



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS QUIXADÁ
CURSO DE GRADUAÇÃO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

FRANCISCO VICTOR DA SILVA PINHEIRO

**UMA FERRAMENTA WEB PARA APOIAR A MODELAGEM DE ECOSISTEMAS
DE SOFTWARE UTILIZANDO A NOTAÇÃO SSN**

QUIXADÁ
2021

FRANCISCO VICTOR DA SILVA PINHEIRO

UMA FERRAMENTA WEB PARA APOIAR A MODELAGEM DE ECOSSISTEMAS DE
SOFTWARE UTILIZANDO A NOTAÇÃO SSN

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Sistemas de Informação
do Campus Quixadá da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do
grau de bacharel em Sistemas de Informação.

Orientador: Prof. Dr. Emanuel Ferreira
Coutinho

QUIXADÁ

2021

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

- P719f Pinheiro, Francisco Victor da Silva.
Uma ferramenta web para apoiar a modelagem de ecossistemas de software utilizando a notação SSN /
Francisco Victor da Silva Pinheiro. – 2021.
79 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá,
Curso de Sistemas de Informação, Quixadá, 2021.
Orientação: Prof. Dr. Emanuel Ferreira Coutinho.
1. Ecossistemas de software. 2. Ferramenta de modelagem. 3. Rede de fornecimento de software. I.
Título.

CDD 005

FRANCISCO VICTOR DA SILVA PINHEIRO

UMA FERRAMENTA WEB PARA APOIAR A MODELAGEM DE ECOSISTEMAS DE
SOFTWARE UTILIZANDO A NOTAÇÃO SSN

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Sistemas de Informação
do Campus Quixadá da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do
grau de bacharel em Sistemas de Informação.

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

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

Prof. Dra. Carla Ilane Moreira Bezerra
Universidade Federal do Ceará - (UFC)

Prof. Dr. Jefferson de Carvalho Silva
Universidade Federal do Ceará - (UFC)

Me. Italo de Oliveira Santos
Northern Arizona University - (NAU)

Dedico este trabalho à Deus pela força, e a minha família, em especial meu Pai e minha Mãe por sempre me apoiarem em tudo incondicionalmente.

AGRADECIMENTOS

A Deus Pai Todo Poderoso Criador de tudo, pelo dom da vida, por tantas graças, maravilhas e prodígios que Ele tem realizado em minha vida. A Nossa Mãe Maria Santíssima, pela materna 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 namorada e futura companheira de vida, Maria Erilane, por sempre estar comigo, me apoiar, por seu amor e por todos as vezes que incentivou a não desistir nos momentos mais difíceis da minha vida, te amo muito.

Ao meu querido padrinho e segundo pai, Padre Thomas James, por ter me incentivado e me ajudado incondicionalmente neste período do curso, por seus conselhos, broncas, pela ajuda espiritual e material, enfim por tudo, este título de graduação eu devo ao senhor.

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

Ao grupo que compõe o Programa de Educação Tutorial do Curso de Sistemas de Informação, PET-SI, por me fazerem ser o aluno que sou hoje, durante esse período como bolsista, evolui muito em termos pessoais e profissionais. Agradeço de modo particular aos Professores Tutores, Prof. Dr. Davi Romero (primeiro tutor) e Prof. Dr. Wladimir Tavares (atual tutor).

Aos amigos que fiz ao longo do curso, pessoas que quero levar comigo para sempre, meu grande amigo Ronier Lima, por toda a ajuda durante curso e no desenvolvimento desta ferramenta, você realmente é o cara. Aos meus amigos Pedro Venicius, Robert Maciel, Luanderson Aires, Jailson Bastos e Yan Lima por todo o companheirismo e momentos de estudos.

A Universidade Federal do Ceará - Campus Quixadá como um todo, aos professores, a coordenação do curso, a secretaria acadêmica, a todos os colaboradores, ao restaurante universitário que nunca me deixou passar fome e ao programa auxílio moradia, por me proporcionar recurso financeiro ao longo desse tempo.

E a uma pessoa que desbravou as barreiras sociais, mostrou que o filho de um pobre pode sim fazer um curso de nível superior em uma Universidade de renome, e que mudou a vida dos brasileiros, o querido e eterno Presidente Luiz Inácio Lula da Silva.

"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*. Ou ainda, ECOS pode ser denominado por um conjunto de atores que interagem entre si, em uma comunidade e com uma unidade que por sua vez, interagem com um mercado distribuído entre *softwares* e serviços, juntamente com as relações entre as mais variadas entidades. À medida que uma empresa ou organização expande seus relacionamentos e passa a interagir com atores externos, forma-se um ECOS que inclui tanto os atores como os artefatos envolvidos nesta nova rede. Os atores presentes em um ecossistema podem possuir diversos papéis, os quais, assim como em ecossistemas naturais, podem influenciar diretamente no equilíbrio e funcionamento dele. A notação SSN - *Software Supply Network*, ou seja, 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. Um problema eminente na literatura é a falta de apoio a modelagem utilizando a notação SSN, falta de modelos disponíveis e manutenção de modelos de maneira geral, bem como a utilização da notação sugerida de maneira correta. Nesse contexto, a pesquisa realizada por este trabalho, visou desenvolver uma ferramenta *web* para apoiar a modelagem de ECOS utilizando a notação SSN de maneira correta em sua totalidade, com as funcionalidades de arrastar, soltar, ligar, manipular figuras gráficas e exportar o modelo de ECOS criado em diferentes formatos de imagem PNG e SVG e em formatos XML e JSON que possibilite a importação na ferramenta para possíveis edições e manutenções no modelo, com o intuito de amenizar o referido problema que é a falta de ferramenta de modelagem utilizando a notação proposta, bem como avaliar a ferramenta proposta no contexto educacional, para consolidar as funcionalidades propostas na ferramenta, medir a experiência dos usuários e apoiar o ensino de ECOS nas disciplinas de Engenharia de *Software* com o objetivo de expandir a literatura.

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

ABSTRACT

Software Ecosystems (SECO) 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. Or even, SECO can be called by a set of actors that interact with each other, in a community and with a unit that in turn, interact with a market distributed between software and services, together with the relationships between the most varied entities. As a company or organization expands its relationships and begins to interact with external actors, an SECO is formed that includes both the actors and the artifacts involved in this new network. The actors present in an ecosystem can have different roles, which, as in natural ecosystems, can directly influence its balance and functioning. The notation SSN - Software Supply Network, that is, the diagram of software supply networks, is a series of software, hardware and connected service organizations, which cooperate to meet market demands. For a better visualization and understanding of an SECO, recent studies propose the modeling of the formed network, however, there is still no formalized modeling pattern for this area. An eminent problem in the literature is the lack of support for modeling using SSN notation, lack of available models and maintenance of models in general, as well as the use of the suggested notation correctly. In this context, the research carried out by this work, aimed to develop a web tool to support the SECO modeling using SSN notation in a correct way in its entirety, with the functionality of dragging, dropping, connecting, manipulating graphic figures and exporting the model of SECO created in different PNG and SVG image formats and in XML and JSON formats that allow importing into the tool for possible edits and maintenance on the model, in order to alleviate the referred problem, which is the lack of a modeling tool using the proposed notation. , as well as evaluating the proposed tool in the educational context, to consolidate the functionalities proposed in the tool, measure the users' experience and support the teaching of SECO in the disciplines of Software Engineering with the aim of expanding the literature.

Keywords: Software Ecosystems. Modeling Tool. Software supply network.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Analogia com ecossistemas naturais.	20
Figura 2 – As três dimensões dos ECOS.	22
Figura 3 – Ciclo de vida social dos ECOS.	23
Figura 4 – Componentes do Diagrama SSN.	24
Figura 5 – Modelagem SSN para o ECOS do AVA SOLAR.	26
Figura 6 – Exemplo de Modelagem SSN.	27
Figura 7 – Exemplo das arquiteturas <i>front-end</i> e <i>back-end</i>	30
Figura 8 – Número de estrelas no <i>GitHub</i> entre <i>Vue.js</i> , <i>React</i> e <i>AngularJS</i> em 2018. . .	32
Figura 9 – Arquitetura da biblioteca <i>mxGraph</i>	33
Figura 10 – Figuras geradas a partir dos trechos de código acima citados.	35
Figura 11 – Diagrama SSN do caso <i>CubicEyes</i>	37
Figura 12 – Visão Geral da Abordagem <i>SocialSECO</i>	38
Figura 13 – Diagrama SSN do ECOS SIG.	40
Figura 14 – Diagrama de atividades para o ensino de ECOS.	41
Figura 15 – Exemplos de modelos de ECOS baseados na notação SSN.	41
Figura 16 – Tela inicial do ARIEL e tela de usuário logado.	43
Figura 17 – Procedimentos para a execução do trabalho.	46
Figura 18 – Arquitetura da Ferramenta	52
Figura 19 – Diagrama de Caso de Uso da Ferramenta de Modelagem de ECOS	55
Figura 20 – Diagrama Classes UML da Ferramenta de Modelagem de ECOS	56
Figura 21 – Tela Principal da Ferramenta de Modelagem de ECOS	57
Figura 22 – Exemplo 1 de Modelagem de ECOS criado na ferramenta proposta.	58
Figura 23 – Exemplo 2 de Modelagem de ECOS criado na ferramenta proposta.	58
Figura 24 – Exemplo 3 de Modelagem de ECOS criado na ferramenta proposta.	59
Figura 25 – Resultados referentes as questões 1 e 2 da primeira seção de perguntas. . . .	62
Figura 26 – Resultados referentes as questões 3 e 4 da primeira seção de perguntas. . .	63
Figura 27 – Resultados referentes as questões 5 e 6 da primeira seção de perguntas. . . .	64
Figura 28 – Resultados referentes as questões 1 e 2 da segunda seção de perguntas. . . .	65
Figura 29 – Resultados referentes as questões 3 e 4 da segunda seção de perguntas. . . .	65
Figura 30 – Resultados referentes as questões 5 e 6 da segunda seção de perguntas. . . .	66
Figura 31 – Resultado referente a questão 7 da segunda seção de perguntas.	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação entre os trabalhos relacionados e o proposto.	45
-----------------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação de Ecossistemas de <i>Software</i>	21
Quadro 2 – Requisitos funcionais da ferramenta de modelagem.	54
Quadro 3 – Requisitos não funcionais da ferramenta.	54
Quadro 4 – Perguntas do questionário de avaliação	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ECOS	Ecosistemas de <i>software</i>
SSN	<i>Software Supply Network</i>
SEM	<i>Software Ecosystem Modeling</i>
PDC	<i>Product Deployment Context</i>
SPB	<i>Software Público Brasileiro</i>
SIG	Sistema Integrado de Gestão Acadêmica
TI	temperatura de inversão
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
ES	Engenharia de <i>Software</i>
APS	Análise e Projetos de Sistemas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Objetivos	18
1.1.1	<i>Objetivo Geral</i>	18
1.1.2	<i>Objetivos Específicos</i>	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	<i>Ecosistemas de Software</i>	19
2.2	<i>Software Supply Network - SSN</i>	24
2.3	<i>Modelagem de Ecosistemas de Software</i>	27
2.4	<i>Desenvolvimento de Software para a web</i>	29
2.4.1	<i>Back-end e Front-end</i>	30
2.4.2	<i>Frameworks, Bibliotecas e Componentes Front-end</i>	30
2.4.2.1	<i>Vue Js</i>	31
2.4.2.2	<i>mxGraph</i>	32
3	TRABALHOS RELACIONADOS	36
3.1	<i>Formalizando a modelagem de ecossistemas de software</i>	36
3.2	<i>Uma abordagem sociotécnica para apoiar modelagem e análise de ecossistemas de software</i>	37
3.3	<i>Um enfoque da identificação de papéis e modelagem de ecossistemas de software em um sistema de gestão acadêmica.</i>	38
3.4	<i>Um relatório sobre o ensino de ecossistemas de software na disciplina de engenharia de software.</i>	40
3.5	<i>Uma ferramenta para modelos de ecossistemas de software: uma análise de suas implicações na educação.</i>	42
3.6	<i>Comparação dos trabalhos relacionados com o trabalho proposto.</i>	44
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	46
4.1	<i>Efetuar uma análise comparativa sobre frameworks e bibliotecas web front-end e back-end para implementação de diagramas e gráficos interativos</i>	46
4.2	<i>Realizar um estudo sobre os fundamentos e requisitos em modelagem de ECOS</i>	47

4.3	Projetar as funcionalidades e regras de negócio da ferramenta	47
4.4	Implementar a ferramenta de modelagem	48
4.5	Avaliação da ferramenta	49
4.5.1	<i>Planejamento da avaliação</i>	49
4.5.2	<i>Execução da avaliação</i>	50
4.5.2.1	<i>Aula sobre conceitos e definições de modelagem em ECOS</i>	50
4.5.2.2	<i>Modelar um ECOS utilizando a ferramenta proposta</i>	50
4.5.2.3	<i>Responder questionário de avaliação</i>	50
4.6	Consolidar os resultados da avaliação	51
5	A FERRAMENTA DE MODELAGEM	52
5.1	Arquitetura e Componentes	52
5.2	Funcionalidades	53
5.2.1	<i>Requisitos Funcionais</i>	53
5.2.2	<i>Requisitos Não Funcionais</i>	54
5.2.3	<i>Diagrama de Caso de Uso Aplicação</i>	55
5.2.4	<i>Diagrama de Classes da Aplicação</i>	55
5.3	ECOS Modeling - Ferramenta de Modelagem	56
6	AVALIAÇÃO DA FERRAMENTA DE MODELAGEM	60
6.1	Execução da avaliação	60
6.2	Resultados Obtidos	62
6.2.1	<i>Questões Demográficas</i>	62
6.2.2	<i>Questões Técnicas</i>	64
6.2.3	<i>Questões Abertas</i>	67
6.2.3.1	<i>Pontos Fortes da Ferramenta</i>	67
6.2.3.2	<i>Pontos Fracos da Ferramenta</i>	68
6.2.3.3	<i>Sugestões de Melhoria</i>	68
6.3	Discussão dos Resultados	69
7	CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	72
7.1	Considerações Finais	72
7.2	Trabalhos Futuros	73
7.2.1	<i>Ferramenta</i>	73
7.2.2	<i>Ensino de ECOS</i>	74

REFERÊNCIAS	75
APÊNDICES	80
APÊNDICE A-ROTEIRO DE AVALIAÇÃO DA FERRAMENTA . . .	80

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento da popularidade da *web* e suas transformações nos anos 2000, esta se tornou, dentre muitas coisas, uma plataforma para desenvolvimento de aplicações (O'REILLY, 2005). A relevância de se desenvolver para essa plataforma é bastante notável, com isso surge um amplo público de desenvolvedores e consumidores para tais aplicações.

Para continuar crescendo e competindo no mercado atual ou para um *software* livre continuar a sobreviver em meio a tantos outros similares e concorrentes pagos, as instituições detentoras e desenvolvedoras de *software* precisam ultrapassar seus limites organizacionais. Para isso, elas precisam levar suas plataformas a uma posição mais integrada com os outros *players* e tecnologias, tornando-se mais dependentes de parceiros e ferramentas externas a seu ambiente (LIMA, 2015).

À medida que uma organização deixa de construir um produto de *software* isolado e busca parcerias para abrir seus negócios, ela ultrapassa suas fronteiras e encontra um ecossistema formado por várias outras (BERK *et al.*, 2010). Assim, há a necessidade de estudar os Ecossistemas de *Software* como um conjunto formado por plataforma, rede de atores e rede de artefatos (SANTOS; WERNER, 2012b).

Ecossistemas de *software* (ECOS) (*SECOs - Software Ecosystem*) é definido sendo um conjunto de soluções de *software* que permitem automatizar as atividades e transações pelos autores no ecossistema social ou de negócios associados e as organizações que oferecem essas soluções (BOSCH, 2009). 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). Isto é um conjunto de entidades colaborando em conjunto com outras entidades em uma plataforma tecnológica central, havendo assim: troca de informações, recursos e artefatos.

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

Para a compreensão do comportamento do ECOS é importante se perceber a estruturação e os papéis dos atores e seus relacionamentos, bem como a plataforma central onde os

mesmos atuam. Contudo não existe um padrão consolidado para modelagem de ecossistemas, desta forma necessita-se de uma ferramenta de apoio a modelagem na literatura, haja visto que a mesma é de grande importância tanto para a percepção dos atores e seus papéis bem como as suas relações com o ecossistema, quanto conhecer a saúde do mesmo e avaliá-la. Uma das atividades essenciais para a descrição de ECOS em um sistema é a modelagem, e essa atividade envolve diferentes níveis de tecnologias, notações e abstrações. Porém, apesar dos avanços iniciais das pesquisas em ECOS, existem poucos modelos analíticos, estudos de caso reais e suporte integrado a ferramentas (MANIKAS, 2016).

Modelos são construídos para fornecer uma melhor compreensão de sistemas ou ambientes (COUTINHO *et al.*, 2017). Uma grande barreira para a evolução em ECOS, no sentido de auxiliar a tomada de decisões na indústria real, é a falta de apoio à modelagem de ECOS (COUTINHO *et al.*, 2019). Jansen *et al.* (2015) argumentam em seu trabalho 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 sociotécnicas e redes de fornecimento de *software*).

Uma técnica de modelagem deve abordar os elementos da notação de um modo claro e eficiente, fazendo com que se faça sentido a notação utilizada, porém não há um consenso sobre como representar tais elementos, sendo que os modelos de ECOS produzidos não seguem todos os pré-requisitos de elementos, ou seja, não são fiéis a notação sugerida. Esses modelos não possuem suporte a manutenção, o que provoca um certo desvio em termos de formato (COUTINHO *et al.*, 2019). Uma dificuldade apontada por (COUTINHO *et al.*, 2017) que ainda é muito livre a representação de ECOS, então qualquer notação (diagrama de classes, fluxogramas, imagens arquiteturais, etc.) é utilizada para a representação e modelagem de um ECOS, além disso, a utilização de ferramentas de modelagem é essencial para uma melhor compreensão e visão geral de um ECOS.

Uma maneira de padronizar a modelagem de ECOS foi sugerida em Boucharas *et al.* (2009), com o uso da notação SSN (*Software Supply Network* - Rede de Suprimento de *Software*), a notação mais popularmente utilizada pela comunidade de ECOS para a modelagem. O 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.

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.* (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. No contexto apresentado se faz necessário a integração dos conceitos de ECOS e a modelagem na notação SSN. Com isso surge um problema de onde modelar e qual ferramenta utilizar. Novamente o problema é apontado em (COUTINHO *et al.*, 2017) que é a carência de ferramentas de modelagem de ECOS, ainda é muito livre sua representação, ou seja, qualquer ferramenta para modelagem UML, BPMN, Imagens arquiteturais, etc., são utilizadas para modelar ECOS, e nem todas as pessoas seguem a representação passada pela técnica de modelagem SSN.

O problema que este trabalho aborda é a falta de suporte a modelagem de ECOS, e posteriormente acarretando a uma falta de manutenção dos modelos. Uma ferramenta de modelagem capaz de atender tais requisitos de maneira eficiente, responderia a todas as lacunas da literatura acerca da falta de apoio a modelagem.

Contudo, pretende-se amenizar o referido problema de carência de ferramenta de modelagem na literatura, possibilitar a comunidade um ambiente próprio que viabilize seu crescimento e disseminação no campo de Engenharia de *Software*.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é propor uma ferramenta *web* para apoiar a modelagem de Ecossistemas de *Software* aplicando a notação SSN.

1.1.2 Objetivos Específicos

1. Um conjunto de informações (fundamentos e requisitos) sobre modelagem em ECOS;
2. O desenvolvimento de uma ferramenta para a modelagem de ECOS; e
3. Uma avaliação da ferramenta no contexto educacional.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são apresentados os conceitos que fundamentam o desenvolvimento deste trabalho. Na Seção 2.1 são introduzidos os conceitos de Ecossistemas de *Software*. Na Seção 2.2 são descritos os conceitos referentes a *Software Supply Network* (SSN). Na Seção 2.3 os conceitos referentes a Modelagem em ECOS. E por fim, na seção 2.4 são apresentados conceitos relacionados ao Desenvolvimento de *Software* para *Web*.

2.1 Ecossistemas de *Software*

Ecossistemas podem ser denominados de conjuntos, ou seja, trata-se de grupos que embora sejam distintos entre si, interagem de maneira mútua e disciplinada. 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 de Engenharia de *Software* que foi aplicada para a compreensão da dinâmica da rede de fornecimento de *software* centrada em plataformas de software na última década (COUTINHO *et al.*, 2019). Na literatura existem algumas definições de ECOS, o termo foi proposto pela primeira vez 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. Apesar de cabível, esta definição se distâcia da discussão sobre ECOS, sendo a noção de ecossistemas humanos, mais correspondente.

Por outro lado, Jansen *et al.* (2007), propõem 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.

