

A Software Delivery Network-based Approach to Software Ecosystem Evolution Analysis

Francisco Victor da Silva Pinheiro
Universidade Federal do Ceará
Quixadá, Ceará, Brasil
victor.pinheiro.ce@alu.ufc.br

Emanuel Ferreira Coutinho
Universidade Federal do Ceará
Quixadá, Ceará, Brasil
emanuel.coutinho@ufc.br

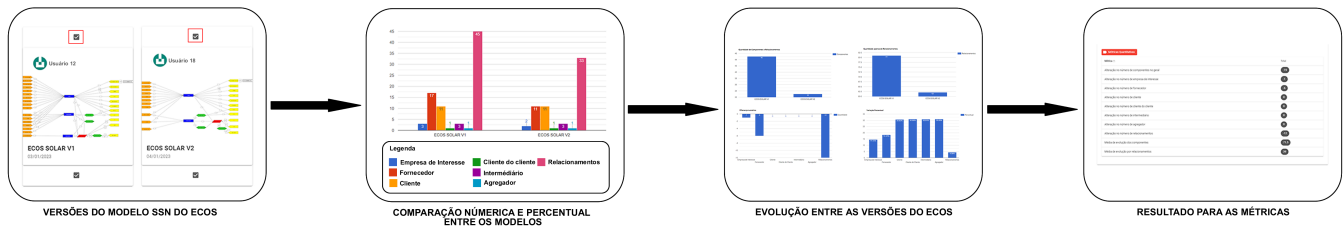


Figure 1: Identificação do processo de análise de evolução de ECOS.

ABSTRACT

Software Ecosystems (SECO) are a set of actors and components that work as a unit, relating to each other based on the common interest of providing solutions or services to the software industry. For a better visualization and understanding of a SECO, recent studies propose the modeling of the formed network. However, there is still no formalized modeling standard for this area. The Software Supply Network (SSN) notation is a series of connected software, hardware, and services organizations that cooperate to meet market demands. In this context, this work aims to present an analysis approach and a study of the SECO evolution based on SSN models. This approach was implemented in a SECO modeling tool.

KEYWORDS

Software Ecosystem, Software Supply Network, SECO, Modeling, Tool, SECO Evolution Approach

1 INTRODUÇÃO

Com as constantes mudanças na indústria e a criação de novos paradigmas, a área de Engenharia de Software (ES) tem progredido em pesquisa teórica e aplicada, buscando lidar com uma gama de novos conhecimentos do mercado atual [12]. Dentre esses novos conhecimentos está o conceito de Ecossistemas de Software (ECOS), que têm crescido rapidamente, tanto em número de casos reais como em volume de publicações, o que tem tornado o tema mais maduro nos últimos anos.

Empresas e organizações de software cada vez mais abrem seus negócios para outras empresas de software e, como consequência, encontram-se em um ecossistema de empresas, desenvolvedores e parceiros [5]. Esses atores e principalmente a organização de software que está no centro desse ecossistema estão tendo dificuldades em obter *insights* sobre esse ecossistema e como suas ações influenciam seu desempenho.

ECOS é uma metáfora de ES que foi aplicada para a compreensão da dinâmica da rede de fornecimento de software centrada em

plataformas de software [3], ou ainda, um conjunto de entidades colaborando em conjunto com outras entidades em uma plataforma tecnológica central, havendo assim troca de informações, recursos e artefatos. ECOS também 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 [6].

Embasados na literatura e em estudos e experimentos realizados, Jansen et al. [7] descobriram que os objetivos da modelagem são comuns: (i) fornecer informações, (ii) analisar ecossistemas estáticos e (iii) comparar o ecossistema. Para que sejam determinados o método de modelagem, os elementos e os dados que serão usados, é crucial determinar o objetivo dela. Alguns métodos mais propostos na literatura são observados em Jansen et al. [6].

A notação SSN (*Software Supply Network* - Rede de Produção de Software) é uma notação já utilizada pela comunidade de ECOS para a modelagem. A SSN é uma série de software, hardware e organizações de serviços interligados, que cooperam para atender às demandas do mercado. Os elementos gráficos da notação auxiliam na representação dos atores e os comportamentos e interações dos mesmos dentro do ecossistema [1]. A notação foi estendida por Costa et al. [2], adicionando mais componentes e fornecendo uma maior explicação sobre cada um deles, como também para o seu uso de modo geral.

