente	1	Cliente do Cliente	1	Cliente do Cliente	0
Intermediário	3	Intermediário	3	Intermediário	1
Agregador	1	Agregador	1	Agregador	1
Relacionamentos	45	Relacionamentos	33	Relacionamentos	22
Total versão 1	81	Total versão 2	62	Total versão 3	45

Fonte: Elaborado pelo autor.

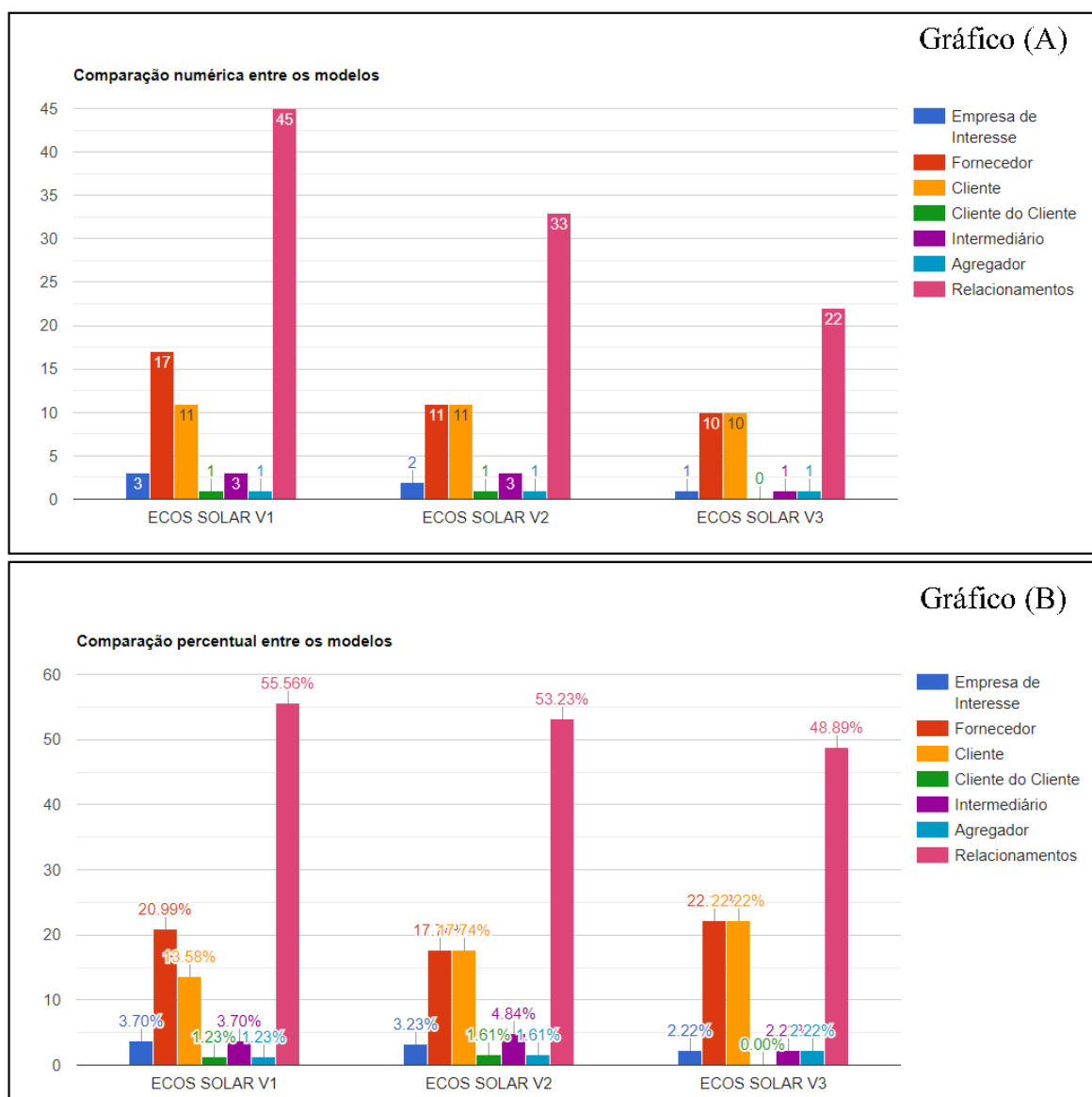
A Figura 59 Gráficos (A) e (B) apresenta a representação dos dados numéricos e dados percentuais de forma individual para cada versão do ECOS SOLAR. Pode-se perceber ainda com mais clareza e detalhes a evolução do ECOS SOLAR. Na Figura 59 Gráfico (A) pode-se perceber a diminuição no número mais drasticamente dos fornecedores e relacionamentos do ECOS SOLAR. Esse número é reforçado com os dados percentuais apresentados na Figura 59 Gráfico (B).

A Figura 60 (A) e (B) apresenta os gráficos sobre o quantitativo de atores e relacionamentos no total dentro de cada versão do ECOS SOLAR assim como o quantitativo apenas dos relacionamentos em cada versão. Isso auxilia na visualização geral sobre o total de atores e sobre o total de relacionamentos que neste caso diminuíram da versão 1 para a versão 3.

A Figura 60 Gráfico (A) apresenta o quantitativo geral dos componentes (atores e relacionamentos) presentes nas versões do ECOS, onde pode-se observar a drástica redução da primeira para a última versão. A Figura 60 Gráfico (B) apresenta apenas o quantitativo geral dos relacionamentos em cada versão do ECOS, pode-se observar que na primeira versão tinha 45 relacionamentos e na última versão que é a versão atual do ECOS apenas 22 relacionamentos, uma redução de 23 relacionamentos.

A Figura 61 (A) e (B) apresenta os gráficos sobre a variação numérica e percentual dos componentes (atores e relacionamentos) entre a primeira versão (versão 1) e a última versão (versão 3) analisadas do ECOS SOLAR.

Figura 59 – Comparação numérica e percentual entre as versões do ECOS SOLAR.

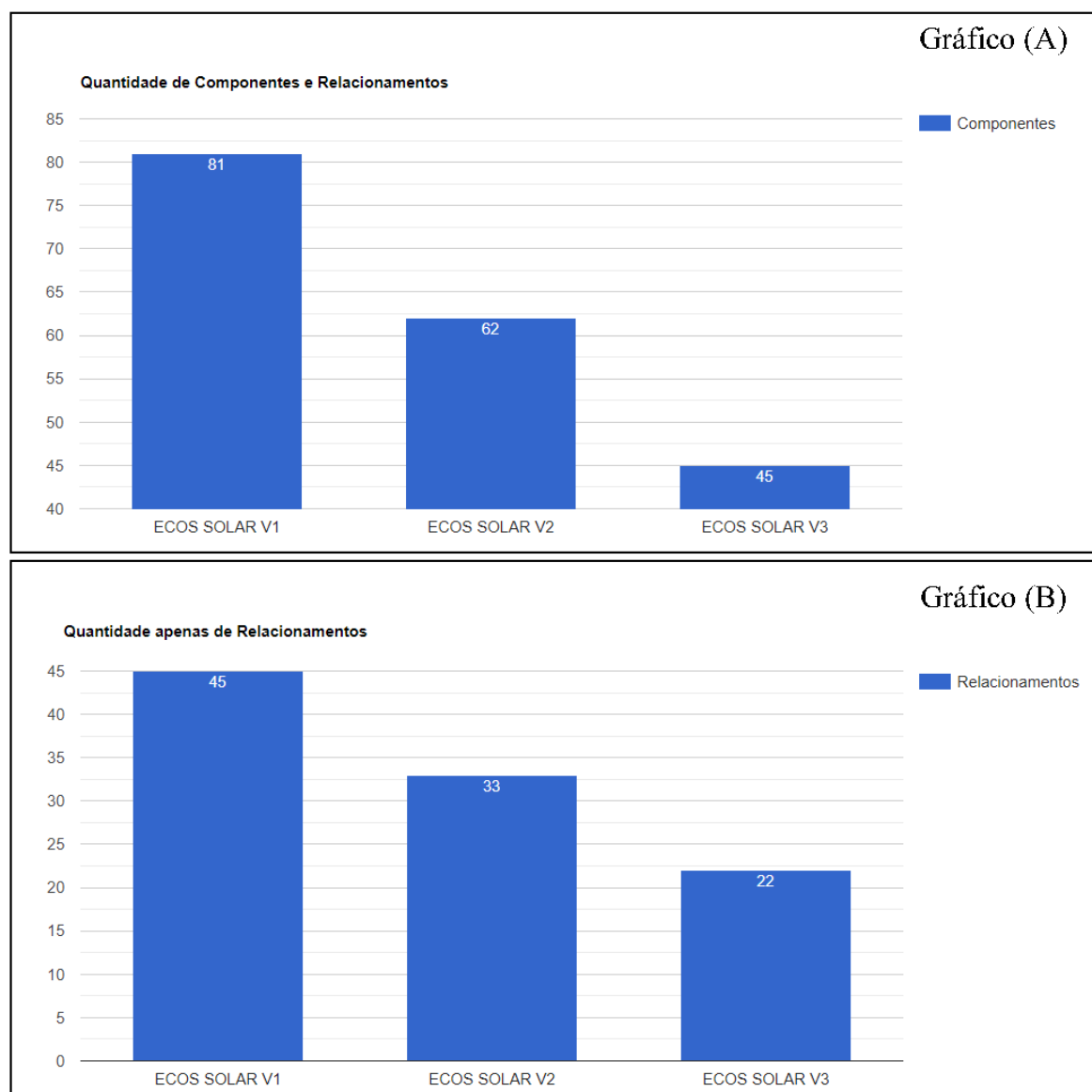


Fonte: Elaborado pelo Autor.

A Figura 61 Gráfico (A) apresenta a variação numérica, onde pode-se observar a diferença entre cada um dos atores do ECOS e os relacionamentos. Ao todo teve uma diferença de -2 empresa de interesse, -7 fornecedor, -1 cliente, -1 cliente do cliente, -2 intermediário, 0 agregador pois se manteve sempre 1 em cada versão e -23 relacionamentos.

A Figura 61 Gráfico (B) apresenta a variação percentual, onde pode-se observar uma variação de 66,67% nos atores empresa de interesse, cliente e intermediário, 5,86% de fornecedor, 0 em cliente do cliente, 80,49% entre agregador e 13,64% entre relacionamentos. Essa variação percentual é calculada a partir dos dados percentuais apresentado na Figura 59 Gráfico (B) e com a seguinte fórmula matemática: $[(\text{valor no momento posterior} \div \text{valor no$

Figura 60 – Comparação numérica geral dos atores e relacionamentos entre as versões do ECOS SOLAR.

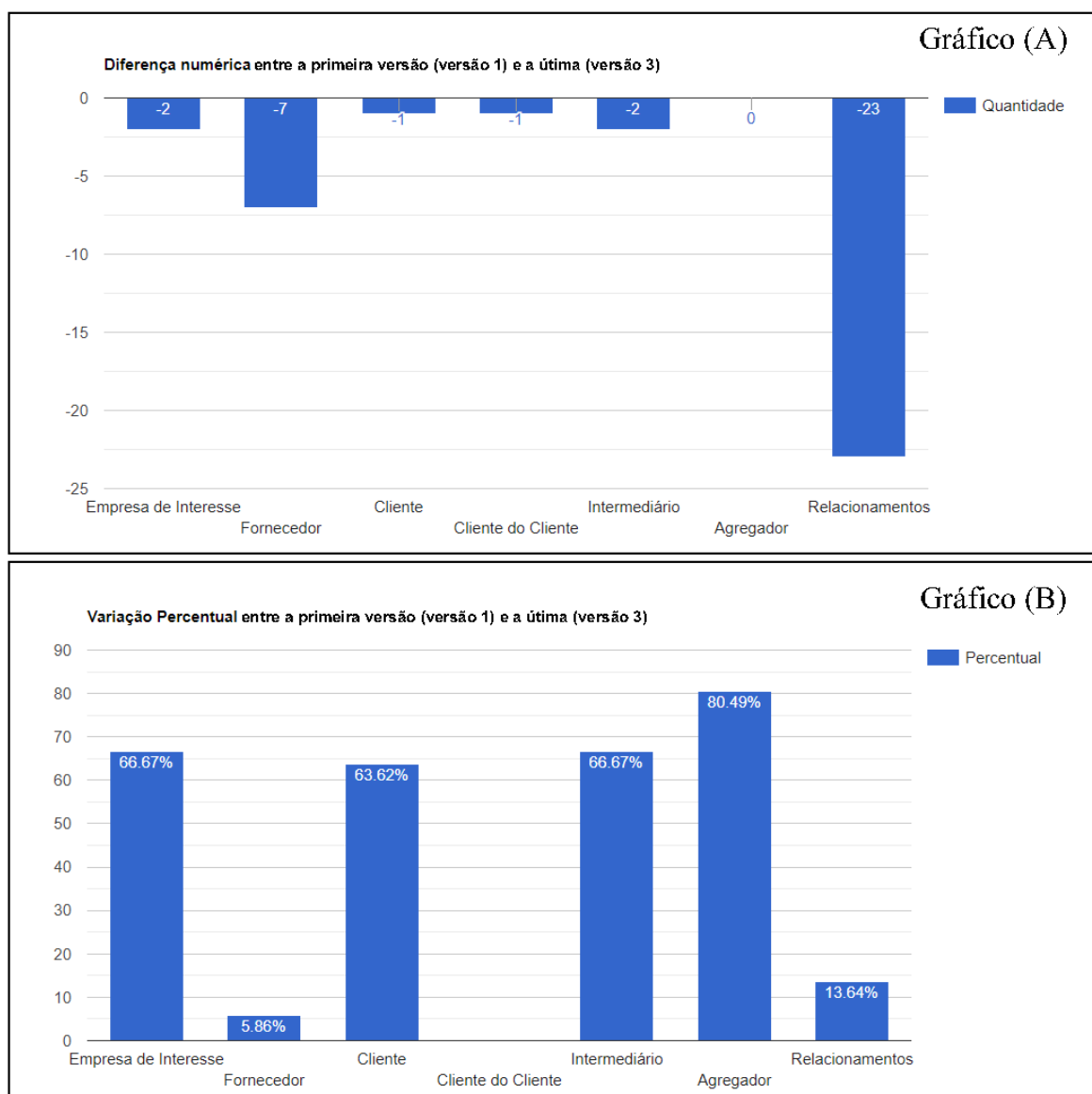


Fonte: Elaborado pelo Autor.

momento anterior) - 1] × 100.

A Figura 62 (A) e (B) apresenta as tabelas com a comparação e diferença numérica, diferença percentual e média entre as versões 1 e 2 (Tabela A) e entre as versões 2 e 3 (Tabela B). Essas tabelas são geradas pelo relatório de evolução e apenas compilam os dados já apresentados graficamente.

Figura 61 – Variação numérica e percentual entre a versão 1 e versão 3 do ECOS SOLAR.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O Quadro 8 apresenta os resultados obtidos no relatório de evolução para cada uma das métricas quantitativas apresentadas na abordagem proposta neste trabalho. Neste contexto as métricas foram abreviadas apenas apresentando o termo alteração ao invés de aumento/diminuição no quantitativo de atores e relacionamentos, assim como é apresentado a média de evolução por componentes e a média de evolução por relacionamentos.

Figura 62 – Tabelas com comparação entre a versão 1 e 2 e versão 2 e 3 do ECOS SOLAR.

ECOS SOLAR V1 X ECOS SOLAR V2				Tabela (A)
Componentes	Diferença Numérica	Diferença Percentual	Média	
Empresa de Interesse	-1	14.55%	2.5	
Fornecedor	-6	18.32%	14	
Cliente	0	30.63%	11	
Cliente do Cliente	0	30.89%	1	
Intermediário	0	30.81%	3	
Agregador	0	30.89%	1	
Relacionamentos	-12	4.38%	39	

ECOS SOLAR V2 X ECOS SOLAR V3				Tabela (B)
Componentes	Diferença Numérica	Diferença Percentual	Média ↑	
Empresa de Interesse	-1	45.50%	1.5	
Fornecedor	-1	25.25%	10.5	
Cliente	-1	25.25%	10.5	
Cliente do Cliente	-1	0.00%	0.5	
Intermediário	-2	118.02%	2	
Agregador	0	37.89%	1	
Relacionamentos	-11	8.88%	27.5	

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Tabela 8 – Resultados para as métricas quantitativas de evolução

Métrica	Resultado
Alteração no número de componentes no geral	-36
Alteração no número de empresa de interesse	-2
Alteração no número de fornecedor	-7
Alteração no número de cliente	-1
Alteração no número de cliente do cliente	-1
Alteração no número de intermediário	-2
Alteração no número de agregador	0
Alteração no número de relacionamentos	-23
Média de evolução dos componentes	63
Média de evolução por relacionamentos	33.5

Fonte: Elaborado pelo Autor.

A seguir os resultados obtidos no relatório de evolução do ECOS SOLAR são comparados com as métricas qualitativas propostas neste trabalho com o intuito de avaliar o impacto da evolução sofrida pelo ECOS SOLAR em alguns aspectos gerais, tais como: atores e relacionamentos, estrutura geral do ECOS e plataforma central. No caso do ECOS SOLAR houve uma redução considerável em seu escopo.

Em quais pontos-chave o ECOS mais evoluiu? As evoluções ocorridas no ECOS SOLAR foram a diminuição em fornecedores, clientes, cliente do cliente e empresa de interesse. Também houve uma redução em agregadores e intermediários no ECOS de modo geral. Essas alterações ocorreram por conta da redução do SOLAR nas plataformas *mobile* e *mooc*.

Quais relacionamentos de quais componentes evoluíram? Os relacionamentos regrediram em relação as versões 1, 2 e 3 do ECOS SOLAR. Na versão 1 por exemplo havia um número maior de relacionamentos entre fornecedores e clientes com a empresa de interesse e intermediários e agregadores. De modo geral os relacionamentos regrediram bastante na evolução do ECOS SOLAR.

Qual o impacto da evolução nos relacionamentos presentes no ECOS? A evolução que ocorreu no ECOS SOLAR impactou em uma redução no quantitativo de relacionamentos, principalmente relacionamentos entre fornecedores e a empresa de interesse.

Qual o impacto da evolução do ECOS em sua estrutura? O impacto na estrutura geral do ECOS foi em relação a diminuição no quantitativo de atores e relacionamentos, que diminuíram o escopo do ECOS e o quantitativo de produtos e serviços gerados pelos relacionamentos.

Qual o impacto da evolução do ECOS na plataforma central? Houve uma redução no quantitativo de empresa de interesse, por conta da descontinuidade do SOLAR na versão *mobile* e *mooc*. Isso impactou em uma redução de relacionamentos entre a plataforma central a comunidade de usuários e os fornecedores.

6.3 Análise da Evolução do ECOS SIPPA

Para a realização da análise da evolução do ECOS SIPPA proposta neste trabalho, foram realizados os passos propostos na abordagem de estudo sobre evolução de ECOS deste trabalho. Em primeiro lugar a necessidade para a realização da análise da evolução do ECOS SIPPA por alguns motivos: (i) apresentar um modelo SSN para o ECOS SIPPA na literatura; (ii) visualizar e apresentar evolução no software SIPPA ao longo do tempo; e (iii) apresentar mudanças em tecnologias, usuários e plataformas presentes no ECOS SIPPA.

A plataforma SIPPA foi escolhida por ser um software bem consolidado no meio acadêmico. O SIPPA é um sistema de controle acadêmico utilizado pela comunidade da Universidade Federal do Ceará - *Campus* Quixadá, como um sistema auxiliar que opera de forma a contribuir aos seus usuários, permitindo uma interação mais próxima, rápida e fácil. Seu desenvolvimento é baseado na utilização de software livre e uma arquitetura integrável com outros ambientes.

O SIPPA é utilizado em sua maioria por alunos e professores, onde nele existem turmas virtuais dos semestres vigentes, com as informações sobre todos os seus participantes, funcionalidades de entrega de trabalhos, frequência, etc. O sistema não é necessariamente considerado um *e-learning*, pois ele é apenas um sistema de apoio básico a comunidade acadêmica.

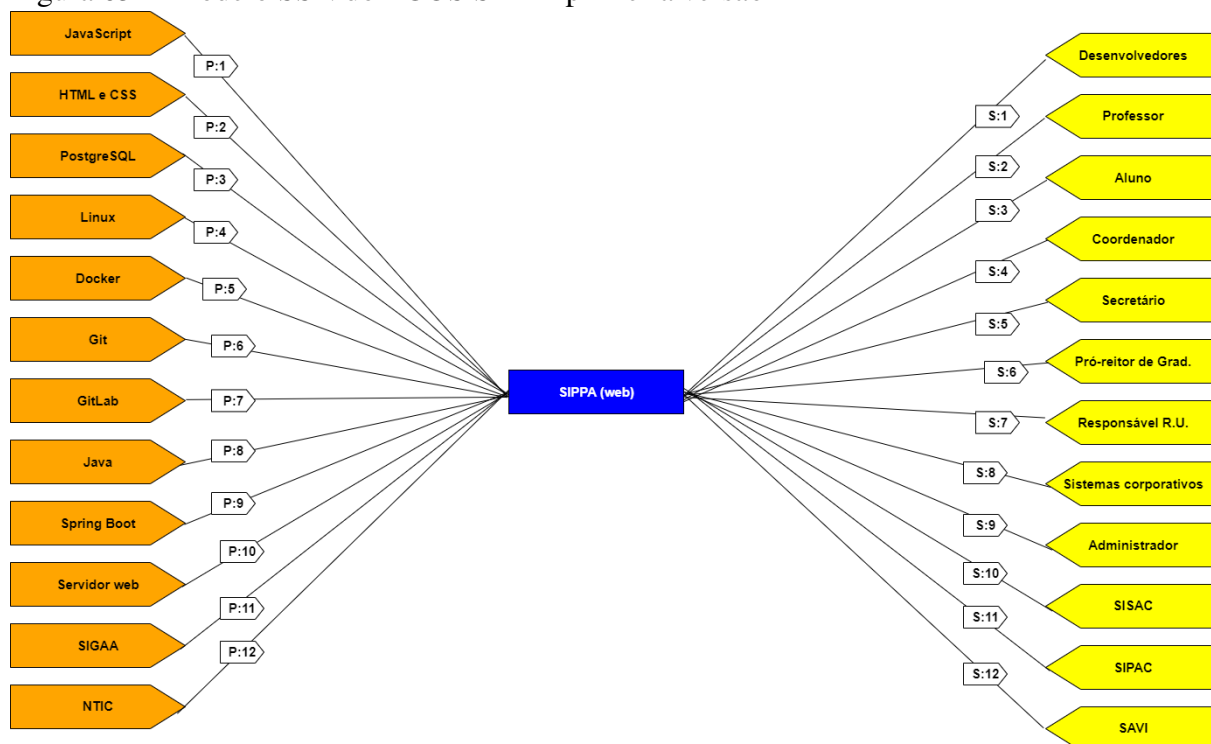
Na ferramenta de modelagem foram modeladas as duas versões de modelos SSN para o ECOS SIPPA, a primeira apenas com o SIPPA em sua versão para a web disponível para a comunidade acadêmica já há bastante tempo e a segunda versão com a integração do SIPPA em versão *mobile* disponível na plataforma *Android* desenvolvida recentemente. Foi realizada a análise na ferramenta e os resultados obtidos foram compilados e são apresentados a seguir.

6.3.1 Visão Geral da Evolução do ECOS SIPPA

Em torno do SIPPA existe todo um conjunto de relacionamentos formados por: usuários, fornecedores de tecnologia, desenvolvedores de soluções e relacionamentos comerciais. Alguns sistemas foram desenvolvidos em torno da plataforma central, com isso, versões e manutenções surgiram. O fornecimento de uma API para a construção de soluções para a plataforma *mobile* também contribuiu para a integração e difusão do ambiente. Nesse contexto surgiu o ECOS SIPPA composto por um conjunto de elementos de diferentes níveis que produzem relações simbióticas.

A Figura 63 apresenta a modelagem SSN para o ECOS SIPPA versão 1, onde podemos identificar os atores dos ECOS, as relações, e o que essas relações produzem, assim como seus respectivos papéis dentro do ecossistema. Pode-se observar a plataforma central (SIPPA), os fornecedores, os clientes, os clientes do cliente, os intermediários e agregadores e as relações produzidas por eles, sendo serviço ou produto.

Figura 63 – Modelo SSN do ECOS SIPPA primeira versão

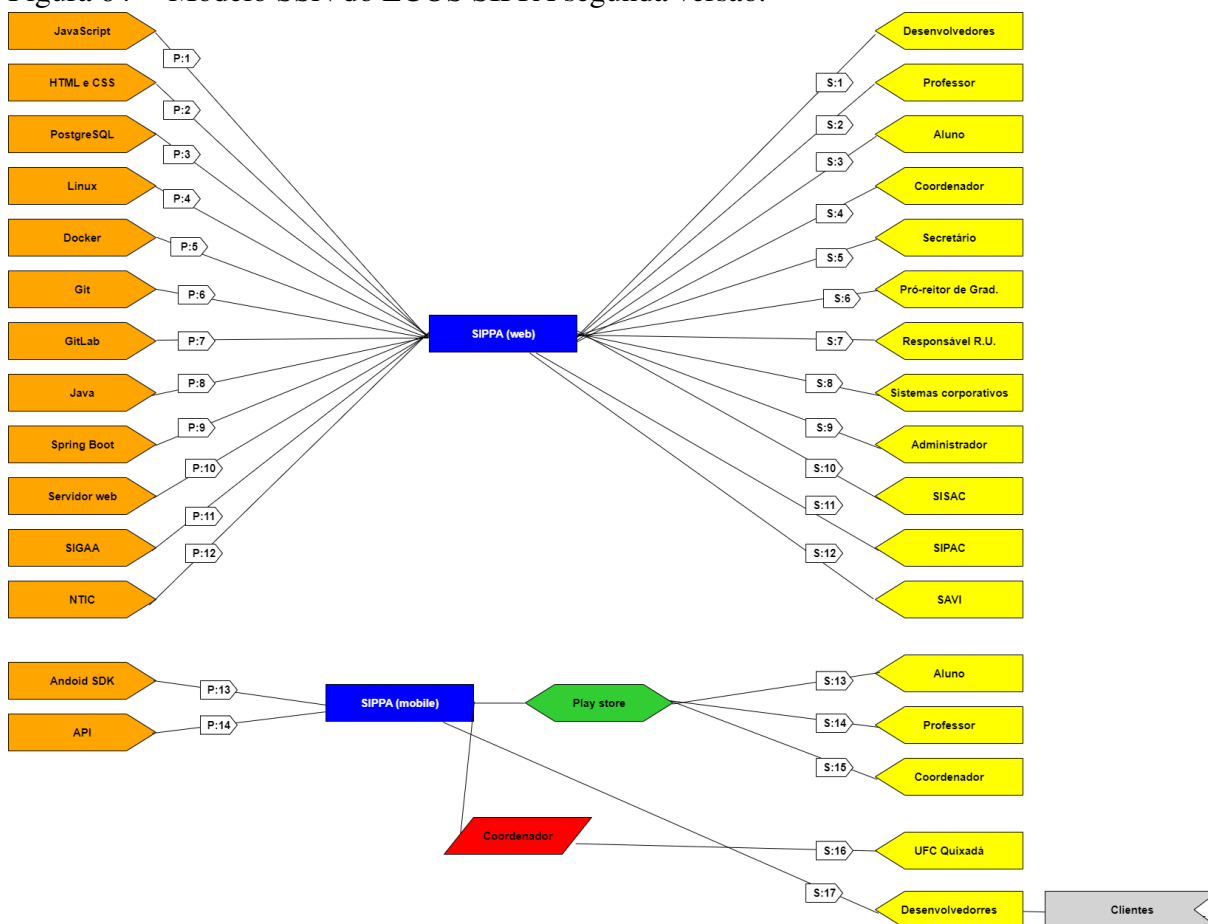


Fonte: Elaborado pelo Autor.