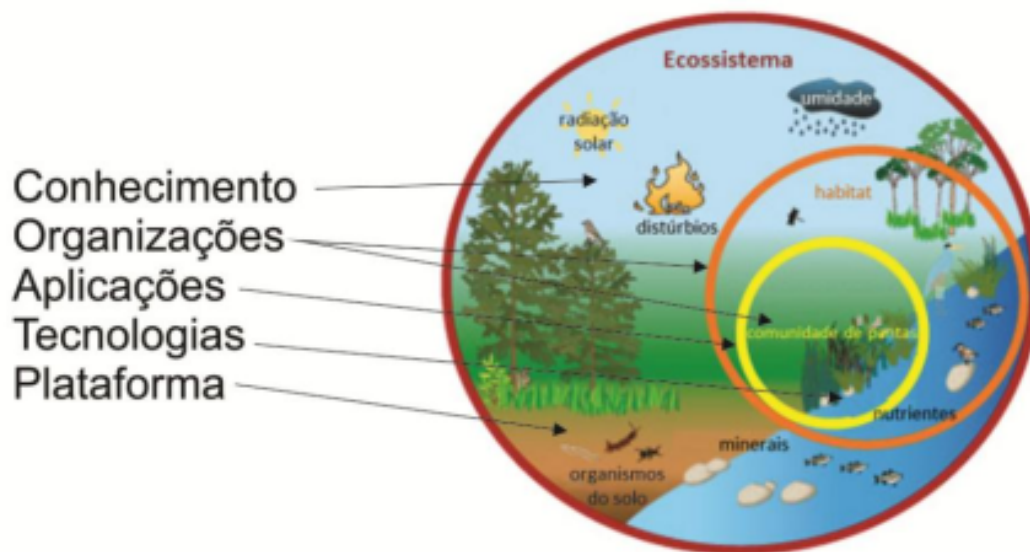
Segundo Bosch (2009) um ecossistema humano é um conjunto de atores e suas conexões e atividades, tais como as transações realizadas em torno dessas conexões, onde são considerados os fatores físicos e não físicos, podendo ser discernido entre ecossistemas comerciais e sociais.

Em um ecossistema comercial ou de negócios, os atores são os negócios, fornece-

dores 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).

Na Engenharia de *Software* comumente são usadas metáforas para abordar aspectos não-técnicos (DHUNGANA *et al.*, 2010). SANTOS *et al.* (2016) demonstra na Figura 1, os elementos de um ECOS que podem ser relacionados aos de ecossistemas naturais.

Figura 1 – Analogia com ecossistemas naturais.



Fonte: SANTOS *et al.* (2016).

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, 2013).

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).

De acordo com Manikas e Hansen (2013), ECOS podem ser classificados conforme o nível de abertura de suas plataformas. Sendo abertos, quando os participantes possuírem 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 (VALENÇA; ALVES, 2013). Como mostrado na Tabela 1.

Quadro 1 – Classificação de Ecossistemas de *Software*

	Social	Comercial
Aberto	Participação ativa de membros da comunidade. Membros podem evoluir a plataforma livremente.	Keystone 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.	O Keystone centraliza todas as decisões de evolução da plataforma e aprova a participação de novos membros.

Fonte: Valença e Alves (2013).

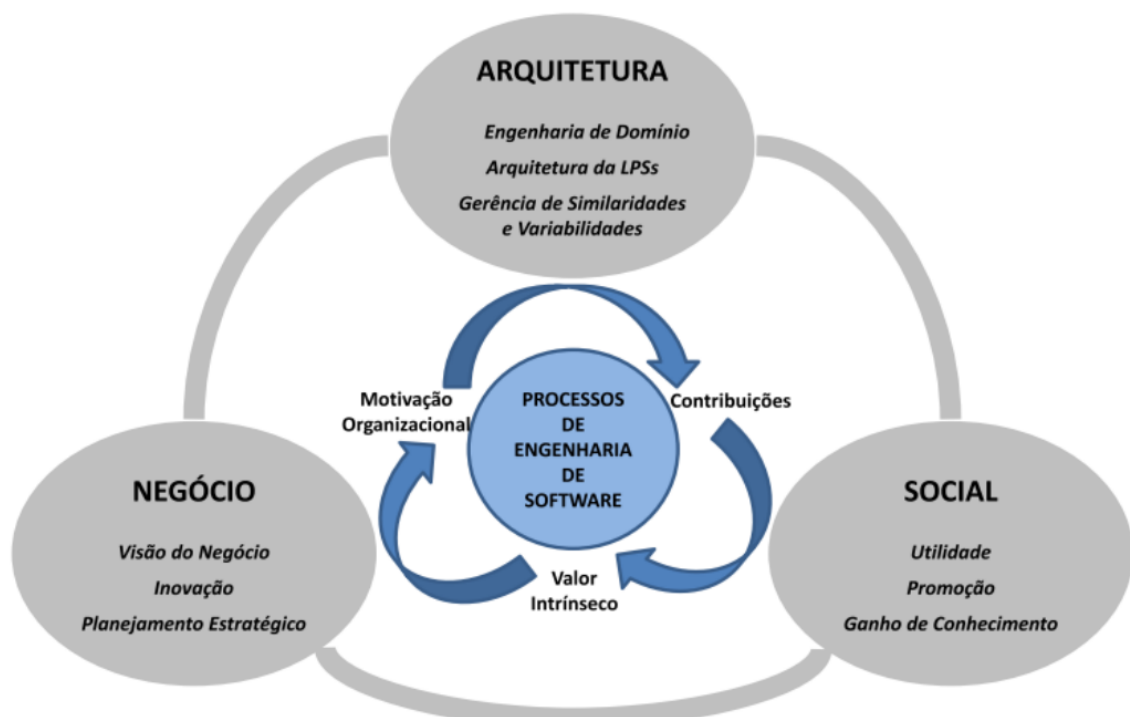
Bosch (2009) também classifica os ecossistemas, como comerciais, quando os atores são empresas fornecedoras, integradores externos e clientes que se relacionam através de transações (e.g., *iPhone*, *iMac* e *iPad* são produtos da *Apple* que criaram vastos ecossistemas em torno de suas plataformas tecnológicas); 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, á 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.

Campbell e Ahmed (2010) estabelecem 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 2 pode se observar a três dimensões dos ECOS.

Figura 2 – As três dimensões dos ECOS.



Fonte: Campbell e Ahmed (2010).

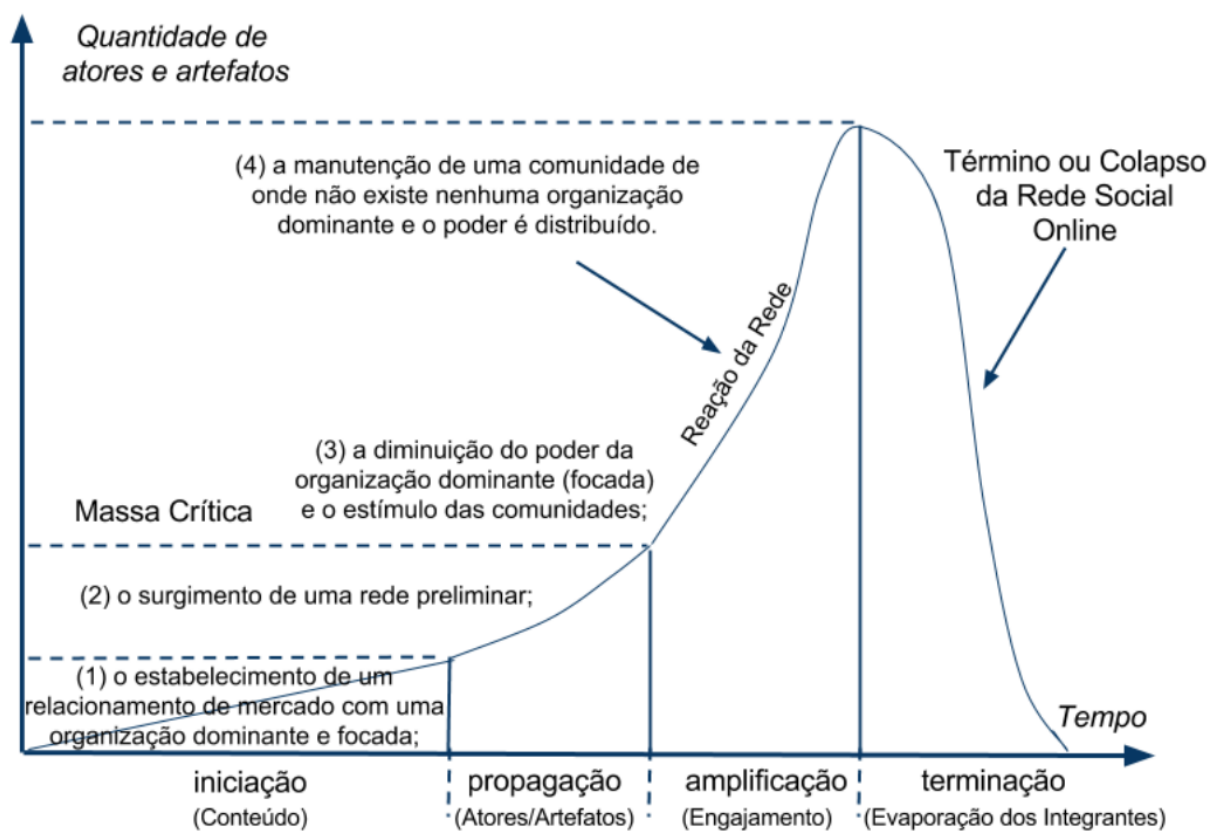
Além das dimensões, os ECOS possuem também ciclo de vida, de acordo com Russ (2007) e Jansen *et al.* (2009) e estendido por SANTOS e WERNER (2012a), o ciclo de vida social de ECOS é dividido em quatro fases, que se ocorrem ao longo do tempo em função da quantidade de atores e artefatos, que alcança 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). Cada uma das fases são descritas da seguinte maneira, com base em sites de redes sociais *online*:

- **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.

Figura 3 – Ciclo de vida social dos ECOS.



Fonte: SANTOS e WERNER (2012a).

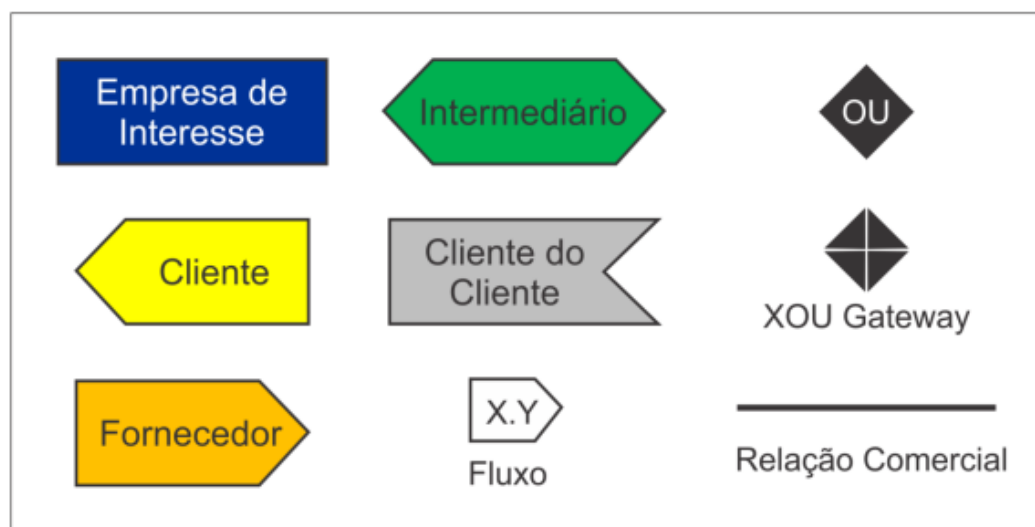
De acordo com LIMA (2015) em cada fase do ciclo de vida social do ECOS, *sites* de redes sociais podem desempenhar um papel importante, principalmente devido à sua população e alcance. Além disso, o contato e a interação entre os atores também são facilitadas, incentivando a colaboração e formação de 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.

2.2 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 (COSTA *et al.*, 2013), ou seja SSN é um componente do Meta-modelo de ECOS (*SEM Meta-model*). 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, 2015). A Figura 4 ilustra todos os componentes da notação.

Figura 4 – Componentes do Diagrama SSN.



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

Os 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, 2015). Boucharas *et al.* (2009) define cada um desses componentes da seguinte forma:

- **Companhia de Interesse (CoI):** A companhia de interesse entrega o produto

de interesse, sob averiguação. É representada por um retângulo azul de borda sólida.

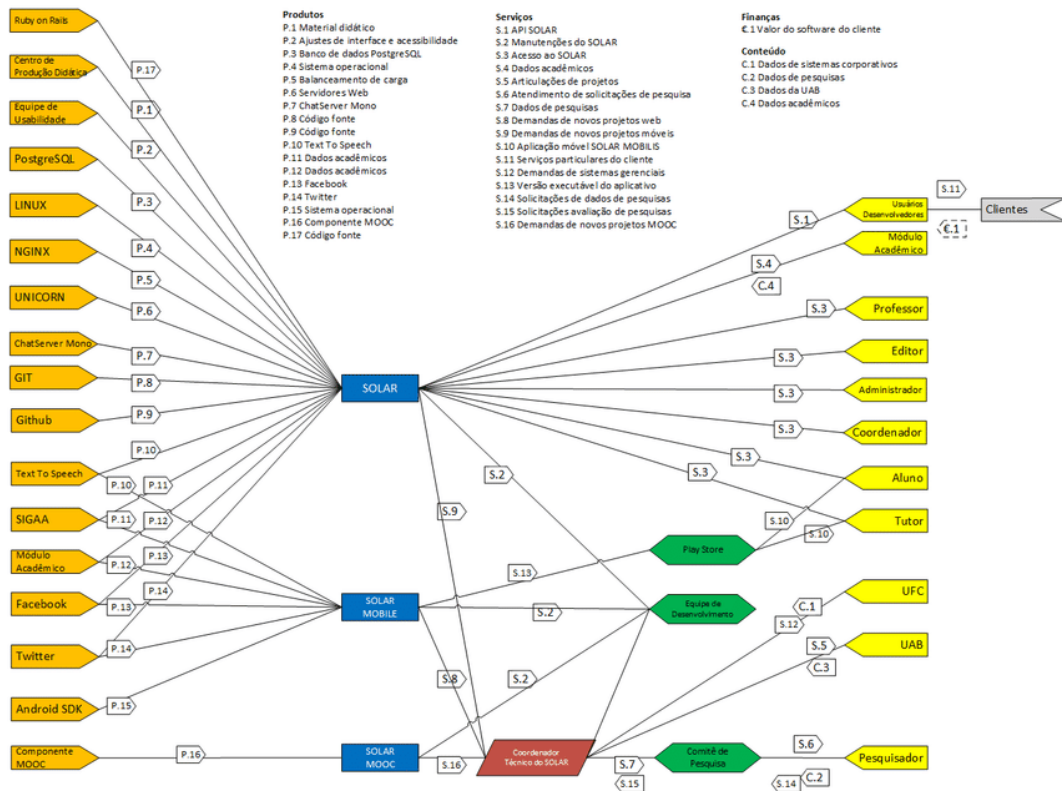
- **Cliente:** É o ator que adquire ou faz uso do produto de interesse, seja este uso direto ou indireto. É representado por uma caixa amarela de borda sólida.
- **Fornecedor:** É um ator que fornece um ou mais produtos/serviços. É representado por uma caixa de cor laranja e borda sólida.
- **Intermediário:** 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;
- **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.

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 holandes (DutchSV)*, que constrói e vende uma grande plataforma de produtos.

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.*, 2007). Baseados em uma revisão de técnicas de modelagem utilizadas em ECOS, Sadi e Yu (2015), relatam que dentre as técnicas selecionadas (UML, Representação em grafos, 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.

O exemplo de modelagem de ECOS utilizando a notação SSN, é observado na Figura 5, representa o ECOS SOLAR com seus elementos, sendo o próprio AVA SOLAR a plataforma central, seus fornecedores, sejam *software* livre ou não, seus clientes, os componentes intermediários e agregadores e relacionamentos.

Figura 5 – Modelagem SSN para o ECOS do AVA SOLAR.

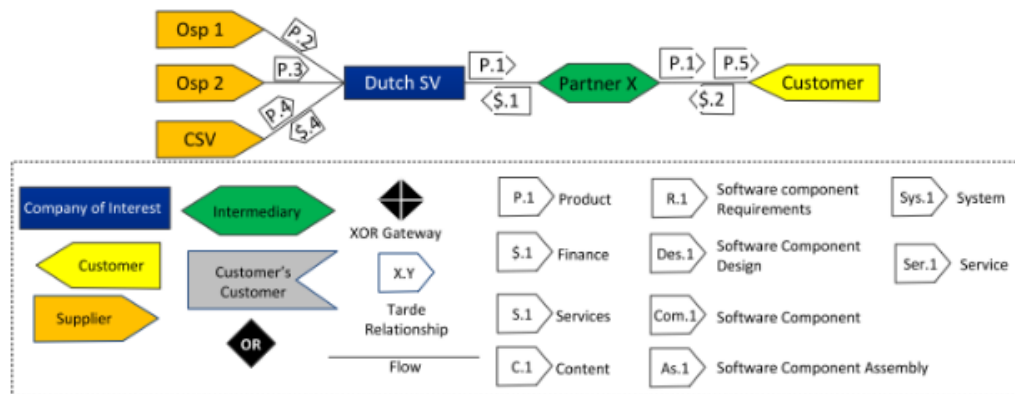


Fonte: Coutinho *et al.* (2017).

Outro exemplo de modelagem de ECOS utilizando a notação SSN, é observado na Figura 6, onde 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.

Figura 6 – Exemplo de Modelagem SSN.



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

2.3 Modelagem de Ecossistemas de Software

Jansen *et al.* (2015) 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.

Embasados na literatura e entrevistas realizadas, Jansen *et al.* (2015), descobriram 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, 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 todo 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 tratando 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 dentro 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.* (2007), 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).

2.4 Desenvolvimento de *Software* para a *web*

Desde sua criação em 1990 por Tim Berners-Lee a *web* tem como objetivo a ligação de todos os tipos de informações independentemente de onde elas estejam localizadas. Essa primeira versão, que tinha como finalidade ser usada por cientistas para criar e armazenar documentos estáticos foi conhecida como a *web* 1.0 (BERNERS-LEE, 1990).

Em 2004 foi criado e popularizado pela empresa americana *O'Reilly Media* o termo *web* 2.0 que trata a *web* como uma plataforma de desenvolvimento de aplicações, pois foi nessa época que teve início a criação de *softwares* para essa área. Agora as páginas da *web* tinham conteúdo dinâmico. A regra de ouro dessa nova plataforma era tornar o *software* melhor à medida que os usuários o usam, aproveitando-se da inteligência coletiva (O'REILLY, 2005). Diferentemente do *desktop*, os *softwares* para a *web* deveriam ser o mais modular possível, de modo que fosse fácil adicionar ou remover funcionalidades, reusar módulos e compartilhar recursos (MOREIRA, 2009).

Dada a constante evolução da *web* (PATRIOTA; PIMENTA, 2008), foi criado mais um termo, a *web* 3.0. O responsável por tal nomenclatura é John Markoff, em um artigo publicado na revista *The New York Times*, ele diz que todo o conhecimento já acumulado da *web* 2.0 agora seria organizado e usado de forma mais inteligente, de uma maneira que seja possível analisar e ligar dados para obter um novo fluxo de informações. A *web* 3.0 também é conhecida como *web* Semântica ou *web* inteligente (MARKOFF, 11 nov. 2006).

A *web* 4.0 foi criada em 2007 por Seth Godin e alguns outros estudiosos como sendo um imenso sistema operacional inteligente e aberto a variados tipos de interação como o usuário (GODIN, 2007). Contudo é possível perceber a evolução e a importância da *web* tendo em vista e o seu grande impacto na vida dos seres humanos, no seu dia a dia, nos negócios dentre outras. Igualmente, o desenvolvimento de novas aplicações com o máximo de rapidez e qualidade para essa plataforma também é de grande importância (MOREIRA, 2009).

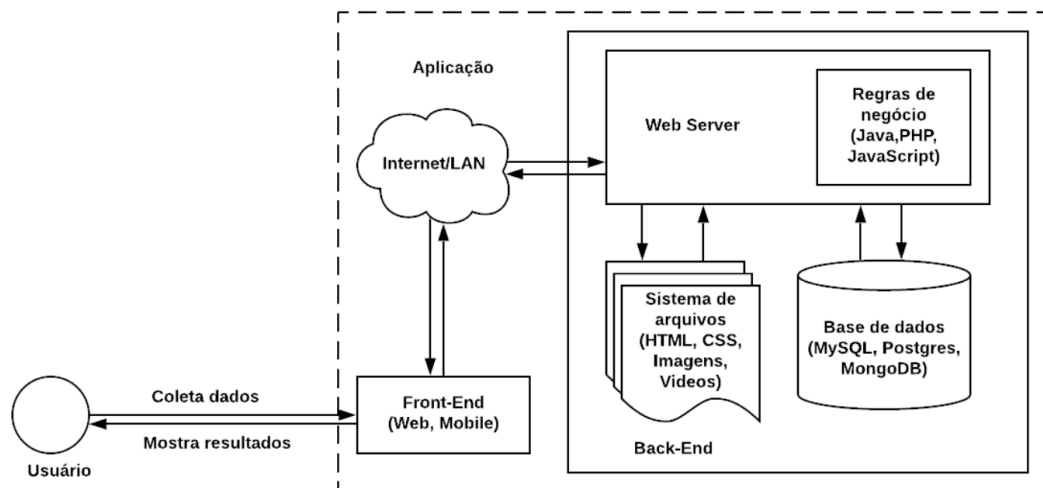
2.4.1 Back-end e Front-end

No início, a *web* se resumia apenas a páginas estáticas escritas em uma linguagem de marcação desenvolvida especificamente para esse fim, o *HTML*, de modo que somente existia a camada de apresentação (BERNERS-LEE; CAILLIAU R.; GROFF, 1992). No decorrer dos anos surgiram novas linguagens que atendiam a algumas necessidades da *web*, como o *CSS* para estilo e o *JavaScript* para comportamento que de acordo com (EIS, 2015) são os pilares do *front-end* moderno.