A evolução de um ECOS acontece quando o ecossistema cresce de maneira significativa em relação a si mesmo e aos seus atores e seus respectivos relacionamentos, podendo ser internos e externos, assim como a expansão de relacionamentos do próprio ECOS com outros ECOS, havendo assim uma maior troca de informações, serviços, produtos e artefatos. Esse crescimento colaborativo consiste na evolução da plataforma central que é o centro do ECOS. Embora os ECOS possam evoluir por meio de auto-organização, como em ecossistemas criados por comunidades de código aberto, frequentemente, uma empresa líder catalisa o surgimento e o desenvolvimento subsequente da rede [11].

Neste contexto, este trabalho propõe uma abordagem para estudar, caracterizar e visualizar a evolução de ECOS por meio da modelagem SSN, utilizando a ferramenta de modelagem e repositório para modelos ECOS *Modeling* [10] como suporte, com a finalidade de fornecer uma ampla visão da evolução de um ECOS sob o viés de dados estatísticos de modelos SSN, possibilitando uma compreensão em quantitativa, qualitativa e percentual sobre a evolução.

Este trabalho está dividido nas seguintes seções além desta introdução: na Seção 2 alguns trabalhos relacionados são discutidos; a Seção 3 descreve a abordagem proposta; na Seção 4 apresenta a abordagem na ferramenta ECOS *Modeling*; na Seção 5 os resultados da avaliação da proposta são discutidos; e por fim, as conclusões e trabalhos futuros são apresentados na Seção 6.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

Coutinho et al. [4] relataram que os sistemas intensivos em software tornaram-se cada vez mais onipresentes, grandes e complexos, com disseminação em vários domínios de aplicação e altamente dependentes de diferentes tecnologias. Uma grande barreira para a evolução do campo para auxiliar a tomada de decisão na indústria real é a falta de suporte de modelagem ECOS. Neste artigo é realizado um estudo exploratório sobre a necessidade de modelagem de ECOS.

Massanori et al. [8] apresentaram o *Developer Relations (DevRel)*, que é uma estratégia para atrair, engajar e amadurecer desenvolvedores na contribuição para uma plataforma. Os autores contribuem para a compreensão de como, por que e quando um ECOS está se tornando estático (ou seja, morrendo) e o status “*post mortem*” de um ECOS. Inicialmente, estudou-se o *Windows Phone* a partir de 46.030 perguntas no *Stack Overflow* para entender o que acontece com um ECOS quando a plataforma principal é descontinuada. A partir da análise de resultados percebeu-se que pode ser útil para entender os “*sinais vitais*” do colapso do ecossistema, padrões migratórios/sobreviventes, reciclagem de recursos técnicos e transferência de energia entre indivíduos, populações, comunidades e ECOS.

Mazrae [9] analisaram como a evolução das características sociotécnicas em grandes ecossistemas de software de código aberto afeta a saúde desses ecossistemas e seus blocos de construção. Para capturar o máximo de dimensões diferentes da saúde do software, os autores pretenderam combinar os aspectos humanos (sociais) e técnicos da atividade de desenvolvimento de software colaborativo. Essas dimensões foram integradas em modelos de aprendizado de máquina computacional e modelos de recomendação para permitir a previsão de tendências de mudança na integridade do software e melhorar a integridade futura com base na análise histórica.

A Tabela 1 apresenta uma comparação dos aspectos comuns e incomuns entre os trabalhos relacionados identificados. Os trabalhos relacionados são comparados ao trabalho proposto com base em critérios obtidos através de uma análise realizada em cada trabalho analisado, destacando problemas e lacunas existentes no domínio da literatura assim como as dificuldades apontadas pelos autores.