A Figura 64 apresenta o modelo SSN do ECOS SIPPA segunda versão modelado na ferramenta *ECOS Modeling* com a evolução da plataforma SIPPA também disponível em uma versão *mobile* para plataformas *Android*.

Considerando os três principais tipos de funções descritos por Hanssen (2012), estabelecendo o SIPPA *web* como a plataforma central do ECOS, tem-se uma organização que desenvolve e mantém suas versões de tecnologia. Os usuários finais que são muito diversificados, variando entre professores, alunos, coordenadores e outros e uma comunidade de desenvolvedores que possibilita a expansão do sistema. A tabela 7 apresenta os produtos providos pelos fornecedores de tecnologias e os serviços utilizados pelos usuários e clientes da aplicação, tanto na versão *mobile* como *web*.

Figura 64 – Modelo SSN do ECOS SIPPA segunda versão.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Quadro 7 – Descrição dos produtos e serviços do ECOS SIPPA

Produtos	Serviços
P:1 Linguagem de programação	S:1 API SIPPA
P:2 Linguagem de programação	S:2 Acesso ao SIPPA - professor
P:3 Banco de dados - PostgreSQL	S:3 Acesso ao SIPPA - aluno
P:4 Sistema operacional	S:4 Acesso ao SIPPA - coordenador
P:5 Virtualização	S:5 Acesso ao SIPPA - secretário
P:6 Sistema de controle de versão	S:6 Acesso ao SIPPA - pró-reitor de graduação
P:7 Código fonte	S:7 Acesso ao SIPPA - responsável pelo restaurante universitário
P:8 Linguagem de programação	S:8 Sistemas corporativos da Instituição de Ensino Superior
P:9 Framework	S:9 Acesso ao SIPPA - administrador do sistema
P:10 Servidores web	S:10 Sistema de horas complementares
P:11 Dados acadêmicos	S:11 Sistema de patrimônio, administração e contratos
P:12 Núcleo de tecnologia e comunicação	S:12 Sistema de avaliação institucional
P:13 Sistema operacional	S:13 Instituição de Ensino Superior (IES)
P:14 Código fonte	S:14 Desenvolvedores

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Considerando as três dimensões do ECOS propostas em Campbell e Ahmed (2010), do ponto de vista da dimensão do negócio, aqueles envolvidos com a plataforma possui conhecimento de mercado, e eles atuam como tomadores de decisão, identificando necessidades e expansões de plataforma, bem como mantendo o portfólio de produtos (SIPPA *web* e *mobile*).

Do ponto de vista da dimensão técnica, a definição e manutenção das tecnologias utilizadas nas plataformas, e o que a plataforma precisa para melhorar a qualidade, a interoperabilidade entre sistemas e avaliações de desempenho são aspectos comumente analisados. Por fim, a dimensão social, representada na Figura 63, permite uma visão de vários atores, com papéis de usuários, fornecedores e desenvolvedores, interagindo uns com os outros. O SIPPA e seus produtos são a Empresa de Interesse, apoiado por vários tipos de fornecedores: software, hardware, banco de dados e outros sistemas. Como intermediário temos a loja de aplicativos do *Google*. Existem vários tipos de clientes no ECOS SIPPA, variando de instituições, usuários, gestão de sistemas e desenvolvedores.

Pode-se observar no modelo atual do ECOS SIPPA na Figura 63 que o número de empresas interesse aumentou. Antes era apenas SIPPA *web* agora também possui o SIPPA *mobile*. Isso se deu por conta que o SIPPA sofreu uma evolução em sua plataforma e atualmente, juntamente com a versão *web* também opera uma versão *mobile*. Com isso surgiram os atores intermediário, agregador e cliente do cliente no modelo SSN do ECOS SIPPA atual. Aumentou o número de clientes e fornecedores em relação à versão anterior assim como no número dos relacionamentos de modo geral.

6.3.2 Resultados Estatísticos da Evolução do ECOS SIPPA

Os resultados obtidos pela abordagem de evolução de ECOS são a seguir apresentados em gráficos, tabelas, resultados com valores absolutos, valores percentuais e médias assim como o cruzamento dos resultados obtidos com as métricas quantitativas e percentuais relacionadas a evolução de ECOS.

O Quadro 8 apresenta os dados numéricos sobre os atores e relacionamentos de cada versão do ECOS SIPPA. Apenas com a visualização desses números já é perceptível assim como com a visualização dos modelos a evolução ocorrida no ECOS SIPPA. Neste caso os números crescem comparando a versão 1 com a versão 2.

A Figura 65 Gráfico (A) e (B) apresenta a representação dos dados numéricos e dados percentuais de forma individual para cada versão do ECOS SIPPA. Onde pode-se perceber com mais clareza e com detalhes a evolução que ocorreu no ECOS SIPPA. Na Figura 65 Gráfico (A) pode-se perceber o aumento no número da empresa de interesse de 1 para 2, aumento no número de fornecedor e cliente de 12 para 14 e 17 respectivamente, surgimento de atores como cliente do cliente, intermediários e agregador e um aumento considerável no total de relacionamentos,

Quadro 8 – Dados numéricos sobre os atores e relacionamentos das versões do ECOS SIPPA.

ECOS SIPPA versão 1		ECOS SIPPA versão 2	
Componentes	Quantidade	Componentes	Quantidade
Empresa de Interesse	1	Empresa de Interesse	2
Fornecedor	12	Fornecedor	14
Cliente	12	Cliente	17
Cliente do Cliente	0	Cliente do Cliente	1
Intermediário	0	Intermediário	1
Agregador	0	Agregador	1
Relacionamentos	24	Relacionamentos	34
Total Versão 1	49	Total Versão 2	70

Fonte: Elaborado pelo Autor.

de 24 para 34 uma diferença de 10 relacionamentos a mais de uma versão para outra.

A Figura 65 Gráfico (B) apresenta os valores percentuais para cada ator presente no ECOS SIPPA, onde pode-se perceber o aumento do percentual em relação ao todo do ECOS com os demais atores e relacionamentos com o surgimento de novos atores e mais relacionamentos e o aumento no número de alguns atores já.

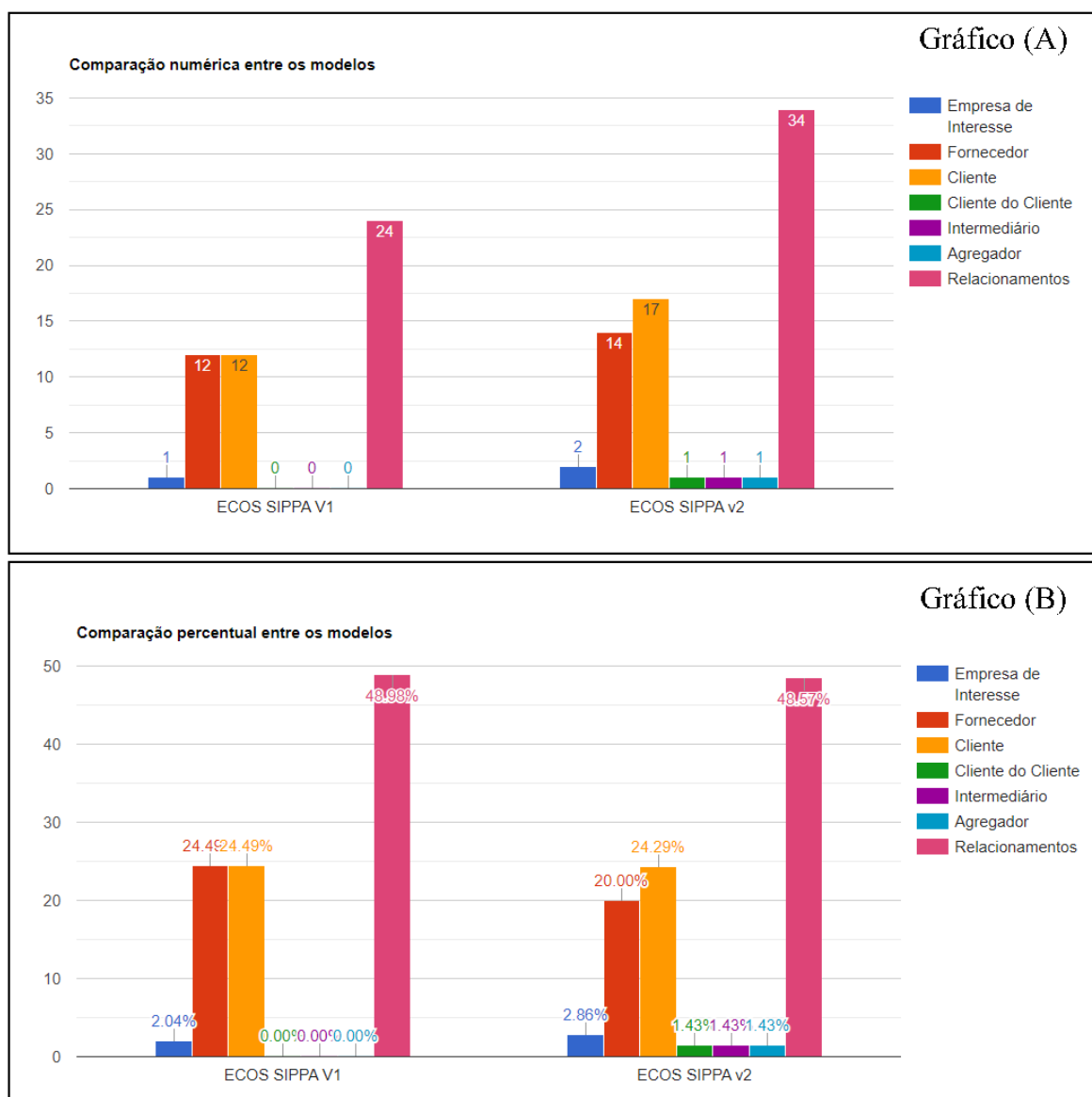
A Figura 66 (A) e (B) apresenta os gráficos sobre o quantitativo de atores e relacionamentos no total para cada versão do ECOS SIPPA assim como o quantitativo apenas dos relacionamentos em cada versão. Isso auxilia na visualização geral sobre o total de atores e sobre o total de relacionamentos que no caso do ECOS SIPPA aumentaram da versão 1 para a versão 2 analisadas.

A Figura 66 Gráfico (A) apresenta o quantitativo geral dos componentes (atores e relacionamentos) presentes nas versões do ECOS SIPPA, onde pode-se observar o aumento no número de atores da primeira para a segunda versão. A Figura 66 Gráfico (B) apresenta apenas o quantitativo geral dos relacionamentos em cada versão do ECOS SIPPA. Pode-se observar que na primeira versão tinha 24 relacionamentos e na última versão que é a versão atual do ECOS SIPPA 34 relacionamentos, um aumento de 10 relacionamentos.

A Figura 67 (A) e (B) apresenta os gráficos sobre a variação numérica e percentual dos componentes (atores e relacionamentos) entre a primeira versão (versão 1) e a última versão (versão 2) analisadas do ECOS SIPPA.

A Figura 67 Gráfico (A) apresenta a variação numérica onde pode-se observar a diferença entre cada um dos atores do ECOS SIPPA e os relacionamentos. Ao todo teve uma diferença de aumento em 1 empresa de interesse, 2 fornecedor, 5 cliente, 1 cliente do cliente, 1 intermediário, 1 agregador e 10 relacionamentos. A Figura 67 Gráfico (B) apresenta a variação

Figura 65 – Comparação numérica e percentual entre as versões do ECOS SIPPA.

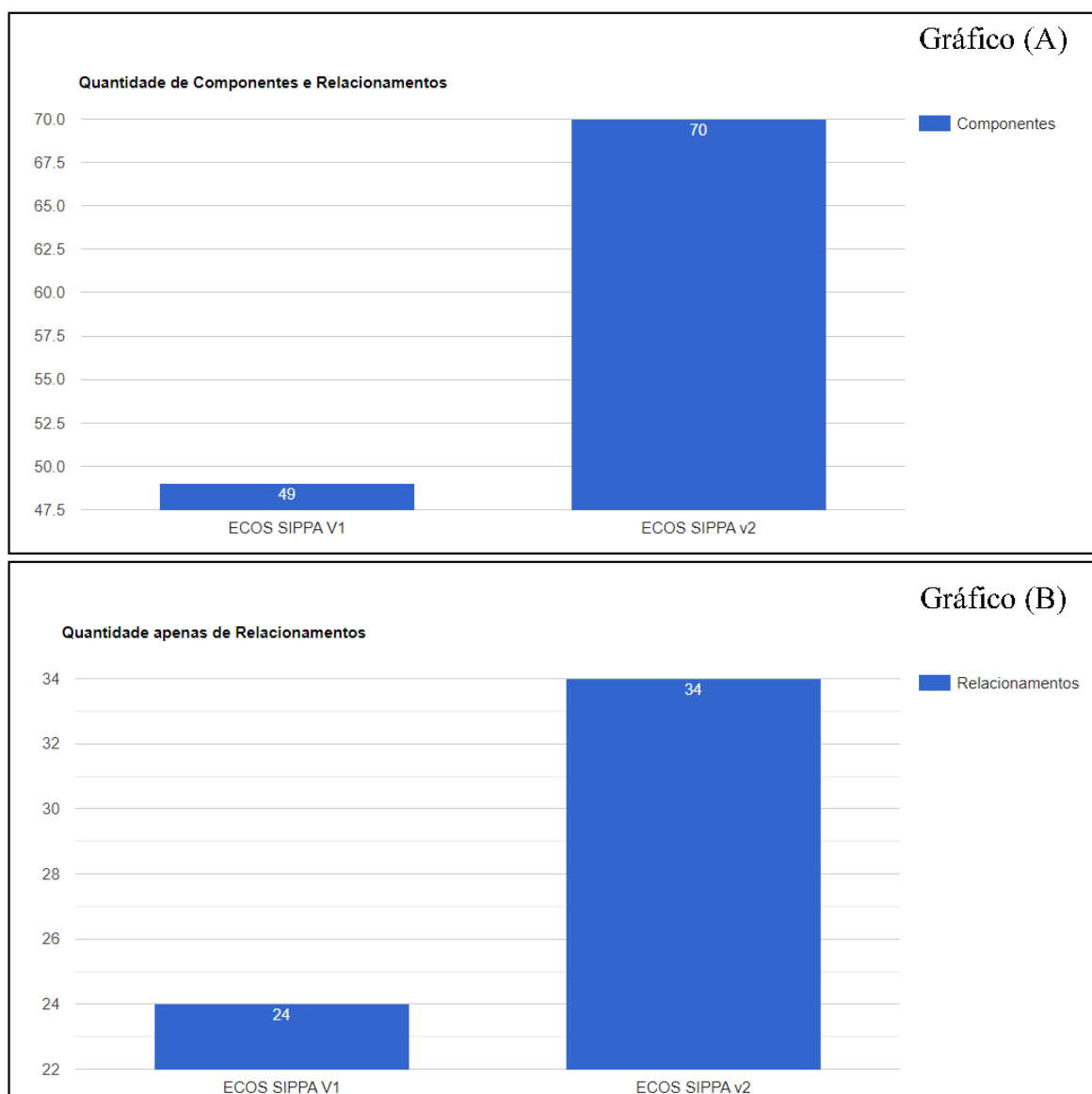


Fonte: Elaborado pelo Autor.

percentual onde pode-se observar uma variação de 40,20% na empresa de interesse, 22,46% de fornecedor, 0,82 em cliente, 0% em cliente do cliente, intermediário e agregador e 0,84% entre os relacionamentos.

A Figura 68 apresenta uma tabela com a comparação da diferença numérica, diferença percentual e média entre as versões 1 e 2 do ECOS SIPPA. Essa tabela é gerada pelo relatório de evolução e apenas compila os dados apresentados graficamente.

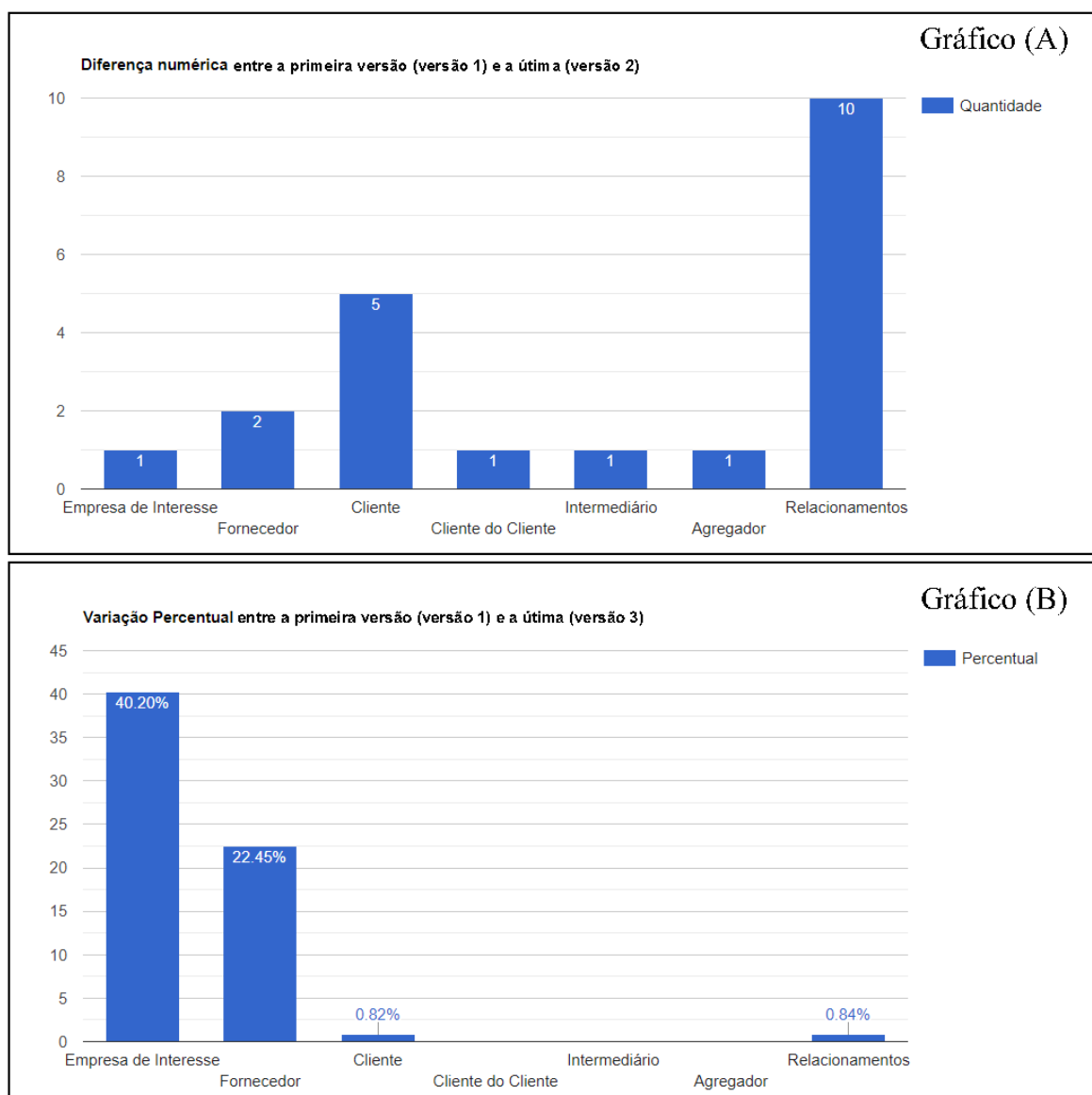
Figura 66 – Comparação numérica geral dos atores e relacionamentos entre as versões do ECOS SIPPA.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O Quadro 9 apresenta os resultados obtidos no relatório de evolução para cada uma das métricas quantitativas. Neste contexto as métricas foram abreviadas apenas apresentando o termo alteração ao invés de aumento/diminuição no quantitativo de atores e relacionamentos, assim como é apresentado a média de evolução por componentes e a média de evolução por relacionamentos.

Figura 67 – Variação numérica e percentual entre a versão 1 e versão 2 do ECOS SIPPA.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Tabela 9 – Resultados para as métricas quantitativas de evolução

Métrica	Resultado
Alteração no número de componentes no geral	21
Alteração no número de empresa de interesse	1
Alteração no número de fornecedor	2
Alteração no número de cliente	5
Alteração no número de cliente do cliente	1
Alteração no número de intermediário	1
Alteração no número de agregador	1
Alteração no número de relacionamentos	10
Média de evolução dos componentes	59.5
Média de evolução por relacionamentos	29

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 68 – Tabelas com comparação entre a versão 1 e 2 do ECOS SIPPA.

ECOS SIPPA V1 X ECOS SIPPA V2			
Componentes	Diferença Numérica	Diferença Percentual	Média
Empresa de Interesse	1	40.20%	1.5
Fornecedor	2	22.45%	13
Cliente	5	0.82%	14.5
Cliente do Cliente	1	0.00%	0.5
Intermediário	1	0.00%	0.5
Agregador	1	0.00%	0.5
Relacionamentos	10	0.84%	29

Fonte: Elaborado pelo Autor.

A seguir os resultados obtidos no relatório de evolução do ECOS SIPPA são comparados com as métricas qualitativas propostas neste trabalho com a finalidade de avaliar o impacto da evolução sofrida pelo ECOS SIPPA em alguns aspectos gerais.

Em quais os pontos-chave o ECOS mais evoluiu? As evoluções corridas no ECOS SIPPA foram em relação a fornecedores, clientes, cliente do cliente, empresa de interesse e surgimento de novos atores como agregador e intermediário. Essas alterações ocorreram com a adição do SIPPA *mobile*.

Quais relacionamentos de quais componentes evoluíram? Os relacionamentos dos componentes novos que surgiram (agregador e intermediário) com a plataforma central, os fornecedores e clientes. O surgimento de um relacionamento entre o cliente do cliente com um cliente no ECOS.

Qual o impacto da evolução nos relacionamentos presentes no ECOS? A evolução que ocorreu no ECOS impactou em um aumento considerável nos relacionamentos de modo geral e o surgimento de relacionamentos de intermediários entre clientes e a plataforma central do SIPPA *mobile*.

Qual o impacto da evolução do ECOS em sua estrutura? O impacto na estrutura geral do ECOS foi em relação ao aumento de atores e relacionamentos, que aumentaram o escopo do ECOS e no quantitativo de produtos e serviços gerados pelos relacionamentos.

Qual o impacto da evolução do ECOS na plataforma central? Houve um aumento no número de empresa de interesse com o aumento da operação da aplicação SIPPA na plataforma *mobile*. Isso impactou em um aumento de relacionamentos entre a plataforma central e a comunidade de usuários.

6.4 Conclusão

Este Capítulo apresentou um estudo de caso analisando a evolução do ECOS SOLAR e SIPPA, ambos ECOS reais pertencentes ao domínio educacional. O foco deste estudo de caso é por meio da abordagem de análise de evolução de ECOS proposta neste trabalho, analisar, caracterizar e evidenciar a evolução dos ECOS SOLAR e SIPPA por meio de modelos SSN. Os resultados foram gerados pela funcionalidade análise de evolução implementada na ferramenta *ECOS Modeling*.

O estudo de caso que analisa a evolução do ECOS SOLAR foi realizado por meio de um modelo SSN do SOLAR disponível na literatura há algum tempo, a partir desse modelo foi realizada uma consulta com um profissional ligado a manutenção do SOLAR para responder algumas perguntas sobre o ECOS SOLAR, suas tecnologias, plataformas, usuários e relacionamentos para constatar possíveis alterações no escopo do ECOS SOLAR. Foram destacadas algumas mudanças que ocorreram com o SOLAR, a diminuição no número de alguns componentes por conta da descontinuação de versões do SOLAR e do uso de tecnologias específicas.

Ao longo dos 3 (três) modelos analisados do ECOS SOLAR, foram destacados uma redução drástica no número de atores e relacionamentos no total, da primeira para a segunda versão uma diferença de 19 e da segunda para terceira versão 17, ou seja uma redução de 36 componentes no ECOS como um todo. Além de mudanças em uso de tecnologias e redução de usuários. Todos os resultados foram mostrados em gráficos e tabelas, em números absolutos valores médios e percentuais de acordo com as versões do ECOS SOLAR.

Para a realização do estudo de caso que analisa a evolução do ECOS SIPPA, em primeiro lugar foi realizada uma modelagem SSN do ECOS SIPPA. Em seguida foram analisados alguns fatores que foram alterados no ECOS e adicionado uma mudança no ECOS SIPPA que é a adição da versão *mobile* do SIPPA disponíveis para dispositivos *Android*. Após isso, obteve-se duas versões do ECOS SIPPA que foram utilizadas para a análise de evolução. A diferença entre as duas versões do ECOS SIPPA foi o aumento de 21 componentes de modo geral do

ECOS. Os resultados foram apresentados em gráficos e tabelas e em valores absolutos, médios e percentuais.

Os resultados obtidos nos dois estudos de caso foram confrontados com algumas métricas quantitativas, qualitativas sobre evolução de ECOS que foram propostas neste trabalho. Em ambos os casos foi possível constatar e visualizar a evolução que ocorreu nos ECOSs entre uma versão e outra, deixando claro que a abordagem proposta auxilia na análise da evolução de ECOS.

7 AVALIAÇÃO DA PROPOSTA

Neste Capítulo, é apresentado o planejamento e execução da avaliação TAM sobre a abordagem de estudo de evolução de ECOS proposta por este trabalho, assim como uma entrevista guiada com um profissional da indústria sobre a evolução do ECOS SIPPA analisado por este trabalho. A avaliação TAM foi realizada com alunos de cursos de graduação, pós graduação, professores, pesquisadores e profissionais da área de computação, mais especificamente de ES. São apresentados também os resultados obtidos e as discussões com os resultados. Por fim, são respondidas algumas questões de pesquisa e a conclusão do capítulo.

7.1 Introdução

Este trabalho apresenta duas avaliações sobre a proposta apresentada sobre evolução de ECOS. A primeira avaliação é referente a abordagem proposta em si, sobre suas funcionalidades, métricas, resultados, finalidade assim como sobre a abordagem implementada na ferramenta ECOS *Modeling* para avaliar as funcionalidades e a experiência do usuário em relação ao uso da ferramenta para a análise da evolução de ECOS. Esta avaliação TAM será realizada com alunos de cursos de graduação e pós-graduação em computação, profissionais da área de ES e computação e pesquisadores da área de ECOS, ES e computação. A avaliação TAM vai possibilitar um panorama avaliativo sobre a abordagem proposta de diferentes pontos de vista, níveis de conhecimento e experiências.

As segunda avaliação realizada é uma entrevista com um profissional da indústria de software sobre a evolução analisada por meio da abordagem apresenta nesta trabalho do ECOS SIPPA, um ECOS do sistema de presença e planos de aula pertencente ao domínio educacional. Esta entrevista irá propiciar um segundo ponto de vista sobre a abordagem proposta neste trabalho com a finalidade de validar a proposta e introduzi-la na indústria de software. A seguir são descritas as avaliações realizadas neste trabalho, como o planejamento a execução assim como os resultados obtidos para cada uma e análise e discussão dos resultados.

7.2 Avaliação TAM

O modelo TAM foi projetado para compreender a relação causal entre variáveis externas de aceitação dos usuários e o uso real do computador, buscando entender o comportamento destes usuários através do conhecimento da utilidade e da facilidade de utilização percebida

por eles (DAVIS *et al.*, 1989). Segundo Dias *et al.* (2011), de acordo com o modelo, o uso dos sistemas de informação seria determinado essencialmente pela intenção de uso que o indivíduo apresenta. Esta, por sua vez, seria determinada em conjunto pela atitude de uso do indivíduo com relação ao uso real do sistema e pela utilidade percebida, cada uma exercendo um peso relativo.

A abordagem de análise da evolução de ECOS com foco em modelos SSN proposta por este trabalho abrange uma série de passos, estudos e discussões sobre a evolução do ECOS e a relação de métricas de evolução para se ter uma análise mais profunda sobre a evolução do ECOS. E nesse contexto foi proposto aplicar o modelo TAM aos usuários avaliadores que irão utilizar a ferramenta *ECOS Modeling* para realizar a análise de evolução e visualizar a evolução do ECOS. Os avaliadores são alunos de graduação e pós-graduação em computação e áreas afins, professores, profissionais e pesquisadores da indústria de software.