O *front-end* pode ser entendido como a camada de apresentação da aplicação ou camada visual, a que contém uma interface amigável com a qual o usuário interage. No caso de aplicações desenvolvidas para a plataforma *web*, trata-se do visual das páginas *web* (ALMEIDA, 2018).

O *back-end* é um termo utilizado para denominar a camada de negócios de um *software*. No contexto de desenvolvimento *web*, diz respeito à aplicação que está “no lado do servidor” (AMARAL; NERIS, 2015). Cabe a esse “lado” o processamento (aplicando as regras de negócio), recuperação e persistência dos dados (SOMMERVILLE, 2011). Na Figura 7 é apresentada uma representação das estruturas descritas acima.

Figura 7 – Exemplo das arquiteturas *front-end* e *back-end*.



Fonte: SAXENA (2018).

2.4.2 Frameworks, Bibliotecas e Componentes Front-end

A construção de interfaces em componentes, ou componentização, é uma prática de divisão do trabalho de desenvolvimento evitando a sobreposição entre pessoas e sistemas.

O objetivo da componentização é reduzir a complexidade geral do sistema, isolando as partes que o compõem fornecendo isolamento, de modo a evitar que um componente interfira no funcionamento de outro (LEITHEAD; EICHOLZ, 2015). Uma forma de fazer a componentização de sistemas é através de *frameworks* para construção de aplicações *web* ou *mobile*.

Um *framework* é um conjunto de conceitos, módulos e critérios padronizados que busca tornar mais fácil a tarefa de desenvolver aplicações. Um *framework* normalmente pode ser classificado de duas formas: *frameworks back-end*, que são usados para construir o lado do servidor das aplicações, e *frameworks front-end*, que são utilizados para desenvolvimento da interface de usuário dos sistemas (SHENOY; PRABHU, 2018).

De acordo com Duarte (2015) uma biblioteca é um repositório de funcionalidades a que o desenvolvedor tem acesso para desenvolver a aplicação, também permite ao desenvolvedor que o mesmo código tenha a mesma performance e compatibilidade entre os vários navegadores de *internet*. Um bom exemplo de uma biblioteca é o *JQuery*, com ela podemos facilmente manipular o *HTML*, fazer pedidos *AJAX* e assim aumentar a interatividade de uma página.

A biblioteca permite aplicar inúmeras funcionalidades de uma forma mais simples, permitindo ao desenvolvedor “mandar” a biblioteca executar alguma coisa, havendo sempre o retorno pretendido (“*call and return*”). Trata-se portanto de uma biblioteca, pois o desenvolvedor tem sempre controle sobre o fluxo (DUARTE, 2015).

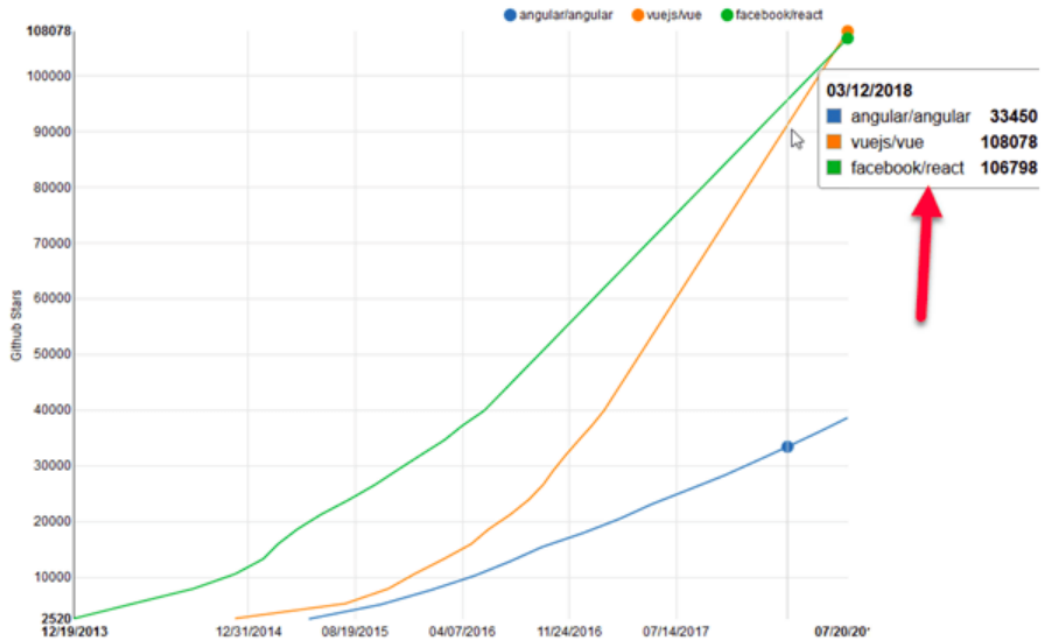
2.4.2.1 *Vue Js*

“*Vue.js* é um *framework* progressivo para a construção de interfaces de usuário. Ao contrário de outros *frameworks* monolíticos, *Vue* foi projetado desde a sua concepção para ser adotado incrementalmente” (VUE.JS, 2019). Ainda em sua documentação oficial, é dito que “a biblioteca principal é focada exclusivamente na camada visual (*view layer*), sendo fácil adotar e integrar com outras bibliotecas ou projetos existentes”.

De acordo com YOU (2014), *Vue.js* surgiu como um projeto particular e cresceu para se tornar um *framework* popular e de fácil compreensão. *Vue.js* foi criado depois de seu autor, Evan You, trabalhar para a *Google* utilizando o *framework AngularJS*, tendo sido fortemente inspirado por este, mas, também, inspirado em muitos conceitos que estavam surgindo naquele período no *React*. Ao perceber que não existia nenhuma biblioteca de prototipagem rápida, Evan decidiu criar sua própria, com a proposta de ser simples, flexível, e altamente escalável (GALDINO, 2017).

Atualmente o *Vue.js* se encontra na terceira versão. Está em constante crescimento na comunidade e recebendo cada vez mais recursos. Em meados de 2018, passou os dois principais *frameworks* alternativos, *Angular* e *React*, em número de estrelas em seu repositório de código-fonte na plataforma *GitHub*, um indicativo de como os desenvolvedores gostam de trabalhar com ele, conforme é possível observar na Figura 8 (LIMA *et al.*, 2019).

Figura 8 – Número de estrelas no *GitHub* entre *Vue.js*, *React* e *AngularJS* em 2018.



Fonte: INDIA (2018).

Outro indício desta boa reputação encontra-se em Galdino (2017), onde o mesmo cita uma pesquisa realizada entre diversos desenvolvedores *JavaScript*, que 89% deles aprovaram o *Vue.js*.

Dentre as principais características deste *framework*, o *Vue.js* permite que se reutilize componentes de uma forma bem simples em qualquer parte de sua aplicação, sem a necessidade de criar modelos especiais ou coleções. Basta criar um componente simples dentro de um *template* e, depois, importá-lo onde deseja utilizá-lo em seu projeto (KYRIAKIDIS *et al.*, 2017). Ao mesmo tempo em que criar e reutilizar componentes é simples, é uma das principais causas do problema de gerenciamento de estado da aplicação.

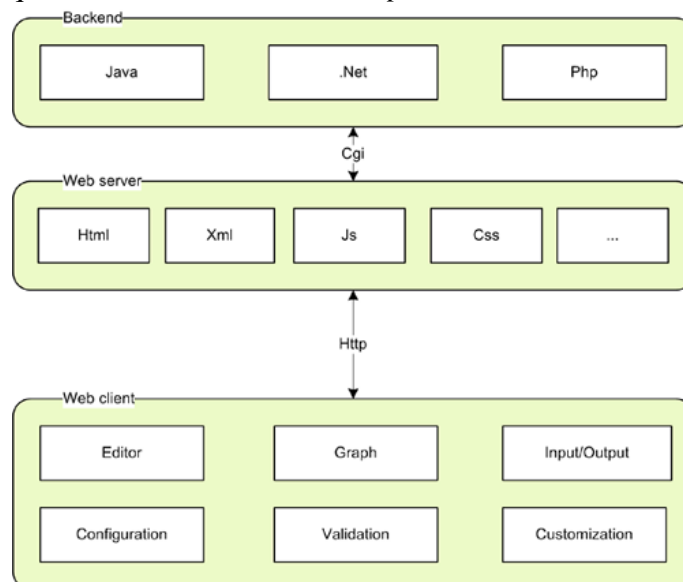
2.4.2.2 *mxGraph*

De acordo com sua documentação, *mxGraph* é uma biblioteca de diagramação *JavaScript* que permite a criação rápida de aplicativos gráficos e gráficos interativos para se-

rem executados nativamente em qualquer navegador principal suportado por seu fornecedor (JGRAPH, 2020).

O pacote *mxGraph* contém um *software* cliente, escrito em *JavaScript*, e uma série de *back-ends* para várias linguagens. O *software* cliente é um componente gráfico com um *wrapper* de aplicativo opcional integrado a uma interface da *web* existente. O cliente requer um servidor *web* para entregar os arquivos necessários ao cliente ou pode ser executado a partir do sistema de arquivos local sem um servidor *web*. Os *back-ends* podem ser usados no estado em que se encontram ou podem ser incorporados a um aplicativo de servidor existente em um dos idiomas suportados (JGRAPH, 2020).

Figura 9 – Arquitetura da biblioteca *mxGraph*.



Fonte: JGraph (2020).

Se houver um *back-end*, o cliente pode ser configurado para usar esse *back-end* de várias maneiras, tais como:

- Criação de imagens;
- Armazenamento e carregamento de diagramas; e
- Criação de uma representação de objeto de um gráfico.

Os cenários acima podem ser combinados de várias maneiras, como enviar uma descrição *JSON* de cada alteração para o *back-end* conforme ela acontece ou salvar automaticamente o diagrama para evitar perda de dados no cliente. O cliente também pode operar em modo *offline*, onde não requer *back-end* ou servidor *web*.

O *mxGraph* fornece muitas funcionalidades internas, irá ser mostrado alguns dos

recursos muito importantes no qual se precisa para construir elementos gráficos com a biblioteca. A seguir é mostrado como gerar uma tela na qual se pode adicionar ou remover vértices que podem ser movidos e redimensionados nessa tela e também como criar arestas ou simplesmente pode-se dizer setas para mostrar um link entre dois nós (SINGH, 2020).

Código-fonte 1 – Exemplo de trecho de código para gerar um novo gráfico.

```

1 export class AppComponent implements AfterViewInit {
2   @ViewChild('graphContainer') graphContainer: ElementRef;
3   ngAfterViewInit() {
4     const newGraph = new mxGraph(this.graphContainer.
5       nativeElement);
6     try {
7       const parent = newGraph.getDefaultParent();
8       newGraph.getModel().beginUpdate();
9       const vertex1 = newGraph.insertVertex(parent, '1', 'Vertex
10        1', 0, 0, 200, 80);
11        const vertex2 = newGraph.insertVertex(parent, '2', '
12          Vertex 2', 0, 0, 200, 80);
13        newGraph.insertEdge(parent, '', '', vertex1, vertex2);
14        } finally {
15          newGraph.getModel().endUpdate();
16          new mxHierarchicalLayout(newGraph).execute(newGraph.
17            getDefaultParent());
18        }
19      }
20    }
21  }

```

Fonte: Singh (2020).

Código-fonte 2: Exemplo de trecho de código para inserir um novo vértice ao gráfico.

```

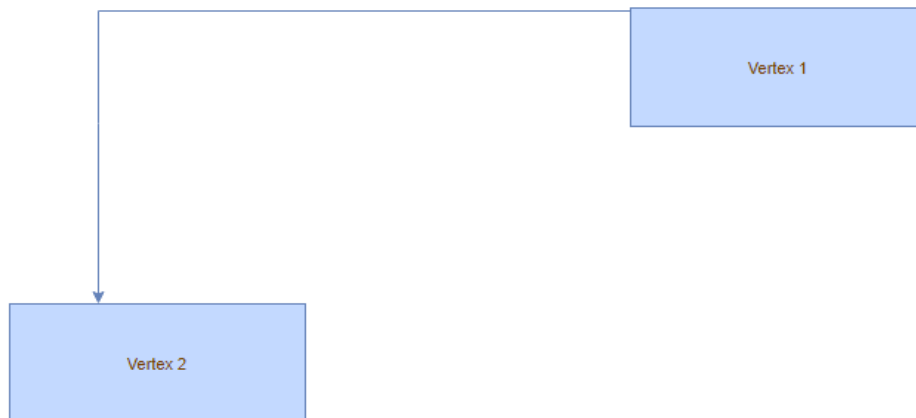
1 const vertex= newGraph.insertVertex(newGraph, vertex-ID,
2   content, x-coordinates, y-coordinates, width, height,
3   style);

```

Fonte: Singh (2020)

Aqui, *newGraph* é o nome do gráfico, se houver algum identificador para o vértice ser fornecido, pode-se passá-lo aqui, senão ele pode ser nulo. No terceiro parâmetro, pode passar uma *string* que deve ser exibida dentro do vértice. Os próximos dois parâmetros são as coordenadas x e y do gráfico onde se deseja colocar o vértice e os dois últimos são a largura e a altura do vértice. Também existe um parâmetro de estilo opcional no qual se permite passar o estilo do vértice. A Figura 10 ilustra o que os trechos de código acima citados geram.

Figura 10: Figuras geradas a partir dos trechos de código acima citados.



Fonte: elaborado pelo autor.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo, serão apresentados alguns trabalhos relacionados destacando as semelhanças e diferenças com a proposta desenvolvida neste trabalho.

3.1 Formalizando a modelagem de ecossistemas de *software*

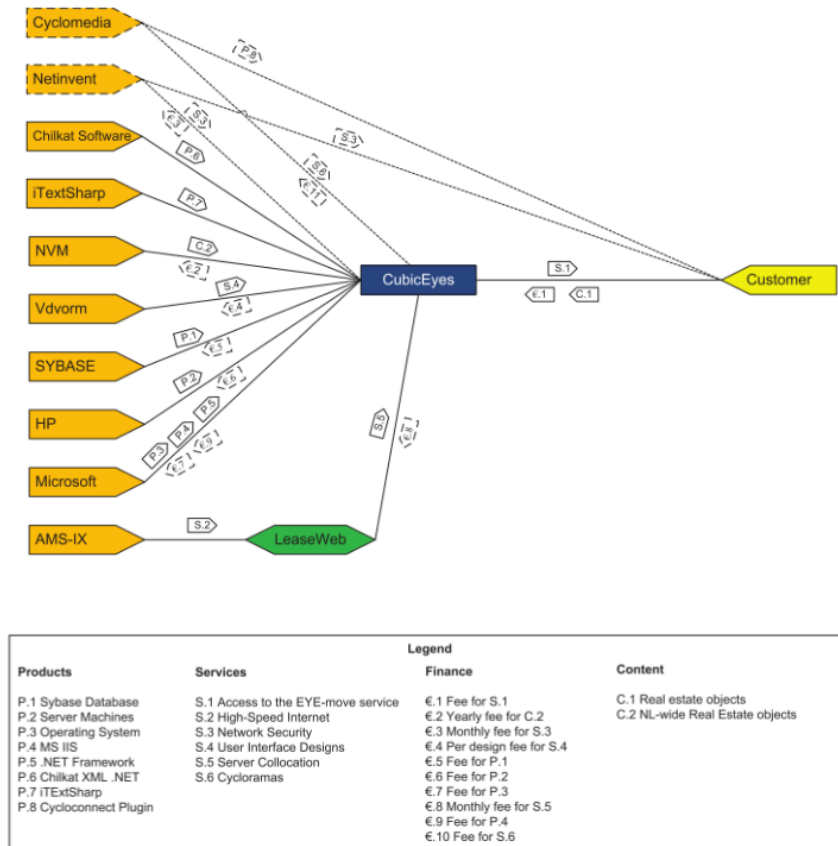
Boucharas *et al.* (2009) apresentam e formalizam uma abordagem de definição de padrões para modelagem de redes de fornecimento e produto de *software*. Esta abordagem permite que os fornecedores se comuniquem sobre as relações na rede de suprimentos de *software*, teorizem sobre pontos fracos em seu modelo de negócios e antecipem mudanças que acontecerão no ECOS.

Os autores focaram no nível de escopo da notação SSN e os atores que tem uma relação direta com o produto de interesse, foi desenvolvida e formalizada uma abordagem de modelagem para a modelagem SSN. O trabalho segue com a descrição da abordagem de pesquisa, apresenta a técnica *Software Ecosystem Modeling* (SEM), que inclui o *Product Deployment Context* (PDC), e diagramas SSN, além do *meta-modelo SEM*, que descreve as relações entre os diagramas. Foi realizado, o estudo de caso de uso, e avaliada a pesquisa ao serem identificadas questões que apareceram durante o processo.

O caso de uso utilizado foi da *CubicEyes*, empresa privada provedora de serviço de aplicativos de fornecedores/desenvolvedores de soluções de *internet* baseadas em bancos de dados e outras aplicações. O estudo se concentrou no produto de *software EYE-move*, principal produto da empresa, e realizado através do estudo do *software*, de terceiros no SSN e da promoção de entrevistas. A Figura 11 retrata o diagrama SSN do caso *CubicEyes*.

Foram encontrados alguns problemas relativos aos modelos PDC e SSN, quando há um grande número de participantes no SSN ou componentes no PDC, os modelos ficam aparentemente lotados. Por mais que o PDC seja mais estruturado que o SSN, a abordagem de fluxo de controle *top-down* pareceu confundir no início e suas regras difíceis de cumprir. Para a modelagem foi experimentado o *MetaEdit*, ferramenta de modelagem voltada para o desenvolvimento de linguagens específicas de domínio. Outro relato sobre o problema de apoio a modelagem, é encontrado neste trabalho, onde os autores modelam o caso *CubicEyes* em um *software* voltado para modelagem, porém não próprio para modelagem de ECOS utilizando a notação SSN.

Figura 11: Diagrama SSN do caso *CubicEyes*.



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

3.2 Uma abordagem sociotécnica para apoiar modelagem e análise de ecossistemas de *software*

LIMA (2015) em seu trabalho, realizou uma análise dos recursos sociais relevantes para ECOS que devem ser inseridos na rede técnica e seus elementos descritivos, com isso pretende-se facilitar a modelagem e análise de ECOS. Além de implementar mecanismos sociais em uma biblioteca de componentes e serviços de *software*, com o intuito de auxiliar a análise de ECOS pela utilização de métricas e de recursos de visualização por uma ferramenta externa baseada em grafos a *SocialSECO*, a visão geral da abordagem pode ser observada na Figura 12.

Foram identificados alguns elementos da estrutura do ECOS (atores, papéis, relacionamentos e módulos) para análise da rede sociotécnica, incluindo uma discussão de redes sociais e gestão de ativos e ECOS em uma arquitetura conceitual da abordagem *SocialSECO* a partir dos mecanismos sociais e de mineração de dados, além de uma comparação entre a abordagem e um caso real de plataforma de ECOS para verificar a presença de recursos sociais em ECOS.

É apresentada a abordagem de modelagem e análise de ECOS, a *SocialSECO*, tendo em mente elementos como requisitos, arquitetura, ciclo de vida e saúde do ECOS e métricas que

Figura 12: Visão Geral da Abordagem *SocialSECO*.



Fonte: LIMA (2015).

quantificam os mecanismos e relacionamentos, apresentados em nível conceitual.

A avaliação da abordagem consiste nos seguintes passos (i): uma análise comparativa com o Portal do *Software* Público Brasileiro (SPB); e (ii): um *survey* com especialistas, isto é uma pesquisa de opinião acerca da relevância de mecanismos e recursos sociais em ECOS. Com a análise foram elencados 23 de 38 elementos sociais extraídos do Portal SPB, que foram analisados por dois pesquisadores envolvidos no trabalho, e uma discussão com outros dois pesquisadores mostrou que a abordagem *SocialSECO* atende a 9 elementos sociais, não atende a 10 atende parcialmente a 4 elementos.

Contudo, a implantação da abordagem na biblioteca Brechó, foram realizadas adaptações de algumas funções da Brechó para contemplar os elementos e mecanismos sociais propostos. O referido trabalho apoia a modelagem de ECOS de maneira geral, elencando os atores seus papéis, suas relações e importância dentro ECOS.

3.3 Um enfoque da identificação de papéis e modelagem de ecossistemas de *software* em um sistema de gestão acadêmica.

SILVA (2018) realizou um estudo na especificação de atores, identificação e classificação de seus papéis dentro do contexto de ECOS, visando ampliar a compreensão das relações envolvidas e a visão geral do sistema. A autora de início, já aponta uma dificuldade eminente para a realização de seu trabalho, que é a não existência de padrão consolidado para a modelagem de ecossistemas, com isso o trabalho visou selecionar a técnica mais adequada de modelagem de ECOS, aplicada ao Sistema de Gestão Acadêmica, bem como adaptar estratégias

para identificação dos papéis de atores que influenciam no ecossistema.