3 ABORDAGEM DE EVOLUÇÃO DE ECOS

A abordagem de estudo sobre evolução de ECOS permite a comunidade realizar uma análise estatística sobre os dados dos modelos

Table 1: Comparação entre os trabalhos relacionados

Trabalho	SSN	Ferramenta	Evolução	Abordagem	Métricas
[4]	Sim	Não	Não	Não	Não
[8]	Não	Não	Sim	Não	Sim
[9]	Não	Não	Sim	Não	Sim
Proposta	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

SSN de um ECOS, de forma automatizada tendo como base a ferramenta ECOS *Modeling* [10]. Os passos estão detalhados a seguir na Figura 2:

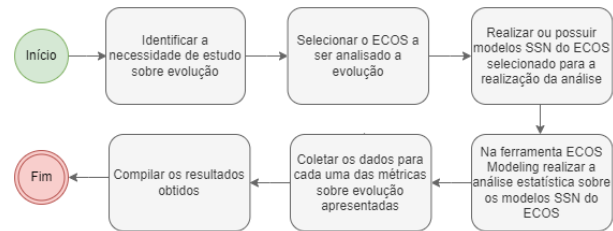


Figure 2: Fluxo da abordagem sobre evolução de ECOS

Identificar a necessidade de estudo sobre evolução: o primeiro passo para a realização da abordagem é identificar a necessidade de estudo da evolução de ECOS sobre a modelagem SSN. Essa identificação é necessária para realizar um levantamento das informações iniciais do estudo de evolução. O foco sobre estudo da evolução de um ECOS deverá ser em relação a quantidade de componentes presentes no ECOS, quantidade de atores e relacionamentos, assim como a quantidade interações, entradas e saídas no escopo do ECOS. Outro ponto que deve ser tratado é em relação a como a plataforma central é afetada com a evolução do ECOS, e quais fatores individuais de cada componente impactam na evolução de modo geral.

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

Realizar ou possuir modelos SSN do ECOS selecionado para a realização da análise: para a realização da análise estatística sobre a evolução do ECOS escolhido no passo anterior, deverá ser elaborada uma modelagem SSN do ECOS de acordo com as mudanças que ocorreram ao longo do tempo escolhido, ou o ECOS já possuir modelos SSN gerados por outros autores que possam evidenciar numericamente e visualmente o comportamento do ECOS assim como sua evolução ao longo dos modelos SSN gerados. A análise estatística compreende a utilização de contagens de dados sobre os modelos, média de evolução por componente e por modelos e dados percentuais sobre a evolução tanto por componentes como por modelos e a diferença percentual de um modelo para outro.

Na ferramenta ECOS Modeling realizar a análise estatística sobre os modelos SSN do ECOS: toda a parte de tratamento de dados estatísticos será realizada de forma automática na ferramenta ECOS Modeling. A ferramenta irá disponibilizar todos os dados em primeiro lugar individualmente para cada modelo, sendo dados estatísticos numéricos e percentuais apresentados em gráficos e tabelas. Posteriormente será apresentado um gráfico comparando a quantidade de componentes e relacionamentos para cada modelo e uma tabela com esses dados comparados, mostrando as diferenças numéricas e percentuais. Serão apresentados dois gráficos gerais sobre o quantitativo total de componentes no ECOS assim como com o quantitativo total de relacionamentos e duas tabelas com esses dados evidenciando as diferenças numéricas e percentuais.

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

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

As métricas sobre a evolução de ECOS propostas neste trabalho são divididas em três partes: métricas quantitativas, qualitativas e indicadores percentuais, para se comparar e analisar com os dados obtidos pelo resultado do estudo sobre evolução de ECOS. As métricas quantitativas abordam dados numéricos e valores absolutos. As métricas qualitativas dão um suporte às quantitativas apenas para confrontar os resultados obtidos. As métricas de percentuais apresentam os resultados obtidos de forma percentual e estatística. A Tabela 2 apresenta as métricas e os indicadores.

4 IMPLEMENTAÇÃO DA ABORDAGEM NA FERRAMENTA ECOS MODELING

Na proposta implementada na ferramenta, o usuário deve selecionar dois ou mais modelos SSN de um ECOS dispostos na listagem de modelos da ferramenta e clicar em gerar relatório de evolução. Após isso uma aba irá se abrir com o relatório da evolução do ECOS selecionado, com gráficos, tabelas, métricas, dados percentuais, média e dados absolutos. A Figura 3 apresenta a página de selecionar os modelos SSN para a análise de evolução.