7.2.1 Planejamento

A partir da fundamentação teórica fornecida pelo modelo TAM foram identificadas duas dimensões principais, utilidade percebida de uso e facilidade percebida de uso. Para cada variável foi construída uma escala composta por 5 (cinco) itens, itens esses extraídos a partir da literatura. Os itens da escala foram divididos homogeneamente, assim, do total de 5 itens de cada escala, 2 (dois) correspondem a um extremo, 1 (um) item central representa neutralidade e os outros 2 (dois) correspondem ao outro extremo.

A escala utilizada é do tipo *Likert*, variando entre 1 (um) e 5 (cinco) pontos. O grau de concordância cresce conforme maior for o número de pontos assinalados. O ponto 3 (ponto central) da escala foi considerado como neutro. As escalas utilizadas são de natureza ordinal. É importante ressaltar que o objeto do instrumento de pesquisa - questionário - foi o usuário, portanto, algumas das escalas foram preparadas em primeira pessoa com intuito de facilitar a interpretação dos itens pelos respondentes.

Com a finalidade de conhecer melhor a amostra e aprofundar as análises, foram incluídas 6 (seis) variáveis relacionadas a dados demográficos (nome e sobrenome, sexo, gênero, idade, grau de instrução e natureza de ocupação), 5 (cinco) variáveis sobre ECOS, notação SSN e modelagem, 9 (nove) variáveis sobre a utilização da ferramenta *ECOS Modeling*, 9 (nove) variáveis relacionados a abordagem de análise de evolução de ECOS, que formam os dois construtos analisados e 3 (três) variáveis de cunho aberto, contabilizando um total de 32 (trinta e duas) variáveis no instrumento utilizado na pesquisa.

O instrumento de pesquisa foi elaborado e disseminado com o auxílio do *Google* Formulários que é próprio para a construção e disseminação de questionários na web. A chamada para responder os questionários foi realizada através de convites enviados por e-mail e por meio de aplicativos de mensagens para os participantes. No texto do e-mail e nas mensagens continham um breve informativo com informações relacionadas ao significado da pesquisa, importância, órgão de financiamento e contatos para eventuais dúvidas.

A avaliação ocorreu com o auxílio de um roteiro para os usuários testarem os passos da abordagem proposta por este trabalho assim como a proposta implementada na ferramenta *ECOS Modeling*. Os usuários avaliadores receberam 3 (três) versões de modelos SSN do ECOS SOLAR e 2 (duas) versões de modelos SSN do ECOS SIPPA para realizar a análise de evolução na ferramenta. A critério dos avaliadores escolher realizara a análise do ECOS SOLAR ou SIPPA. As versões dos modelos para os ECOS disponibilizadas foram modeladas em diferentes espaços de tempo e concepções para poder se perceber e realizar a análise de evolução e posteriormente avaliar a proposta respondendo o questionário de pesquisa. Os Apêndices A e B apresentam respectivamente o roteiro para avaliação da abordagem e o questionário da avaliação TAM sobre a abordagem.

7.2.2 Execução

Foi realizado em primeiro lugar um teste piloto da avaliação com alguns membros de um grupo de pesquisa em ECOS com a finalidade de captar possíveis falhas e inconsistências no formulário de avaliação antes de aplicá-lo para as demais participantes. Ao todo 3 (três) membros do grupo de pesquisa participaram da avaliação, e em média o tempo gasto para realizar todos os passos propostos no roteiro na ferramenta e preencher o formulário de pesquisa foi de 9 minutos por participante.

A avaliação da proposta de análise de evolução de ECOS apresentada neste trabalho ocorreu com os demais avaliadores em um prazo de 8 (oito) dias, iniciando-se no dia 11/01/2023 e terminando no dia 18/01/2023. Foram convidados a participar da avaliação alunos de cursos de graduação e pós-graduação, professores de computação e áreas afins, pesquisadores de computação e áreas afins e profissionais da indústria de desenvolvimento de software.

O questionário teve por objetivo traçar o perfil dos participantes, perceber o nível de conhecimento em relação a ECOS, notação SSN, modelagem e evolução de ECOS, avaliar a experiência do usuário na utilização da ferramenta *ECOS Modeling*, avaliar a abordagem de

análise de evolução de ECOS assim como o relatório de evolução gerado e captar pontos fortes, fracos e algumas sugestões de melhoria para a ferramenta e a abordagem proposta.

7.2.3 Resultados Obtidos com a Avaliação TAM

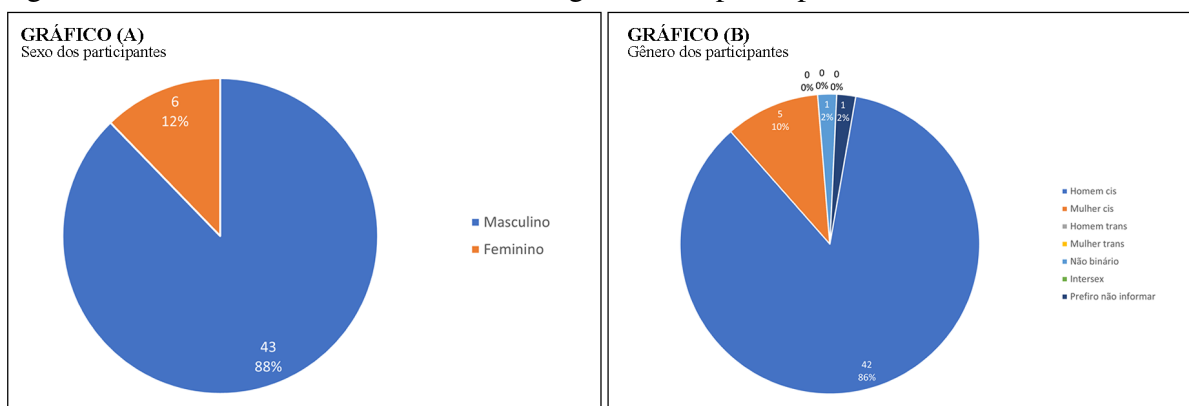
O formulário de avaliação ao longo dos 8 (oito) dias aberto para respostas captou um quantitativo de 49 respondentes, sendo a maioria dos respondentes profissionais da área de ES e computação respectivamente. Pode-se considerar um bom número de respondentes, levando em consideração o tempo em que o formulário ficou aberto para respostas e a dificuldade em encontrar pessoas da área disponíveis para participar do experimento.

7.2.3.1 Resultados das Variáveis Demográficas

Sobre as cinco variáveis da primeira seção de questões da avaliação relacionadas aos dados demográficos dos participantes. As questões são referentes ao nome, sexo, gênero, idade, grau de instrução e ocupação dos participantes. A variável sobre o nome dos participantes não é exposta nos resultados. O objetivo das questões demográficas é obter dados suficientes para traçar perfis dos participantes e realizar correlações com as demais variáveis aplicadas na avaliação.

A Figura 69 Gráfico (A) e (B) correspondem aos resultados das variáveis sobre o sexo e gênero dos participantes da avaliação. A maioria dos participantes foram do sexo masculino pontuando 88% e apenas 12% dos participantes foram do sexo feminino. A maioria dos participantes foram do gênero homem cis pontuando 86%, os demais foram 10% para mulher cis, 2% para não binário e preferiu não informar o restante pontuou 0% na pesquisa.

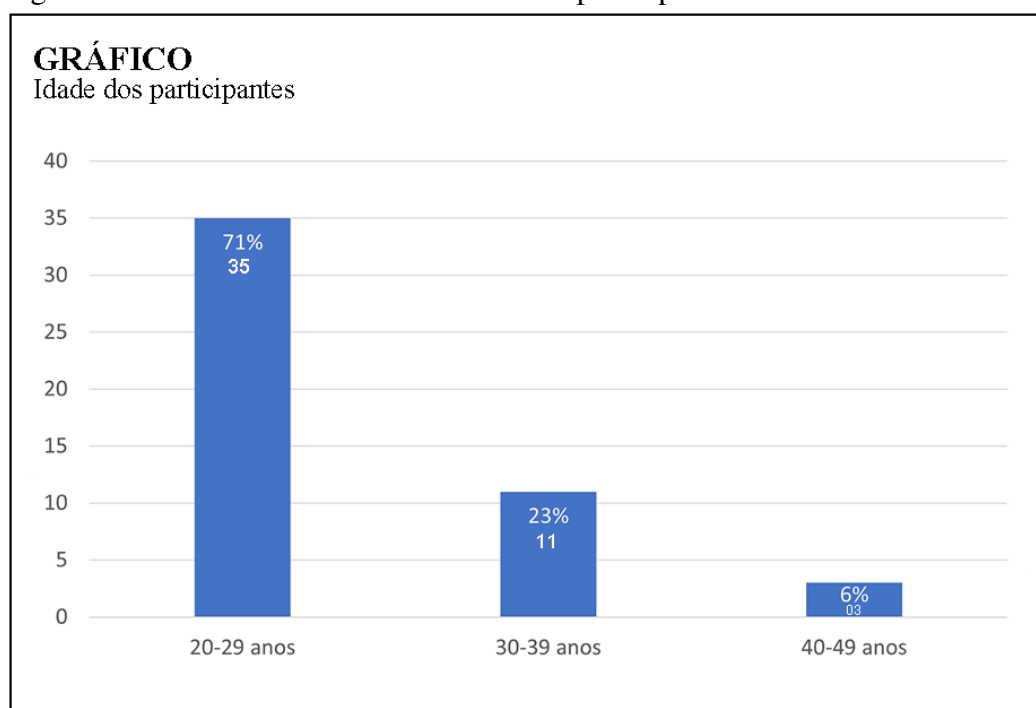
Figura 69 – Resultados das variáveis sexo e gênero dos participantes.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A Figura 70 apresenta o Gráfico com resultado sobre as idades dos participantes da avaliação, que foram agrupadas posteriormente a execução da avaliação em intervalos de 20-29 anos, 30-39 anos e 40-49 anos respectivamente. Para o intervalo de 20-29 anos foram 71% dos respondentes, 23% foram entre 30-39 anos e 6% foram entre 40-49 anos.

Figura 70 – Resultado da variável idade dos participantes.

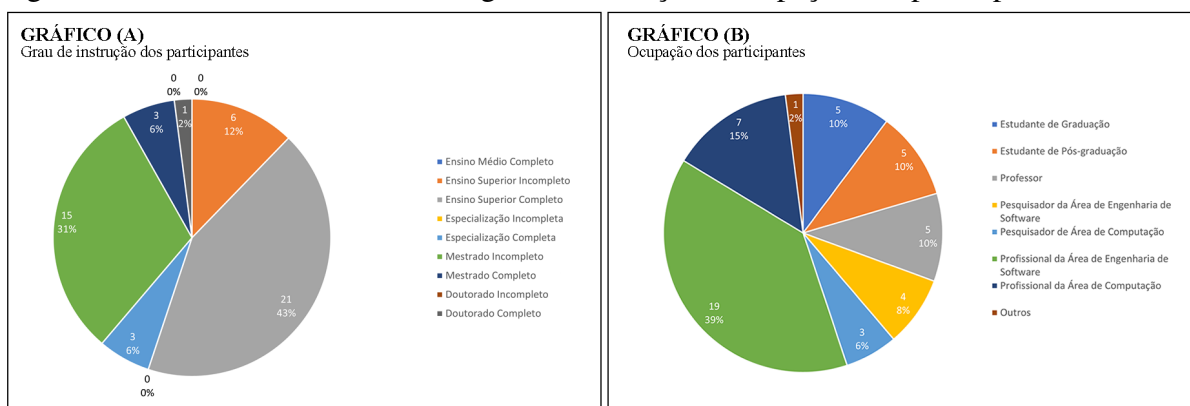


Fonte: Elaborado pelo Autor.

A Figura 71 Gráfico (A) e (B) apresentam os resultados obtidos para o grau de instrução e a ocupação dos participantes da pesquisa. Na Figura 71 Gráfico (A) pode-se observar que 43% dos participantes possuem o ensino superior completo, 31% dos participantes possuem mestrado incompleto, 12% possuem o ensino superior incompleto, 6% possuem respectivamente especialização completa e mestrado completo, 2% possuem doutorado completo e 0% para especialização incompleta e doutorado incompleto.

Na Figura 71 Gráfico (B) pode-se observar 39% dos participantes são profissionais da área de ES, 15% são profissionais da área de computação, 10% em cada estudante de graduação, estudante de pós-graduação e professor, 8% são pesquisadores na área de ES, 6% são pesquisadores na área de computação e 2% são possuem outras ocupações não listadas nas opções disponíveis.

Figura 71 – Resultados das variáveis grau de instrução e ocupação dos participantes.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

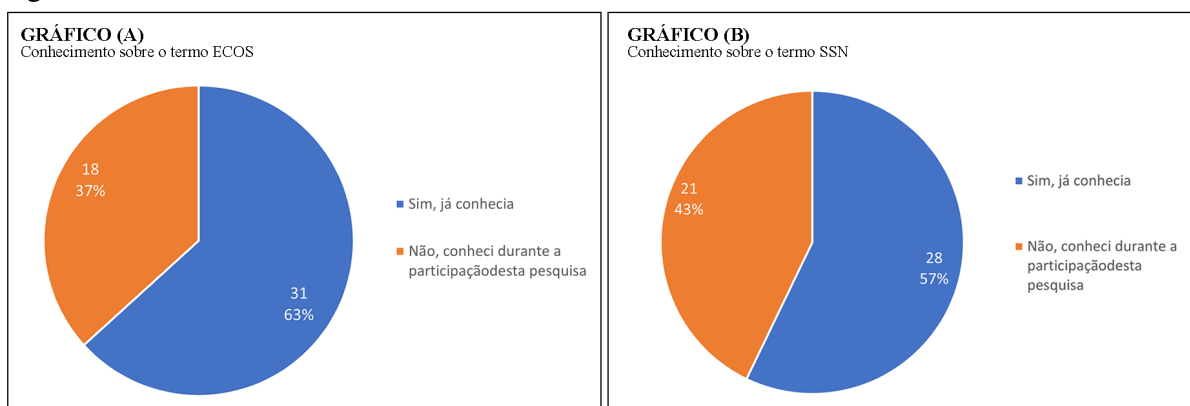
7.2.3.2 Resultados das Variáveis sobre ECOS, SSN, Modelagem e Evolução

Sobre as cinco variáveis da segunda seção de perguntas da avaliação relacionadas a ECOS, notação SSN, modelagem de ECOS, habilidade em modelagem de ECOS e sobre evolução de ECOS de modo geral. As questões são referentes a se o participante já conhecia ou passou a conhecer nesta pesquisa o termo ECOS e notação SSN, se o participante já realizou alguma modelagem de ECOS, sobre qual o grau de conhecimento/habilidade em modelagem de ECOS e se o participante já analisou ou realizou algum estudo sobre evolução de ECOS. O objetivo destas questões é obter o grau de conhecimento dos participantes sobre o termo ECOS e termos relacionados de modo geral.

A Figura 72 Gráfico (A) e (B) apresenta o resultados obtidos para as variáveis sobre o conhecimento em ECOS e notação SSN pelos participantes. Na Figura 72 Gráfico (A) pode-se observar que 63% dos participantes responderam que já conheciam o termo ECOS e apenas 37% responderam que não conheciam, passaram a conhecer durante esta pesquisa. Em relação ao termo SSN cerca de 57% responderam que já conheciam contra 43% que não conheciam, uma redução no percentual dos que conheciam em relação ao termo ECOS, como pode ser observado na Na Figura 72 Gráfico (B).

Esse número aponta que ainda é escasso o conhecimento sobre o termo e conceito de ECOS por estudantes, professores, profissionais e pesquisadores em computação, assim como para o termo e conceito da notação SSN. É importante elencar os benefícios para a literatura e para a comunidade que traz o ensino de ECOS em disciplinas de ES tando de cursos de graduação e pós-graduação. Alguns autores já realizaram experimentos em relação a isso e já propuseram metodologias de ensino de ECOS.

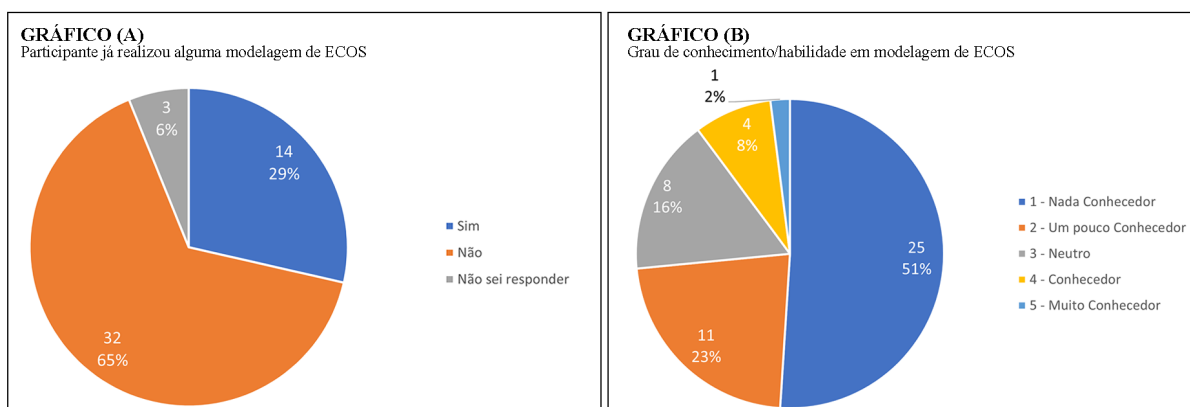
Figura 72 – Resultados das variáveis sobre conhecimento em ECOS e SSN.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A Figura 73 Gráfico (A) e (B) apresenta os resultados para as variáveis sobre se o participante já realizou alguma modelagem de ECOS e sobre qual o grau de conhecimento/habilidade do participante em realizar modelagem de ECOS. Pode-se observar na Figura 73 Gráfico (A) que 65% dos participantes responderam que nunca realizaram uma modelagem de ECOS, 29% responderam que já realizaram alguma modelagem de ECOS e 6% não souberam responder se já realizaram ou não. Na Figura 73 Gráfico (B) pode-se observar que 51% dos participantes se consideram nada conhecedores em modelagem de ECOS, 23% um pouco conhecedor, 16% neutro, 8% conhecedor e apenas 2% muito conhecedor.

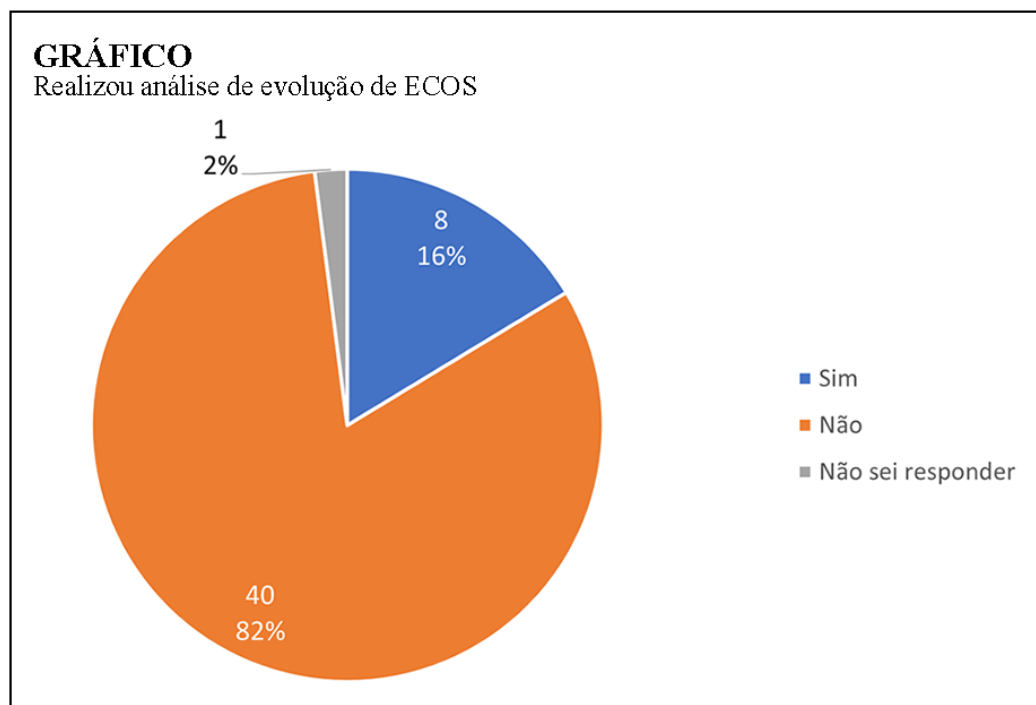
Figura 73 – Resultados das variáveis sobre realização e grau de habilidade em modelagem de ECOS.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

No Gráfico apresentado na Figura 74 pode-se observar que 82% dos participantes reponderam não terem realizado algum estudo ou análise sobre evolução de ECOS, 16% dos participantes responderam que sim realizaram e 2% dos participantes não souberam responder se já realizaram ou não estudo ou análise sobre evolução de ECOS.

Figura 74 – Resultado da variável sobre realização de alguma análise sobre evolução de ECOS.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

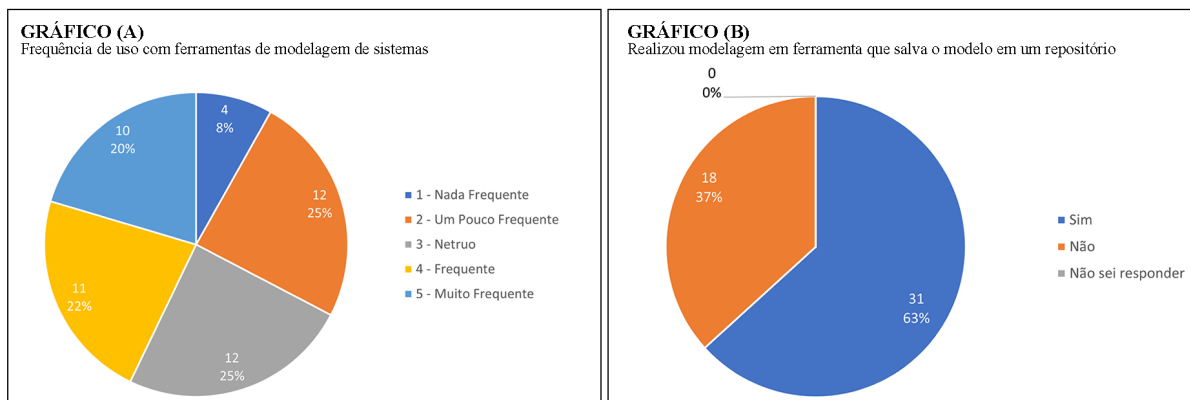
7.2.3.3 Resultados das Variáveis sobre a Ferramenta ECOS Modeling

Sobre as nove variáveis da terceira seção de questões da avaliação relacionadas a frequência dos participantes em utilizar ferramentas de modelagem de sistemas e sobre a ferramenta ECOS Modeling a respeito da usabilidade, funcionalidades, utilidade, requisitos implementados, interface e esforço mental ao utilizar a ferramenta. O objetivo das questões sobre a ferramenta é obter resultados sobre as funcionalidades, a interface e usabilidade de ferramenta para melhorá-la em alguns pontos fracos detectados.

A Figura 75 Gráfico (A) e (B) apresenta os resultados para as variáveis sobre a frequência de uso do participante em ferramentas de modelagem de sistemas e sobre se o participante já utilizou ferramenta que salva os modelos em repositório. Pode-se observar na Figura 75 Gráfico (A) que 8% responderam ser nada frequentes, 25% um pouco frequentes, 25% neutros, 22% frequentes e 20% muito frequentes. Um número bem variado em relação a este quesito ferramentas de modelagem de sistemas.

Sobre a realização de modelagem em ferramenta que salva em repositório, 63% dos participantes responderam que sim já utilizaram, 37% responderam que não utilizaram e nenhum dos participantes não soube responder. Pode-se observar este resultado na Figura 75 Gráfico (B).

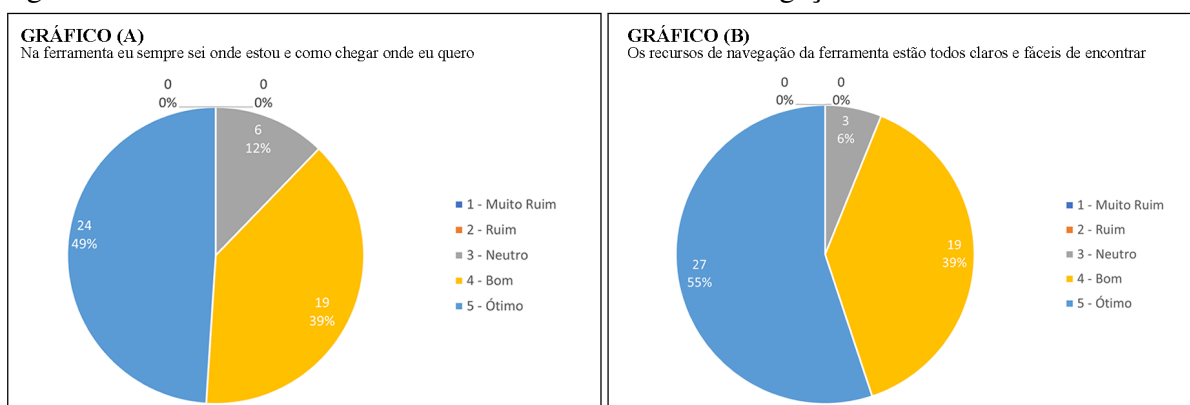
Figura 75 – Resultado das variáveis sobre utilização de ferramentas de modelagem e repositórios de modelos.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A Figura 76 Gráfico (A) e (B) apresentam os resultados para as variáveis sobre a usabilidade na ferramenta com a pergunta “na ferramenta eu sempre sei onde estou e como chegar onde quero” e sobre todos os recursos de navegação da ferramenta estão claros e fáceis de encontrar e utilizar. Na Figura 76 Gráfico (A) 49% dos participantes responderam sobre a usabilidade da ferramenta ser ótima, 39% responderem ser bom, 12% responderem neutro e nenhum dos participantes respondeu ser ruim ou muito ruim. Sobre os recursos de navegação da ferramenta, 55% responderam ser ótimo, 39% responderam ser bom, 6% responderam neutro e nenhum dos participantes respondeu ser ruim ou muito ruim, como pode ser observado na Figura 76 Gráfico (B).

Figura 76 – Resultado das variáveis sobre usabilidade e navegação da ferramenta.

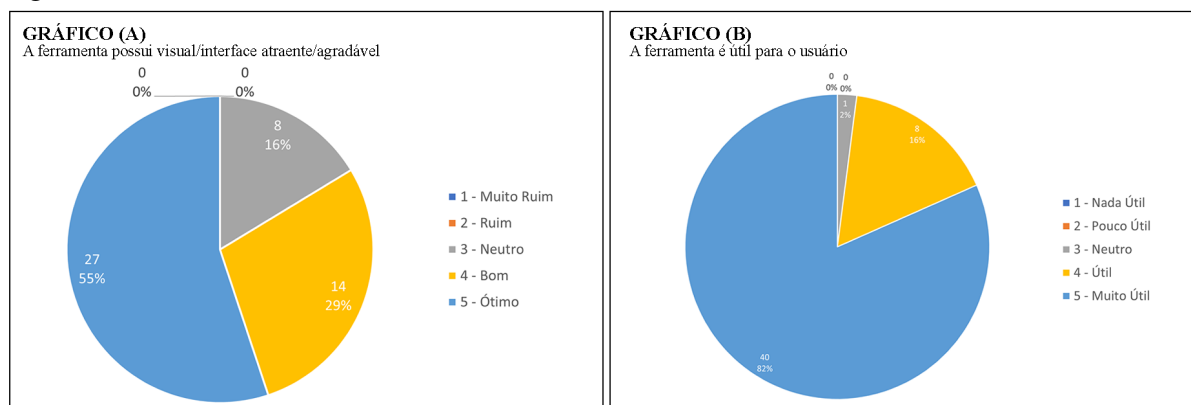


Fonte: Elaborado pelo Autor.