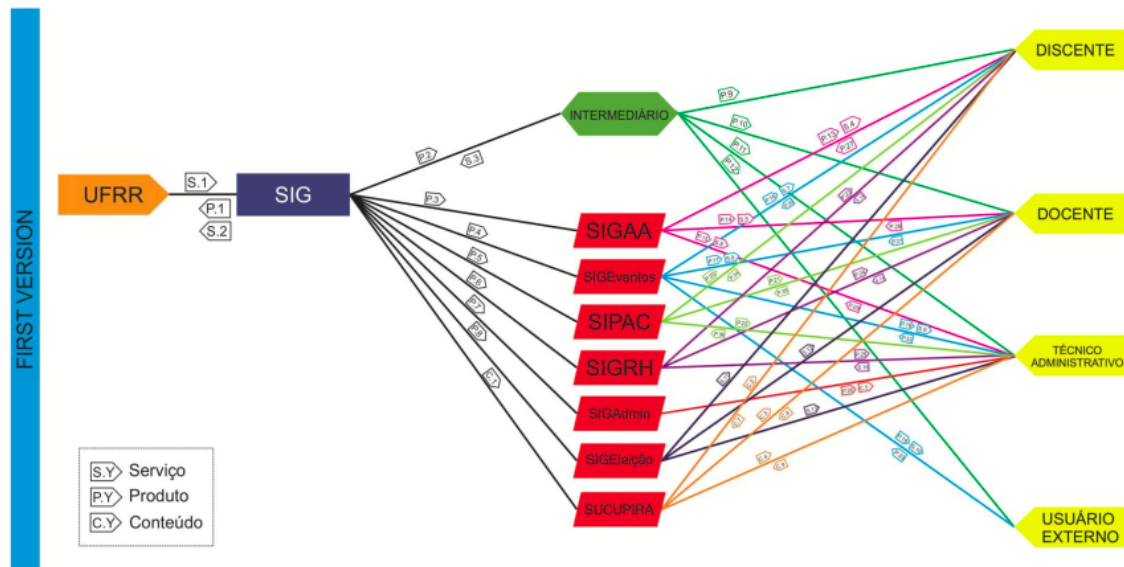
Para a execução desse trabalho, foi utilizado um estudo de caso por meio de um estudo exploratório descritivo qualitativo sobre o ECOS do Sistema Integrado de Gestão Acadêmica (SIG) desenvolvido pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e implantado na Universidade Federal de Roraima (UFRR).

A autora utilizou para apoiar a elaboração desse estudo, um modelo de definições de papéis proposto por LIMA (2015). Os dados levantados foram obtidos a partir de uma adaptação de dois processos de identificação apresentados por Silva *et al.* (2016) e Xavier *et al.* (2018). Com isso, o trabalho está dividido em cinco passos: (i): execução e elaboração de questionários; (ii): definição do escopo do ECOS; (iii): consolidação e verificação dos atores levantados; (iv): análise e classificação dos atores conforme os papéis em ECOS; (v) considerações finais sobre a estrutura do ECOS.

No passo (i): foi elaborado dois questionários com respostas abertas, no qual o primeiro questionário focado no grupo de profissionais de temperatura de inversão (TI) atuantes na DTI/UFRR, com o objetivo de identificar instâncias de atores, ou seja, extrair os *stakeholders* e o segundo questionário com foco no grupo de docentes, discentes e técnicos administrativos que atuam como usuários do sistema, com objetivo de consolidar o nome dos atores e extrair mais atores, explorando as relações entre eles. No passo (ii): foi definido o escopo do ECOS delimitado no nível organizacional (ISV) a partir dos atores e seus relacionamentos no ECOS. No Passo (iii): foram extraídos os nomes dos atores, em seguida foi necessário consolidar os atores no foco de interesse da pesquisa e verificar as informações para executar a classificação de acordo com o modelo escolhido, neste caso foram elencados 34 atores. No Passo (iv): foram listadas as relações existentes entre os sistemas sobre a plataforma e mantidas as informações sobre cada uma delas. No passo (v): para se ter um entendimento mais claro do cenário tratado, elaborou-se um esboço em UML.

Após a realização de cada um dos passos propostos, se obteve um esboço da modelagem baseado na notação SSN, que foi escolhida para descrever a plataforma analisada neste trabalho. O ECOS apresentado neste trabalho foi modelado utilizando a ferramenta *CoreDRAW* que consiste em ser um *software* de edição e criação de imagens, não suportado para utilização da notação SSN, desse modo é frisado mais de uma vez a carência de uma ferramenta que apoie a modelagem e que se consolide um padrão de modelagem na literatura, bem como a difusão da mesma. A Figura 13 retrata a modelagem do ECOS SIG proposto pela autora.

Figura 13: Diagrama SSN do ECOS SIG.



Fonte: SILVA (2018).

Percebe-se um não padrão, a modelagem não está totalmente de acordo com a notação proposta pela literatura, porém deixando claro de uma maneira geral, o entendimento de quais os atores, seus respectivos papéis e relações dentro do ECOS SIG.

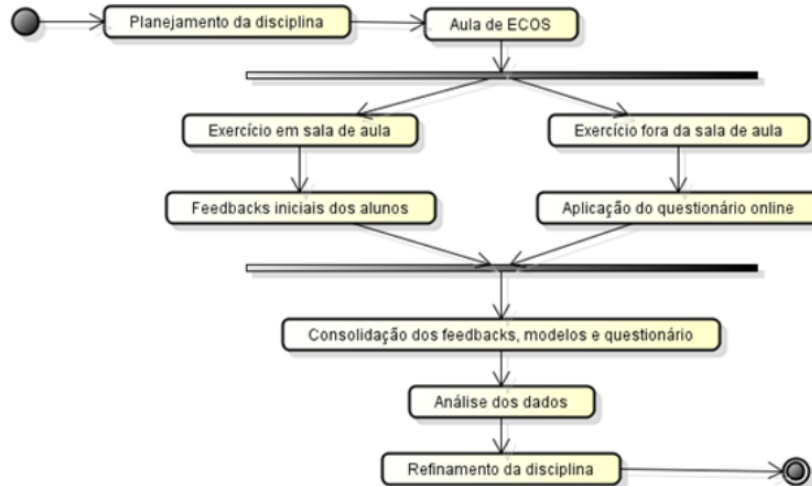
3.4 Um relatório sobre o ensino de ecossistemas de *software* na disciplina de engenharia de *software*.

Coutinho *et al.* (2019) realizam um estudo da experiência do ensino de ECOS no contexto da disciplina de Engenharia de *Software* no curso de Sistemas e Mídias Digitais da Universidade Federal do Ceará. Os autores realizam uma análise qualitativa sobre um questionário respondido pelos alunos, após a exposição dos conceitos de ECOS na disciplina. Desse modo, foi realizado um conjunto de atividades de acordo com um cronograma proposto pelos autores, a atividade inicial consistiu no planejamento do ensino de ECOS dentro da disciplina de Engenharia de *Software*, ocorrendo no início do semestre letivo.

Durante a execução do cronograma proposto, foi ministrada uma aula expositiva de ECOS abordando conceitos e aplicações, e realizado um exercício em sala de aula sobre modelagem preliminar de ECOS utilizando a notação SSN, e início do exercício a ser realizado fora da sala de aula, com entrega posterior. Após isso, para se obter *feedbacks* iniciais dos alunos sobre ECOS, se deu a aplicação de um questionário *online* (após o exercício fora de sala de aula), foi realizado a consolidação das respostas e dos exercícios, e análise e interpretação dos dados

para um refinamento para as próximas edições da disciplina. A sequência das atividades está apresentada na Figura 14.

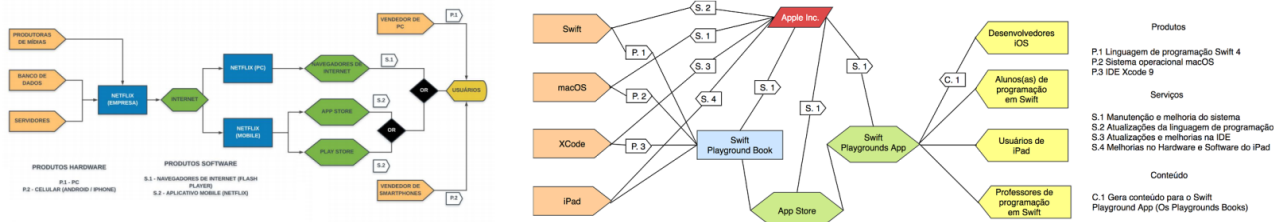
Figura 14: Diagrama de atividades para o ensino de ECOS.



Fonte: Coutinho *et al.* (2019).

Os autores, propuseram que os alunos teriam uma visão global de modelagem de ECOS, sem utilizar a notação SSN da maneira mais correta em sua finalidade, ou seja se deixou a notação livre, e também ferramenta de modelagem livre, já que ainda não existe ferramenta própria que suporte a notação. Contudo, alguns dos modelos que os alunos confeccionaram, foram bem simples, não contemplando a todos os pré-requisitos de elementos, por outro lado, outros modelos gerados foram um pouco mais complexos abordando os elementos de maneira mais exata, porém não necessariamente os modelos foram fiéis à notação SSN. A Figura 15 ilustra alguns dos modelos gerados pelos alunos.

Figura 15: Exemplos de modelos de ECOS baseados na notação SSN.



Fonte: Coutinho *et al.* (2019).

Como resultados, após a análise dos dados obtidos pelo questionário, se verificou que 94.1% dos alunos "não"conheciam o conceito de ECOS, e apenas 5.9% disseram "sim", que conheciam o conceito de ECOS. Além disso, no quesito dificuldade de modelagem, mais uma vez se destaca o problema eminente na literatura que é falta de apoio a modelagem, falta de descrição de ECOS e falta de ferramenta de modelagem.

Contudo, os autores concluíram que é benéfico o ensino de ECOS na disciplina de Engenharia de *Software*, por possibilitar uma visão global, bem como foi detectado estratégias de ensino lacunas relacionadas à modelagem de ECOS e carência de exemplos. O trabalho pretende apoiar a modelagem de ECOS porém ainda não apresenta uma ferramenta que auxilie graficamente essa abordagem, oferece somente um auxílio conceitual sobre o quesito modelagem.

No entanto um problema que este referido trabalho não resolve, que é a falta de apoio a modelagem por conta da inexistência de uma ferramenta de modelagem e a carência de exemplos de modelos da literatura também acarretada pelo problema anterior. Porém, neste trabalho proposto, será estudado a ampliação do conceito de ECOS na Engenharia de *Software*, bem como pretende-se resolver os problemas que acima foram citados, de maneira a contribuir de forma bastante significativa para a literatura.

3.5 Uma ferramenta para modelos de ecossistemas de *software*: uma análise de suas implicações na educação.

Alencar *et al.* (2020) realizaram um estudo embasados na falta de modelos de ECOS na literatura que também impacta em dificultar a disseminação e ensino de ECOS, tendo por objetivo apresentar uma ferramenta para suportar o ensino de ECOS, denominada ARIEL (*A Repository of software ecosystEm modeLs*) que consistem em uma aplicação *web* que age como um ambiente de modelos de ECOS, preenchendo uma das lacunas da literatura que é a falta de modelos disponíveis.

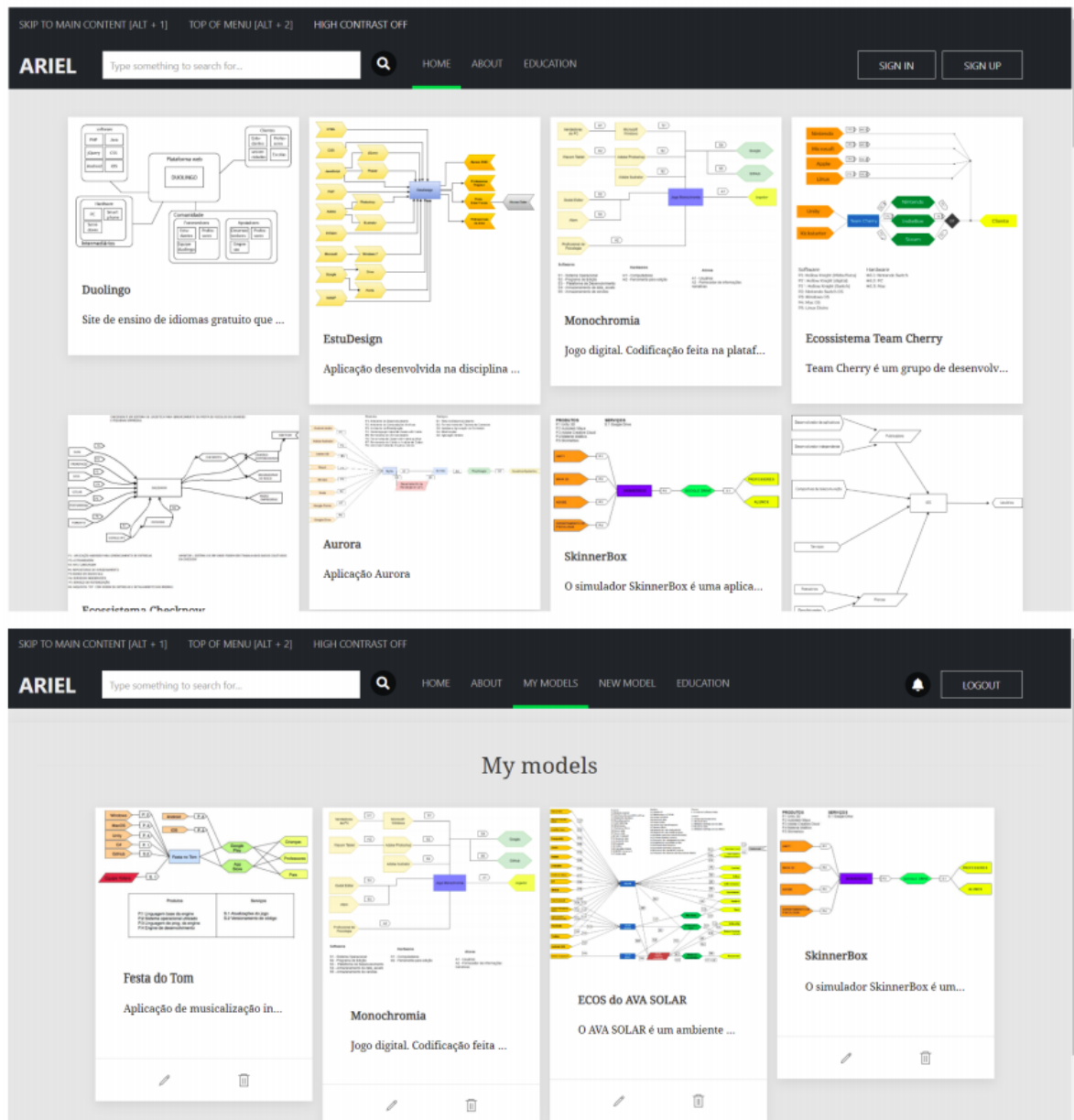
O enfoque da ferramenta é suportar o ensino de ECOS na disciplina de Engenharia de *software* com atividades práticas onde alunos serão motivados a criarem modelos e interajam com a plataforma, seja para inclusão ou para consulta de modelos. Os resultados ficam disponíveis para que outros alunos possam sentir-se motivados a produzirem modelos com uma qualidade melhor usando as boas práticas aprendidas em aula.

A ferramenta ARIEL no entanto, surge com o propósito de agrupar modelos desenvolvidos por pesquisadores, tendo em vista que a comunidade de ECOS possa colaborar para disseminar e impulsionar o crescimento da literatura. Contudo a ferramenta também pode ser utilizada para fins pesquisas acadêmicas, onde pesquisadores podem analisar, cadastrar modelos, consultar modelos e perceberem a importância de se construir uma modelagem adequada, coerente com o que a literatura propõe.

Os autores deixam bem evidente, que a ferramenta não possui a funcionalidade de

modelagem, por essa razão a modelagem é livre, porém é recomendado a utilização da notação SSN para a criação de modelos. A Figura 16 ilustra a tela inicial do repositório de modelos, onde se apresenta os modelos já cadastrados exibidos em forma decrescente de tempo, ou seja do mais recente para o mais antigo. E na parte inferior da Figura é exibida a tela do usuário logado, sendo possível cadastrar modelos, adicionar categorias e atualizar seus modelos já cadastrados.

Figura 16: Tela inicial do ARIEL e tela de usuário logado.



Fonte: Alencar *et al.* (2020).

Este trabalho consiste em apresentar a ferramenta ARIEL e fazer uma avaliação inicial de experiência de usuário sob diversos aspectos da ferramenta tendo como base o *framework* DECIDE. Foi considerada experiência de usuário como consequência do estado interno

do usuário, as características do sistema e o contexto dentro do qual ocorre a interação.

Para essa avaliação, os autores utilizaram 4 instrumentos de avaliação, sendo aplicados em alunos do curso de graduação em Sistemas e Mídias digitais da Universidade Federal do Ceará em Fortaleza. Os instrumentos foram: *MAX Cards V5.0*, *Rating Scale Mental Effort (RSME)*, *Net promoter Score (NPS)*², e critérios de usabilidade de *sites web*. No passo (i): foi apresentado os objetivos da pesquisa, distribuído o termo de consentimento e uma breve introdução sobre ECOS e sobre a ferramenta; no passo (ii): Foi aplicado 5 atividades para se utilizar as funcionalidades da ferramenta aos participantes, como cadastrar modelos, pesquisar por modelos, deletar um cadastro de modelo dentre outras; no passo (iii): foi aplicado o primeiro instrumento de avaliação o *MAX Cards V5.0*; no passo (iv): foi feito um questionário de critérios de usabilidade, para possibilitar uma análise complementar da ferramenta; e no passo (v): foi consolidado os resultados da pesquisa, de forma a compilar os dados.

Contudo, se obteve inúmeros resultados da experiência e utilização da ferramenta, a mesma ainda está em processo de aperfeiçoamento, ou seja ainda falta alguns reparos, com isso foi sugerido por parte dos usuários, adicionar novas funcionalidades como a de criar modelos; explicar melhor as páginas da ferramenta; e pensar em formas de motivar a comunidade através da ferramenta para incentivara colaboração entre seus membros. Desse modo ARIEL supre um pouco da carência da literatura em disponibilidade de modelos, porém modelos não consolidados, ou seja não são produzidos de forma correta se utilizando a notação SSN de maneira eficaz por conta da falta de ferramenta de modelagem.

3.6 Comparação dos trabalhos relacionados com o trabalho proposto.

Na Tabela 1, está disposta uma comparação dos aspectos comuns e incomuns entre os trabalhos relacionados com o trabalho proposto. Os trabalhos relacionados são comparados ao trabalho proposto com base em critérios, critérios estes, obtidos através de uma análise realizada em cada trabalho relacionado, destacando problemas e lacunas existentes no domínio da literatura bem como as dificuldades apontadas pelos autores.

Os critérios de comparação estão dispostos da seguinte maneira: (i): realiza modelagem de ECOS, ou seja se no trabalho relacionado é feito alguma modelagem de ECOS; (ii): o trabalho introduz os conceitos de ECOS e notação SSN; (iii): o trabalho utiliza alguma abordagem para apoiar a modelagem em ECOS; (iv): utiliza-se a notação SSN para a modelagem; (v): modela em ferramenta própria para ECOS ou possui ferramenta de modelagem; e (vi): possui ou

utiliza ferramenta que apoia a difusão da literatura.

A maioria dos trabalhos relacionados estão de acordo com os critérios selecionados, porém percebe-se que ainda é muito pouco o apoio a modelagem de ECOS de maneira geral e percebe-se também a que a falta de ferramenta de modelagem em ECOS é bastante eminente, bem como uma ferramenta que apoie a difusão da literatura.

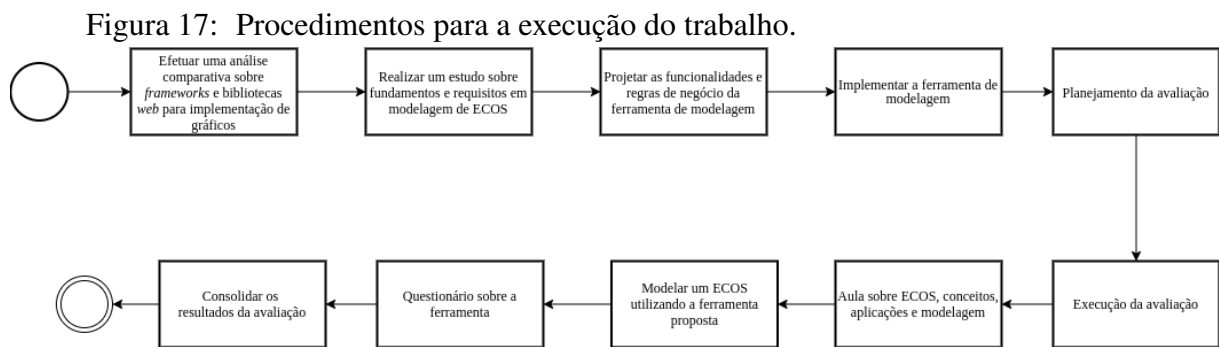
Tabela 1: Comparação entre os trabalhos relacionados e o proposto.

	Realiza Modelagem de ECOS	Introduz os conceitos de ECOS e notação SSN	Utiliza alguma abordagem que apoia a modelagem	Utiliza a notação SSN para a modelagem	Ferramenta para modelagem	Ferramenta que apoia a difusão da literatura
(BOUCHARAS <i>et al.</i> , 2009)	X	X	X	X		
(LIMA, 2015)			X			
(SILVA, 2018)	X	X	X	X		
(COUTINHO <i>et al.</i> , 2019)	X	X	X	X		
(ALENCAR <i>et al.</i> , 2020)		X	X	X		X
Trabalho proposto	X	X	X	X	X	X

Fonte: elaborado pelo autor.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo são apresentados os procedimentos metodológicos para a execução deste trabalho. A Figura 17 apresenta os seguintes passos para a execução do trabalho: (i): efetuar uma análise comparativa sobre *frameworks* e bibliotecas *web front-end* e *back-end* para implementação de diagramas e gráficos interativos; (ii): realizar um estudo sobre os fundamentos e requisitos em modelagem de ECOS; (iii): projetar as funcionalidades e regras de negócio da ferramenta; (iv): implementar a ferramenta de modelagem; (v): planejamento da avaliação; (a): modelar em ECOS utilizando a ferramenta proposta; (b): realizar uma análise por especialistas; e (vi): consolidar os resultados da avaliação.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1 Efetuar uma análise comparativa sobre *frameworks* e bibliotecas *web front-end* e *back-end* para implementação de diagramas e gráficos interativos

A primeira atividade a ser executada neste trabalho, é a realização de uma busca por *frameworks* e bibliotecas *web front-end* e *back-end* que possuam a funcionalidade de implementação de diagrama e gráficos interativos, para que seja possível desenvolvimento da ferramenta de modelagem de ECOS, já que a mesma tem como funcionalidade principal arrastar, soltar, ligar e redimensionar figuras gráficas.