A comparação entre as duas versões do ECOS analisado apresenta um gráfico com uma comparação numérica entre as versões,

Table 2: Métricas quantitativas, qualitativas e indicadores percentuais de evolução de ECOS.

Métrica	
Métricas quantitativas	
01	Alteração no número de componentes no geral
02	Alteração no número de empresa de interesse
03	Alteração no número de fornecedor
04	Alteração no número de cliente
05	Alteração no número de cliente do cliente
06	Alteração no número de intermediário
07	Alteração no número de agregador
08	Alteração no número de relacionamentos
09	Média de evolução por componentes
10	Média de evolução nos relacionamentos
Métricas qualitativas	
11	Em quais pontos-chave o ECOS mais evoluiu?
12	Quais relacionamentos de quais componentes evoluíram?
13	Qual o impacto da evolução nos relacionamentos presentes no ECOS?
14	Qual o impacto da evolução do ECOS em sua estrutura?
15	Qual o impacto da evolução do ECOS na plataforma central?
Indicadores percentuais	
16	Qual percentual de evolução por componentes?
17	Qual percentual de evolução por relacionamentos?
18	Qual o percentual de evolução por modelo?
19	Qual percentual de evolução geral do ECOS?

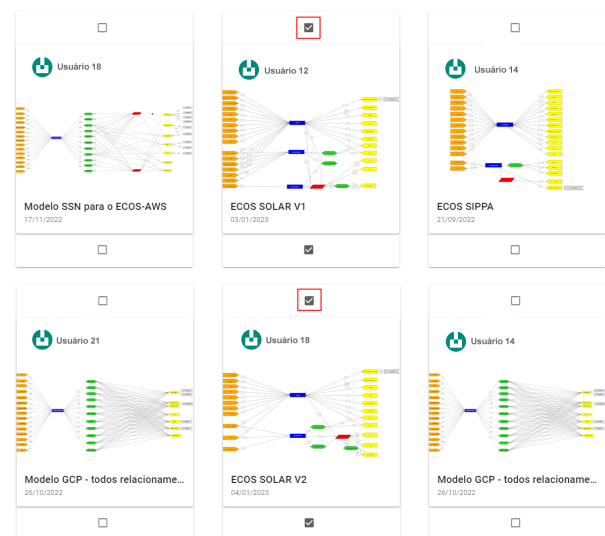


Figure 3: Página referente a análise de evolução de ECOS na ferramenta ECOS Modeling.

um gráfico com uma comparação percentual, um gráfico comparando o valor total de componentes e relacionamentos, gráfico com valores comparando o quantitativo de relacionamentos de uma versão para outra, um gráfico apresentado uma diferença numérica entre a primeira e a última versão e um gráfico com a variação percentual entre a primeira e última versão do ECOS analisado. A Figura 4 apresenta os gráficos mencionados.

É apresentada também uma tabela geral comparando a diferença numérica, percentual e exibindo a média entre uma versão e outra analisada. No caso, se forem analisadas duas versões a comparação será da versão 1 para a versão 2, se for realizada a análise com 3 versões, a comparação é realizada da versão 1 para a versão 2 e da