A Figura 77 Gráfico (A) e (B) apresenta os resultados das variáveis sobre o visual/interface da ferramenta e sobre a utilidade da ferramenta aos seus usuários. Pode-se observar na Figura 77 Gráfico (A) que 55% responderem ótimo sobre o visual/interface da ferramenta, 29% responderam bom e 16% responderem neutro. Nenhum dos participantes respondeu ser

ruim ou muito ruim. Em relação a utilidade da ferramenta, 82% responderam ser muito útil, 16% responderam ser útil e 1% responderam ser neutro, nenhum dos participantes responderem ser pouco útil ou nada útil, como pode ser observado na Figura 77 Gráfico (B).

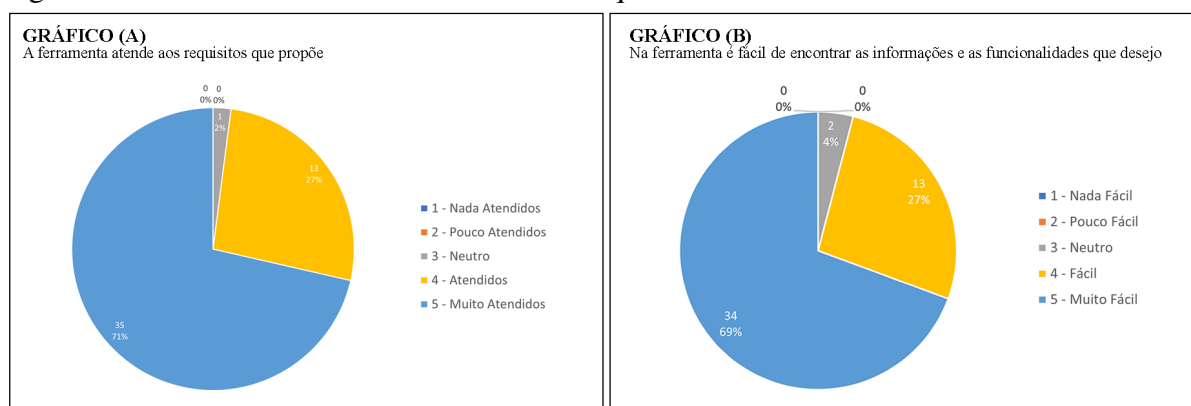
Figura 77 – Resultado das variáveis sobre visual/interface e utilidade da ferramenta.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A Figura 79 Gráfico (A) e (B) apresenta os resultados para as variáveis sobre se a ferramenta atende os requisitos que propõe implementar e sobre as funcionalidades e a facilidade de encontrar e utilizar na ferramenta. Na Figura 79 Gráfico (A) pode-se observar que 71% responderem que os requisitos são muito atendidos, 27% responderam atendidos, 2% responderem neutro e nenhum dos participantes respondeu ser pouco atendidos ou nada atendidos. Em relação facilidade de encontrar informações e funcionalidades na ferramenta, 69% responderam ser muito fácil, 27% responderam ser fácil, 4% responderam ser neutro e nenhum dos participantes responderam ser pouco fácil ou nada fácil, pode ser observado esse resultado na Figura 79 Gráfico (B).

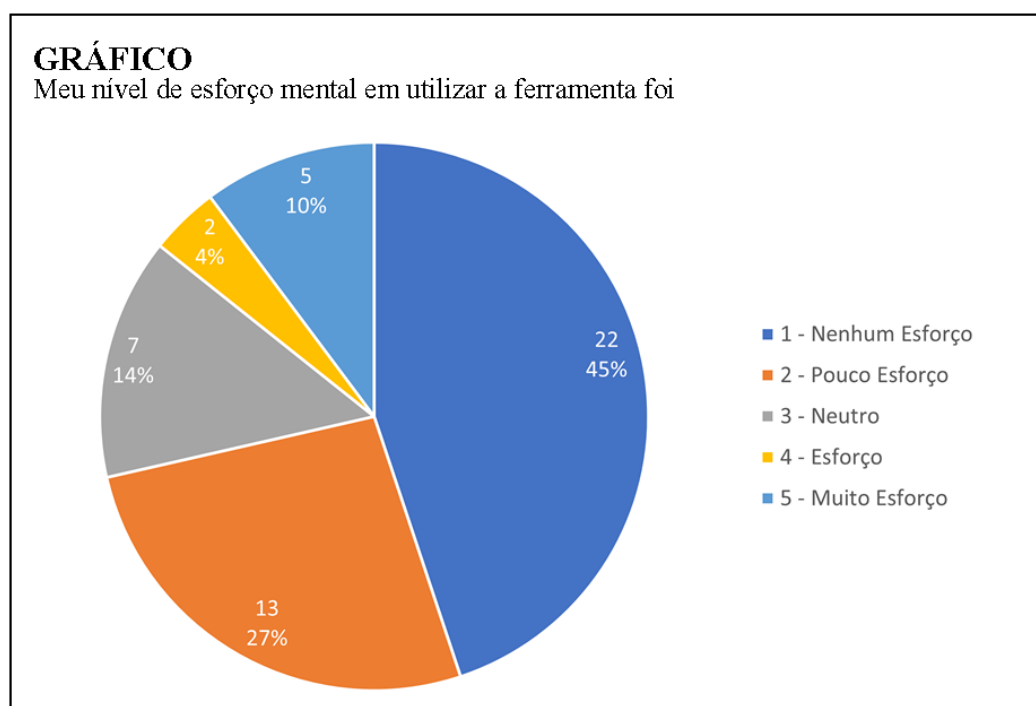
Figura 78 – Resultado das variáveis sobre os requisitos e funcionalidades.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O Gráfico apresentado na Figura 79 é referente a variável esforço mental em se utilizar a ferramenta de modo geral. Cerca de 45% dos participantes responderam não ter tido esforço mental nenhum, 27% responderam ter um pouco de esforço, 14% foram neutros, 4% tiveram um pouco de esforço e 10% tiveram muito esforço em utilizar a ferramenta de modo geral.

Figura 79 – Resultado da variável sobre o nível de esforço mental em utilizar a ferramenta.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

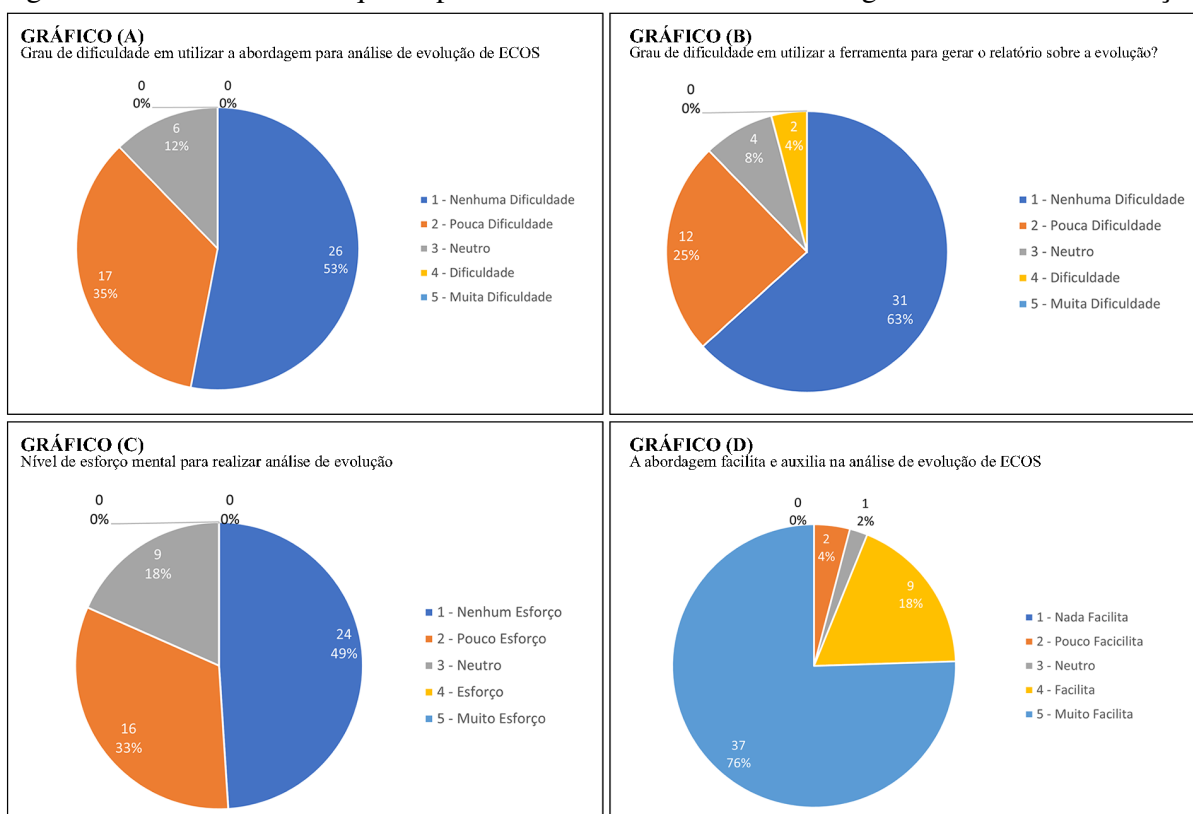
7.2.3.4 Resultados das Variáveis sobre a Abordagem de Análise de Evolução de ECOS

As nove variáveis da quarta seção de perguntas são relacionadas a abordagem proposta e implementada na ferramenta, com perguntas sobre: grau de dificuldade em utilizar a abordagem para análise de evolução, o grau de dificuldade em utilizar a ferramenta para gerar o relatório sobre a evolução, nível de esforço mental para realizar análise de evolução, a abordagem proposta facilita e auxilia na análise de evolução de ECOS, a abordagem proposta é útil, minha interação com a ferramenta na funcionalidade de análise de evolução é clara e compreensível, em relação aos dados, gráficos e tabelas gerados pela ferramenta qual sua satisfação, a evolução do ECOS já é perceptível apenas com a visualização dos resultados e em relação às métricas para avaliar a evolução qual a sua satisfação. O objetivo das questões sobre a abordagem proposta

é captar resultados que validem a abordagem sobre o seu escopo, qualidade de resultados e implementação na ferramenta.

A Figura 80 Gráficos (A), (B), (C) e (D) apresentam os resultados para as primeiras quatro variáveis sobre o grau de dificuldade em utilizar a abordagem, grau de dificuldade em utilizar a ferramenta na funcionalidade evolução, nível de esforço mental em utilizar a abordagem e se a abordagem auxilia no processo de análise de evolução de ECOS.

Figura 80 – Resultados das quatro primeiras variáveis sobre a abordagem de análise de evolução.



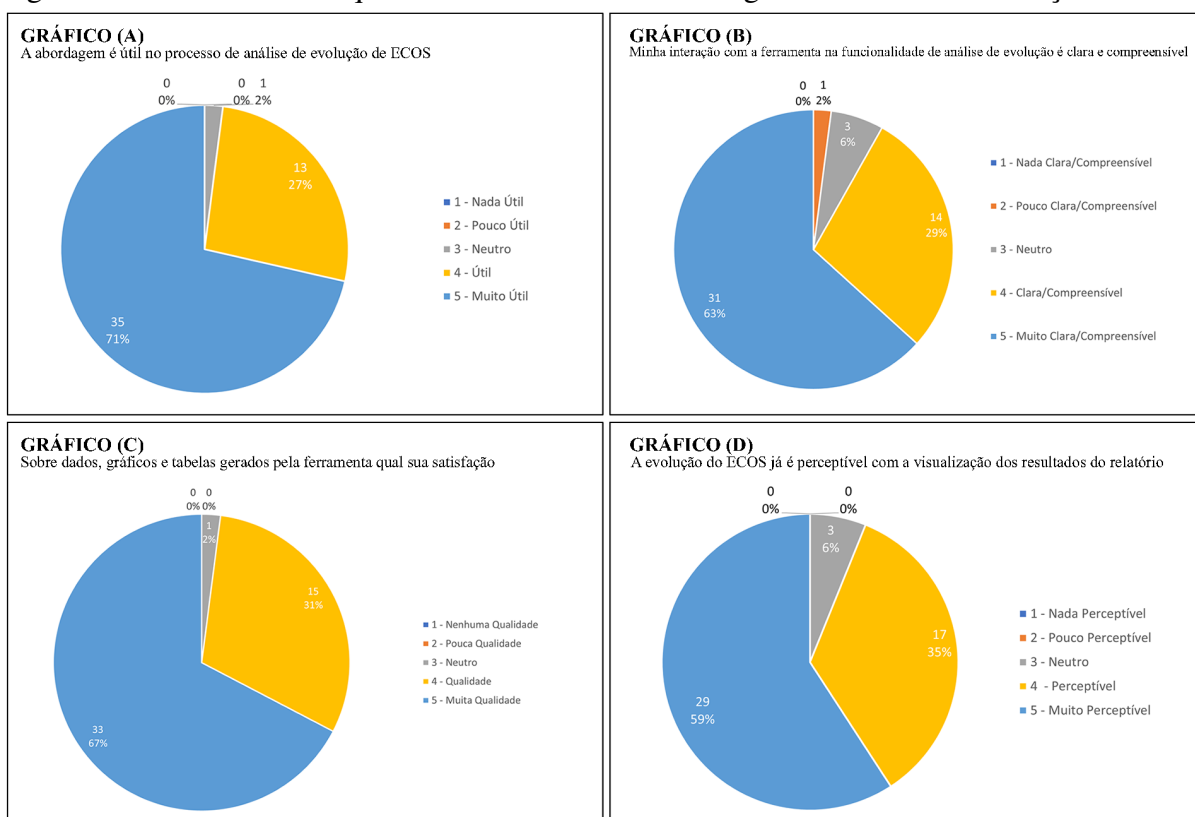
Fonte: Elaborado pelo Autor.

A Figura 80 Gráfico (A) apresenta os resultados da variável sobre o grau de dificuldade em utilizar a abordagem. Cerca de 53% responderem não ter tido nenhuma dificuldade, 35% responderam ter tido pouca dificuldade, 6% responderam neutro e nenhum participante respondeu ter dificuldade ou muita dificuldade. Na Figura 80 Gráfico (B) pode-se observar os resultados da variável sobre o grau de dificuldade em utilizar a ferramenta para gerar o relatório de evolução, 63% responderam nenhuma dificuldade, 25% pouca dificuldade, 8% responderam neutro, 4% responderam dificuldade e nenhum respondeu ter tido muita dificuldade.

A Figura 80 Gráfico (C) apresenta os resultados para o nível de esforço mental para realizar a análise de evolução de ECOS de acordo com a abordagem, 49% responderam nenhum esforço, 33% responderam pouco esforço, 18% responderam neutro e nenhum respondeu ter tido esforço ou muito esforço. Sobre a variável se a abordagem facilita e auxilia a análise de evolução, 76% responderam que muito facilita, 18% responderam que facilita, 2% responderam neutro, 4% responderam pouco facilita e nenhum respondeu que nada facilita como pode ser observado na Figura 80 Gráfico (D).

A Figura 81 Gráficos (A), (B), (C) e (D) apresentam os resultados para quatro variáveis sobre a utilidade da abordagem no processo de análise de evolução de ECOS, sobre a interação do usuário na ferramenta na funcionalidade análise de evolução, sobre os resultados em gráficos, tabelas, médias, percentuais e valores absolutos e sobre a percepção a partir da visualização dos resultados do relatório sobre a evolução do ECOS.

Figura 81 – Resultados de quatro variáveis sobre a abordagem de análise de evolução.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

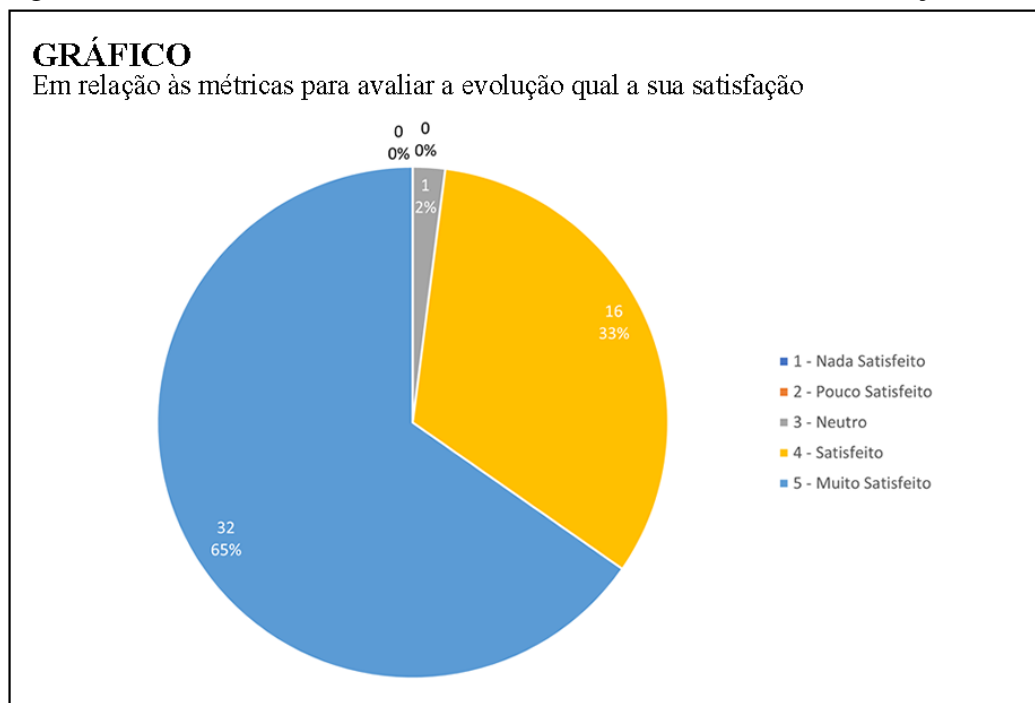
A Figura 81 Gráfico (A) apresenta os resultados da variável utilidade da abordagem, 71% responderam ser muito útil, 27% responderem ser útil, 2% responderam neutro e nenhum respondeu ser pouco útil ou nada útil. Sobre a interação dos usuários com a ferramen-

onalidade análise de evolução, 63% responderam muito clara/compreensível, 29% responderem ser clara/compreensível, 6% responderam neutro, 2 responderam pouco clara/compreensível e nenhum respondeu ser nada clara/compreensível, como pode ser observado na Figura 81 Gráfico (B).

Na Figura 81 Gráfico (C) pode ser observado os resultados da variável sobre os dados, gráficos, tabelas e resultados gerados na análise de evolução. Cerca de 67% responderam ser de muita qualidade, 31% responderam ser de qualidade, 2% responderam ser neutro e nenhum respondeu ser de pouca ou nenhum qualidade. Sobre a percepção da evolução a partir da visualização dos resultados, cerca de 59% responderam ser muito perceptível, 35% responderem ser perceptível, 6% responderam neutro e nenhum respondeu ser pouco ou nada perceptível, como pode ser observado na Figura 81 Gráfico (D).

O Gráfico apresentado na Figura 82 é referente a variável satisfação do usuário em relação as métricas apresentadas. Cerca de 65% dos participantes responderam muito satisfeito, 33 responderam satisfeito, 2% responderam neutro e nenhum respondeu estar pouco ou nada satisfeito com as métricas apresentadas.

Figura 82 – Resultado da variável sobre as métricas de análise de evolução.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

7.2.3.5 Resultados das Variáveis de Escopo Aberto

A análise das questões de opinião foi conduzida de maneira livre, pois como não eram perguntas obrigatórias houve poucas respostas. Basicamente foram identificados ao longo dos comentários dos respondentes os destaques. Para uma melhor compreensão e anonimização dos respondentes, cada citação é identificada por um “P” seguido por um número, que indicou a ordem de resposta do questionário.

Os pontos fortes foram descritos na QO1. Destaques para boa apresentação e compreensão dos resultados da análise de evolução em gráficos e tabelas, a ferramenta possui funcionalidades robustas e acessíveis, abordagem é útil e permite o estudo e a visualização de evolução de ECOS e a funcionalidade de internacionalização na ferramenta. A maioria das respostas citou qualidade e boa compreensão dos gráficos. Um exemplo de menção foi a resposta de P18 em *"Sobre a ferramenta, um ponto forte seria a maneira que foi disposto os gráficos para avaliação e comparação dos modelos. Está muito ilustrativo e de fácil compreensão até para pessoas leigas no assunto"*. Funcionalidades robustas e acessíveis como citado no comentário de P23: *"A funcionalidade de análise de evolução atende bem ao que se propõe a realizar. A ferramenta é bem consistente e bem apresentada. Possui funcionalidades interessantes e robustas"*. A abordagem é útil pode ser observada no comentário de P31: *"Em relação a abordagem de estudo, a mesma é bem implementada e bem apresentável, de fácil compreensão e intuitiva"*. E sobre a funcionalidade de internacionalização um exemplo é o comentário de P8 *"Solidez da aplicação, e entregando todas as funcionalidades que promete, até então. Inclusão de diferentes idiomas também é um ponto muito positivo"*.

Como pontos fracos, QO2 apresentou menções a interface e usabilidade da ferramenta como pode ser observado nos comentários de P12 e P49 respectivamente, *"Ferramenta simples de usar, mas ainda acho que poderia ter alguns pontos de melhoria em relação a usabilidade. por exemplo: demorei para encontrar o botão de gerar relatório."*, *"Talvez a interface da ferramenta como um todo poderia ser mais usual"*. Como apresentado os pontos fracos foram apenas ligados a ferramenta em si em não diretamente a abordagem proposta. Esses pontos fracos apontados na interface da ferramenta são devidos ao desenvolvimento da aplicação com *frameworks* que auxiliam muito na praticidade e rapidez no desenvolvimento porém não são tão usuais e de fácil manuseio em certos casos para os usuários.

Por fim, QO3 destacou as sugestões de melhoria para a aplicação. Os destaques são para a adição de acessibilidade a ferramenta, uma seção de ajuda aos usuários, agrupar

versões de modelos de ECOS e melhorar a usabilidade e a interface no geral. A adição de acessibilidade é algo importante e que a ferramenta deve aderir em uma próxima versão, um exemplo é citado por P34 "*Colocar acessibilidade na aplicação, permitindo aumentar e diminuir fonte, funcionalidade de ajuda em libras e modo em alto contraste.*". Sobre uma seção de ajuda aos usuários, implementação de um guia para auxiliar no manuseio da aplicação é mencionada por P14 "*Ter uma seção de help para novos usuários entenderem como utiliza a ferramenta, pode ter no início da página aqueles vídeos explicativos*". Agrupar versões de modelos e melhorar a interface como um todo foi mencionado por P16 e P39 respectivamente "*Pode agrupar as versões, dessa forma eu não preciso ficar procurando onde cada uma está.*", "*Melhorar a interface no geral, porém, acredito que foi utilizado o bootstrap para facilitar a implementação, o que deixa a aplicação mais engessada nesse quesito*".

7.2.3.6 Resultados dos Construtos Utilidade Percebida e Facilidade Percebida

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos com o questionário de avaliação sobre a abordagem proposta neste trabalho, para cada um dos construtos propostos na avaliação TAM: utilidade percebida e facilidade percebida. Ao todo foram utilizadas 9 variáveis para a realização deste estudo, que são sobre a abordagem de estudo de evolução de ECOS. O quadro 9 apresenta o construto utilidade percebida com sua respectiva definição e as questões que foram utilizadas, de forma afirmativa, nos questionários aplicados em nossa pesquisa.

Quadro 9 – Construto Utilidade Percebida x Variáveis.

Construto	Definição	Variáveis
Utilidade percebida	Grau em que uma pessoa acredita que utilizar a abordagem de análise de evolução implementada na ferramenta irá melhorar seu desempenho em estudos sobre evolução de ECOS.	(VU1) - A abordagem proposta facilita e auxilia na análise de evolução de ECOS? (VU2) - A abordagem proposta é útil no processo de análise de evolução de ECOS? (VU3) - Minha interação com a ferramenta na funcionalidade de análise de evolução é clara e compreensível (VU4) - Em relação aos dados, gráficos e tabelas gerados pela ferramenta qual sua satisfação em relação a qualidade dos resultados (VU5) - A evolução do ECOS já é perceptível apenas com a visualização dos resultados em gráficos, tabelas, percentuais e métricas ? (VU6) - Em relação às métricas para avaliar a evolução qual a sua satisfação

Fonte: Elaborado pelo Autor.

No construto facilidade de uso percebida, é aferido o quanto um indivíduo confia que o uso de uma determinada tecnologia é fácil e, portanto livre de esforço (DAVIS *et al.*, 1989). O Quadro 10 apresenta o construto facilidade percebida, sua definição e variáveis.

Quadro 10 – Construto Facilidade Percebida x Variáveis.

Construto	Definição	Variáveis
Facilidade de uso percebida	Grau em que uma pessoa acredita que utilizar a abordagem de estudo sobre evolução de ECOS não envolverá esforço.	(VF1) - Qual o grau de dificuldade em utilizar a abordagem para análise de evolução de ECOS? (VF2) - Qual o grau de dificuldade em utilizar a ferramenta ECOS Modeling para gerar o relatório sobre a evolução? (VF3) - Qual o seu nível de esforço mental para realizar análise de evolução de acordo com a abordagem proposta?

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os resultados para as 6 (seis) variáveis que fazem parte do escopo do construto utilidade percebida foram bem positivos e bastante relevantes para a abordagem proposta neste trabalho e para entender o que os usuários avaliadores da abordagem implementada na ferramenta esperam com a abordagem em relação ao desempenho de estudos sobre evolução de ECOS, ou seja, que a proposta realmente auxilia e é útil para estudos sobre evolução de ECOS.

Conforme apresentados na seção anterior por meio de gráficos, o Quadro 11 apresenta um resumo do percentual para cada uma das variáveis dos dois últimos itens da escala *likert* (4 e 5) por isso o percentual elevado de respostas, a média para todas as variáveis que ficou em torno de 4,5 a 4,6, o desvio padrão e variância das respostas dos avaliadores sobre as variáveis do construto utilidade percebida.

Quadro 11 – Resultados para o construto utilidade percebida

Variável	Percentual (4 e 5)	Média	Variância	Desvio Padrão
(VU1)	93,9%	4,65	0,512286547	0,715741956
(VU2)	97,9%	4,69	0,253227822	0,50321747
(VU3)	91,9%	4,53	0,49396085	0,702823484
(VU4)	97,9%	4,65	0,267388588	0,517096304
(VU5)	93,9%	4,53	0,37151187	0,609517736
(VU6)	98%	4,63	0,273219492	0,522704019

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os resultados para as 3 (três) variáveis que fazem parte do escopo do construto facilidade percebida foram positivos, ou seja, os participantes não tiveram esforço mental e nem dificuldade em entender a abordagem proposta e realizar a análise de evolução na ferramenta. Esse resultado aponta que a abordagem é de fácil compreensão, entendimento e manuseio por parte dos usuários. Conforme apresentados na seção anterior por meio de gráficos, o Quadro 12 apresenta um resumo do percentual dos dois primeiros itens da escala de *likert* (1 e 2), a média das variáveis que ficou em torno de 1,5 e 1,6, o desvio padrão e variância das respostas dos avaliadores sobre as variáveis do construto utilidade percebida.

Quadro 12 – Resultados para o construto facilidade percebida

Variável	Percentual (1 e 2)	Média	Variância	Desvio Padrão
(VF1)	87,8%	1,59	0,486463973	0,697469693
(VF2)	87,8%	1,53	0,657226156	0,81069486
(VF3)	81,7%	1,69	0,579758434	0,761418698

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Pode-se observar que o fator Utilidade Percebida apresenta 6 variáveis relevantes, enquanto que os fatores Facilidade Percebida apresenta 3 variáveis significativas. Conforme apresentado, o componente do modelo TAM facilidade percebida de uso foi o elemento que melhor explicou o aceite da abordagem de análise de evolução pela comunidade estudada.