A busca se deu com base nos critérios de seleção descritos a seguir: (i): que possibilite realizar a operação *drag, drop and to connect* ou seja arrastar, soltar, conectar e redimensionar figuras; (ii): que seja de caráter *open source*, ou seja de código livre; (iii): que permita a implementação das funcionalidades de salvar, exportar, e importar para edição do modelo; (iv): e que seja de fácil manutenibilidade a nível de código; e (v): que possua uma comunidade de desenvolvedores vasta e bem consolidada.

Para realizar a busca dos *frameworks* e bibliotecas *web front-end* e *back-end* usando tais critérios de seleção acima descritos, foi-se realizado pesquisas na *web*, nas plataformas *Github* e *GitLab*, nos fóruns de comunidades de desenvolvedores *JavaScript* mais especificamente no fórum do *site Stack Overflow* e em *sites* de documentação de *frameworks* e bibliotecas *web*.

4.2 Realizar um estudo sobre os fundamentos e requisitos em modelagem de ECOS

Nesta etapa, é realizada uma revisão bibliográfica com prioridade na busca de artigos científicos, monografias, dissertações e teses a respeito da literatura Ecosistemas de *Software*, modelagem de ECOS, notação SSN e apoio a modelagem de ECOS, com o propósito de se constatar e entender a carência da literatura em questão da falta de apoio a modelagem, descrição e manutenção de modelos de ECOS, com o enfoque na carência de ferramenta possibilite a modelagem.

Essa revisão é feita tendo como base as plataformas de busca de trabalhos científicos, *Google Scholar*, *IEEEExplore*, *ResearchGate*, *Springer*, *ACM* e conferências na área de Engenharia de *Software*, como *CBSoft*. Este estudo tem por finalidade, conceder embasamento teórico para este trabalho, abordando a todos os conceitos relacionados a ECOS, bem como os relacionados a modelagem utilizando a notação SSN e saúde e ciclo de vida de ECOS, com enfoque em modelos.

Contudo, essa revisão deu bastante embasamento teórico para o trabalho proposto, pois concluiu-se que a comunidade de ECOS ainda é pequena, e sofre com algumas carências, e uma delas que este trabalho mais aborda e tenta suprir, a falta de apoio a modelagem, descrição e manutenção de modelos de ECOS.

Com este estudo, ainda se pretende encontrar mais carências e necessidades que a literatura venha a possuir, bem como caminhos que possam suprir tais necessidades de maneira a consolidar cada vez mais a comunidade de ECOS, tornando assim a literatura mais acessível abrangendo e trazendo mais temas e questões de pesquisa.

4.3 Projetar as funcionalidades e regras de negócio da ferramenta

Após os procedimentos de análise comparativa sobre *frameworks* e bibliotecas *web front-end* e *back-end* que sejam capazes de implementação de gráficos interativos e estudo sobre os conceitos e a modelagem de ECOS, será realizada uma projeção das funcionalidades que a

ferramenta irá possuir/implementar.

A ferramenta deve permitir que o usuário: (i): construa modelos de ECOS utilizando a notação SSN de maneira eficaz e eficiente em sua finalidade; (ii): seja capaz de salvar/exportar os modelos em diferentes formatos de extensão de imagens tais como (*PNG e SVG*) e em formato *eXtensible Markup Language (XML)* e *JavaScript Object Notation (JSON)* para possibilitar posteriormente a importação para a edição dos modelos produzidos.

As figuras a serem utilizadas, serão como já descrito anteriormente da notação SSN, e deverão possuir descrições sobre o que a mesma irá representar na modelagem. As ligações bem como as figuras também deverão possuir descrições sobre a direção e sentido da ligação de acordo com os padrões da notação a utilizada.

O usuário quando modelar um ECOS utilizando a ferramenta, deverá manipular as figuras gráficas das seguintes formas: arrastar, soltar, conectar, redimensionar ou seja, aumentar e diminuir o tamanho da figura, editar a descrição da figura, selecionar o modelo como todo para redimensionar e posicionar em qualquer lugar da área de edição, aumentar e diminuir o *zoom* na área de edição e importar modelos exportados para possíveis edições e manutenções nos mesmos.

Após a projeção e estruturação das funcionalidades da ferramenta, deverá ser elaborado um protótipo média fidelidade, com o intuito de criar uma representação semi realística para que seja possível interagir e testar com usuários reais. A sua principal função é identificar problemas e oportunidades de melhorias muito antes de começar os refinamentos e a implementação da ferramenta (SILVESTRI, 2017).

4.4 Implementar a ferramenta de modelagem

Após a escolha do *framework* e biblioteca *web front-end* e *back-end* a ser utilizado para a implementação das funcionalidades propostas para a ferramenta, de acordo com os passos a serem executados, descritos nas seções 4.1 e 4.3.

O desenvolvimento da aplicação *web*, deverá seguir os passos do método cascata, no qual os processos são executados de forma sequencial. Os principais estágios do modelo cascata retratam as atividades de desenvolvimento fundamentais, que são: análise e definição de requisitos; projeto de sistemas e de *software*; implementação e teste de unidades; integração e teste de sistemas; operação e manutenção (SOMMERVILLE, 2003).

Deverá ser implementado em primeiro lugar as funcionalidades mais básicas da

ferramenta, que são a área de edição dos desenhos, para onde o usuário irá arrastar as figuras, conectá-las e redimensioná-las, o menu lateral onde as figuras da notação estarão disponíveis para o usuário, e um menu horizontal superior, onde as funcionalidades de salvar, exportar, abrir e criar novo modelo deverão estar contidas.

Com isso, irá ser desenvolvido as funcionalidades de arrastar, soltar, ligar, redimensionar na área de edição bem como as funcionalidades e suas respectivas regras de negócio nas opções de salvar, exportar, importar algum modelo já criado para edição e criar um novo modelo.

A ferramenta será implementada de acordo com *design* proposto pelo protótipo a ser desenvolvido na subseção 4.3, utilizando as métricas, heurísticas de usabilidade e de experiência do usuário, para que seja o mais acessível possível a qualquer usuário utilizar a ferramenta de maneira clara, fácil e intuitiva. A ferramenta também deverá ser da maneira mais responsiva possível, para permitir que a mesma seja utilizada em dispositivos móveis.

4.5 Avaliação da ferramenta

A ferramenta proposta deverá ser avaliada, por alguns usuários que a utilize e realize alguns testes com as funcionalidades disponíveis, com o intuito de verificar se ela resolve o problema que se propõe a resolver, que é a modelagem de ECOS, bem como avaliar a satisfação dos usuários com a interface, funcionalidades e manuseio com objetivo de consolidar a ferramenta.

4.5.1 Planejamento da avaliação

A avaliação da ferramenta proposta deverá ser executada da seguinte maneira: primeiro os usuários avaliadores, são alunos de cursos de graduação e pós-graduação em computação, eles irão participar de uma aula ministrada na disciplina de Engenharia de *Software* (ES) acerca dos conceitos, definições, modelagem, e aplicações de ECOS, com o intuito possibilitar para que eles possuam uma visão geral de ECOS em diferentes contextos, e como a modelagem é importante.

Em seguida, os alunos avaliadores deverão utilizar a ferramenta, a partir de um roteiro elaborado previamente, com o intuito de facilitar a utilização, e padronizar os passos que eles deverão realizar. Deverá ser, criando um modelo de ECOS pertencente a qualquer domínio utilizando a ferramenta, de maneira a testar as funcionalidades propostas, com a finalidade de

avaliar se a ferramenta proposta é capaz de modelar um ECOS, utilizando a notação SSN de maneira exata, e se a mesma ameniza/resolve o problema de falta de apoio a modelagem.

4.5.2 Execução da avaliação

4.5.2.1 Aula sobre conceitos e definições de modelagem em ECOS

Nesta etapa, os alunos de graduação e pós-graduação em computação irão participar de uma aula sobre ECOS, a ser ministrada na disciplina de ES, da Universidade Federal do Ceará, Campus Quixadá, com o propósito de expor aos alunos conceitos e definições relacionados a ECOS e a modelagem, bem como relacionados a notação SSN, suas aplicações de maneira geral e sua importância no contexto educacional, tendo em vista a pouca disseminação de ECOS na educação.

Deverá ser modelado um ECOS de domínio qualquer, utilizando a ferramenta proposta, com o intuito de apresentar a ferramenta para os mesmos, e dar exemplos de como modelar um ECOS utilizando a notação sugerida na literatura.

4.5.2.2 Modelar um ECOS utilizando a ferramenta proposta

Nesta etapa, os alunos deverão seguindo o roteiro previamente estabelecido, fazer a modelagem de um ECOS pertencente a qualquer domínio, utilizando a ferramenta de modelagem proposta. Deverá ser verificado pelos usuários, se todas as funcionalidades da ferramenta estão de acordo com o proposto, tais como a manipulação das figuras e as funcionalidades de criar, salvar/exportar modelos.

Os modelos gerados pelos usuários, devem atender a todos os pré-requisitos da notação SSN, ou seja o usuário deverá modelar um ECOS na ferramenta proposta, utilizando a notação corretamente estando de acordo com o conceito de ECOS, ou seja ser capaz de elencar os atores seus papéis e relações no modelo de ECOS criado.

4.5.2.3 Responder questionário de avaliação

Nesta etapa, será realizada aplicação de um questionário com perguntas acerca da utilização da ferramenta, funcionalidades e sugestões de melhoria. O objetivo desta análise é avaliar os recursos e as funcionalidades que a ferramenta de modelagem propõe e também medir a experiência do usuário em relação a utilização da ferramenta.

O questionário de avaliação foi dividido em 4 seções, onde a primeira seção corresponde ao termo de consentimento livre e esclarecido. A segunda seção corresponde a questões de dados demográficos dos participantes, para a obtenção do perfil de quem respondeu a pesquisa. A terceira seção corresponde a questões técnicas acerca de como foi a experiência do usuário na utilização da ferramenta. E a quarta e última seção corresponde a questões abertas, de texto livre para a opinião dos participantes e sugestões de melhoria.

4.6 Consolidar os resultados da avaliação

Contudo, ao final da pesquisa de avaliação da ferramenta, deverá ser consolidado os resultados obtidos da avaliação feita pelos usuários, e se fazer uma análise dos resultados obtidos na pesquisa sobre a utilização da ferramenta, podendo assim ser feitas possíveis melhorias nos casos apontados como pontos fracos na ferramenta e consolidar a mesma.

Os resultados obtidos por parte dessa avaliação, deverá dar mais respaldo a ferramenta, fazendo com que a mesma fique mais consolidada e possua mais credibilidade na literatura, ou seja que a mesma seja disseminada dentro da comunidade de ECOS, possibilitando inúmeras pesquisas relacionadas.

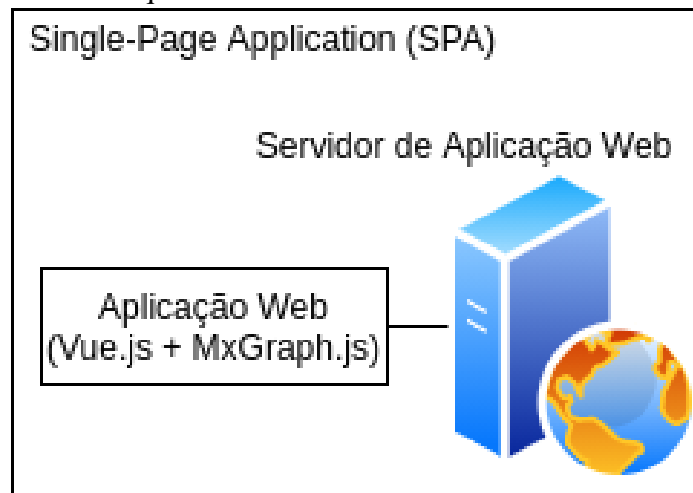
5 A FERRAMENTA DE MODELAGEM

Neste capítulo, é apresentada a ferramenta de modelagem de ECOS, destacando sua arquitetura e componentes, as funcionalidades propostas e implementadas, os requisitos funcionais e não funcionais com uma breve descrição, os diagramas de caso de uso, de classes UML, bem como a tela principal da ferramenta e alguns modelos criados com a utilização da mesma.

5.1 Arquitetura e Componentes

Uma visão geral da arquitetura da ferramenta pode ser observada na Figura 18, ela sugere uma estrutura cliente-servidor onde o servidor em que *ECOS Modeling* está hospedado recebe requisições por recursos dos seus clientes. A *stack* de desenvolvimento *Vue.js + Mxgraph.js* foi utilizada pois permitiu um desenvolvimento mais rápido, preciso e garantiu que o código se mantivesse conectado e organizado.

Figura 18: Arquitetura da Ferramenta



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os componentes de *web client* e *web server* se comunicam através do protocolo http. A seguir são descritos os componentes da ferramenta:

- **Web Client:** é um componente gráfico com um *wrapper* de aplicativo opcional integrado a uma interface da *web* existente.
- **Web Server:** serve para entregar os arquivos necessários ao cliente ou pode ser executado a partir do sistema de arquivos local sem um servidor da *web*.

5.2 Funcionalidades

A ferramenta de modelagem propõe inúmeras funcionalidades para serem implementadas, com o intuito de dar um maior suporte a literatura no quesito modelagem utilizando corretamente notação sugerida e a manutenção de modelos. As principais funcionalidades que este trabalho implementa são: criar o modelo de ECOS utilizando a notação SSN de maneira correta, salvar/exportar o modelo em formatos de imagem (PNG, SVG) e em formatos (XML, JSON) que possibilite a importação do modelo na ferramenta para possíveis alterações e/ou manutenções.

5.2.1 Requisitos Funcionais

Nesta subseção, estão especificados os requisitos funcionais da ferramenta *ECOS Modeling* levantados conforme apresenta a Seção 4.3 do Capítulo 4 de procedimentos metodológicos deste trabalho. Os requisitos especificam os comportamentos e estrutura da ferramenta proposta. Para estabelecer a prioridade dos requisitos, foram adotadas as denominações “essencial”, “importante” e “desejável” para cada requisito elencado na elicitação.

- **Essencial:** é o requisito sem o qual o sistema não entra em funcionamento. Requisitos essenciais são requisitos imprescindíveis, que têm que ser implementados impreterivelmente;
- **Importante** é o requisito sem o qual o sistema entra em funcionamento, mas de forma não satisfatória. Requisitos importantes devem ser implementados, mas, se não forem, o sistema poderá ser implantado e usado mesmo assim;
- **Desejável** é o requisito que não compromete as funcionalidades básicas do sistema, isto é, o sistema pode funcionar de forma satisfatória sem ele. Requisitos desejáveis podem ser deixados para versões posteriores do sistema, caso não haja tempo hábil para implementá-los na versão que está sendo especificada.

O Quadro 2 apresenta os requisitos funcionais elicitados para a ferramenta de modelagem de ECOS, com seus respectivos identificadores (RF<Número Identificador>), nomes, descrições e prioridades para a implementação.

Quadro 2: Requisitos funcionais da ferramenta de modelagem.

Id	Nome	Descrição	Prioridade
RF01	Arrastar e soltar figuras	O usuário poderá arrastar e soltar a figura do menu lateral para a área de desenho.	Essencial
RF02	Ligar e desligar figuras	O usuário deve poder ligar duas ou mais figuras, e excluir a ligação.	Essencial
RF03	Mudar direção da ligação	O usuário deve poder mudar a direção da ligação entre duas figuras.	Essencial
RF04	Área de desenho infinita	A ferramenta de modelagem deve ter sua área de desenho infinita, ou seja, podendo-se expandir lateralmente, para cima e para baixo infinitamente.	Essencial
RF05	Redimensionar figura	O usuário poderá redimensionar, aumentar, diminuir o tamanho e girar qualquer figura do diagrama.	Essencial
RF06	Copiar e colar	O usuário deve poder copiar e colar qualquer figura do diagrama.	Essencial
RF07	Recortar	O usuário deve poder recortar qualquer figura e colar na área de desenho.	Essencial
RF08	Excluir	O usuário poderá excluir qualquer figura.	Essencial
RF09	Mover	O usuário deve poder mover qualquer figura em qualquer direção.	Essencial
RF10	Desfazer e refazer	O usuário deve poder desfazer e refazer qualquer ação na área de desenho.	Essencial
RF11	Selecionar figura	O usuário deve poder selecionar qualquer figura.	Desejável
RF12	Selecionar tudo	O usuário deve poder selecionar todas as figuras do modelo de uma vez só.	Desejável
RF13	Desfazer seleção	O usuário pode desfazer a seleção das figuras e do modelo.	Desejável
RF14	Agrupar e desagrupar	O usuário deve poder agrupar e desagrupar duas ou mais figuras.	Essencial
RF15	Renomear rótulo das figuras	O usuário deve poder renomear qualquer figura do diagrama.	Essencial
RF16	Formatar o texto no rótulo	O usuário deve poder formatar o texto do rótulo das figuras em negrito, itálico e sublinhado.	Desejável
RF17	Zoom mais, menos e padrão	O usuário deve poder aumentar, diminuir o nível de zoom da área de desenho.	Essencial
RF18	Exportar modelo	O usuário deve poder exportar o modelo criado nos formatos PNG, SVG, XML e JSON.	Essencial
RF19	Importar modelo	O usuário deve poder importar o modelo exportado em XML, para realizar possíveis alterações no mesmo.	Importante
RF20	Imprimir modelo	O usuário deve poder imprimir o modelo criado.	Desejável
RF21	Propriedades das figuras	Os objetos do modelo devem ter um identificador, nome, um tipo, uma descrição e uma prioridade.	Importante
RF22	Propriedades do modelo	O modelo deve ter um nome, um tipo, uma descrição, um tamanho em KB, um proprietário, a data que foi criado, a última data que foi aberto, a última data que foi editado e uma revisão.	Importante
RF23	Relatório do modelo	O usuário deve gerar um relatório do modelo no formato PDF. Nele deve conter a listagem dos componentes, os atributos e a imagem do modelo.	Desejável

Fonte: elaborado pelo autor.

5.2.2 Requisitos Não Funcionais

No Quadro 3 estão dispostos os requisitos não funcionais elicitados para a ferramenta de modelagem de ECOS, com seus respectivos identificadores (RFN<Número Identificador>), nomes, descrições e prioridades.

Quadro 3: Requisitos não funcionais da ferramenta.

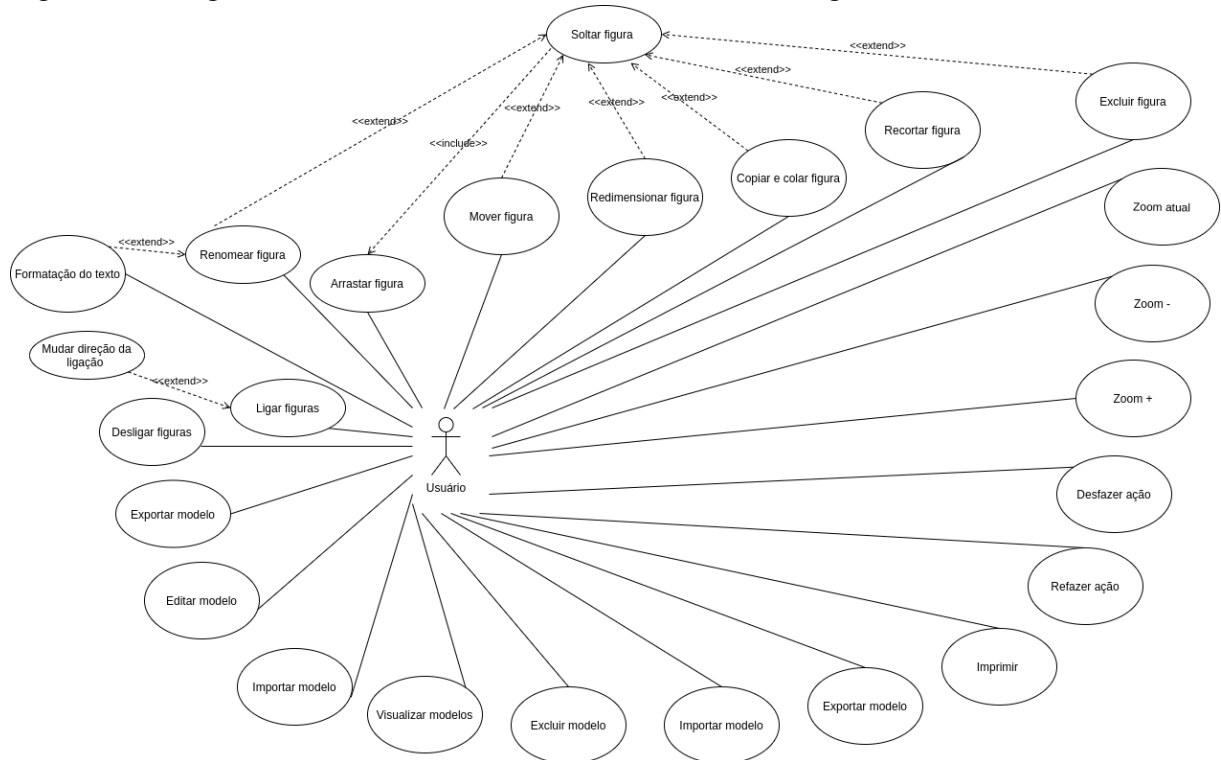
Id	Nome	Descrição	Prioridade
RFN01	Usabilidade	A interface com o usuário é de vital importância para o sucesso do sistema. A ferramenta terá uma interface amigável ao usuário primário sem se tornar cansativa aos usuários mais experientes.	Essencial
RFN02	Desempenho	O sistema deve realizar todas as operações em um tempo considerável.	Essencial
RFN03	Internacionalização	A ferramenta deve ter suporte a inglês e espanhol. Deve ser internacionalizado: nomes dos componentes, rótulos da ferramenta, documentações na ferramenta e menus.	Essencial

Fonte: elaborado pelo autor.