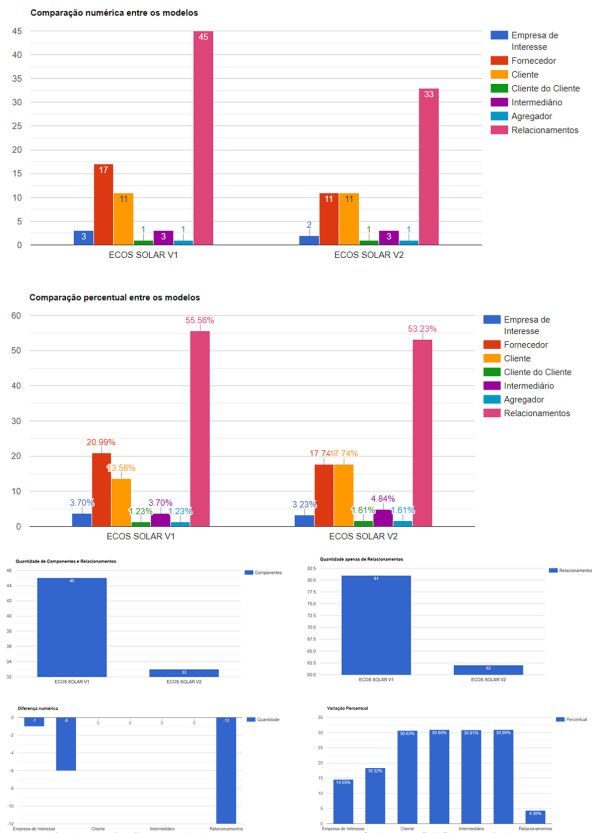


Figure 4: Gráficos com os resultados das comparações entre a versão 1 e 2 do ECOS SOLAR [4].

versão 2 para a versão 3. Por último são apresentados resultados para as métricas quantitativas. A Figura 5 apresenta a tabela da comparação e a tabela com os resultados para as métricas quantitativas.

5 AVALIAÇÃO DA ABORDAGEM

Este trabalho apresenta uma avaliação da proposta sobre evolução de ECOS. A avaliação é referente a suas funcionalidades, métricas, resultados, finalidade assim como sobre a abordagem implementada na ferramenta ECOS Modeling para avaliar as funcionalidades e a experiência do usuário em relação ao uso da ferramenta para a análise da evolução de ECOS. Para isto, utilizou-se o *Technology Acceptance Model* (TAM) com alunos de cursos de graduação e pós-graduação em computação, profissionais da área de ES e computação e pesquisadores da área de ECOS, ES e computação.

5.1 Planejamento e Execução

Para as perguntas do questionário de avaliação foi utilizada a escala do tipo *Likert*, uma escala composta por 5 (cinco) itens. Os itens da escala foram divididos homogeneamente, assim, do total de 5 itens de cada escala, 2 (dois) correspondem a um extremo, 1 (um) item

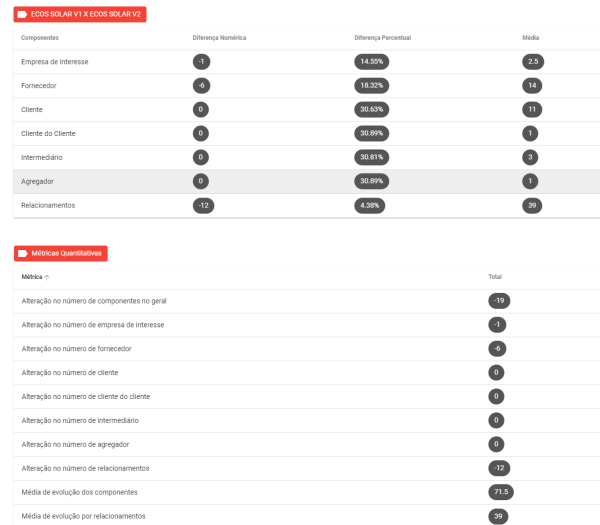


Figure 5: Tabela com comparação geral e tabela com métricas quantitativas.

central representa neutralidade e os outros 2 (dois) correspondem ao outro extremo.

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

Inicialmente um teste piloto da avaliação foi conduzido com membros de um grupo de pesquisa em ECOS, visando captar possíveis falhas e inconsistências no formulário de avaliação antes de aplicá-lo para as demais participantes. A avaliação da proposta de análise de evolução de ECOS apresentada neste trabalho ocorreu com os demais avaliadores em um prazo de 8 (oito) dias, iniciando-se no dia 11/01/2023 e terminando no dia 18/01/2023.

5.2 Resultados e Discussão

Todas as imagens desse trabalho (ferramenta e resultados da avaliação), o questionário aplicado e roteiro de avaliação utilizado estão disponíveis em um repositório público¹.

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

¹<https://zenodo.org/record/8199870>

métricas para avaliar a evolução qual a sua satisfação. O objetivo das questões sobre a abordagem proposta é captar resultados que validem a abordagem sobre o seu escopo, qualidade de resultados e implementação na ferramenta. A Figura 6 apresenta os resultados das perguntas.