Este componente relaciona-se com o grau em que o usuário acredita que o uso da abordagem é livre de esforço. A emergência da componente facilidade percebida de uso justifica-se pelo fato dos usuários estarem familiarizados com tecnologias, ferramentas e análises e possuem elevado grau de instrução. A mesma pesquisa conduzida com outro grupo provavelmente produziria resultado diverso. As variáveis estudadas indicam de forma majoritária uma atitude positiva dentre os usuários pesquisados com relação a abordagem.

7.3 Discussão dos Resultados

Os resultados obtidos na avaliação TAM da abordagem de análise de evolução de ECOS proposta neste trabalho, respondida por alunos de graduação e pós-graduação (20%), professores (10%), pesquisadores (14%) e profissionais da indústria de software (54%) teve um bom êxito, trazendo bons resultados para o trabalho e mostrando à comunidade estudos sobre ECOS, modelagem SSN e evolução. O foco da avaliação foi em primeiro lugar apresentar a literatura aos participantes, apresentar a ferramenta ECOS *Modeling* e apresentar abordagem assim como realizar testes e análises de evolução de ECOS conforme a abordagem e avaliar por meio dos construtos utilidade e facilidade uso.

A maioria dos respondentes foram do sexo masculino (88%) e estão na faixa etária entre 20-29 anos de idade (71%). A maioria possui mestrado incompleto (43%), seguido de mestrado completo (31%) e superior completo (12%). A maioria são profissionais da área de ES (39%), ou seja, bem ligados a ideia proposta neste trabalho que é avaliar a abordagem com profissionais/pesquisadores da área de ES e da indústria de software. Esses resultados apontam que a pesquisa foi bem direcionada, os respondentes foram em sua maioria os considerados ideais para participar e se obteve respostas positivas em relação a abordagem proposta.

Os resultados sobre o conhecimento dos termos e conceitos sobre ECOS e notação SSN foram um número bem positivo. Na maioria dos participantes o termo ECOS já era conhecido (63%) e o termo SSN também, porém em uma proporção menor (57%). Esta pesquisa buscou apresentar o termo e conceito de ECOS e SSN aqueles que não conheciam por meio da utilização do roteiro, os participantes em um dos passos a serem realizados era fazer uma

breve leitura sobre ECOS, notação SSN, modelagem e evolução de ECOS para então a partir daí realizar o proposto na avaliação.

Nos resultados sobre realização de modelagem de ECOS e grau de habilidade em modelagem de ECOS, a maioria dos respondentes nunca realizaram uma modelagem de ECOS (65%) é similar ao resultado sobre com o grau de de habilidade em que a maioria respondeu ser nada conhecedor ou pouco conhecedor (74%) um número já esperado tendo em vista que a modelagem de ECOS não é ainda algo forte na literatura, sendo apenas presente em poucos trabalhos acadêmicos. Como o foco desta avaliação não era fazer com que os participantes realizassem modelagem SSN de ECOS, ficou em aberto para aqueles que sentissem a necessidade e curiosidade em realizar a modelagem de um ECOS pequeno apenas a fim de conhecimento sobre.

Sobre realização de análise/estudo sobre evolução de ECOS, o resultado foi o esperado, ou seja, a maioria (82%) nunca realizaram algum estudo do tipo ou tiveram algum contato, um número dos respondentes não souberam responder (2%) e alguns responderam ter realizado ou tido contato de alguma forma com evolução de ECOS (16%), um número bem pequeno comparado com o numero dos que nunca realizaram/tiveram contato. Isso deixa evidente mais uma vez o problema abordado neste trabalho, falta de recursos, ferramentas e abordagens na literatura que auxilie em estudos sobre evolução de ECOS.

Os resultados para as questões sobre a utilização e experiência de usuário dos respondentes na ferramenta de modelagem e repositório para modelos ECOS *Modeling* foram bem positivos, os respondentes em sua maioria consideraram a ferramenta de fácil manuseio e de fácil localização das funcionalidades (88%) e em sua maioria os respondentes consideraram que os recursos de navegação da ferramenta são fáceis e claros (94%).

As questões sobre a interface e visual da ferramenta, e a utilidade da ferramenta para os usuários obtiveram bons resultados, a maioria dos respondentes classificaram como bom visual/interface (85%), apenas alguns responderam neutro a questão (16%). A maioria classificaram a ferramenta como útil aos usuários (98%) e apenas alguns poucos respondentes ficam neutros a questão (2%).

As questões sobre os requisitos e funcionalidades, sobre o manuseio da ferramenta e o nível de esforço mental em utilizar as funcionalidades obtiveram resultados bastante positivos. A maioria respondeu que a ferramenta atende aos requisitos que propõe (71%), a maioria respondeu que na ferramenta é fácil de encontrar e manusear as funcionalidades (96%) e que o

nível de esforço mental em manusear e utilizar as funcionalidades foi em sua maioria nenhum esforço (45%).

Os resultados das questões sobre a abordagem de análise de ECOS foram todos positivos, os respondentes classificaram a abordagem proposta como sendo de fácil utilização, sendo útil em auxiliar na análise de evolução de ECOS, com resultados em gráficos e tabelas nítidos, de fácil compreensão e com qualidade e com métricas que evidenciam e auxilia na medição percentual e numérica sobre a evolução ocorrida no ECOS.

Em relação as questões de escopo aberto, sobre pontos fortes, fracos e sugestões de melhoria, foram elencados pontos fortes sobre a ferramenta, as funcionalidades da ferramenta, a abordagem de evolução e nível de qualidade dos resultados gerados no relatório de evolução. Como pontos fracos foram elencados apenas afirmações sobre a usabilidade da ferramenta como um todo e sobre possíveis falhas de interface cometidas pelo uso de *frameworks* para o desenvolvimento. Como sugestões de melhoria foram destacados pontos sobre acessibilidade na ferramenta, melhoramento na usabilidade e interface de maneira geral e melhoramento na funcionalidade de listagem de modelos podendo haver um agrupamento por versões, por categoria dentre outras.

Sobre os construtos utilidade percebida e facilidade percebida, pode-se afirmar que avaliação focou na utilidade percebida em relação à abordagem proposta, trazendo 6 variáveis de utilidade percebida e 3 de facilidade percebida. Ambas com bons resultados sobre a abordagem de evolução de ECOS, mostrando que a abordagem é de fácil utilização e compreensão para os usuários.

Contudo, os resultados apontam em primeiro lugar que a ferramenta é estável, de fácil utilização, útil e acima de tudo auxilia no processo de modelagem, repositório e análise de evolução de ECOS. Em segundo lugar os resultados apontam que a abordagem proposta é eficaz, útil, de fácil compreensão e utilização e capaz de analisar e demonstrar a evolução de um ECOS a partir de modelos SSN. Isso supre a carência na literatura de falta de apoio a modelagem, falta de ferramenta de modelagem/repositório para modelos, falta de ambiente próprio de análise de evolução de ECOS e falta de abordagem/proposta para estudar e caracterizar evoluções em um ECOS de forma precisa e rápida.

7.4 Entrevista Guiada com Profissional da Indústria

A estrutura de entrevista guiada realizada neste trabalho foi extraída da literatura com base em livros de autores da área de ES e da área de BPM. Esta estrutura foi concebida a partir do conteúdo sobre a literatura do levantamento de requisitos, no caso de ES, e sobre modelagem de processos as-is, no caso de BPM. No caso da literatura de requisitos, da ES, dentre as técnicas apresentadas, foi estudado o conteúdo apresentado sobre entrevistas com o cliente. Estes autores apontam diferentes aspectos a se analisar em uma entrevista, sendo alguns deles aplicáveis a entrevistas com estrutura bem definida, como é o caso deste trabalho (LAGEMANN, 2019).

O tipo de entrevista abordada neste trabalho é a entrevista fechada, pois é a opção em que uma estrutura guiada melhor se encaixa. Entrevistas fechadas trazem a necessidade de um "espaço para improviso", dentro de uma estrutura guiada bem definida. Assim, chegamos na opção de incluir, no presente trabalho, um campo pergunta-resposta chamado "observações", de preenchimento opcional, ao final de cada seção em que tal possibilidade se aplica.

7.4.1 Planejamento

Pressman (2005) divide a entrevista guiada em três conjuntos de perguntas, sendo elas as iniciais, intermediárias e finais. O conjunto de perguntas inicial deve situar o interlocutor e definir o projeto. As perguntas intermediárias devem garantir ao entrevistador um melhor entendimento do problema que está sendo analisado. O conjunto de perguntas final deve verificar a eficácia da comunicação entre o interlocutor e o entrevistador.

A entrevista foi realizada com um profissional da indústria de software que trabalha atualmente na manutenção do software SIPPA (Sistemas de Presenças e Planos de Aula) pertencente à Universidade Federal do Ceará (UFC) *Campus* Quixadá, onde é utilizado largamente pela comunidade acadêmica como um sistema de apoio à gestão acadêmica de turmas, frequências e notas. O profissional participante é servidor público da UFC *Campus* Quixadá, atuando na área de análise e desenvolvimento de sistemas do Núcleo de Tecnologia da Informação (NTIC) da UFC, e é responsável por manter alguns sistemas utilizados no *campus* um deles sendo o SIPPA.

O foco da entrevista foi analisar o modelo SSN do ECOS SIPPA sob o olhar de um profissional que atua diretamente com a manutenção do sistema. Outro ponto é mostrar a evolução do ECOS SIPPA ao longo dos tempo em relação a tecnologias, fornecedores de serviços de software e evoluções na criação ou remoção de módulos do sistema. Esta entrevista juntamente

com estudo de caso sobre a evolução do ECOS SIPPA utilizando a abordagem proposta por este trabalho irá validar a abordagem de análise de evolução de ECOS deste trabalho e permitir a constatação da evolução do ECOS real ao longo do tempo.

As perguntas da entrevista foram divididas em 3 (três) seções, perguntas demográficas, perguntas sobre o conhecimento em ECOS e notação SSN e por último perguntas ligadas diretamente ao SIPPA em relação ao modelo SSN apresentado neste trabalho do ECOS SIPPA. Os conceitos de ECOS, notação SSN e modelagem foram explicados na entrevista afim de apresentar-los ao participante e se caso o participante já for familiarizado, lembrar-lo sobre.

7.4.2 Execução

A entrevista guiada contou com um participante, e ocorreu no dia 17/01/2023 e teve duração de 35 minutos com início às 10h00min até 10h35min. A entrevista ocorreu de forma remota por meio da aplicação de videoconferência *Google Meet*. O participante possui ensino superior completo em Engenharia de Software e mestrado incompleto em computação, é servidor público federal lotado na Universidade Federal do Ceará - *Campus* Quixadá, na vaga de analista de sistemas e atua como responsável pela manutenção do SIPPA analisado nesta entrevista, assim como e de outros sistemas. O foco da entrevista é analisar o perfil, percepção e opinião do participante em relação ao modelo SSN do ECOS SIPPA e sua evolução.

7.4.3 Resultados Obtidos com a Entrevista Guiada

Os resultados para cada uma das perguntas feitas na realização da entrevista guiada com profissional da indústria de software sobre o ECOS SIPPA estão dispostas a seguir. A pergunta sobre o nome do participante foi omitida na apresentação dos resultados para preservar a identidade do participante.

7.4.3.1 Questões Demográficas

QD2 - Qual sua idade? "27 anos"

QD3 - Grau de instrução? "Ensino superior completo"

QD4 - Sua ocupação? "Analista de Tecnologia da Informação"

QD5 - Quantos anos de experiência? "7 anos"

QD6 - Qual seu papel / sua história no SIPPA? "A primeira vez utilizei o sistema SIPPA ainda

como aluno de graduação, quando cursei engenharia de software na UFC Quixadá. Atualmente auxilio a equipe do NTIC na manutenção do SIPPA e de outros sistemas utilizados na UFC Quixadá. Mais recentemente forneci ajuda à equipe do NTIC no sentido de corrigir alguns *bugs* e configurar o SIPPA em um novo ambiente para produção".

7.4.3.2 *Questões sobre ECOS e SSN*

QECOS1 - Você conhece o termo ECOS ou conheceu agora na participação desta pesquisa? "Sim, já conhecia o termo e o conceito de ECOS mas ainda não havia tido contato com informações mais aprofundadas sobre o tema como tive participando desta entrevista".

QECOS2 - Você conhece o termo Software Supply Network (notação SSN) ou conheceu agora na participação desta pesquisa? "Eu particularmente não conhecia o termo em si nem tampouco as definições da notação, entretanto já havia visto de forma esporádica alguns diagramas utilizando a notação SSN".

7.4.3.3 *Questões sobre o ECOS SIPPA*

QSIPPA1 - É útil o modelo SSN para o ECOS SIPPA? "A notação SSN cumpriu o seu objetivo pois conseguiu representar com clareza e exatidão os elementos envolvidos no ECOS SIPPA, sendo assim, eu acredito que pelo fato de a notação funcionar adequadamente, o modelo SSN do ECOS SIPPA é sim útil".

QSIPPA2 - A notação SSN ajuda na compreensão do ECOS do SIPPA? "Ao meu ver a notação SSN consegue expressar de forma exata, clara e minimalista o ECOS SIPPA o que facilita o entendimento. Vale ressaltar que em um sistema com muitos elementos como é o caso do SIPPA é importante ter uma visão dessas para facilitar o processo de manutenção uma vez que é possível mapear (pelo menos em alto nível) os impactos das mudanças".

QSIPPA3 - O modelo condiz com o software SIPPA? "Apesar de eu não trabalhar a muito tempo com a manutenção do software SIPPA em si, eu acredito particularmente que o modelo SSN representa com bastante exatidão e clareza o ecossistema de software do SIPPA".

QSIPPA4 - Você sentiu falta de algo no modelo? "A única coisa da qual eu senti falta foi da modelagem do relacionamento entre a instância web e mobile do SIPPA. Como não conheço profundamente as regras da notação SSN uma coisa que poderia ser feita é destacar a "API SIPPA" no lado do fornecedor no relacionamento que traz o produto "P:14"".

QSIPPA5 - Na sua opinião o modelo poderia ser usado para quê? "O modelo pode ser utilizado para facilitar a compreensão de softwares nos quais a quantidade de elementos/relacionamentos o torna complexo. Mas falando em termos mais práticos eu acredito que o modelo facilita a compreensão do sistema, por exemplo, para novos integrantes da equipe de desenvolvimento e que nunca tiveram contato com o sistema, para clientes interessados em adquirir o software, para os responsáveis por implementar manutenções preventivas ou corretivas, etc".

QSIPPA6 - Em que o modelo auxilia em relação a tecnologias, usuários e serviços? "Através do modelo é possível prever os recursos (humanos, físicos e tecnológicos) necessários para a operação e manutenção de um ECOS, e visualizar o impacto da evolução do SIPPA em relação aos fornecedores de tecnologias e serviços, usuários e equipe de manutenção".

7.4.4 Discussão dos Resultados

Os resultados obtidos com a entrevista guiada apontam que o modelo SSN para o ECOS SIPPA apresentado neste trabalho afim de realizar estudos sobre modelagem e evolução e validar a abordagem de análise de evolução de ECOS é útil e consegue representar com clareza, exatidão e de forma simplificada cada um dos elementos presentes no ECOS SIPPA de acordo com a visão tanto do autor como a validação do modelo por parte do profissional entrevistado.

Em relação a notação SSN, a mesma auxilia tanto na visualização dos atores e relacionamentos presentes no ECOS SIPPA assim como de acordo com a resposta do entrevistado, *"vale ressaltar que em um sistema com muitos elementos como é o caso do SIPPA é importante ter uma visão de modelagem para facilitar o processo de manutenção uma vez que é possível mapear (pelo menos em alto nível) os impactos das mudanças"*. O mapeamento em alto nível de possíveis mudanças e alterações auxiliam na manutenção do software e beneficia a equipe de desenvolvimento na visualização dessas possíveis mudanças.

Sobre o modelo SSN apresentado em contraste com o software SIPPA em si, a resposta foi que o modelo representa com muita exatidão o SIPPA com seus respectivos atores e relacionamentos e traz com clareza uma visualização das interações que o SIPPA tem em relação a comunidade de usuários, fornecedores de tecnologias e fatores externos.

Em relação a necessidade de algo que faltou no modelo por ventura, o entrevistado apresenta uma ideia sobre a representação do relacionamento entre o SIPPA web e mobile por meio da API SIPPA disponível que traz o produto P:14. Sobre a utilização do modelo em relação a equipe de manutenção na prática, o participante apresenta um relato da utilização do

modelo para a compreensão da complexidade do software em relação a quantidade de atores e relacionamentos. O modelo auxilia na compreensão geral do sistema sobre as tecnologias, usuários, desenvolvedores e auxilia principalmente em mapear possíveis manutenções que o sistema possa necessitar ao longo do tempo.

Os resultados apontam que o modelo SSN do ECOS SIPPA é válido útil e de fácil compreensão, e pode sim ser utilizado para auxiliar aos desenvolvedores responsáveis pela manutenção do SIPPA na compreensão do próprio sistema como um todo. Outro ponto é auxiliar no mapeamento de possíveis manutenções e evoluções que por ventura possam ocorrer ao longo do tempo. O modelo apresentado evidencia uma evolução do ECOS SIPPA em relação a adição do SIPPA na plataforma mobile, com a adição de alguns fornecedores, clientes, intermediários e relacionamentos a mais no ECOS.

A entrevista realizada serviu para validar o modelo do ECOS SIPPA apresentado e utilizado na análise de evolução por meio da abordagem proposta. Essa validação é importante pois auxilia na compreensão dos resultados obtidos na abordagem de evolução e mostra que os resultados, a abordagem, os modelos, a modelagem do ECOS SIPPA fazem sentido e são úteis na indústria de desenvolvimento de software, já que tanto a avaliação TAM realizada quanto a entrevista foram com profissionais da área de ES.

7.5 Conclusão

Este capítulo apresentou a avaliação TAM realizada com alunos de graduação, pós-graduação, professores, pesquisadores e profissionais da indústria de software sobre a abordagem de análise de evolução de ECOS proposta neste trabalho e implementada na ferramenta de modelagem e repositório para modelos ECOS *Modeling*. Foram apresentados os resultados em gráficos das variáveis demográficas, das variáveis sobre ECOS, SSN, modelagem e evolução, das variáveis sobre a utilização da ferramenta e das variáveis sobre a abordagem de análise de evolução de ECOS.

Foram mapeados e apresentados de forma textual e discursiva apenas os resultados das variáveis de escopo aberto utilizadas para captar pontos fortes, fracos e sugestões de melhoria. Os pontos fortes abordados foram sobre a ferramenta, a abordagem e os resultados sobre a evolução de um ECOS que a ferramenta gera no relatório de evolução. Os pontos fracos foram relacionados apenas a usabilidade e interface da ferramenta que podem ser melhorados, visando sempre uma maior usabilidade dos usuários. As sugestões de melhoria foram relacionadas a

correção dos pontos fracos e adição de funcionalidades como ajuda aos usuários e descrições em libras auxiliando a usuários portadoras de deficiência auditiva.

A avaliação TAM realizada analisou 9 (nove) variáveis relacionadas a abordagem de análise de evolução, sendo 6 (seis) relacionadas ao construto utilidade percebida e 3 (três) ao construto facilidade percebida. Era proposta a realização de uma análise fatorial sobre as nove variáveis, porém relacionando as variáveis com o número de respostas para o cálculo do coeficiente alfa de Crombach que serve para validar as variáveis do instrumento de pesquisa, o resultado foi considerado baixo e isso acabou inviabilizando a realização de uma análise fatorial que apresentasse bons resultados.

Foi realizada um entrevista guiada com um profissional da indústria de software relacionada ao modelo SSN do ECOS SIPPA, sua finalidade, utilidade, compreensão e sobre o grau de fidelidade do modelo apresentado ao SIPPA real. Os resultados foram positivos e apontam que o modelo apresentado é válido e auxilia bastante a equipe de manutenção em relação a compreensão do sistema como um todo, com foco em atores, tecnologias e relacionamentos.

Os resultados obtidos neste capítulo foram benéficos e bastante positivos para o trabalho proposto tanto em relação a abordagem de análise de evolução de ECOS, a ferramenta ECOS *Modeling* e ao modelo SSN do ECOS SIPPA. Os resultados apontam que o trabalho é válido e que pode aplicado no contexto da indústria de software, em relação tanto ao desenvolvimento quanto a manutenção.

8 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

O avanço nos estudos em ecossistemas de software vem trazendo a literatura um leque de resultados e experimentos analíticos sobre modelagem, governança, ECOS aplicados a indústria, qualidade e saúde em ECOS. Porém com esses avanços, uma série de lacunas e oportunidades de pesquisa vem surgindo, possibilitando estudos embasados na evolução, simulação, modelagem, ensino de ECOS e aplicações que auxiliem em caracterizar um ECOS, medir sua evolução, simular comportamentos e incentivar o ensino. Relacionado a estudos sobre evolução de ECOS uma lacuna é visível e eminente que é a falta de conceitos, abordagens, ferramentas e estudos que auxiliem em analisar, visualizar e evidenciar a evolução ocorrida em um ECOS.

A proposta deste trabalho, sob o viés da modelagem SSN visa amenizar essa lacuna de falta de apoio a estudos sobre evolução de ECOS, trazendo uma solução conceitual e prática implementada na ferramenta *ECOS Modeling*, capaz de realizar a partir de modelos SSN de ECOS uma análise da evolução do mesmo e gerando resultados em valores absolutos, média, percentual e variações entre versões de modelos do ECOS.

De acordo com os resultados apresentados nos cenários de avaliação, entrevista e estudo de caso, a abordagem proposta baseada em rede de fornecimento de software auxilia de forma eficiente em estudos sobre análise de evolução de ECOS, gerando resultados suficientes em relação às versões dos modelos, comparações numéricas, percentuais e médias, gráficos e métricas para medir, categorizar e visualizar a evolução ocorrida no ECOS, assim como os impactos em sua estrutura geral.

As principais vantagens que a abordagem proposta traz a literatura são: um ambiente próprio e unificado na ferramenta *ECOS Modeling* com modelagem SSN, repositório para modelos e análise de evolução, incentivar estudos sobre evolução de ECOS, assim como estudos sobre modelagem de ECOS e amenizar uma lacuna eminente na literatura sobre a análise de evolução de ECOS em relação a conceito, abordagem e ferramenta.

8.1 Considerações Finais

Neste trabalho foi proposta uma abordagem de análise de evolução de ECOS a partir de modelos SSN. A abordagem se utiliza de dados, valores absolutos, valores percentuais, médias, variações e métricas estatísticas sobre o modelo SSN dos ECOSs, possibilitando uma

visão geral sobre as evoluções ao longo do tempo dentro do ciclo de vida do ECOS e ou a evolução sobre as percepções de modelagem de diferentes autores. As métricas deverão dar base para a realização desta análise estatística sobre o que aumentou, diminuiu ou impactou positiva ou negativamente a plataforma central e ao ECOS como um todo.

A abordagem de análise de evolução de ECOS proposta neste trabalho foi implementada na ferramenta *ECOS Modeling*, onde em uma aba chama análise de evolução os usuários podem marcar quais versões de modelos do ECOS para realizar a evolução, sendo no mínimo duas versões de modelos para a realização da análise. É gerado um relatório de evolução sobre as versões do ECOS selecionadas, com os resultados em valores absolutos, percentuais, médias e variações numéricas e percentuais e são apresentados em gráficos e tabelas e são confrontados com algumas métricas quantitativas sobre a evolução.

A abordagem proposta foi avaliada por meio de uma avaliação TAM. Participaram da avaliação 49 pessoas dentre elas, alunos de graduação e pós-graduação, professores, pesquisadores e profissionais de computação. Os respondentes realizaram um experimento para analisar a evolução de um ECOS por meio da abordagem implementada na ferramenta seguindo um roteiro para norteá-los e em seguida responderam o questionário de avaliação. Os resultados obtidos na avaliação foram bem positivos e apontam que a abordagem é de fácil utilização e compreensão e de grande utilidade para os usuários da comunidade.

Um estudo de caso foi realizado para analisar a evolução dos ECOSs SOLAR e SIPPA, ambos ECOS reais e pertencentes aos domínio educacional seguindo a abordagem proposta, tanto conceitual como utilizando a funcionalidade implementada na ferramenta. Os resultados foram concisos, válidos e de acordo com a evolução sofrida respectivamente em cada ECOS. O estudo de caso foi também outra validação da proposta, sendo aplicada em ECOS reais.

Em relação ao modelo SSN para o ECOS SIPPA apresentado neste trabalho para realizar uma análise de evolução no estudo de caso realizado, foi conduzida uma entrevista com um profissional da indústria de software ligado ao SIPPA para validar o modelo SSN apresentado e verificar a utilidade do modelo em relação a manutenção do SIPPA assim como em relação as tecnologias, a comunidade de usuários e os relacionamentos presentes no ECOS.

8.2 Respondendo Questões de Pesquisa

Este trabalho pretendeu amenizar um problema relevante, oportuno e eminente na literatura que é a falta de apoio a estudos, análises, falta de abordagens, metodologias relacionadas a evolução de ECOS por meio da modelagem, ao se propor uma abordagem de análise de evolução de ECOS conceitual e implementada na ferramenta. Diante do desenvolvimento e a experiência adquirida nesta pesquisa, buscou-se encontrar respostas para algumas questões relevantes de pesquisa.

Considerando a primeira questão elencada no trabalho "*Quais os principais desafios de pesquisa sobre evolução de ECOS?*", destaca-se através do aprendizado adquirido ao longo da pesquisa que existem várias lacunas na literatura em relação a evolução de ECOS, uma falta de padronização tanto em relação a meios de se analisar a evolução de um ECOS, como a falta de propostas, abordagens, ferramentas e principalmente pontos de partida para a realização de estudos sobre evolução de ECOS. Diante dos resultados obtidos nesta pesquisa, no mapeamento sistemático realizado pode-se inferir que a literatura é bem nova em relação a estudos de evolução de ECOS, e principalmente em relação a modelagem de ECOS algo que é bastante emergente e importante na literatura. Os resultados apresentados mostram que falta na literatura meios que auxiliem a pesquisa em evolução e que proporcione um ambiente seguro, de fácil acesso, funcional capaz de entregar respostas a estas lacunas. Em resposta a essas dificuldades e desafios de pesquisa, a proposta apresentada neste trabalho vem amenizar a falta de apoio a estudos sobre evolução de ECOS trazendo uma abordagem conceitual e implementada na ferramenta *ECOS Modeling*, visando facilitar e expandir estudos sobre modelagem, evolução e colaboração entre pesquisas em ECOS.

Analisando a segunda questão de pesquisa "*Qual o principal impacto dos estudos sobre evolução de ECOS em seu ciclo de vida e em sua estrutura geral?*", para isso, destaca-se os resultados obtidos na avaliação da abordagem proposta e na entrevista com um profissional da indústria de software. Os resultados obtidos na avaliação apontam que estudos sobre evolução de ECOS podem impactar tanto na sua estrutura em relação a atores, relacionamentos assim como em relação à própria plataforma central e como a mesma está se comportando frente a requisitos de negócios, evoluções e manutenções corridas ao longo do tempo. O entrevistado confirma dizendo que analisar evolução de um ECOS e visualizar a evolução no modelo SSN auxilia em tomadas de decisão da equipe de manutenção do software e facilita a correção de possíveis erros que por ventura pudessem ocorrer.

8.3 Publicações

Alguns artigos foram elaborados e submetidos durante a construção desta pesquisa, sendo trabalhos que se relacionam com o tema ECOS. O processo de escrita desses artigos auxiliou a fornecer um melhor entendimento a respeito da tecnologia, ampliando o conhecimento a seu respeito. O Quadro 13 apresenta em forma de lista os artigos publicados, seja em conferência ou em periódicos.

Quadro 13 – Artigos publicados em conferências e periódicos.