5.2.3 Diagrama de Caso de Uso Aplicação

A Figura 19 apresenta o diagrama de caso de uso da ferramenta de modelagem de ECOS com todas as funcionalidades e requisitos propostos por este trabalho, com o intuito de demonstrar as diversas maneiras que o usuário pode interagir com o sistema.

Figura 19: Diagrama de Caso de Uso da Ferramenta de Modelagem de ECOS

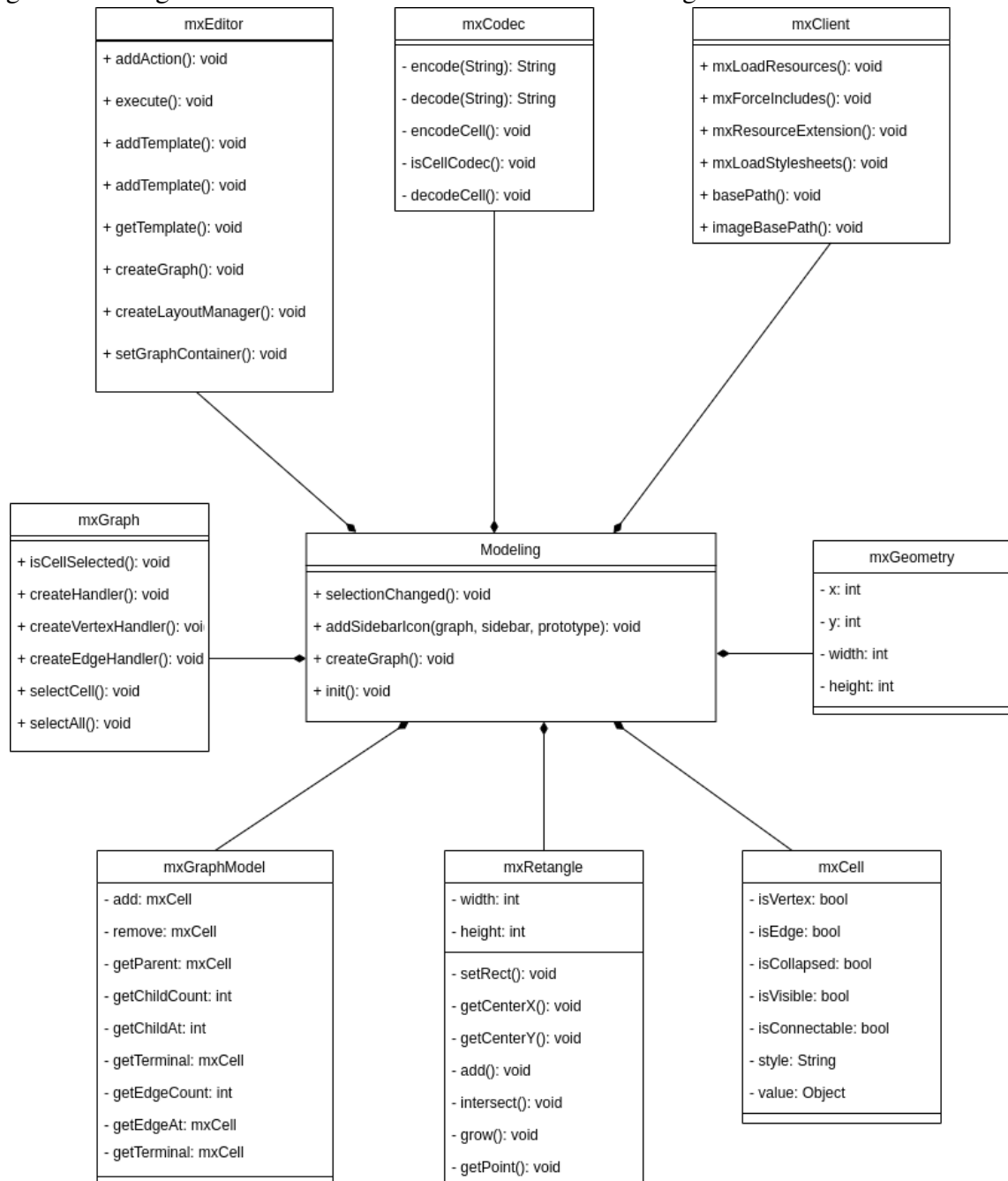


Fonte: Elaborado pelo autor.

5.2.4 Diagrama de Classes da Aplicação

A Figura 20 apresenta o diagrama de classes UML da ferramenta, elencando as classes da biblioteca *Mxgraph.js*, utilizadas para a implementação da mesma. O diagrama 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 uma classe denominada de *modeling*, que utiliza atributos e métodos de 8 classes da biblioteca *web JavaScript Mxgraph*.

Figura 20: Diagrama Classes UML da Ferramenta de Modelagem de ECOS



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3 ECOS *Modeling* - Ferramenta de Modelagem

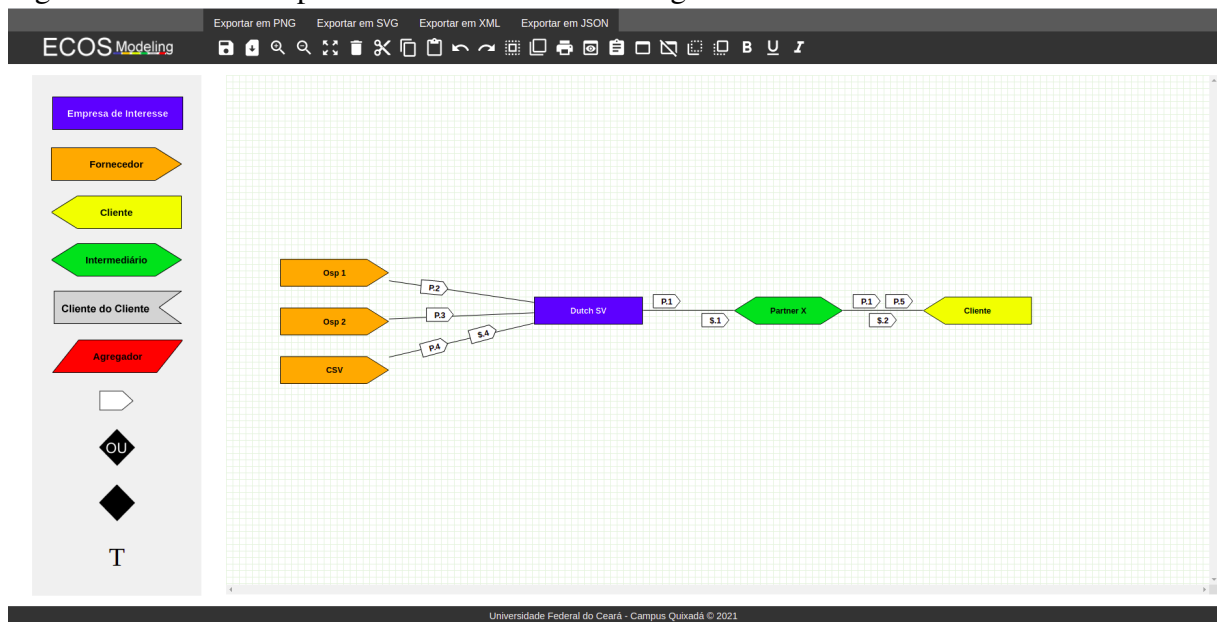
A ferramenta de modelagem proposta por este trabalho denominada *ECOS Modeling* consiste em ser um sistema *web* que é capaz de entregar aos usuários, um ambiente próprio de modelagem de ECOS, com o objetivo de suprir uma das carências da literatura, que é a falta de ambiente próprio e de suporte a modelagem.

O foco principal da versão da ferramenta que este trabalho propõe é modelagem em

si, ou seja a disposição dos componentes da notação SSN de maneira correta, as funcionalidades de arrastar, soltar, ligar componentes SSN e exportar o modelo criado nos formatos de imagem PNG, SVG, e em formatos XML e JSON que se possibilitem a importação na própria ferramenta para possíveis alterações e manutenções nos modelos criados.

A Figura 21 apresenta a tela principal e única da ferramenta de modelagem de ECOS, com um *design* simples e minimalístico, com o intuito de facilitar ao máximo para o usuário durante a utilização da mesma. A tela principal conta com um menu superior com ícones de funcionalidades que servem para que o usuário manipule os componentes SSN e o modelo de ECOS criado, bem como opções de exportação do modelo. O menu lateral esquerdo conta com todos os componentes disponíveis na notação SSN, e ao centro está disposta a área de desenho, onde o usuário deverá criar o modelo de ECOS.

Figura 21: Tela Principal da Ferramenta de Modelagem de ECOS



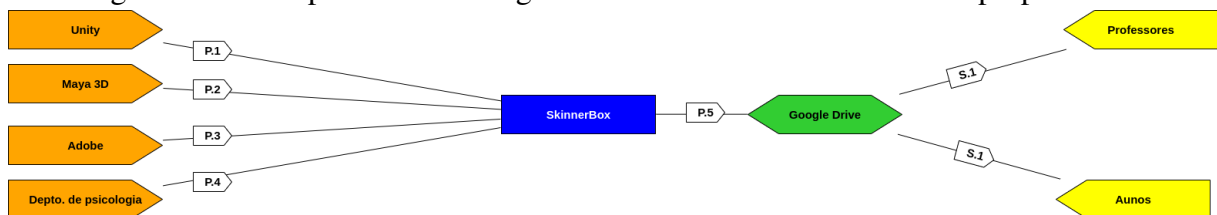
Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesta versão estão implementadas as funcionalidades de arrastar, soltar, ligar, desligar, redimensionar e alterar o rótulo das figuras, conforme o Quadro 2 que apresenta os requisitos funcionais da aplicação, foram implementados todos os requisitos determinados com prioridade essencial, alguns de prioridade importante e desejável com o objetivo de atender o foco principal do problema, que é a modelagem, ou seja falta de ambiente de criação de modelos.

A Figura 22 apresenta um exemplo de modelo de ECOS, recriado na ferramenta proposta, como o intuito de verificar as funcionalidades de modelagem e exportação do modelo criado.

O exemplo utilizado é 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.

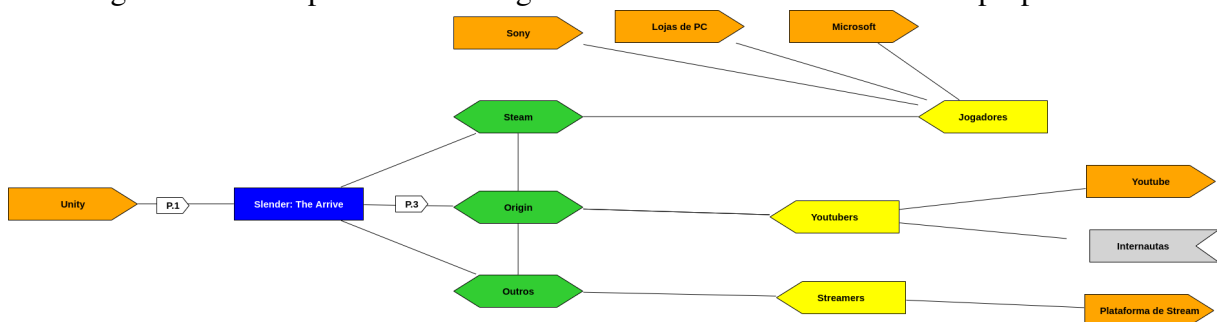
Figura 22: Exemplo 1 de Modelagem de ECOS criado na ferramenta proposta.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Outro exemplo de modelagem de ECOS feito na ferramenta proposta, é o caso do *Slender The Arrivel* que é um jogo de terror psicológico desenvolvido pela *Blue Isle Studios*. O jogo está disponível para *Desktop* e alguns dos consoles atuais. Vendido e disponibilizado nas principais lojas virtuais. No jogo, o jogador deve percorrer o mapa em busca de alguns coletáveis antes que seja pego pela criatura chamada *Slender*, o jogador só pode correr, manusear uma lanterna e interagir com alguns objetos nos mapas seguintes do jogo, a Figura 23 exhibe o exemplo.

Figura 23: Exemplo 2 de Modelagem de ECOS criado na ferramenta proposta.

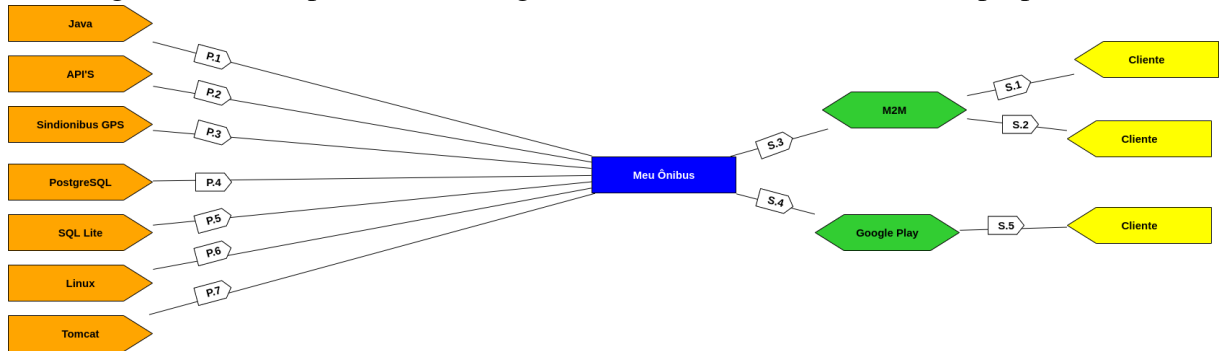


Fonte: Elaborado pelo autor.

Um outro exemplo de modelo de Ecos criado na ferramenta, é o caso do o 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 ETUFOR e pelo GPS dos veículos. Ele é uma iniciativa pública da Secretaria de Conservação e Serviços Públicos, em parceria com a ETUFOR e o Sindiônibus, a Figura 24 apresenta o exemplo.

Figura 24: Exemplo 3 de Modelagem de ECOS criado na ferramenta proposta.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os modelos de ECOS previamente apresentados, foram criados utilizando a ferramenta de modelagem proposta por este trabalho, eles estão de acordo com a notação SSN, ou seja utilizam e respeitam todos os componentes da notação de maneira correta em sua finalidade.

6 AVALIAÇÃO DA FERRAMENTA DE MODELAGEM

Neste capítulo, são apresentados a execução da avaliação da ferramenta, realizada com alunos de cursos de graduação e pós graduação em computação acerca das funcionalidades que a mesma propõe e experiência de usuário, bem como os resultados obtidos e as discussões com os resultados.

6.1 Execução da avaliação

A avaliação da ferramenta de modelagem de ECOS proposta, foi realizada a partir de uma pesquisa com os alunos da disciplina de Engenharia de *Software* (ES) pertencentes a cursos de graduação e pós graduação em computação, da Universidade Federal do Ceará, Campus Quixadá, com o objetivo de propor aos alunos, uma visão geral sobre modelagem de ECOS com a utilização da notação SSN de maneira correta em sua totalidade.

Foram abordados durante a aula na disciplina, os conceitos relacionados a ECOS, suas aplicações em Engenharia de *Software*, conceitos relacionados a notação SSN, conceitos e exemplos de modelagem de ECOS com a utilização da notação sugerida e por fim foi realizado a modelagem de um ECOS, na ferramenta proposta, para demonstrar as funcionalidades da ferramenta, e por em prática o assunto abordado durante a aula.

Após o fim da apresentação, foi solicitado aos alunos participantes que respondessem um questionário *online*, composto por perguntas de escopo fechado (sim ou não), de múltipla escolha e abertas (texto livre) relacionadas a dados demográficos dos participantes, a funcionalidades que a ferramenta implementa, a experiência de uso e a pontos fortes, fracos e possíveis sugestões de melhoria, com o objetivo de coletar dados para uma análise mais aprofundada, para se realizar a consolidação da ferramenta proposta.

As perguntas do formulário para a pesquisa foram divididas em quatro seções, a primeira apresentou o termo de consentimento, a segunda abordou os dados demográficos, a terceira composta por questões técnicas e a quarta e última composta por questões abertas. As perguntas estão dispostas no Quadro 4.

As questões demográficas foram relevantes, para se poder traçar perfis dos alunos participantes, com informações acerca de curso, semestre de entrada, sobre se o aluno já cursou a disciplina de Análise e Projeto de Sistemas, sobre o uso de ferramentas de modelagem em geral, sobre o nível de conhecimento em modelagem e se antes da aula sobre ECOS, os mesmos

já tinham ouvido falar algo sobre ECOS, conceitos e aplicações.

Nas questões técnicas, foram abordadas perguntas sobre, o grau de dificuldade e de satisfação dos usuários em se utilizar a ferramenta, se o usuário recomendaria a ferramenta proposta para outras pessoas conhecerem e/ou modelarem, se o visual da mesma é agradável e de fácil utilização, se ela é útil, se atende aos requisitos que propõe implementar e qual o nível de esforço mental do usuário em realizar uma modelagem de ECOS. Estas perguntas possuem o objetivo, de verificar se a ferramenta atende ao que propõe, se o usuário se sente confortável em utilizá-la e qual o grau de esforço mental durante a realização da modelagem.

Nas questões abertas, foram abordadas perguntas relacionadas a opinião dos avaliadores, acerca dos pontos fortes que o usuário destacou na ferramenta de modelagem, os pontos fracos e também possíveis sugestões de melhoria para a ferramenta proposta, com o propósito de se perceber possíveis inconsistências na ferramenta, que possivelmente não foram captadas nas perguntas das seções anteriores do formulário.

Quadro 4: Perguntas do questionário de avaliação

Nº	Pergunta
Questões demográficas	
01	Qual seu curso de graduação ou de pós-graduação?
02	Qual seu semestre de entrada no curso?
03	Você já cursou a disciplina de Análise e Projeto de Sistemas (ou equivalente)?
04	Você já utilizou alguma ferramenta de modelagem de sistemas?
05	O quanto você se considera conhecedor de modelagem de sistemas?
06	Antes da apresentação, você já tinha ouvido falar de Ecossistemas de Software?
Questões Técnicas	
07	Qual o grau de dificuldade em utilizar a ferramenta?
08	Qual o grau de satisfação em utilizar a ferramenta?
09	Você recomendaria a ferramenta para alguém que queira conhecer / modelar Ecossistemas de Software?
10	O visual da interface da ferramenta é agradável?
11	A ferramenta é útil para o usuário?
12	A ferramenta atende a todos os requisitos que propõe?
13	Qual o seu nível de esforço mental para realizar uma modelagem?
Questões Abertas	
14	Quais os pontos fortes da ferramenta?
15	Quais os pontos fracos da ferramenta?
16	Quais sugestões de melhoria para a ferramenta?

Fonte: elaborado pelo autor.

O questionário teve por objetivo, para traçar um perfil dos participantes sobre o nível de conhecimento deles em relação a ferramentas e modelagem de sistemas, verificar se a ferramenta resolve o problema que se propõe a resolver, de maneira fácil e correta, se as funcionalidades implementadas na ferramenta são consistentes e analisar/perceber a experiência dos usuários na utilização dela, buscando uma consolidação.

6.2 Resultados Obtidos

Os dados obtidos a partir do questionário de avaliação, da ferramenta de modelagem de ECOS proposta por este trabalho, foram analisados de maneira quantitativa e qualitativa. Na análise quantitativa utilizou-se estatística descritiva para representar e descrever os dados de caracterização, nível de conhecimento, satisfação e dados técnicos em relação a utilização da ferramenta. Para a análise qualitativa utilizou-se informalmente, uma análise das questões com o objetivo de criar categorias, grupos e relacionamentos entre as respostas, para se obter resultados relevantes para este trabalho.

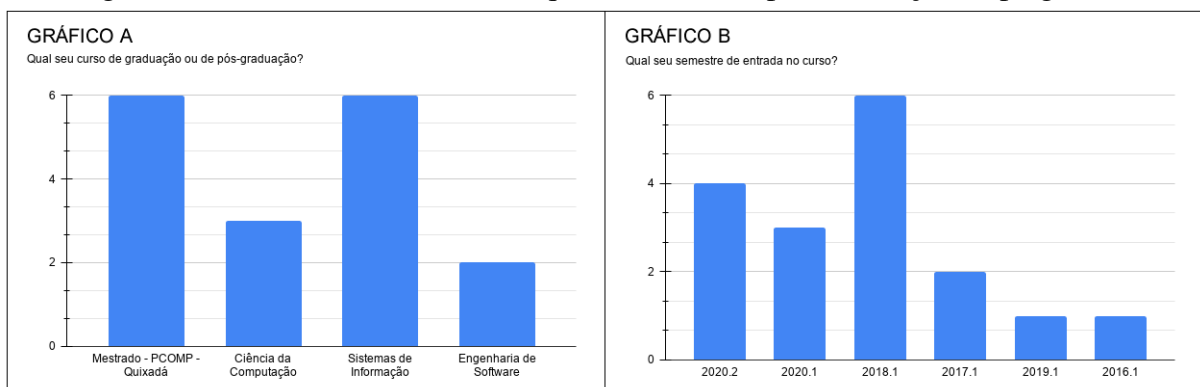
O formulário de questões foi aplicado em março de 2021 durante um período de duas semanas, a turmas de ES do semestre de 2020.2 (semestre letivo atrasado devido à pandemia). Obteve-se um número total de 17 respondentes, dos quais 1/10 alunos de uma turma da ES graduação, 10/20 alunos de outra turma de ES da graduação e 6/11 alunos de ES da pós graduação, um número considerado razoável, porém propício para a realização deste estudo.