Trabalho	Veículo de Publicação
Uma Proposta para Open Science em Ecossistemas de Software com Foco em Pesquisa e Educação em Engenharia de Software	Workshop de Práticas de Ciência Aberta Para Engenharia de Software (Opensciense 2021)
Aplicando Ecossistemas de Software na Disciplina Engenharia de Software	Laboratório de Ideias - Simpósio Brasileiro de Educação em Computação (Educomp 2021)
Um estudo preliminar sobre a saúde de de ecossistemas de software	Revista Sistemas e Mídias Digitais (RSMD 2021)
Um Relato da Experiência do Ensino de Simulação com Teoria das Filas.	Workshop em Modelagem e Simulação de Sistemas Intensivos em Software (Mssis 2022)
A Tool for Supporting the Teaching and Modeling of Software Ecosystems Using SSN Notation	Journal on Interactive Systems (JIS 2022)

Fonte: Elaborado pelo autor.

8.4 Limitações do Trabalho

Neste trabalho algumas limitações da pesquisa puderam ser identificadas, descritas a seguir. Também procurou-se descrever uma forma de como mitigá-las.

A avaliação executada neste trabalho poderia ter sido realizada com a participação de mais pesquisadores envolvidos na pesquisa diretamente relacionada com ECOS e ES, com mais profissionais da indústria de software e com mais professores. O foco da avaliação poderia ser maior em verificar a conformidade da abordagem nesses três campos pesquisa, indústria e ensino e seria mais adequada trazendo mais resultados.

Outra limitação sobre a avaliação TAM realizada é a não consolidação dos resultados através de uma análise fatorial sobre os construtos utilidade e facilidade percebida sobre as variáveis principais da avaliação, que eram com foco na abordagem proposta. Isso traria uma melhor consolidação dos resultados e uma validação com um nível de confiança mais elevado.

Uma limitação encontrada na entrevista guida realizada é em relação ao número de entrevistados. Poderia ter sido conduzida com mais participantes ligados ao software SIPPA, como também ao SOLAR que também foi estudado no contexto deste trabalho. Isso traria uma gama de opiniões diferentes e seria capaz de analisar de forma mais detalhada a utilidade do

modelo apresentado sob o olhar de mais profissionais envolvidos.

8.5 Trabalhos Futuros

Nesta seção os potenciais trabalhos futuros que podem ser gerados a partir dessa pesquisa serão descritos. Alguns são mais orientados à abordagem em si e outros a demais tópicos emergentes na literatura que são relacionados com evolução de ECOS.

Relacionado à abordagem de análise de evolução de ECOS proposta um trabalho futuro é estendê-la e formalizá-la para se tornar uma metodologia de análise de evolução de ECOS com passos mais detalhados e complexos, com resultados mais abrangentes e mais complexos em relação aos impactos da evolução do ECOS em relação a sua saúde, qualidade e ciclo de vida no modo geral.

Outro trabalho futuro é ampliar as funcionalidades da ferramenta de modelagem e repositório para modelos ECOS *Modeling* com a adição de mais metadados nos modelos de ECOS, adição de colaboração de outros usuários na modelagem em tempo real e adição da funcionalidade gerar relatório de ECOS em formato PDF e/ou outros formatos.

Outro potencial trabalho futuro é propor uma metodologia para a realização de modelagem de ECOS utilizando a notação SSN. Para a execução desta proposta, em primeiro lugar deve ser avaliado o estado da arte da literatura sobre modelagem, elicitar as técnicas e métodos de modelagem existentes e posteriormente propor a metodologia para auxiliar na realização da modelagem de ECOS, seguindo métodos e técnicas de identificação de atores e papéis e relacionamentos no ECOS. A metodologia auxiliará na modelagem de ECOS de maneira geral norteando como utilizar e por onde começar a modelagem SSN. Esta metodologia também poderá implementada como funcionalidade na ferramenta ECOS *Modeling*.

Um trabalho futuro em relação a saúde e qualidade em ECOS é propor métricas para avaliar e medir a saúde e a qualidade do ECOS além das já existentes com o auxílio da modelagem SSN que fornece uma melhor compreensão do ECOS como um todo e auxilia na sua descrição. Essas métricas serão implementadas e dispostas na ferramenta ECOS *Modeling*, e por meio do modelo SSN do ECOS poderá avaliar a saúde e qualidade de um ECOS e realizar suposições futuras, focadas na qualidade do ECOS de acordo a evolução ocorrida de modo geral.

Um trabalho futuro sobre simulação de ECOS é propor uma abordagem de simulação ECOS por meio de modelos SSN. Com esta abordagem poderá realizar-se estudos sobre os

impactos de possíveis evoluções ocorridas no ECOS, na plataforma central e na estrutura do ECOS como um todo conforme seus atores e relacionamentos, avaliações e análises sobre a saúde do ECOS e perspectivas do ECOS no mercado.

Os principais direcionamentos futuros de pesquisa serão focados nas seguintes categorias: (i) caracterização e modelagem de ECOS considerando diferentes perspectivas; (ii) estabelecer estudos sobre saúde e qualidade de ECOS; (iii) estabelecer métricas de comparativo entre modelos de ECOS; (iv) gerenciar a qualidade do ECOS; (v) planejar portfólios e linhas de produtos de ECOS; (vi) fornecer métodos e técnicas de modelagem de ECOS; e (vii) lidar com implicações gerais na Engenharia de Software.

Estas projeções de pesquisa irão possibilitar uma grande abrangência em trabalhos futuros e uma ampla visão do estado da arte dos estudos de ECOS e evolução, possibilitando aos pesquisadores, ideias e perspectivas de pesquisa dentro do campo estudado por este trabalho, objetivando a continuidade da pesquisa e a expansão da literatura.

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, A.; STROELE, V.; VEIGA, W.; SIMÕES, L.; CAMPOS, F.; BRAGA, R.; DAVID, J. M. N. R.ecos: Educational recommender ecosystem. In: **Proceedings of the Joint 5th International Workshop on Software Engineering for Systems-of-Systems and 11th Workshop on Distributed Software Development, Software Ecosystems and Systems-of-Systems**. [S. l.]: IEEE Press, 2017. (JSOS '17), p. 48–54. ISBN 9781538627990. Acesso em: 19 set. 2022.
- ABDEL-HAMID, T. K.; MADNICK, S. E. The dynamics of software project scheduling. **Communications of the ACM**, ACM New York, NY, USA, v. 26, n. 5, p. 340–346, 1983.
- ALVES, C.; OLIVEIRA, J.; JANSEN, S. Understanding governance mechanisms and health in software ecosystems: a systematic literature review. In: SPRINGER. **International Conference on Enterprise Information Systems**. [S. l.], 2017. p. 517–542.
- AMORIM, S. da S.; NETO, F. S. S.; MCGREGOR, J. D.; ALMEIDA, E. S. de; CHAVEZ, C. von F. G. How has the health of software ecosystems been evaluated? a systematic review. In: **Proceedings of the 31st Brazilian symposium on software engineering**. [S. l.: s. n.], 2017. p. 14–23.
- ANDRADE, R.; ALVES, C.; VALENÇA, G. An analysis of dynamic strategies during the lifecycle of software ecosystems: The ds-seco model. In: **Brazilian Congress on Software: Theory and Practice/WDES, Belo Horizonte, Brazil**. [S. l.: s. n.], 2015. p. 57–64.
- ANVAARI, M.; JANSEN, S. Evaluating architectural openness in mobile software platforms. In: **Proceedings of the Fourth European Conference on Software Architecture: Companion Volume**. [S. l.: s. n.], 2010. p. 85–92.
- AXELSSON, J.; PAPTATHEOCHAROUS, E.; ANDERSSON, J. Characteristics of software ecosystems for federated embedded systems: A case study. **Information and Software Technology**, Elsevier, v. 56, n. 11, p. 1457–1475, 2014.
- AXELSSON, J.; SKOGLUND, M. Quality assurance in software ecosystems: A systematic literature mapping and research agenda. **Journal of Systems and Software**, Elsevier, v. 114, p. 69–81, 2016.
- AXELSSON, J.; SKOGLUND, M. Quality assurance in software ecosystems: A systematic literature mapping and research agenda. **Journal of Systems and Software**, Elsevier, v. 114, p. 69–81, 2016.
- BANKS, C. M.; SOKOLOWSKI, J. A. **Modeling and simulation fundamentals: theoretical underpinnings and practical domains**. [S. l.]: John Wiley & Sons, 2010.
- BANKS, J. Introduction to simulation. In: **Proceedings of the 31st conference on Winter simulation: Simulation—a bridge to the future-Volume 1**. [S. l.: s. n.], 1999. p. 7–13.
- BARBOSA, O.; SANTOS, R. P. dos; ALVES, C.; WERNER, C.; JANSEN, S. A systematic mapping study on software ecosystems from a three-dimensional perspective. **Software ecosystems**, Edward Elgar Publishing, 2013.

BARROS, M. de O.; WERNER, C. M. L.; TRAVASSOS, G. H. Gerenciamento de projetos baseado em cenários: uma abordagem de modelagem dinâmica e simulação. In: SBC. **Anais do I Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software**. [S. l.], 2002. p. 213–224.

BASOLE, R. C.; KARLA, J. On the evolution of mobile platform ecosystem structure and strategy. **Business & Information Systems Engineering**, Springer, v. 3, n. 5, p. 313–322, 2011.

BERGER, T.; PFEIFFER, R.-H.; TARTLER, R.; DIENST, S.; CZARNECKI, K.; WĄSOWSKI, A.; SHE, S. Variability mechanisms in software ecosystems. **Information and Software Technology**, Elsevier, v. 56, n. 11, p. 1520–1535, 2014.

BERK, I. van den; JANSEN, S.; LUINENBURG, L. Software ecosystems: A software ecosystem strategy assessment model. In: **Proceedings of the Fourth European Conference on Software Architecture: Companion Volume**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2010. (ECSA '10), p. 127–134. ISBN 9781450301794. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/1842752.1842781>. Acesso em: 10 jul. 2022.

BEZERRA, A.; FONTÃO, A. de L.; DIAS-NETO, A. C. Simulação de ecossistemas de software móvel: Estado da arte, desafios e oportunidades. In: **CibSE**. [S. l.: s. n.], 2016. p. 129–142.

BEZERRA, A. J. d. S. *et al.* **Um estudo sobre o uso de simulação em Ecossistemas de Software Móvel**. Dissertação (Mestrado), Manaus, 2018. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/6384>. Acesso em: 15 out. 2022.

BEZERRA, E. **Princípios de análise e projeto de sistemas com UML**. [S. l.]: Elsevier Rio de Janeiro, 2007. v. 2.

BOSCH, J. **From software product lines to software ecosystems**. In: 2009 13TH INTERNATIONAL SOFTWARE PRODUCT LINE CONFERENCE. [S. l.: s. n.], 2009. v. 9, p. 111–119.

BOSCH, J. **Software ecosystems—implications for strategy, business model and architecture**. In: IEEE. 2011 15TH INTERNATIONAL SOFTWARE PRODUCT LINE CONFERENCE. [S. l.], 2011. p. 351–351.

BOSCH, J. Software ecosystems: Taking software development beyond the boundaries of the organization. **Journal of Systems and Software**, v. 85, n. 7, p. 1453–1454, 2012. ISSN 0164-1212. Software Ecosystems. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0164121212000829>. Acesso em: 29 dez. 2022.

BOUCHARAS, V.; JANSEN, S.; BRINKKEMPER, S. Formalizing software ecosystem modeling. In: **Proceedings of the 1st International Workshop on Open Component Ecosystems**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2009. (IWOCE '09), p. 41–50. ISBN 9781605586779. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/1595800.1595807>. Acesso em: 18 jul. 2022.

BOYD, D. M.; ELLISON, N. B. Social network sites: Definition, history, and scholarship. **Journal of computer-mediated Communication**, Wiley Online Library, v. 13, n. 1, p. 210–230, 2007.

BUENO, U.; ZWICKER, R.; OLIVEIRA, M. A. d. Um estudo comparativo do modelo de aceitação de tecnologia aplicado em sistemas de informações e comércio eletrônico. In:

Congresso Internacional de Gestão da Tecnologia e Sistemas de Informação - CONTECSI. [S. l.]: TECSI/FEA/USP, 2004.

CAMPBELL, P. R. J.; AHMED, F. A three-dimensional view of software ecosystems. In: **Proceedings of the Fourth European Conference on Software Architecture: Companion Volume.** New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2010. (ECSA '10), p. 81–84. ISBN 9781450301794. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/1842752.1842774>. Acesso em: 10 ago. 2022.

CARVALHO, I. A. Qualidade em ecossistemas de software: Um mapeamento sistemático. In: **Proceedings of VIII Workshop on Distributed Software Development, Software Ecosystems and Systems-of-Systems.** [S. l.: s. n.], 2017. p. 411–428.

CHE, M.; PERRY, D. E. Architectural design decisions in open software development: a transition to software ecosystems. In: **IEEE. 2014 23rd Australian Software Engineering Conference.** [S. l.], 2014. p. 58–61.

COSTA, G.; SILVA, F.; SANTOS, R.; WERNER, C.; OLIVEIRA, T. From applications to a software ecosystem platform: An exploratory study. In: **Proceedings of the Fifth International Conference on Management of Emergent Digital EcoSystems.** New York, NY, USA: ACM, 2013. (MEDES '13), p. 9–16. ISBN 978-1-4503-2004-7. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/2536146.2536159>. Acesso em: 13 mai. 2022.

COSTA, L. A.; FONTÃO, A.; SANTOS, R. Investigating proprietary software ecosystem governance and health: An updated and refined perspective. In: **XVII Brazilian Symposium on Information Systems.** [S. l.: s. n.], 2021. p. 1–8.

COSTA, L. A.; FONTÃO, A.; SANTOS, R. Toward proprietary software ecosystem governance strategies based on health metrics. **IEEE Transactions on Engineering Management**, p. 1–15, 2021. ISSN 1558-0040. Acesso em: 29 set. 2022.

COUTINHO, E. F.; BEZERRA, C. I. A study on dynamic aspects variability in the solar educational software ecosystem. **Journal of the Brazilian Computer Society**, SpringerOpen, v. 26, n. 1, p. 1–19, 2020.

COUTINHO, E. F.; SANTOS, I.; BEZERRA, C. I. M. A software ecosystem for a virtual learning environment: Solar seco. In: **Proceedings of the Joint 5th International Workshop on Software Engineering for Systems-of-Systems and 11th Workshop on Distributed Software Development, Software Ecosystems and Systems-of-Systems.** [S. l.]: IEEE Press, 2017. (JSOS '17), p. 41–47. ISBN 9781538627990. Acesso em: 22 ago. 2022.

COUTINHO, E. F.; SANTOS, I.; MOREIRA, L. O.; BEZERRA, C. I. M. A report on the teaching of software ecosystems in software engineering discipline. In: **Proceedings of the XXXIII Brazilian Symposium on Software Engineering.** New York, NY, USA: ACM, 2019. (SBES 2019), p. 130–139. ISBN 978-1-4503-7651-8. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/3350768.3351302>. Acesso em: 12 nov. 2022.

COUTINHO, E. F.; VIANA, D.; SANTOS, R. P. dos. An exploratory study on the need for modeling software ecosystems: The case of solar seco. In: **Proceedings of the 9th International Workshop on Modelling in Software Engineering.** [S. l.]: IEEE Press, 2017. (MISE '17), p. 47–53. ISBN 9781538604267. Acesso em: 22 set. 2022.

CUSUMANO, M. A. **The business of software**: what every manager, programmer, and entrepreneur must know to thrive and survive in good times and bad. In: . [S. l.]: Simon and Schuster, 2004.

DAVIS, F. D.; BAGOZZI, R. P.; WARSHAW, P. R. User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. **Management science**, INFORMS, v. 35, n. 8, p. 982–1003, 1989.

DHUNGANA, D.; GROHER, I.; SCHLUDERMANN, E.; BIFFL, S. Software ecosystems vs. natural ecosystems: learning from the ingenious mind of nature. In: **Proceedings of the Fourth European Conference on Software Architecture: Companion Volume**. [S. l.: s. n.], 2010. p. 96–102.

DIAS, G. A.; SILVA, P. M. da; JR, J. B. D.; ALMEIDA, J. R. de. Technology acceptance model (tam): avaliando a aceitação tecnológica do open journal systems (ojs). **Informação & Sociedade**, Universidade Federal da Paraíba-Programa de Pós-Graduação em Ciência da ... , v. 21, n. 2, 2011.

FAN, Z.; FENG, Z.; XUE, X.; CHEN, S.; WU, H. Ecosystem evolution analysis and trend prediction of projects in android application framework. In: **2020 35th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering Workshops (ASEW)**. [S. l.: s. n.], 2020. p. 67–72. ISSN 2151-0830. Acesso em: 22 set. 2022.

FOTROUSI, F.; FRICKER, S. A.; FIEDLER, M.; LE-GALL, F. Kpis for software ecosystems: A systematic mapping study. In: SPRINGER. **International Conference of Software Business**. [S. l.], 2014. p. 194–211.

FRANÇA, B. B. N. de. **Guidelines for Experimentation with Dynamic Simulation Models in the context of Software Engineering**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.

FRANÇA, B. B. N. de; TRAVASSOS, G. H. Are We Prepared for Simulation Based Studies in Software Engineering Yet? **CLEI Electronic Journal**, scielouy, v. 16, p. 9 – 9, 04 2013. ISSN 0717-5000. Disponível em: http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-50002013000100009&nrm=iso. Acesso em: 25 jul. 2022.

FRANCO-BEDOYA, O.; AMELLER, D.; COSTAL, D.; FRANCH, X. Queso a quality model for open source software ecosystems. In: IEEE. **2014 9th International Conference on Software Engineering and Applications (ICSOFT-EA)**. [S. l.], 2014. p. 209–221.

FRANCO-BEDOYA, O.; AMELLER, D.; COSTAL, D.; FRANCH, X. Open source software ecosystems: A systematic mapping. **Information and software technology**, Elsevier, v. 91, p. 160–185, 2017.

FRANCO-BEDOYA, O.; CABRERA, O.; HURTADO-GIL, S. Queso-process: Evaluating oss software ecosystems quality. In: **Proceedings of the 10th Euro-American Conference on Telematics and Information Systems**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2020. (EATIS '20). ISBN 9781450377119. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3401895.3402056>. Acesso em: 22 ago. 2022.

GARCIA-HOLGADO, A.; GARCIA-PENALVO, F. J. The evolution of the technological ecosystems: An architectural proposal to enhancing learning processes. In: **Proceedings of the**

First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2013. (TEEM '13), p. 565–571. ISBN 9781450323451. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/2536536.2536623>. Acesso em: 22 ago. 2022.

GARCIA-HOLGADO, A.; GARCIA-PENALVO, F. J. Mapping the systematic literature studies about software ecosystems. In: **Proceedings of the Sixth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality.** New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2018. (TEEM'18), p. 910–918. ISBN 9781450365185. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3284179.3284330>. Acesso em: 22 ago. 2022.

GERMAN, D. M.; ADAMS, B.; HASSAN, A. E. The evolution of the r software ecosystem. In: **2013 17th European Conference on Software Maintenance and Reengineering.** [S. l.: s. n.], 2013. p. 243–252. ISSN 1534-5351. Acesso em: 22 ago. 2022.

GOEMINNE, M. Understanding the evolution of socio-technical aspects in open source ecosystems. In: IEEE. **2014 Software Evolution Week-IEEE Conference on Software Maintenance, Reengineering, and Reverse Engineering (CSMR-WCRE).** [S. l.], 2014. p. 473–476.

GOEMINNE, M.; MENS, T. A framework for analysing and visualising open source software ecosystems. In: **Proceedings of the Joint ERCIM Workshop on Software Evolution (EVOL) and International Workshop on Principles of Software Evolution (IWPSE).** New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2010. (IWPSE-EVOL '10), p. 42–47. ISBN 9781450301282. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/1862372.1862384>. Acesso em: 10 jul. 2022.

GRAAF, B. Model-driven evolution of software architectures. In: IEEE. **11th European Conference on Software Maintenance and Reengineering (CSMR'07).** [S. l.], 2007. p. 357–360.

HANDOYO, E.; JANSEN, S.; BRINKKEMPER, S. Software ecosystem modeling: the value chains. In: **Proceedings of the Fifth International Conference on Management of Emergent Digital Ecosystems.** [S. l.: s. n.], 2013. p. 17–24.

HANSSEN, G. K. A longitudinal case study of an emerging software ecosystem: Implications for practice and theory. **Journal of Systems and Software**, v. 85, n. 7, p. 1455 – 1466, 2012. ISSN 0164-1212. Software Ecosystems. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0164121211000963>. Acesso em: 19 jul. 2022.

HANSSEN, G. K.; DYBÅ, T. Theoretical foundations of software ecosystems. In: CITeseer. **IWSECO@ ICSOB.** [S. l.], 2012. p. 6–17.

HARTIGH, E. den; TOL, M.; VISSCHER, W. The health measurement of a business ecosystem. In: **Proceedings of the European Network on Chaos and Complexity Research and Management Practice Meeting.** [S. l.: s. n.], 2006. p. 1–39.

HARTIGH, E. den; VISSCHER, W.; TOL, M.; SALAS, A. J. Measuring the health of a business ecosystem. In: **Software Ecosystems.** [S. l.]: Edward Elgar Publishing, 2013.

HINTERREITER, D. Supporting feature-oriented development and evolution in industrial software ecosystems. In: **Proceedings of the 22nd International Systems and Software**

Product Line Conference - Volume 2. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2018. (SPLC '18), p. 79–86. ISBN 9781450359450. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3236405.3236425>. Acesso em: 19 set. 2022.

HMOOD, A.; SCHUGERL, P.; RILLING, J.; CHARLAND, P. Onteqam: A methodology for assessing evolvability as a quality factor in software ecosystems. **IEEE Industrial Software Evolution and Maintenance Processes WISEMP10**, 2010.

HOU, T.; YAO, X.; GONG, D. Community detection in software ecosystem by comprehensively evaluating developer cooperation intensity. **Information and Software Technology**, Elsevier, v. 130, p. 106451, 2021.

HYRYNSALMI, S.; LINNA, P. The role of applications and their vendors in evolution of software ecosystems. In: **2017 40th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)**. [S. l.: s. n.], 2017. p. 1442–1447. Acesso em: 22 ago. 2022.

HYRYNSALMI, S.; LINNA, P. The role of applications and their vendors in evolution of software ecosystems. In: **2017 40th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)**. [S. l.: s. n.], 2017. p. 1442–1447. Acesso em: 22 set. 2022.

IANSITI, M.; LEVIEN, R. **The keystone advantage**: what the new dynamics of business ecosystems mean for strategy, innovation, and sustainability. [S. l.]: Harvard Business Press, 2004.

IQBAL, J.; SIDHU, M. S. Acceptance of dance training system based on augmented reality and technology acceptance model (tam). **Virtual Reality**, Springer, v. 26, n. 1, p. 33–54, 2022.

JANSEN, S. Measuring the health of open source software ecosystems: Beyond the scope of project health. **Information and Software Technology**, Elsevier, v. 56, n. 11, p. 1508–1519, 2014.

JANSEN, S. A focus area maturity model for software ecosystem governance. **Information and Software Technology**, Elsevier, v. 118, p. 106219, 2020.

JANSEN, S.; BRINKKEMPER, S.; FINKELSTEIN, A. Providing transparency in the business of software: a modeling technique for software supply networks. In: SPRINGER. **Working Conference on Virtual Enterprises**. [S. l.], 2007. p. 677–686.

JANSEN, S.; BRINKKEMPER, S.; FINKELSTEIN, A. Providing transparency in the business of software: a modeling technique for software supply networks. In: SPRINGER. **Working Conference on Virtual Enterprises**. [S. l.], 2007. p. 677–686.

JANSEN, S.; BRINKKEMPER, S.; FINKELSTEIN, A. Business network management as a survival strategy: A tale of two software ecosystems. **IWSECO@ ICSR**, Citeseer, v. 2009, 2009.

JANSEN, S.; CUSUMANO, M. A. Defining software ecosystems: a survey of software platforms and business network governance. In: **Software ecosystems**. [S. l.]: Edward Elgar Publishing, 2013.

JANSEN, S.; HANDOYO, E.; ALVES, C. Scientists' needs in modelling software ecosystems. In: **Proceedings of the 2015 European Conference on Software Architecture Workshops**. [S. l.: s. n.], 2015. p. 1–6.

JANSEN, S.; HANDOYO, E.; ALVES, C. *et al.* Scientists' needs in software ecosystem modeling. In: **Proceedings of the International Workshop on Software Ecosystems**. [S. l.: s. n.], 2015.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Citeseer, 2007.

LAGEMANN, A. B. **Entrevista guiada com base em estrutura de perguntas para modelagem de processos de negócio**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência da Computação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Instituto de Informática, Porto Alegre, RS Brasil, p. 65, 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/212479>. Acesso em: 25 jun. 2022.

LIM, S. L.; BENTLEY, P. J. Investigating app store ranking algorithms using a simulation of mobile app ecosystems. In: IEEE. **2013 IEEE Congress on Evolutionary Computation**. [S. l.], 2013. p. 2672–2679.

LIMA, T.; BARBOSA, G.; SANTOS, R. Pereira dos; WERNER, C. Uma abordagem socio-técnica para apoiar ecossistemas de software. **iSys - Brazilian Journal of Information Systems**, v. 7, n. 3, p. 19–37, Nov. 2014. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/journals/index.php/isys/article/view/255>. Acesso em: 29 set. 2021.

LIMA, T. M. P. **Uma Abordagem Socio-técnica para Apoiar Modelagem e Análise de Ecossistemas de Software**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Computação e Informação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - Departamento de Engenharia Eletrônica, Rio de Janeiro, Brasil, p. 83, 2015. Disponível em: http://reuse.cos.ufrj.br/media/publicacoes/graduacao/PF_Thaiana.pdf. Acesso em: 25 jun. 2022.

LUCIA, A. D.; FASOLINO, A. R.; POMPELLE, E. A decisional framework for legacy system management. In: IEEE. **Proceedings IEEE International Conference on Software Maintenance. ICSM 2001**. [S. l.], 2001. p. 642–651.

LUNGU, M. Towards reverse engineering software ecosystems. In: IEEE. **2008 IEEE International Conference on Software Maintenance**. [S. l.], 2008. p. 428–431.

MANIKAS, K. Revisiting software ecosystems research: A longitudinal literature study. **Journal of Systems and Software**, v. 117, p. 84 – 103, 2016. ISSN 0164-1212. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0164121216000406>. Acesso em: 29 jan. 2022.

MANIKAS, K.; HANSEN, K. M. Software ecosystems—a systematic literature review. **Journal of Systems and Software**, Elsevier, v. 86, n. 5, p. 1294–1306, 2013.

MANIKAS, K.; HANSEN, K. M. Software ecosystems—a systematic literature review. **Journal of Systems and Software**, Elsevier, v. 86, n. 5, p. 1294–1306, 2013.

MASSANORI, D.; CAFEO, B. B. P.; WIESE, I.; aO, A. F. Death of a software ecosystem: A developer relations (devrel) perspective. In: **Proceedings of the 34th Brazilian Symposium on Software Engineering**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2020. (SBES '20), p. 399–404. ISBN 9781450387538. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3422392.3422445>. Acesso em: 19 set. 2022.

MAZRAE, P. R. Predictive modelling of socio-technical health in evolving software packaging ecosystems. CEUR, Bélgica, 2021. Disponível em: <https://orbi.umons.ac.be/bitstream/20.500.12907/1953/1/paper11.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2022.

MCGREGOR, J. D. A method for analyzing software product line ecosystems. In: **Proceedings of the Fourth European Conference on Software Architecture: Companion Volume**. [S. l.: s. n.], 2010. p. 73–80.

MENS, T.; CLAES, M.; GROSJEAN, P.; SEREBRENIK, A. Studying evolving software ecosystems based on ecological models. In: **Evolving software systems**. [S. l.]: Springer, 2014. p. 297–326.

MENS, T.; DOCTORS, L.; HABRA, N.; VANDEROSE, B.; KAMSEU, F. Qualgen: Modeling and analysing the quality of evolving software systems. In: **2011 15th European Conference on Software Maintenance and Reengineering**. [S. l.: s. n.], 2011. p. 351–354. ISSN 1534-5351. Acesso em: 22 ago. 2022.

MIJSTERS, Y.; MUSTAFA, A.; MIHAI, I.; JANSEN, S. On the nature of software sub-ecosystems and their health. In: **Proceedings of the 1st International Workshop on Software Health**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2018. (SoHeal '18), p. 25–32. ISBN 9781450357302. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3194124.3194127>. Acesso em: 22 set. 2022.

MIRANDA, M.; FERREIRA, R.; SOUZA, C. R. de; FILHO, F. F.; SINGER, L. An exploratory study of the adoption of mobile development platforms by software engineers. In: **Proceedings of the 1st International Conference on Mobile Software Engineering and Systems**. [S. l.: s. n.], 2014. p. 50–53.

MOORE, J. The death of competition: leadership strategy in the age of business ecosystems. **Harper Paperbacks**, New York, 1996.

MOORE, J. F. Predators and prey: a new ecology of competition. **Harvard business review**, SUBSCRIBER SERVICE, PO BOX 52623, BOULDER, CO 80322-2623, v. 71, n. 3, p. 75–86, 1993.

PINHEIRO, F. V. d. S. **Uma ferramenta web para apoiar a modelagem de ecossistemas de software utilizando a notação SSN**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Sistemas de Informação)— Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá, Quixadá,, 2021. Disponível em: http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/59039/1/2021_tcc_fvspinheiro.pdf. Acesso em: 29 set. 2022.

PINHEIRO, F. V. d. S.; COUTINHO, E. F.; SANTOS, I.; BEZERRA, C. I. M. A tool for supporting the teaching and modeling of software ecosystems using ssn notation. **Journal on Interactive Systems**, v. 13, n. 1, p. 192–204, Sep. 2022. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/journals/index.php/jis/article/view/2602>. Acesso em: 29 set. 2022.

PLAKIDAS, K.; SCHALL, D.; ZDUN, U. Evolution of the r software ecosystem: Metrics, relationships, and their impact on qualities. **Journal of Systems and Software**, Elsevier, v. 132, p. 119–146, 2017.

PONTES, D. P. N.; ARAKAKI, R. Evolução de software baseada em avaliação de arquitetura de software. In: **XVII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación**. [S. l.: s. n.], 2011.

PRESSMAN, R. S. **Software engineering: a practitioner's approach**. [S. l.]: Palgrave macmillan, 2005.

RUSS, C. Online crowds-extraordinary mass behavior on the internet. **Proceedings of i-Media**, v. 7, 2007.

RUSSELL, R.; CHUNG, M.; BALK, E. M.; ATKINSON, S.; GIOVANNUCCI, E. L.; IP, S.; RAMAN, G.; ROSS, A.; TRIKALINOS, T.; JR, K. W. *et al.* Issues and challenges in conducting systematic reviews to support development of nutrient reference values: workshop summary: nutrition research series, vol. 2. 2010.

RYAN, K. T. **Software engineering and simulation**. [S. l.], 1979.

SADI, M. H.; YU, E. Analyzing the evolution of software development: From creative chaos to software ecosystems. In: IEEE. **2014 IEEE eighth international conference on research challenges in information science (RCIS)**. [S. l.], 2014. p. 1–11.

SADI, M. H.; YU, E. Designing software ecosystems: How can modeling techniques help? In: **Enterprise, Business-Process and Information Systems Modeling**. [S. l.]: Springer, 2015. p. 360–375.

SADI, M. H.; YU, E. Designing software ecosystems: How can modeling techniques help? In: **Enterprise, business-process and information systems modeling**. [S. l.]: Springer, 2015. p. 360–375.

SANTOS, I.; COUTINHO, E. F.; SOUZA, S. R. S. Software testing ecosystems insights and research opportunities. In: **Proceedings of the 34th Brazilian Symposium on Software Engineering**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2020. (SBES '20), p. 421–426. ISBN 9781450387538. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3422392.3422458>. Acesso em: 22 ago. 2022.

SANTOS, R. Ecosystemas de software no projeto e desenvolvimento de plataformas para jogos e entretenimento digital. **Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital-SBGames**, p. 1327–1337, 2017.

SANTOS, R.; OLIVEIRA, J. Análise e aplicações de redes sociais em ecossistemas de software. **Anais do IX Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação, Minicursos, João Pessoa, Brasil**, v. 2, p. 19–24, 2013.

SANTOS, R.; VALENÇA, G.; VIANA, D.; ESTÁCIO, B.; FONTÃO, A.; MARCZAK, S.; WERNER, C.; ALVES, C.; CONTE, T.; PRIKLADNICKI, R. Qualidade em ecossistemas de software: Desafios e oportunidades de pesquisa. In: **Proceedings of VIII Workshop on Distributed Software Development, Software Ecosystems and Systems-of-Systems**. [S. l.: s. n.], 2014. p. 41–44.

SANTOS, R.; VALENÇA, G.; VIANA, D.; ESTÁCIO, B.; FONTÃO, A.; MARCZAK, S.; WERNER, C.; ALVES, C.; CONTE, T.; PRIKLADNICKI, R. Qualidade em ecossistemas de software: Desafios e oportunidades de pesquisa. In: **Proceedings of VIII Workshop on Distributed Software Development, Software Ecosystems and Systems-of-Systems**. [S. l.: s. n.], 2014. p. 41–44.

Santos, R. P.; Werner, C. M. L. Treating social dimension in software ecosystems through reuseecos approach. In: **2012 6th IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies (DEST)**. [S. l.: s. n.], 2012. p. 1–6.

SANTOS, R. P.; WERNER, C. M. L.; ALVES, C.; PINTO, M. J. S.; CUKIERMAN, H. L.; OLIVEIRA, F. M. A.; EGLER, T. T. C. Ecosistemas de software: Um novo espaço para a construção de redes e territórios envolvendo governo, sociedade e a web. **Políticas Públicas: Interações e Urbanidades**, p. 337–366, 2013.

SANTOS, R. P. dos; WERNER, C.; FINKELSTEIN, A. Ecosystems effects on software-consuming organizations: An experience report on two observational studies. In: **Proceedings of the 12th European Conference on Software Architecture: Companion Proceedings**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2018. (ECSA '18). ISBN 9781450364836. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3241403.3241428>. Acesso em: 19 set. 2022.

SCHAEFFER, D. J.; HERRICKS, E. E.; KERSTER, H. W. Ecosystem health: I. measuring ecosystem health. **Environmental Management**, Springer, v. 12, n. 4, p. 445–455, 1988.

SCHETTINO, V. J.; BRAGA, R.; DAVID, J. M. N.; ARAÚJO, M. A. P. Spotify characterization as a software ecosystem. In: **Proceedings of the 11th Brazilian Symposium on Software Components, Architectures, and Reuse**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2017. (SBCARS '17). ISBN 9781450353250. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3132498.3133836>. Acesso em: 26 ago. 2022.

SEICHTER, D.; DHUNGANA, D.; PLEUSS, A.; HAUPTMANN, B. Knowledge management in software ecosystems: Software artefacts as first-class citizens. In: **Proceedings of the Fourth European Conference on Software Architecture: Companion Volume**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2010. (ECSA '10), p. 119–126. ISBN 9781450301794. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/1842752.1842780>. Acesso em: 12 jun. 2022.

SHA, Z.; PETROV, A.; TIAN, Y.; HU, T. Analyzing the robustness of open source software ecosystems to the loss of contributors: A case study. **Available at SSRN 4082801**, 2022.

SHEN, J. F.; ZHANG, L.; FAN, Z. Q.; ABBASI, M.; RAFIQUE, I. A uml-based software services ecosystem modeling approach. In: TRANS TECH PUBL. **Applied Mechanics and Materials**. [S. l.], 2012. v. 198, p. 766–771.

SILVA, A. d. **A influência do Treinamento de Usuários na Aceitação de Sistemas ERP em Empresas no Brasil**. Unpublished doctoral dissertation. Instituto COPPEAD de Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2005.

SILVA, F. M. dos A.; PINHEIRO, F. V. da S.; COUTINHO, E. F. Um estudo preliminar sobre a saúde de de ecossistemas de software. **Revista Sistemas e Mídias Digitais (RSMD)**, v. 6, n. 1, julho 2021. ISSN 2525-9555. Disponível em: <http://revistasmd.virtual.ufc.br/arquivos/volume-6/numero-1/rsmd-v6-n1-3.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2022.

SILVA, P. **Um enfoque da identificação de papéis e modelagem de ecossistemas de software em um sistema de gestão acadêmica**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Roraima - UFRR, Boa Vista, Brasil, p. 83, 2018.

SILVA, P.; PIMENTEL, V.; SOARES, J. A utilização do computador na educação: aplicando o technology acceptance model (tam). **Biblionline, João Pessoa**, v. 8, p. 263–272, 2012.

SILVA, R. T. D.; GUSTAVO, F. L.; AUDACIO, E. D.; GENVIGIR, E. C. Identifying actors to support software ecosystem health. In: IEEE. **2017 IEEE/ACM Joint 5th International Workshop on Software Engineering for Systems-of-Systems and 11th Workshop on Distributed Software Development, Software Ecosystems and Systems-of-Systems (JSOS)**. [S. l.], 2017. p. 76–77.

SOMMERVILLE, I. **Engineering software products**. [S. l.]: Pearson London, 2020.

SOUZA, L. S.; RODRÍGUEZ, G.; ROCHA, F. G. Gestão da qualidade em ecossistemas de software: Um mapeamento sistemático da literatura. 2018.

STEGLICH, C.; MARCZAK, S.; GUERRA, L. P.; MOSMANN, L. H.; PERIN, M.; FILHO, F. F.; SOUZA, C. de. Revisiting the mobile software ecosystems literature. In: **Proceedings of the 7th International Workshop on Software Engineering for Systems-of-Systems and 13th Workshop on Distributed Software Development, Software Ecosystems and Systems-of-Systems**. IEEE Press, 2019. (SESoS-WDES '19), p. 50–57. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/SESoS/WDES.2019.00015>. Acesso em: 19 set. 2022.

TANSLEY, A. G. The use and abuse of vegetational concepts and terms. **Ecology**, JSTOR, v. 16, n. 3, p. 284–307, 1935.

TU, Q.; GODFREY, M. W. An integrated approach for studying architectural evolution. In: IEEE. **Proceedings 10th International Workshop on Program Comprehension**. [S. l.], 2002. p. 127–136.

VALENÇA, G.; ALVES, C. A theory of power in emerging software ecosystems formed by small-to-medium enterprises. **Journal of Systems and Software**, Elsevier, v. 134, p. 76–104, 2017.

VALENCA, G.; ALVES, C.; JANSEN, S. Strategies for managing power relationships in software ecosystems. **Journal of Systems and Software**, Elsevier, v. 144, p. 478–500, 2018.

VALENÇA, G.; ALVES, C. F. Um modelo para negociação de requisitos em ecossistemas de software. In: ER@ BR. [S. l.: s. n.], 2013.

VULPEN, P. van; JANSEN, S.; BRINKKEMPER, S. The orchestrator's partner management framework for software ecosystems. **Science of Computer Programming**, Elsevier, v. 213, p. 102722, 2022.

WEIBLEN, T.; CHESBROUGH, H. W. Engaging with startups to enhance corporate innovation. **California management review**, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 57, n. 2, p. 66–90, 2015.

WILLIAMSON, P. J.; MEYER, A. D. Ecosystem advantage: How to successfully harness the power of partners. **California management review**, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 55, n. 1, p. 24–46, 2012.

WOUTERS, J.; RITMEESTER, J.; CARLSEN, A.; JANSEN, S.; WNUK, K. A seco meta-model. In: SPRINGER. **International Conference on Software Business**. [S. l.], 2019. p. 31–45.

YIN, R. K. **Estudo de Caso-: Planejamento e métodos.** [S. l.]: Bookman editora, 2015.

YU, L.; RAMASWAMY, S.; BUSH, J. Software evolvability: An ecosystem point of view. In: IEEE. **Third International IEEE Workshop on Software Evolvability 2007.** [S. l.], 2007. p. 75–80.

ZANELLA, L. C. H. Metodologia de estudo e de pesquisa em administração. **Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/UFSC**, Brasília, p. 129–149, 2009.

APÊNDICE A – ROTEIRO PARA AVALIAÇÃO DA ABORDAGEM

1. Introdução

Este documento foi elaborado com a finalidade de realizar os testes com a abordagem de estudo sobre evolução de ECOS por meio de modelos SSN implementada na ferramenta e repositório ECOS *Modeling* da maneira mais precisa e sucinta o possível. Assim, todos os procedimentos e recursos necessários para a execução da referida avaliação são descritos detalhadamente a seguir.

2. Objetivos da Avaliação

Este roteiro de avaliação objetiva os seguintes resultados:

- Obter dados qualitativos de usabilidade da ferramenta e repositório ECOS *Modeling*
- Obter dados quantitativos e qualitativos sobre a abordagem proposta
- Obter dados qualitativos de usabilidade da ferramenta e repositório ECOS *Modeling*
- Obter dados quantitativos de usabilidade através de:
 - Número de erros para a execução de tarefas
 - Tempo gasto na execução da tarefa
- Levantar a satisfação subjetiva dos usuários quanto aos aspectos do ECOS *Modeling*
 - Listagem de modelos salvos
 - Modelagem de ECOS
 - Navegabilidade
 - Terminologia
- Abordagem de evolução de ECOS
 - Dados
 - Resultados
 - Métricas
 - Gráficos
 - Tabelas

– Modelos

3. Participantes da Avaliação

Para a realização desta avaliação, alunos de graduação, pós-graduação, professores e profissionais da área de ciência da computação e/ou Engenharia de Software.

4. Funcionalidades Implementadas na Ferramenta ECOS *Modeling*

A ferramenta e repositório ECOS *Modeling* disponibiliza as seguintes funcionalidades:

- Cadastro de usuário e gerência de perfil
- Visualização de modelos de ECOS
- Modelagem e cadastro de ECOS
- Edição de modelos e de dados de ECOS
- Editor de modelos de ECOS com diversas propriedades
 - Zoom do ambiente de edição
 - Desfazer ação
 - Refazer ação
 - Selecionar tudo
 - Deselecionar tudo
 - Ações com objetos selecionados:
 - Exclusão
 - Cópia
 - Cola
 - Recorte
 - Mover para frente e para trás
 - Deixar texto em itálico
 - Deixar texto em negrito
 - Deixar texto sublinhado
 - Agrupar e desagrupar
- Exclusão de modelos de ECOS
- Importação de modelo em formato XML

- Exportação de modelos em diferentes formatos
 - XML
 - SVG
 - PNG
 - PDF
- Obter relatórios estatísticos de um modelo
- Gerar relatório sobre evolução de ECOS

5. Roteiro da Avaliação

Você agora dará início a avaliação da abordagem de evolução de ECOS implementada na ferramenta. Para começar, utilize a ferramenta *ECOS Modeling* durante três minutos à sua vontade fazendo perguntas que achar necessárias. Após esse prévio conhecimento na ferramenta *ECOS Modeling*, você pode executar as 5 tarefas abaixo. Evite fazer perguntas agora. Você está livre para realizar as tarefas da maneira que achar melhor. Lembre-se: a abordagem de evolução de ECOS e a ferramenta *ECOS Modeling* é que estão sendo avaliadas e não você. E se alguma coisa der errado, é porque a ferramenta *ECOS Modeling* não está atendendo corretamente as funcionalidades implementadas.

A abordagem de ECOS implementada neste trabalho consiste em: A abordagem de estudo sobre evolução de ECOS permite a comunidade da literatura realizar uma análise estatística sobre os dados dos modelos SSN de um ECOS, de forma automatizada tendo como base a ferramenta *ECOS Modeling*. A abordagem de estudo proposta por este trabalho é realizada na ferramenta mencionada, onde os dados a serem analisados e métricas sobre a evolução são apresentadas. Os dados são apresentados em forma numérica e percentual tanto por meio de gráficos como em tabelas.

Para a realização de estudo utilizando a abordagem sobre a evolução de ECOS por meio da modelagem SSN proposta por este trabalho é necessário seguir alguns passos sequenciais. Os passos para a realização da abordagem proposta são: (i) identificar a necessidade de estudo sobre evolução; (ii) selecionar o ECOS a ser analisado a evolução; (iii) realizar ou possuir modelos SSN do ECOS selecionado para a realização da análise; (iv) na ferra-

menta *ECOS Modeling* realizar a análise estatística sobre os modelos SSN do ECOS; (v) coletar os dados para cada uma das métricas sobre evolução apresentadas; (vi) compilar os resultados obtidos.

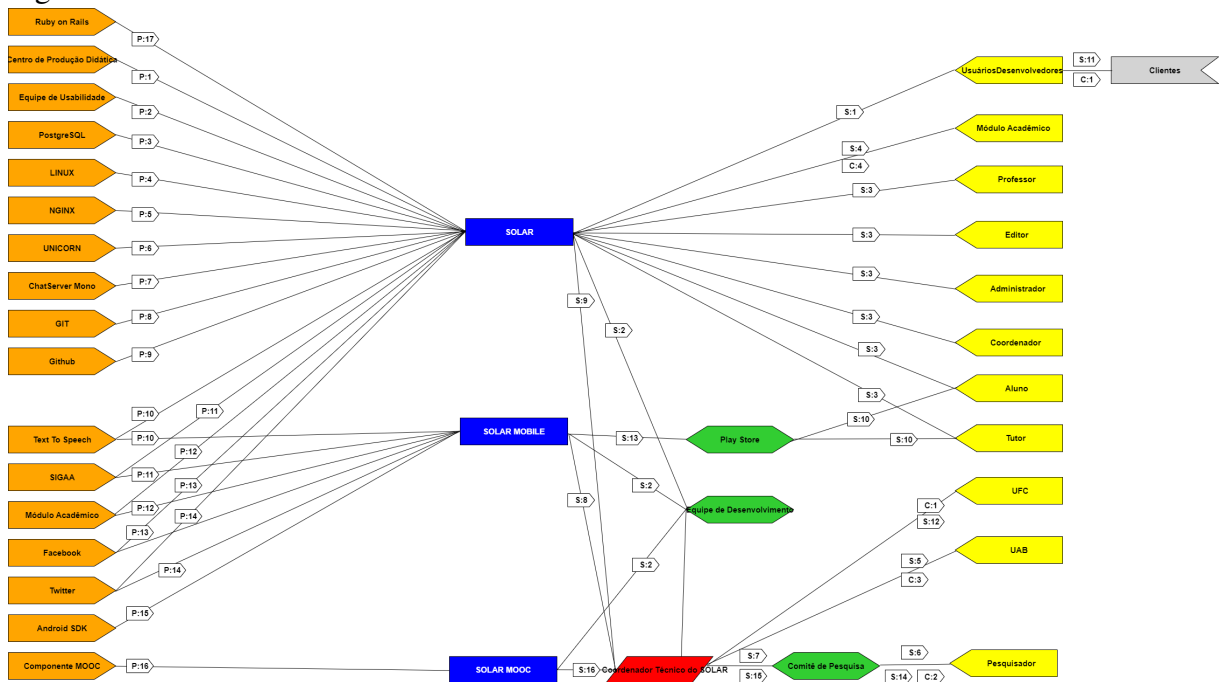
Tarefas a serem realizadas na ferramenta *ECOS Modeling*

(<https://www.ecosmodeling.ml/pt-br/modelos/evolucao>)

Tarefa 1 - Para que você tenha uma melhor experiência e possa usar todas as funcionalidades da ferramenta realize o cadastro do seu perfil, porém para realizar esta avaliação não é obrigatório o cadastro do usuário na ferramenta.

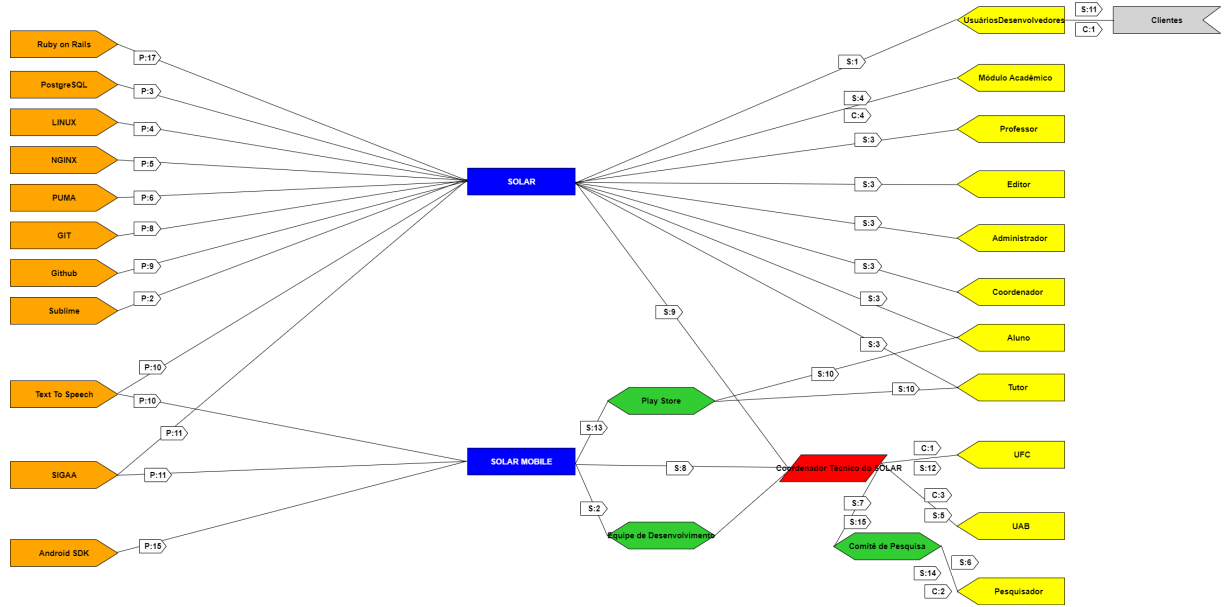
Tarefa 2 - Você estando logado ou não na ferramenta procure na aba evolução pelos modelos do ECOS que você vai realizar a análise de evolução. Este roteiro apresenta três modelos para o ECOS SOLAR a ser analisado nesta avaliação. Procure os modelos da suas respectivas versões nomeadas como abaixo, selecione as três versões e gere o relatório de evolução.

Figura 83 – Modelo ECOS SOLAR versão 1



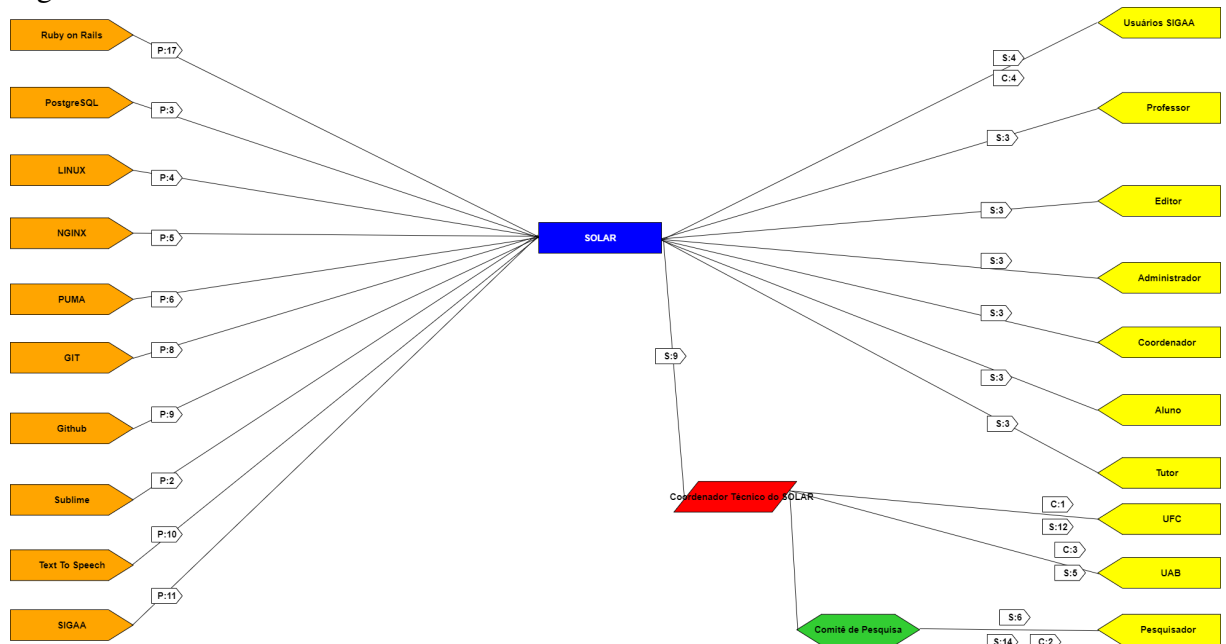
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 84 – Modelo ECOS SOLAR versão 2



Fonte: Elaborado pelo Autor.

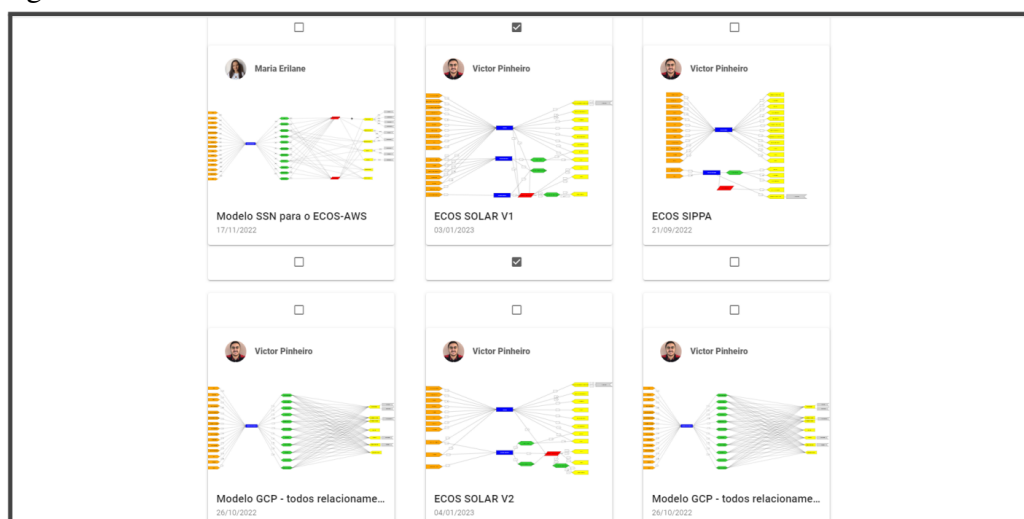
Figura 85 – Modelo ECOS SOLAR versão 3



Fonte: Elaborado pelo Autor.