6.2.1 Questões Demográficas

O objetivo das questões demográficas, é obter dados suficientes para se traçar perfis os participantes, com o objetivo de realizar correlações com as outras respostas das questões aplicadas, para se fazer uma análise mais aprofundada.

A primeira e segunda pergunta, são correspondentes ao curso e ao ano de entrada no mesmo dos participantes. A Figura 25 Gráfico (A) e Gráfico (B) apresentam esses resultados obtidos.

Figura 25: Resultados referentes as questões 1 e 2 da primeira seção de perguntas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme os resultados apontados nos Gráficos da Figura 25, a maioria dos partici-

pantes que responderam o formulário de questões, foram do curso de pós graduação, ou seja o Mestrado em Computação e do curso de Sistemas de Informação, seguidos dos cursos de Ciência da Computação e Engenharia de *Software*, sendo que a maioria dos alunos, ingressaram em seus respectivos cursos no ano de 2018, no primeiro semestre do ano.

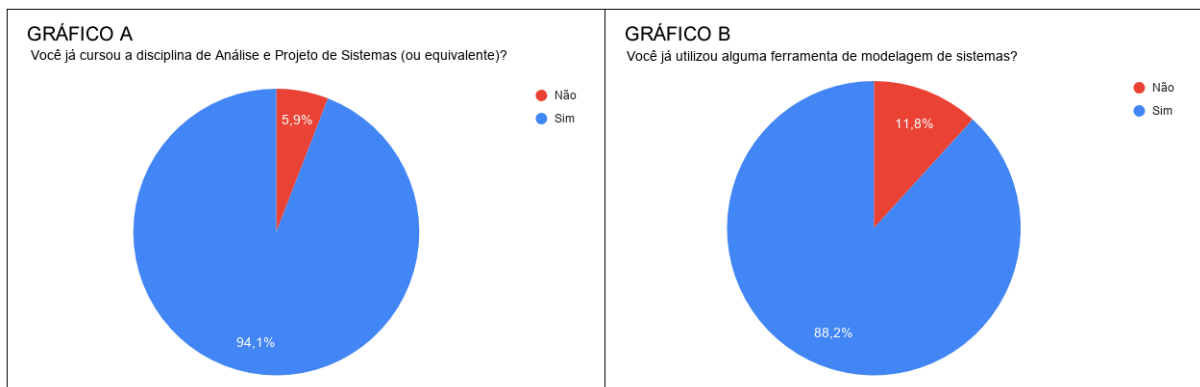
Nas seguintes perguntas, da terceira a sexta questão, são correspondentes às habilidades dos participantes em modelagem e ferramentas de modelagem, se os mesmos já cursaram Análise e Projetos de Sistemas (APS), e se tinham ouvido falar de ECOS antes da apresentação.

A Figura 26 Gráfico (A), mostra os resultados da questão sobre se os alunos cursaram a disciplina de APS ou equivalente, e cerca de 94,1% responderam que "*sim*" e apenas 5,9% responderam que "*não*" cursaram a disciplina.

A Figura 26 Gráfico (B), mostra resultados sobre a experiência dos alunos em utilização de ferramentas de modelagem de sistemas, e cerca de 88,2% responderam que "*sim*", que já utilizaram alguma ferramenta de modelagem, e apenas 11,8% responderam que "*não*", nunca utilizaram ferramenta de modelagem antes.

As indagações previamente citadas, possuem o objetivo de verificar se os alunos têm algum conhecimento prévio, sobre análise e projeto de sistemas e modelagem, com isso pode-se observar, de acordo com os resultados obtidos, que a maioria dos alunos tanto cursaram a disciplina como já utilizam alguma ferramenta de modelagem.

Figura 26: Resultados referentes as questões 3 e 4 da primeira seção de perguntas.



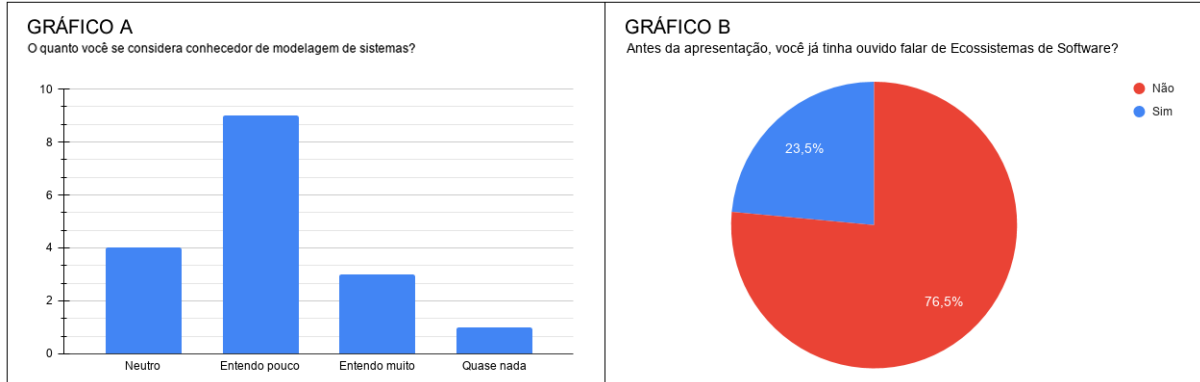
Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 27 Gráfico (A), apresenta os resultados sobre o nível de conhecimento em modelagem de sistemas e pode-se observar que a maioria responderam que "*entendem pouco*" ou são "*neutros*" em relação ao assunto.

A Figura 27 Gráfico (B), mostra os resultados sobre se os alunos já tinham ouvido algum conceito ou aplicação de ECOS, com o intuito de verificar se eles já haviam visto ou

estudado algo relacionado a ECOS e cerca de 76,5% dos alunos responderam que "não" e 23,5% responderam que "sim".

Figura 27: Resultados referentes as questões 5 e 6 da primeira seção de perguntas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados obtidos na primeira seção de perguntas, como anteriormente citado, tiveram por objetivo para traçar perfis dos alunos participantes, acerca da avaliação e experiência deles em utilizar a ferramenta, para consolidação da ferramenta de modelagem proposta.

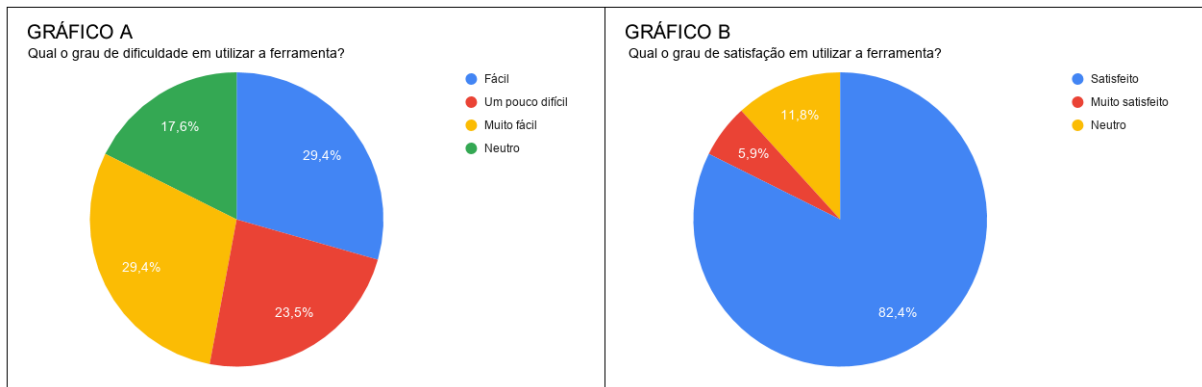
6.2.2 Questões Técnicas

O objetivo das questões técnicas, é captar *feedbacks* dos alunos sobre as funcionalidades da ferramenta, sobre a modelagem de ECOS, bem como a experiência/satisfação dos mesmos em utilizar a ferramenta proposta, com o objetivo de avaliar a ferramenta, a fim de gerar resultados que a consolide de maneira geral em relação a modelagem de ECOS, a funcionalidades e interface.

A primeira e a segunda pergunta, da seção 2 do formulário de questões, são correspondentes ao grau de dificuldade na utilização da ferramenta. A Figura 28 Gráfico (A), apresenta o grau de dificuldade em se utilizar a ferramenta, onde cerca de 29,4% responderam que é "muito fácil" ou "fácil", 23,5% responderam que era um "pouco fácil" e 17,6% foram "neutros" em relação ao assunto. A Figura 28 Gráfico (B), exhibe o grau de satisfação dos alunos, na utilização da ferramenta, e se obteve que 82,4% responderam que estavam "satisfeitos", 5,9% responderam estar "muito satisfeitos" e 11,8% foram "neutros" ao assunto.

Na Figura 29 Gráfico (A), pode-se observar o resultado da pergunta sobre, a recomendação da ferramenta a alguém que se interesse em conhecer e/ou modelar um ECOS, e cerca de 56,3% responderam que a ferramenta é "recomendável", 37,5% responderam que é

Figura 28: Resultados referentes as questões 1 e 2 da segunda seção de perguntas.

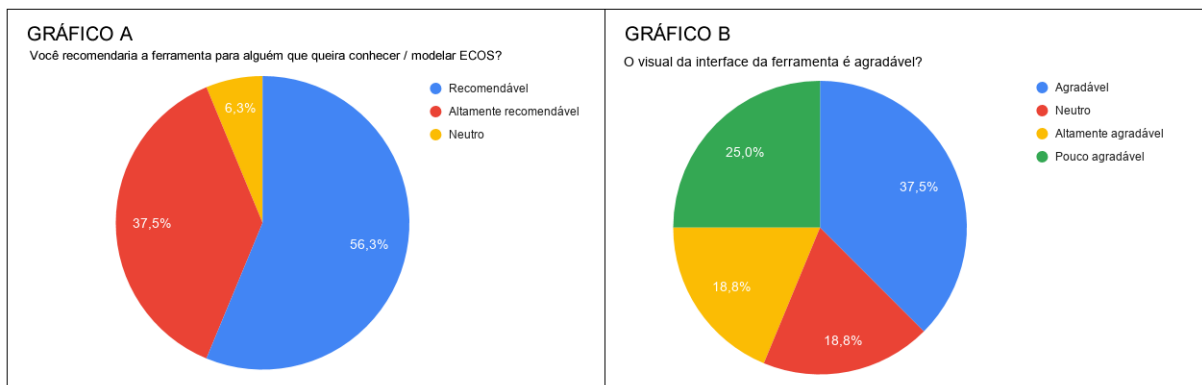


Fonte: Elaborado pelo autor.

"altamente reemendável" e 6,3% foram "neutros" a pergunta.

No Gráfico (B) da Figura 29, observa-se os resultados em relação ao grau de agradabilidade da interface da ferramenta, 37,5% responderam ser a interface "agradável", 18,8% responderam ser "altamente agradável", 25% responderam "pouco agradável" e 18,8% foram "neutros" para a pergunta.

Figura 29: Resultados referentes as questões 3 e 4 da segunda seção de perguntas.



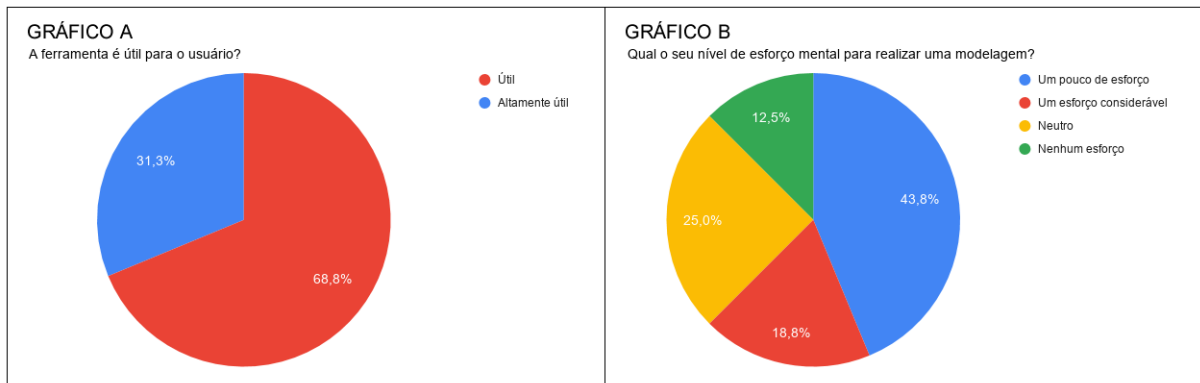
Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 30 Gráfico (A), observa-se o resultado acerca da questão sobre o grau de utilidade da ferramenta para o usuário, e 68,8% responderam que a ferramenta é "útil" e 31,3% responderam que ela é "altamente útil", um resultado bom bastante promissor para se consolidar a ferramenta.

Sobre o nível de esforço mental do usuário quando a realização de modelagem na ferramenta, o Gráfico (B) da Figura 30 mostra que, 43,8% dos participantes responderam que necessitavam de "um pouco de esforço", 18,8% responderam precisar de "um esforço considerável", 12,5% não precisaram de "nenhum esforço" e 25,0% foram "neutros" para a pergunta. Este resultado aponta, que se necessita de um pouco de esforço mental para a

modelagem de ECOS, que a sua realização não é algo tão trivial.

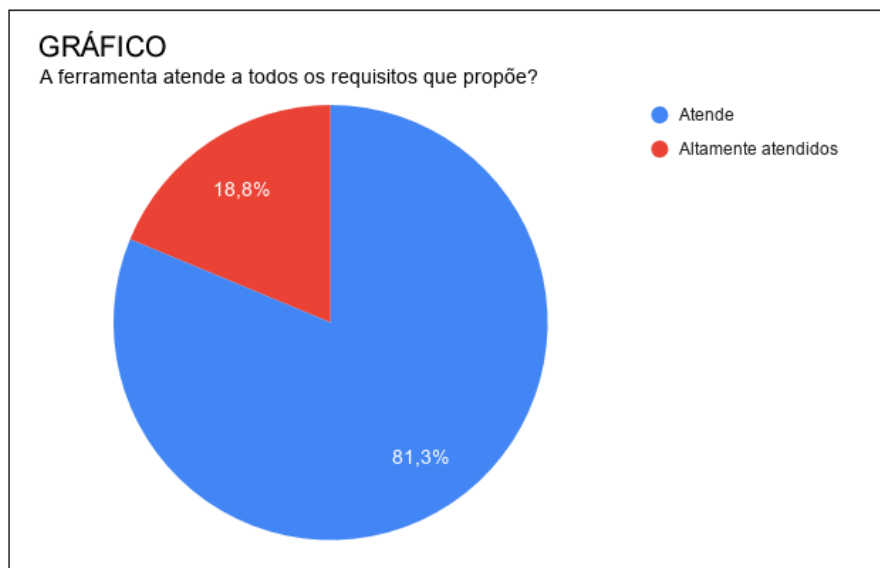
Figura 30: Resultados referentes às questões 5 e 6 da segunda seção de perguntas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Sobre o grau de atendimento dos requisitos que a ferramenta propõe, no Gráfico da Figura 31 estão os resultados, com 81,3% dos participantes respondendo que os requisitos propostos foram "*altamente atendidos*" e 18,8% responderam ser "*atendidos*". Logo um resultado bastante importante para este trabalho, pois diz respeito às funcionalidades da ferramenta proposta com o intuito de amenizar o problema da falta de apoio a modelagem de ECOS na literatura.

Figura 31: Resultado referente a questão 7 da segunda seção de perguntas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados apontam que a ferramenta faz o que se propõe a fazer, ou seja resolve o problema previamente referido que é a falta de suporte a modelagem de ECOS na literatura. Outro ponto importante, é continuação do desenvolvimento da ferramenta proposta, pois está faltando apenas algumas funcionalidades complementares a serem implementadas, com o intuito

de melhora-la e expandi-la na literatura.

A ferramenta proposta foi avaliada muito bem de maneira geral por parte dos alunos, acerca das suas funcionalidades, interface, usabilidade e nível de esforço mental na sua utilização para a criação de modelos de ECOS, bem como o grau de satisfação dos mesmos em utilizá-la.

6.2.3 Questões Abertas

A última seção de perguntas realizadas na pesquisa, foram as questões de escopo aberto, com o objetivo de captar dos alunos a opinião deles em relação aos pontos fortes e fracos que a ferramenta proposta apresenta bem como algumas sugestões de melhoria. Algumas citações dos participantes foram capturadas para destacar aspectos das questões de opinião, sendo que os participantes estão identificados de P1 a P17 para preservar a anonimidade dos participantes do experimento.

6.2.3.1 Pontos Fortes da Ferramenta

A primeira pergunta de campo aberto, corresponde a quais são os pontos fortes da ferramenta, e se obteve as seguintes respostas, foram destacados pelos participantes três pontos fortes em relação a ferramenta, sobre a interface, sua utilização e as funcionalidades e requisitos em relação aos formatos de exportação do modelo.

Sobre a interface da ferramenta a maioria das respostas foram que a ferramenta possui uma interface simples, útil e usual de acordo com o relatado no discurso de P3 *"interface amigável, simples, interativa, com boa usabilidade e de fácil entendimento"*.

Em relação a utilização da ferramenta por parte dos alunos, a maioria das respostas dizem respeito a ela ser de fácil utilização e intuitiva de acordo com o discurso do P14 *"ferramenta de fácil utilização com uma boa organização dos elementos na tela e bastante pratica em relação a realização da modelagem em si"*.

Sobre as funcionalidades e requisitos que a ferramenta dispõe, a maioria das respostas apontam que as funcionalidades são uteis para o usuário e que atendem as necessidades em questão de modelagem, como descrito no discurso de P8 *"a ferramenta atende completamente aos requisitos de modelagem de ECOS, possui mais de uma opção de exportação do modelo e possui ícones funcionais bem intuitivos para para usuário"*.

Sobre os diferentes formatos de exportação do modelo implementados pela ferramenta, foi relatado a oportunidade de mais de um formato e a qualidade dos formatos de imagem,

de modo particular o formato SVG, como se pode observar no discurso de P15 *"O arquivo SVG salvo por ela é totalmente editável (por exemplo no Inkscape), incluindo textos, formas e cores, isso é bom pra caso o usuário queira customizar melhor para uma apresentação por exemplo."*

6.2.3.2 Pontos Fracos da Ferramenta

A segunda pergunta de campo aberto, corresponde a quais são os pontos fracos da ferramenta, e se obteve os seguintes resultados: em relação a acessibilidade para os usuários a maioria das respostas apontam para a necessidade de uma ajuda sobre as funcionalidades da ferramenta bem como sua utilização e especificação de cada elemento da notação SSN, de acordo com os discursos de P3 e P12 respectivamente *"possuir uma espécie de ajuda para os usuários sobre as funcionalidades"* e *"faltou uma descrição/especificação dos elementos da notação"*.

Outro ponto fraco apontado nas respostas foi sobre a escassez de atalhos do teclado em relação as inúmeras funcionalidades implementadas pela ferramenta. Pode-se observar esse ponto destacado nos discursos de P1 e P4 respectivamente *"atalhos como (Ctrl + I, Ctrl + u) não funcionam para sublinhar e para deixar itálico"* e *"falta de atalhos do tipo Ctrl + A para selecionar todo o modelo criado e Ctrl + D para duplicar a figura"*.

Outro ponto levantado pelos participantes foi em relação a falta de algumas funcionalidades como por exemplo importar o modelo exportado para manutenção ou edição e em relação ao um salvamento automático do modelo para se porventura uma falta de conexão com internet o usuário não perca o que já foi feito.

Em relação a interface e *design* da ferramenta, alguns pontos fracos foram considerados como no discurso de P17 *"a ferramenta apresenta algumas falhas de design como o fato de em alguns casos o conector não "tocar" a borda do componente apesar de a ligação ter sido feita, além disso a função de selecionar com o mouse não exibe a área de seleção ao pressionar e segurar o botão esquerdo do mouse"*.

6.2.3.3 Sugestões de Melhoria

A terceira pergunta da seção de questões de campo aberto, corresponde a quais sugestões de melhoria para a ferramenta, e se obteve as seguintes respostas: em relação a especificações e descrições tanto dos ícones das funcionalidades como também nos componentes da notação SSN de acordo como os discursos de P1, P13 e P17 respectivamente *"ao passar o mouse sobre um item do Menu, aparecer além do nome o atalho para o mesmo. ex: "Copiar*

- *Ctrl + C*, "ao passar o mouse sobre os componentes da notação, surgir uma descrição do componente", "colocar um balão informando a descrição do elemento, opções de tema, melhora visual da ferramenta e organizar melhor os itens dentro da tela para que o usuário possa arrastar. Colocar o elemento "fluxo" na lista de itens para ser arrastado, isso facilitaria a utilização da ferramenta para um usuário de primeira viagem".

Em relação a adição de mais funcionalidades, os resultados das questões apontam como já dito anteriormente a falta das funcionalidade de importar o modelo, o salvamento automático bem a adição da ajuda ao usuários sobre as funcionalidades, a interface e sua utilização, bem como a resolução dos pontos fracos já citados.