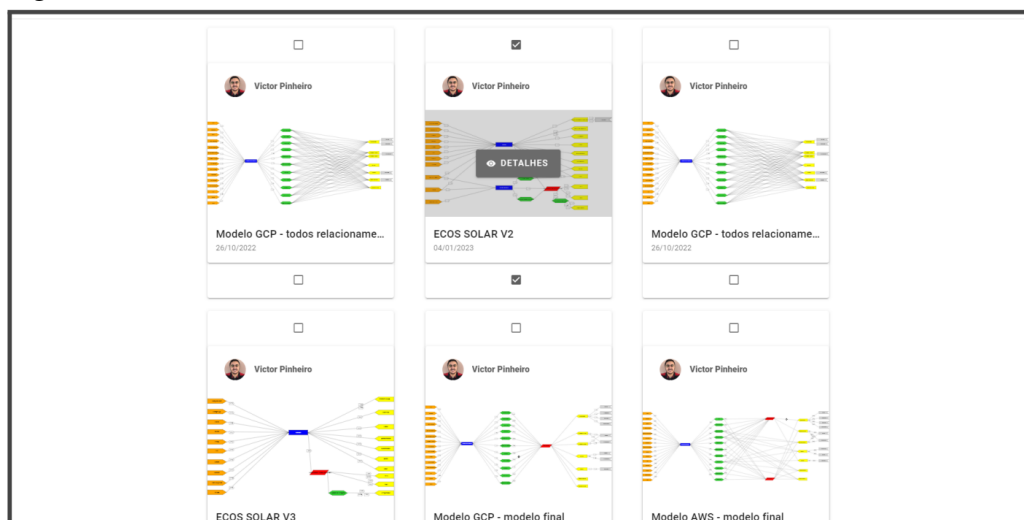
Siga como o exemplo abaixo:

Figura 86 – Passo 1



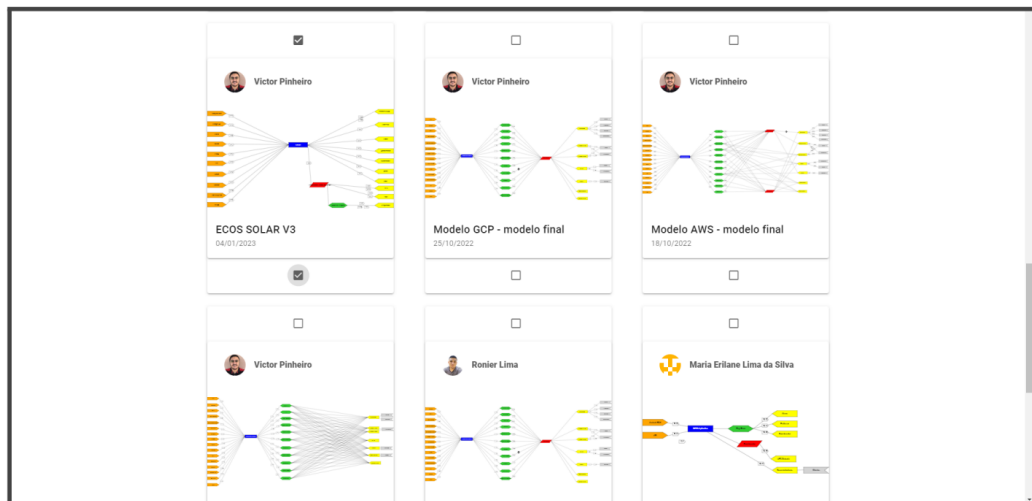
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 87 – Passo 2



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 88 – Passo 3

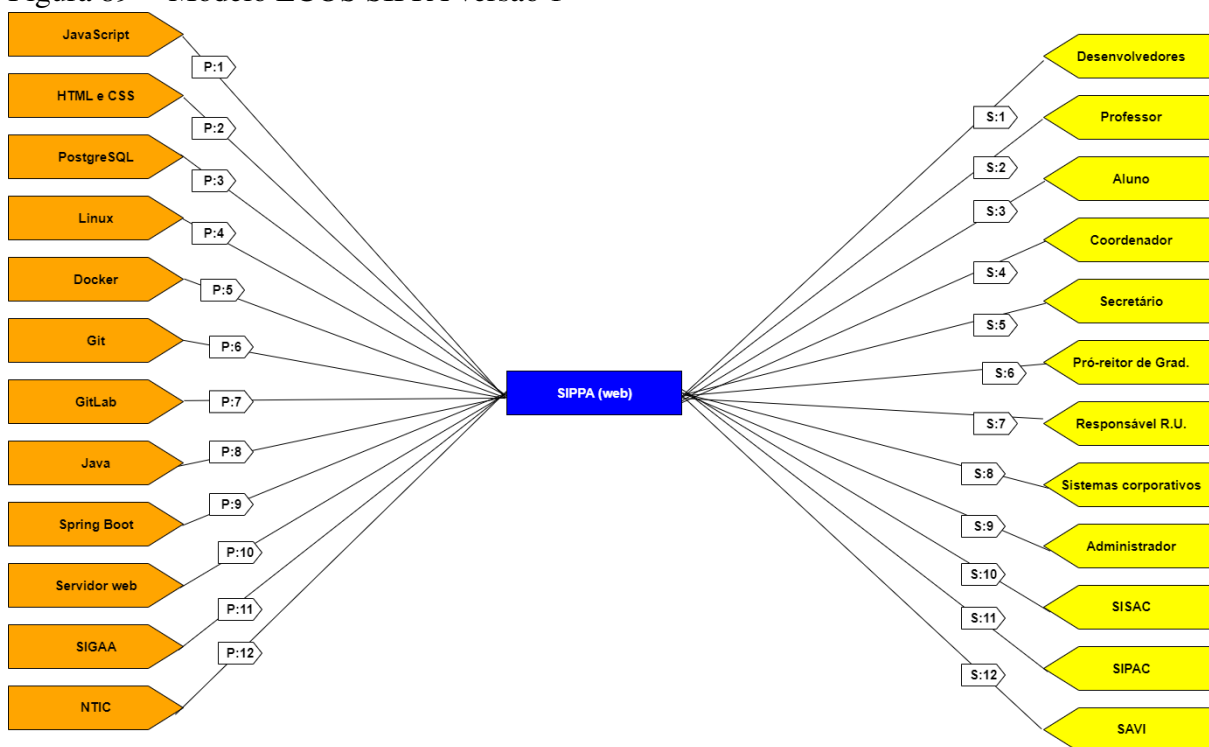


Fonte: Elaborado pelo Autor.

OU

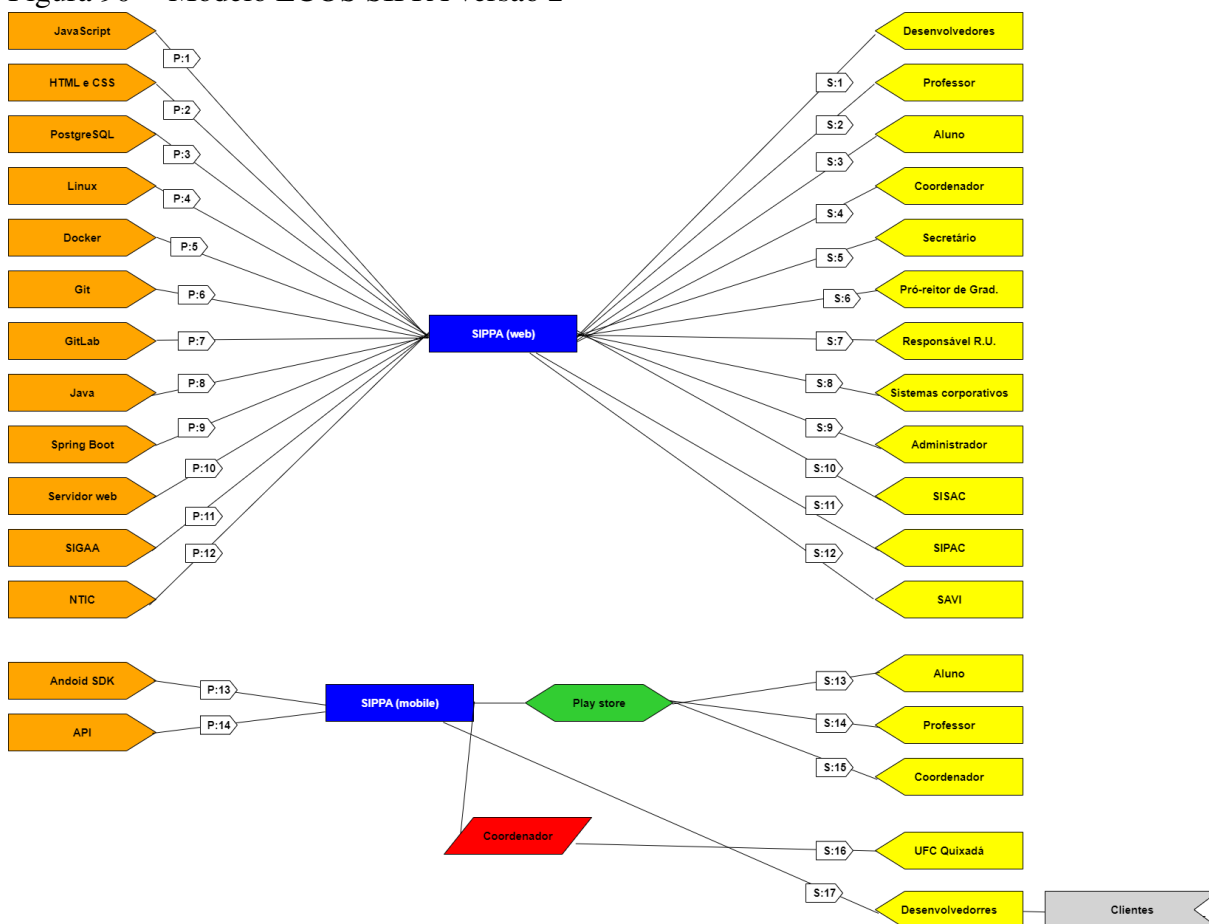
Tarefa 2 - Você estando logado ou não na ferramenta procure na aba evolução pelos modelos do ECOS que você vai realizar a análise de evolução. Este roteiro apresenta três modelos para o ECOS SIPPA a ser analisado nesta avaliação. Procure os modelos da suas respectivas versões nomeadas como abaixo, selecione as três versões e gere o relatório de evolução.

Figura 89 – Modelo ECOS SIPPA versão 1



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 90 – Modelo ECOS SIPPA versão 2



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Tarefa 3 - Repita o processo para o outro ECOS se assim desejar, em seguida analise os dados gerados no relatório comparando as versões dos modelos do ECOS, para visualizar a evolução do ECOS sendo ela em números, gráficos e percentuais.

Tarefa 4 - Analise por meio das métricas apresentadas a evolução do ECOS.

6. Questionário de Avaliação

Para finalizar sua participação contamos com uma última atividade, responder esse questionário da forma mais franca possível.

- <https://forms.gle/EVj6Mo9K5e5M3uQK6>

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DA AVALIAÇÃO TAM

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Você está sendo convidado por Emanuel Ferreira Coutinho, professor da Universidade Federal do Ceará - Campus Quixadá, e por Francisco Victor da Silva Pinheiro, aluno do curso de Mestrado em Computação do Programa de Pós-graduação em Computação (PCOMP) da Universidade Federal do Ceará - *Campus* Quixadá, como participante da pesquisa intitulada "Uma abordagem de Estudo Sobre Evolução de Ecossistemas de Software". Você não deve participar contra a sua vontade. Leia atentamente as informações a seguir e faça qualquer pergunta que desejar, para que todos os procedimentos desta pesquisa sejam esclarecidos.

O objetivo desta pesquisa é por meio da ferramenta para a modelagem e repositório de modelos de Ecossistemas de Software *ECOS Modeling*, analisar a evolução de um ECOS por meio de modelos SSN do ECOS em diferentes versões por meio da abordagem proposta e analisar e avaliar os resultados obtidos sobre a evolução do mesmo.

Basicamente você preencherá um questionário online composto por questões de múltipla escolha para identificação do perfil e sobre sua experiência, e questões abertas de texto livre para opinião. As respostas deverão ser baseadas em sua experiência na utilização da abordagem na ferramenta.

Observações:

- 1) Você não receberá nenhum pagamento pela participação desta pesquisa.
- 2) A qualquer momento você poderá recusar a continuar participando da pesquisa e que também poderá retirar o seu consentimento, sem que isso lhe traga qualquer prejuízo.
- 3) Todas as informações obtidas através de sua participação serão utilizadas de forma anônima.
- 4) Você irá receber uma cópia de suas respostas por e-mail.

Contato:

Nome: Emanuel Ferreira Coutinho

Instituição: Universidade Federal do Ceará - Campus Quixadá

E-mail: emanuel.coutinho@ufc.br

Nome: Francisco Victor da Silva Pinheiro

Instituição: Universidade Federal do Ceará - Campus Quixadá

E-mail: victor.pinheiro.ce@alu.ufc.br

Questão 1. Nome e sobrenome

Questão 2. Sexo

- (a) Masculino
- (b) Feminino
- (c) Prefiro não informar

Questão 3. Gênero

- (a) Homem cis
- (b) Mulher cis
- (c) Homem trans
- (d) Mulher trans
- (e) Não binário
- (f) Intersex
- (g) Prefiro não informar

Questão 4. Idade

Questão 5. Grau de Instrução

- (a) Ensino médio completo
- (b) Ensino superior incompleto
- (c) Ensino superior completo
- (d) Especialização incompleta
- (e) Especialização completa

- (f) Mestrado incompleto
- (g) Mestrado completo
- (h) Doutorado incompleto
- (i) Doutorado completo

Questão 6. Qual sua ocupação?

- (a) Estudante de graduação
- (b) Estudante de pós-graduação
- (c) Professor
- (d) Pesquisador da área de engenharia de software
- (e) Pesquisador da área de computação
- (f) Profissional da área de engenharia de software
- (g) Profissional da área de computação
- (h) Outros

Questão 7. Você conhece o termo ECOS ou conheceu agora na participação desta pesquisa?

- (a) Sim, já conhecia
- (b) Não, conheci durante a participação desta pesquisa

Questão 8. Você conhece o termo *Software Supply Network* (notação SSN) ou conheceu agora na participação desta pesquisa?

- (a) Sim, já conhecia
- (b) Não, conheci durante a participação desta pesquisa

Questão 9. Você já realizou alguma modelagem de ECOS?

- (a) Sim
- (b) Não

(c) Não sei responder

Questão 10. Qual seu grau de conhecimento/habilidade em modelagem de ECOS?

- (a) Nada conhecedor
- (b) Pouco Conhecedor
- (c) Neutro
- (d) Conhecedor
- (e) Muito conhecedor

Questão 11. Você já analisou ou realizou estudo sobre evolução de ECOS?

- (a) Sim
- (b) Não
- (c) Não sei responder

Questão 12. Qual a sua frequência de uso com ferramentas de modelagem de sistemas?

- (a) Nada frequente
- (b) Pouco frequente
- (c) Neutro
- (d) Frequente
- (e) Muito frequente

Questão 13. Você já realizou modelagem de sistemas em ferramenta que salva o modelo em um repositório?

- (a) Sim
- (b) Não
- (c) Não sei responder

Questão 14. Na ferramenta *ECOS Modeling* eu sempre sei onde estou e como chegar onde eu quero

- (a) Muito ruim
- (b) Ruim
- (c) Neutro
- (d) Bom
- (e) Ótimo

Questão 15. Os recursos de navegação da ferramenta *ECOS Modeling* estão todos claros e fáceis de encontrar

- (a) Muito ruim
- (b) Ruim
- (c) Neutro
- (d) Bom
- (e) Ótimo

Questão 16. A ferramenta possui visual/interface atraente/agradável

- (a) Muito ruim
- (b) Ruim
- (c) Neutro
- (d) Bom
- (e) Ótimo

Questão 17. A ferramenta é útil para o usuário

- (a) Nada útil
- (b) Pouco útil
- (c) Neutro
- (d) Útil

(e) Muito útil

Questão 18. A ferramenta atende aos requisitos que propõe

- (a) Nada atendidos
- (b) Pouco atendidos
- (c) Neutro
- (d) Atendidos
- (e) Muito atendidos

Questão 19. Na ferramenta é fácil de encontrar as informações e as funcionalidades que desejo

- (a) Nada fácil
- (b) Pouco fácil
- (c) Neutro
- (d) Fácil
- (e) Muito fácil

Questão 20. Meu nível de esforço mental em utilizar a ferramenta foi

- (a) Nenhum esforço
- (b) Pouco esforço
- (c) Neutro
- (d) Esforço
- (e) Muito esforço

Questão 21. Qual o grau de dificuldade em utilizar a abordagem para análise de evolução de ECOS?

- (a) Nenhuma dificuldade
- (b) Pouca dificuldade
- (c) Neutro

- (d) Dificuldade
- (e) Muita dificuldade

Questão 22. Qual o grau de dificuldade em utilizar a ferramenta ECOS *Modeling* para gerar o relatório sobre a evolução?

- (a) Nenhuma dificuldade
- (b) Pouca dificuldade
- (c) Neutro
- (d) Dificuldade
- (e) Muita dificuldade

Questão 23. Qual o seu nível de esforço mental para realizar análise de evolução de acordo com a abordagem proposta?

- (a) Nenhum esforço
- (b) Pouco esforço
- (c) Neutro
- (d) Esforço
- (e) Muito esforço

Questão 24. A abordagem proposta facilita e auxilia na análise de evolução de ECOS?

- (a) Nada facilita
- (b) Pouco facilita
- (c) Neutro
- (d) Facilita
- (e) Muito facilita

Questão 25. A abordagem proposta é útil no processo de análise de evolução de ECOS?

- (a) Nada útil

- (b) Pouco útil
- (c) Neutro
- (d) Útil
- (e) Muito útil

Questão 26. Minha interação com a ferramenta na funcionalidade de análise de evolução é clara e compreensível

- (a) Nada clara/compreensível
- (b) Pouco clara/compreensível
- (c) Neutro
- (d) clara/compreensível
- (e) Muito clara/compreensível

Questão 27. Em relação aos dados, gráficos e tabelas gerados pela ferramenta qual sua satisfação em relação a qualidade dos resultados

- (a) Nenhuma qualidade
- (b) Pouca qualidade
- (c) Neutro
- (d) Qualidade
- (e) Muita qualidade

Questão 28. A evolução do ECOS já é perceptível apenas com a visualização dos resultados em gráficos, tabelas, percentuais e métricas?

- (a) Nada perceptível
- (b) Pouco perceptível
- (c) Neutro
- (d) Perceptível
- (e) Muito perceptível

Questão 29. Em relação às métricas para avaliar a evolução qual a sua satisfação

- (a) Nada satisfeito
- (b) Pouco satisfeito
- (c) Neutro
- (d) Satisfeito
- (e) Muito satisfeito

Questão 30. Pontos Fortes

Questão 31. Pontos Fracos

Questão 32. Sugestões de Melhoria

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DA ENTREVISTA GUIADA

Questões demográficas

Questão 1. Nome e sobrenome

Questão 2. Idade

Questão 3. Grau de instrução

Questão 4. Sua ocupação

Questão 5. Quantos anos de experiência

Questão 6. Qual seu papel/sua história no SIPPA





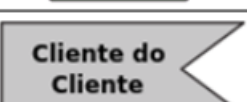


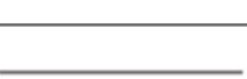
Definição de ECOS

Definição de ECOS: Ecossistemas de Software - ECOS é uma metáfora da ES que foi aplicada para a compreensão da dinâmica da rede de fornecimento de software centrada em plataformas de software. Os ECOS podem ser caracterizados por um conjunto de elementos podendo ser: os atores envolvidos, dentro e fora da organização, o produto de software principal, a plataforma de apoio ao software e os ativos do ECOS. Estes elementos são tratados de maneira integrada, ou seja, levando em consideração as interações, as trocas de informações e artefatos entre eles. Jansen et al. 2009 definiram ECOS como sendo um conjunto de negócios funcionando como uma unidade e interagindo com um mercado compartilhado de software e serviços, juntamente com as relações entre eles, frequentemente apoiados por uma plataforma ou mercado tecnológico comum, e operando através da troca de informações, recursos e artefatos. Sendo assim, um ECOS é uma interação de um conjunto de atores sobre uma plataforma tecnológica comum, tendo como resultados soluções ou serviços de software.

Definição de Software Supply Network (notação SSN): O diagrama de redes de fornecimento de software é um componente do Meta-modelo de ECOS (SEM Meta-model). SSN é uma série de software, hardware e organizações de serviços ligados, que cooperam para atender às demandas do mercado. Os elementos gráficos da notação auxiliam na representação dos atores e os comportamentos e interações dos mesmos dentro do ecossistema. O SSN pode ser utilizado para ilustrar as estruturas das cadeias de fornecimento de software em ECOS. Atores, Relações comerciais, Fluxos e Gateways são os elementos essenciais da modelagem SSN. Dessa forma,

um ator vai ser uma organização ou empresa que participa de um ECOS, podendo ser uma Empresa de Interesse, Fornecedor, Cliente, Intermediário ou Cliente de Cliente. O que conectará dois atores será uma Relação comercial, que pode ser formado por um ou mais Fluxos. Cada um desses componentes da notação SSN são descritos da seguinte maneira:

Figura 91 – Descrição dos componentes da notação SSN.

	Empresa de Interesse: Distribui o produto no modelo comercial definido para o ambiente. Pode ser o produto em si.
	Fornecedor: Fornece um ou mais produtos ou serviços necessários.
	Cliente: Elemento que direta ou indiretamente, adquire ou utiliza o produto.
	Intermediário: Atores que atuam como intermediários entre dois elementos. Ex: distribuidores, revendedores, etc.
	Cliente do Cliente: Um cliente pode ter seus próprios clientes com um produto ou serviço direto ou indiretamente da empresa de interesse. Ex: suporte ao produto, atualizações, etc.
	Agregador: Empresas, produtos ou serviços que operam entre dois agentes para agregar valor a um produto ou serviço. Também pode distribuí-lo ou revendê-lo.
	Relacionamento Comercial: Representa um artefato ou fluxo de serviço de um ator para outro. Pode ser um dado, um software, dinheiro, serviços, etc.
	Fluxo: Conecta dois atores. Um relacionamento pode ser complexo, constituindo muitos fluxos de direções arbitrárias.

Fonte: Boucharas *et al.* (2009) com a extensão de Costa *et al.* (2013).

Questões sobre ECOS e SSN

Questão 7. Você conhece o termo ECOS ou conheceu agora na participação desta pesquisa?

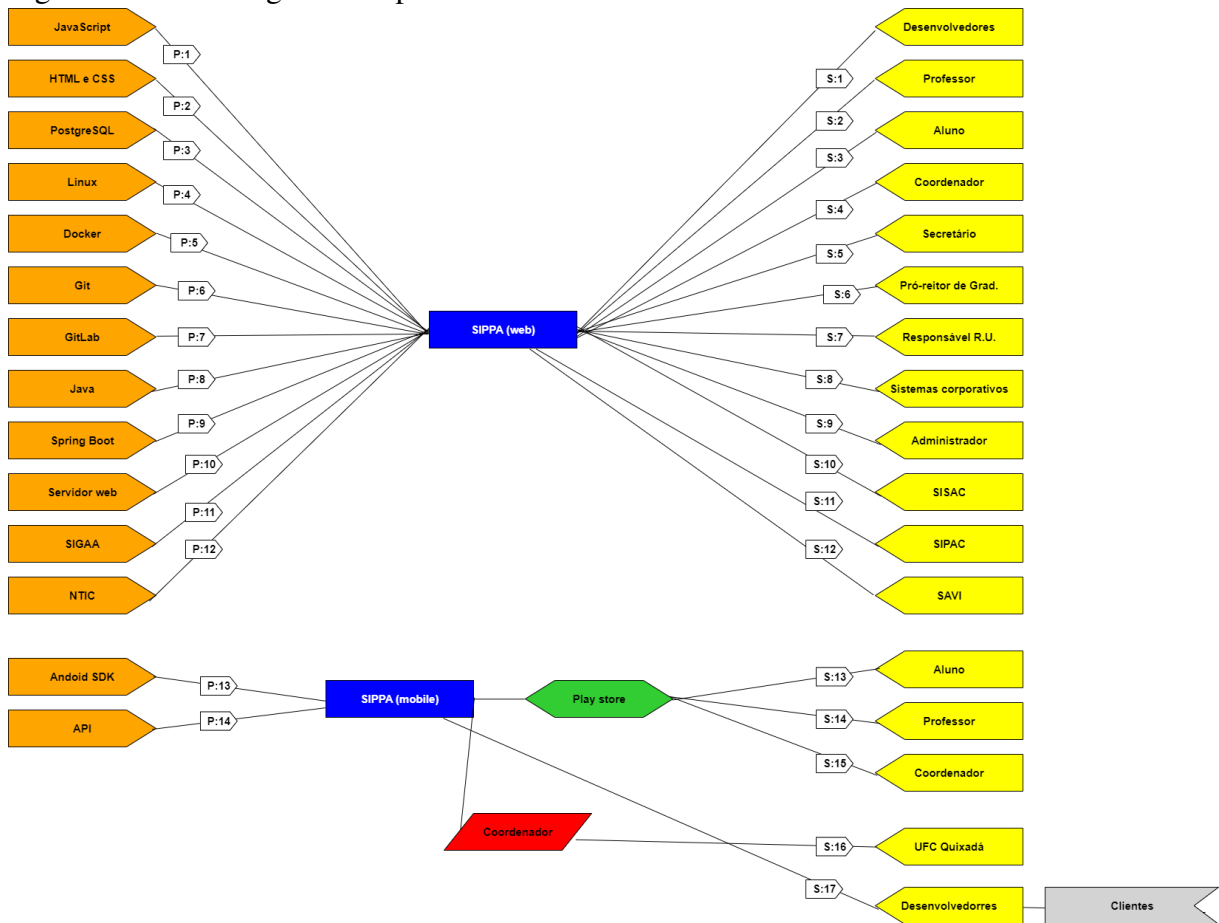
Questão 8. Você conhece o termo *Software Supply Network* (notação SSN) ou conheceu agora na participação desta pesquisa?

Modelo SSN para o ECOS SIPPA

Modelo SSN para o ECOS SIPPA: Em torno do SIPPA, existe todo um conjunto de relacionamentos formados por: usuários, fornecedores de tecnologia, desenvolvedores de soluções

e relacionamentos comerciais. Alguns sistemas foram desenvolvidos em torno da plataforma central, com isso, versões e manutenções surgiram. O fornecimento de uma API para a construção de soluções para a plataforma *mobile* também contribuiu para a integração e difusão do ambiente. Nesse contexto surgiu o ECOS SIPPA composto por um conjunto de elementos de diferentes níveis que produzem relações simbióticas. A Figura a seguir apresenta a modelagem SSN para o ECOS SIPPA, onde podemos identificar os atores dos ECOS, as relações, e o que essas relações produzem, assim como seus respectivos papéis dentro do ecossistema. Pode-se observar a plataforma central (SIPPA), os fornecedores, os clientes, os clientes do cliente, os intermediários e agregadores e as relações produzidas por eles, sendo um serviço ou produto.

Figura 92 – Modelagem SSN para o ECOS SIPPA.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 93 – Descrição dos produtos e serviços do ECOS SIPPA.

Produtos	Serviços
P:1 Linguagem de programação	S:1 API SIPPA
P:2 Linguagem de programação	S:2 Acesso ao SIPPA - professor
P:3 Banco de dados - PostgreSQL	S:3 Acesso ao SIPPA - aluno
P:4 Sistema operacional	S:4 Acesso ao SIPPA - coordenador
P:5 Virtualização	S:5 Acesso ao SIPPA - secretário
P:6 Sistema de controle de versão	S:6 Acesso ao SIPPA - pró-reitor de graduação
P:7 Código fonte	S:7 Acesso ao SIPPA - responsável pelo restaurante universitário
P:8 Linguagem de programação	S:8 Sistemas corporativos da Instituição de Ensino Superior
P:9 Framework	S:9 Acesso ao SIPPA - administrador do sistema
P:10 Servidores web	S:10 Sistema de horas complementares
P:11 Dados acadêmicos	S:11 Sistema de patrimônio, administração e contratos
P:12 Núcleo de tecnologia e comunicação	S:12 Sistema de avaliação institucional
P:13 Sistema operacional	S:13 Instituição de Ensino Superior (IES)
P:14 Código fonte	S:14 Desenvolvedores

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Questões sobre o ECOS SIPPA

Questão 9. É útil o modelo SSN para o ECOS SIPPA?

Questão 10. A notação SSN ajuda na compreensão do ECOS do SIPPA?

Questão 11. O modelo condiz com o software SIPPA?

Questão 12. Você sentiu falta de algo no modelo?

Questão 13. Na sua opinião o modelo poderia ser usado para quê?

Questão 14. Em que o modelo auxilia em relação a tecnologias, usuários e serviços?