Em relação a interface da ferramentas algumas sugestões dadas pelos participantes foram relevantes, como nos discursos de P11 e P16 respectivamente "*sugiro que sejam utilizados alguns padrões como o Material Design para tornar a aparência da ferramenta mais moderna*" e "*corrigir alguns bugs e funcionalidades que permitam que a grid de modelagem se ajuste conforme é construído o modelo*".

As respostas obtidas nesta seção de perguntas deram um maior respaldo a ferramenta, em termos de pontos fortes, de pontos fracos e sugestões de melhorias para o futuro, com o objetivo de melhorar a ferramenta e torná-la mais acessível aos usuários e popular na comunidade de ECOS.

6.3 Discussão dos Resultados

Os resultados obtidos, pelo questionário respondido pelos alunos de graduação e pós graduação, serviram para dar uma maior confiabilidade e respaldo à ferramenta de modelagem, de modo que a mesma foi testada e avaliada acerca das suas funcionalidades e experiência de usuário, com a interface e a disposição de objetos na tela.

Outro propósito também foi de apresentar o conceito de ECOS na disciplina de ES, como mostra o Gráfico (B) da Figura 27, que a maioria dos alunos participantes nunca tinham ouvido falar nada sobre ECOS antes da apresentação na disciplina, um resultado não tão assustador, já que na ementa das disciplinas de ES não tem nada em relação ao conteúdo sobre ECOS.

Pode-se observar que, a maioria dos alunos que responderam o questionário de avaliação, foram alunos do curso de mestrado em computação, onde os mesmos por possuírem uma maior maturidade acadêmica, e já cursaram disciplinas de modelagem de modo geral, se

pode observar uma maior aceitação e uma menor dificuldade em se utilizar a ferramenta para a modelagem.

De acordo com os Gráficos (A) das Figuras 26 e 27, pode-se observar que dos 17 alunos que participaram da avaliação da ferramenta, a maioria deles responderam que já tinham cursado a disciplina de APS, em relação ao seu nível de em modelagem 12 alunos dos 17 responderam que entendem muito ou entendem pouco sobre modelagem, em contraponto com o resultado obtido sobre o nível de esforço mental em utilizar a ferramenta, apresentado na Figura 30 Gráfico (B), onde se observa que a maioria respondeu que teve um grande ou médio esforço em utilizar a ferramenta de modelagem.

Um resultado bastante benéfico e relevante para a consolidação da ferramenta, pode ser observado nos Gráficos (B) apresentados nas Figuras 28 e 29, onde a maioria dos alunos responderam que estavam satisfeitos em utilizar a ferramenta, em relação a maioria responderem que a interface da ferramenta é útil e agradável para o usuário. Com isso pode-se observar, que a ferramenta é de fácil utilização e possui um visual agradável para os usuários.

Outros resultados de grande relevância para a ferramenta proposta, são mostrados nos Gráficos (A) das Figuras 30 e 31, onde pode-se observar, que a maioria dos usuários, ou seja 100% deles responderam que a ferramenta é altamente útil ou útil, e que o requisitos e funcionalidades propostas por ela são em sua totalidade atendidos, e de grande relevância para a literatura.

Sobre os resultados obtidos, acerca da questão sobre se os alunos antes da aula de ECOS, eles já tinham ouvido algo sobre ou relacionado, entende-se pois os conteúdos sobre ECOS não pertencem amenta das disciplinas de ES, por isto é pouco difundido entre os alunos de cursos de graduação e de pós graduação em computação. Tendo e vista a pouca difusão da literatura, este experimento teve também o objetivo de apresentar ECOS para os alunos, suas aplicações e conceitos, bem como sua utilização e importância no âmbito acadêmico e de negócios.

Os resultados obtidos nas questões de escopo fechado, da segunda e terceira seções respectivamente, elencaram um resultado mais norteador, acerca das funcionalidades implementadas pela ferramenta, sobre o conhecimento de ECOS, conceitos e aplicações, e em relação ao nível de esforço mental em utilizar a ferramenta proposta. Os Gráficos já citados apontam esses resultados, onde pode-se observar que, eles foram bastante relevantes para o trabalho, bem como para os alunos em consonância com a aprendizagem sobre ECOS na aula executada.

Em relação as questões de campo aberto, do formulário de avaliação sobre os pontos fortes, fracos e sugestões de melhorias da ferramenta, foram relatados alguns pontos de qualidade da ferramenta, que deve ser mantido e/ou melhorado posteriormente, algumas correções, em relação a interface e sugestões de implementação de mais funcionalidades, a fim de melhorar e aprimorar cada vez mais a ferramenta.

Os resultados obtidos nas questões de campo aberto, expressaram como os usuários se sentiram, em relação ao uso da ferramenta, bem como sobre suas funcionalidades e interface. Eles puderam relatar isso de forma livre, ou seja da maneira que desejassem, com o intuito de se captar quais foram suas experiências, e como a ferramenta foi vista por eles.

Os resultados também apontam que, a ferramenta é bastante útil aos usuários, sendo de fácil utilização, interface agradável e que a mesma atende, a todos os requisitos que se propõe a fazer, elencando apenas alguns pontos de melhoria, para facilitar o usuário durante a utilização e conseguir a expansão da literatura, tanto em termos educacionais, como em trabalhos de pesquisa e modelagem.

A ferramenta é como já mencionado, de código totalmente livre, proporcionando assim seu crescimento em conjunto com a comunidade, com o intuito de expandir o número de pesquisas em relação a literatura, mais especificamente em relação a modelagem.

Contudo, os resultados apontam que a ferramenta proposta por este trabalho resolve parcialmente o referido problema de falta de apoio a modelagem de ECOS, ou seja falta de ferramenta de modelagem que disponibilize a notação SSN de maneira correta em sua finalidade, fazendo com que a literatura possua um ambiente próprio de modelagem.

7 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho teve por objetivo implementar, avaliar uma ferramenta *web* para apoiar a modelagem de ECOS utilizando a notação SSN de maneira correta e expor os conceitos de ECOS a alunos de cursos de graduação e pós graduação em computação, com o objetivo de amenizar o problema na literatura que a carência de modelos, falta de apoio a modelagem e a manutenção de modelos, bem como expandir a literatura em termos de pesquisas e conhecimento.

A ferramenta de modelagem proposta foi avaliada no contexto educacional, foram ministradas aulas de ECOS sobre conceitos, definições, aplicações e modelagem a alunos da disciplina de ES pertencentes a cursos de graduação e pós graduação da Universidade Federal do Ceará, Campus Quixadá, com o intuito de expandir o ensino de ECOS na disciplina e a literatura, avaliar as funcionalidades da ferramenta e a experiência dos usuários por meio de sua utilização para a criação de modelos de ECOS e a resolução de um questionário avaliativo acerca das experiências dos avaliadores sobre a proposta de ferramenta, com o objetivo de se obter dados que sejam relevantes para consolidação da ferramenta.

7.1 Considerações Finais

Este trabalho resolve uma das grandes carências presentes na comunidade e na literatura de ECOS que é a falta de apoio a modelagem, ou seja necessidade de ferramenta de modelagem que disponibilize para a utilização a notação sugerida na literatura, a notação SSN de maneira eficiente e correta em sua finalidade, de modo que a comunidade de ECOS irá se beneficiar muito com em possuir um ambiente próprio para modelagem e possivelmente alagar as pesquisas sobre ECOS que envolvam direta ou indiretamente modelagem.

Outro problema resolvido com a ferramenta proposta por este trabalho, é a falta de modelos corretos de acordo com a notação disponíveis, para que outros da comunidade possam colaborar em relação a manutenção e expansão dos modelos já produzidos, com o intuito de padronizar e consolidar cada vez mais a modelagem em ECOS, e possibilitando a expansão da literatura na Engenharia de *Software* no âmbito educacional em relação ao crescimento sobre o conhecimento de ECOS aos alunos de cursos de graduação e pós graduação.

A contribuição deste trabalho para a comunidade científica é consideravelmente grande, tendo em vista a resolução do referido problema tão eminente na literatura, bem como a possibilidade de ampliação da pesquisa em ECOS como foco em modelagem e ensino de ECOS,

com a intenção de ampliar a comunidade e produzir o surgimento de pesquisas relacionadas possibilitando que a literatura se expanda cada vez mais tanto no ramo acadêmico como no ramo de negócios com a aplicação dos conceitos de ECOS nas organizações.

As dificuldades encontradas durante a execução deste trabalho não foram tão relevantes, porém implicaram de uma forma ou de outra nos resultados obtidos. Em relação ao tempo para a execução deste trabalho, no que respeito a implementação das funcionalidades da ferramenta e o planejamento e aplicação do estudo de caso avaliativo, com o intuito de propor uma solução para a carência previamente citada, apresentar os conceitos de ECOS aos alunos e realizar uma avaliação da ferramenta de maneira quantitativa e qualitativa com o objetivo de consolidar a ferramenta e alargar a comunidade de ECOS.

A pesquisa realizada por este trabalho, apresenta algumas ameaças à validade, tais como: (i) as respostas obtidas no questionário de avaliação; (ii) as avaliações efetuadas com um número pequeno de participantes; (iii) a análise dos dados das questão de campo aberto obtidos de maneira qualitativa informal; (iv) a avaliação com apenas alunos de uma única universidade e (v) os pontos fracos presentes na ferramenta, que devem ser corrigidos de caráter urgente.

7.2 Trabalhos Futuros

7.2.1 Ferramenta

Como trabalhos futuros, fica a sugestão em relação ao crescimento e disseminação da ferramenta em termos de funcionalidades e requisitos, ou seja a implementação das demais funcionalidades elicitadas neste trabalho que não foram implementadas e a elicitación de mais funcionalidades que por ventura possam se necessitar a depender da literatura e das pesquisas relacionadas a modelagem de ECOS, bem como em relação ao crescimento do ensino de ECOS em cursos de graduação e pós graduação.

De modo mais específico, outra sugestão de trabalhos futuros, e a implementação das funcionalidades propostas por este trabalho que não foram implementadas nesta versão, tais como: a funcionalidade de importar o modelo exportado na ferramenta, com o intuito de possibilitar que usuário realize possíveis edições nos modelos, com o foco em manutenção deles, e uma funcionalidade que é considerada uma das mais importantes, após a modelagem, que é a adição de propriedades dos componentes da notação SSN e do modelo criado como um todo, com objetivo dar mais respaldo e confiança aos modelos.

O código da ferramenta de modelagem de ECOS desenvolvida por este trabalho está disponível para a comunidade em geral, para que possam contribuir de forma significativa ao projeto, no repositório do Github¹. Porém pretende-se realizar a criação de *site* com todas as informações sobre a ferramenta, tais como: documentação, fontes, trechos de código e manual de uso com o objetivo de disponibilizar a ferramenta bem como toda a sua documentação para comunidade.

7.2.2 *Ensino de ECOS*

Outro trabalho proposto para o futuro, é em relação a expansão do experimento realizado com os alunos, com outros alunos de outras turmas de graduação e pós graduação, com o objetivo de aumentar o número de avaliadores, para se obter mais dados e posteriormente um resultado com mais relevância e mais abrangente com o intuito de possibilitar o crescimento do ensino de ECOS, bem como a difusão da literatura no contexto educacional.

O ensino de ECOS que ainda é pouco presente e difundido a alunos como aponta os resultados já citados, este trabalho também contribui para isso objetivando a avaliação técnica da ferramenta em questão das suas funcionalidades e experiência de usuários e a apresentação dos conceitos e aplicações de ECOS em questão tanto de modelagem como de pesquisa.

Um outro trabalho futuro relacionado ao ensino de ECOS é o incentivo a modelagem, já que na comunidade não persiste mais o problema de falta de apoio a modelagem, fazendo com que se crie mais modelos e que eles sirvam de exemplo e que incentivem a mais usuários a se interessarem pela literatura.

¹ <https://github.com/pinheirovictor/ecos-modelagem>

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, I. R.; COUTINHO, E. F.; MOREIRA, L. O.; BEZERRA, C. I. M. A tool for software ecosystem models: An analysis on their implications in education. In: **Proceedings of the XXXIV Brazilian Symposium on Software Engineering**. New York, NY, USA: ACM, 2020. (SBES 2020). ISBN 978-1-4503-8753-8. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/3422392.3422486>.
- ALMEIDA, F. E. V. D. **Um comparativo entre frameworks JavaScript para desenvolvimento de aplicações front-end**. 2018. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Software) - Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá, Quixadá, 2018. Disponível em: http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/39459/1/2018_tcc_fevalmeida.pdf. Acesso em: 25 fev. 2020.
- AMARAL, R. A. D.; NERIS, V. P. D. A. Análise comparativa entre frameworks de front-end para aplicações web ricas visando reaproveitamento do back-end. **Tecnologias, Infraestrutura e Software (TIS) – IV**, São Carlos, v. n. 1, p. 88–96, 2015. Disponível em: <http://www.revistatis.dc.ufscar.br/index.php/revista/article/view/303>. Acesso em: 23 set. 2020.
- 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.
- 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>.
- BERNERS-LEE, T. **Information Management: a proposal**. 1990.
- BERNERS-LEE, T.; CAILLIAU R.; GROFF, J.-F. Computer networks and isdn systems. **The world-wid web**, Geneva, I, p. 454–459, 1992.
- 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.
- 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>.
- 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>.

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>.

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**. IEEE Press, 2017. (JSOS '17), p. 41–47. ISBN 9781538627990. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/JSOS.2017.2>.

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>.

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: **9th International Workshop on Modelling in Software Engineering (MISE)**. Piscataway, NJ, USA: IEEE Press, 2017. (MISE '17), p. 47–53. ISBN 978-1-5386-0426-7. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/MiSE.2017.3>.

DHUNGAN, 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.

DUARTE, N. F. B. **Frameworks e Bibliotecas Javascript**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Informática) - Instituto Superior de Engenharia do Porto - ISEP, Porto - Portugal, 2015. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/47142753.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2020.

EIS, D. **Guia front-end** - o caminho das pedras para ser um dev front-end. Casa do Código, {S.L.}, v.I, 2015.

GALDINO, F. **Vue.js Tutorial**. 2017. Disponível em: <https://www.devmedia.com.br/vue-js-tutorial/38042>. Acesso em: 24 set. 2020.

GODIN, S. **web4**. 2007. Disponível em: <https://seths.blog/2007/01/web4/>. Acesso em: 23 set. 2020.

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.

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.

- INDIA, S. **React vs Angular vs Vue.js: um guia de comparação completo**. 2018. Disponível em: <https://medium.com/front-end-weekly/react-vs-angular-vs-vue-js-a-complete-comparison-guide-d16faa185d61>. Acesso em: 05 out. 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. Business network management as a survival strategy: A tale of two software ecosystems. IWSECO@ ICSR, Citeseer, v. 2009, 2009.
- 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.
- JGRAPH. **mxGraph 4.2.0**. 2020. Disponível em: "<https://jgraph.github.io/mxgraph/>". Acesso em: 14 set. 2020.
- KYRIAKIDIS, A.; MANIATIS, K.; YOU, E. **The Majesty of Vue. js 2**. [S. l.]: LeanPub, 2017.
- LEITHEAD, T.; EICHOLZ, A. **Bringing componentization to the web**. 2015.
- LIMA, L. G.; PETRUCCELLI, E. E.; SANTO, F. d. E. Visão geral sobre o gerenciamento de estado no vue.js com a biblioteca vuex. **Revista Interface Tecnológica**, v. 16, n. 1, p. 56–66, jun. 2019. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/551>.
- 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 da Computação e Informação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro, p. 83, 2015.
- 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>.
- 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.
- MARKOFF, J. Entrepreneurs see a web guided by common sense. **New York Times**, v. 12, 11 nov. 2006. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2006/11/12/business/12web.html>. Acesso em: 02 de set. 2020.
- 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.
- MOORE, J. **The death of competition: leadership strategy in the age of business ecosystems**. Harper Paperbacks, New York, 1996.
- MOREIRA, D. D. R. **Um estudo da tecnologia Web 2.0**. Trabalho de Conclusão de Curso - (Bacharelado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Goiás - Campus Catalão., Catalão, 2009.

O'REILLY, T. **what is web 2.0. O'Reilly**. 2005. Disponível em: <https://www.oreilly.com/pub/a/web2/archive/what-is-web-20.html>. Acesso em: 20 ago. 2020.

PATRIOTA, K.; PIMENTA, R. D. d. H. Da mídia 2.0 para a mídia 3.0: perspectivas da próxima onda na web. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO. [S. l.: s. n.], 2008. v. 31, p. 2008.

RUSS, C. Online crowds-extraordinary mass behavior on the internet. **Proceedings of i-Media**, v. 7, 2007.

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, R.; MARCZAK, S.; NAKAGAWA, E. Y. Sustainability and longevity in software systems. VII CONGRESSO BRASILEIRO DE SOFTWARE – TEORIA E PRÁTICA, Maringá - PR, 2016.

SANTOS, R.; WERNER, C.; ALVES, C.; PINTO, M.; CUKIERMAN, H.; OLIVEIRA, F.; EGLER, T. Ecossistemas 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.; 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. d.; WERNER, C. M. L. Reuseecos: An approach to support global software development through software ecosystems. In: **2012 IEEE Seventh International Conference on Global Software Engineering Workshops**. [S. l.: s. n.], 2012. p. 60–65.

SAXENA, R. **App Architecture – Understanding Frontend, Backend and Web Servers. City Kitty Design**, 2018. Disponível em: <http://citykittydesign.com/app-architecture-understanding-frontend-backend-and-web-servers/>. Acesso em: 23 set. 2020.

SHENOY, A.; PRABHU, A. **CSS framework alternatives**: explore five lightweight alternatives to bootstrap and foundation with project examples. [S. l.]: Apress, 2018.

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, 2018. Disponível em: <https://ufr.br/computacao/index.php>. Acesso em: 19 fev. 2020.

SILVA, R. T. da; AGUIAR, L. G. F.; SANTOS, R. P. dos; GENGIVIR, E. C. Levantamento de papéis e atores em um ecossistema de software no domínio público. In: SBC. ANAIS DO I WORKSHOP SOBRE ASPECTOS SOCIAIS, HUMANOS E ECONÔMICOS DE SOFTWARE. [S. l.], 2016. p. 76–80.

SILVESTRI, G. **Prototipação e a criação de produtos que resolvem problemas**. 2017. Disponível em: <https://uxdesign.blog.br>. Acesso em: 05 out. 2020.

- SINGH, A. **How to Integrate MX Graph with Angular 8**. 2020. Disponível em: <https://medium.com/habilelabs/how-to-integrate-mx-graph-with-angular-8-b4a8bb800694>. Acesso em: 29 set. 2020.
- SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software**. 6. ed. São Paulo: Addison Wesley. 2003.
- SOMMERVILLE, I. **Engenharia de software**. 9. ed. [S. l.]: Pearson Prentice Hall. 2011.
- TANSLEY, A. G. The use and abuse of vegetational concepts and terms. **Ecology**, JSTOR, v. 16, n. 3, p. 284–307, 1935.
- VALENÇA, G.; ALVES, C. F. Um modelo para negociação de requisitos em ecossistemas de software. In: ER@ BR. [S. l.: s. n.], 2013.
- VUE.JS. **Introdução. Guia do Vue.js**. 2019. Disponível em: <https://br.vuejs.org/v2/guide/index.html>. Acesso em: 24 set. 2020.
- XAVIER, B. L.; ARAUJO, R. M. de; SANTOS, R. P. dos. **Explorando o Ecossistema de Software de Jogos Digitais no Município do Rio de Janeiro**. 2018. Disponível em: <http://www.sbgames.org/sbgames2018/files/papers/IndustriaFull/188475.pdf>. Acesso em: 23 set. 2020.
- YOU, E. **First Week of Launching Vue.js**. 2014. Disponível em: <https://blog.evanyou.me/2014/02/11/first-week-of-launching-an-oss-project>. Acesso em: 24 set. 2020.

APÊNDICE A – ROTEIRO DE AVALIAÇÃO DA FERRAMENTA

1. Crie um modelo SSN de algo que achar necessário, analisando a modelagem e o relacionamentos entre componentes da notação. Para isso:

- a) Arraste as figuras da barra lateral para a área de desenho, e verifique se as figuras da barra lateral condizem com a figura arrastada para a área de desenho.
- b) Faça ligações entre os componentes, passe a seta do mouse em cima de alguma componente, verifique se aparece uma seta ao centro da figura, clique e arraste para outra figura.
- c) Coloque o relacionamento comercial entre a ligação dos componentes.
- d) Altere o rótulo do componente, ao clicar duas vezes sobre o rótulo da figura.

2. Teste as funcionalidades:

- a) copiar, colar, recortar, excluir o componente, tanto com os ícones do menu, como nas teclas (ctrl C, ctrl V, ctrl X, Delete).
- b) desfazer e refazer tanto com os ícones do menu, como nas teclas (ctrl Z e ctrl Y).
- c) zoom mais, zoom menos, zoom atual tanto nos ícones do menu, como nas teclas (ctrl 0 - zoom atual) mouse baixo e cima (zoom mais e menos) e nos respectivos ícones no menu.
- d) selecionar todos os objetos, desfazer seleção, agrupar e desagrupar nos ícones do menu.
- e) colocar a figura para atrás ou para a frente da outra nos respectivos ícones no menu.
- f) mudar a estilização do rótulo da figura, texto em negrito, itálico e sublinhado nos respectivos ícones no menu.
- g) salve o modelo SSN criado nos formatos disponíveis na ferramenta: PNG, SVG, XML e JSON.

3. Questionário de avaliação da ferramenta:

- a) Link: <https://forms.gle/idJZQg7rpJxpmhK9>