

Avaliação da Saúde e Qualidade do Ecossistema de Software SIPPA Utilizando Modelagem SSN

André Luís C. da Silva¹, Francisco Victor da S. Pinheiro^{1,2}
Emanuel F. Coutinho¹, Rossana M. C. Andrade²

¹Universidade Federal do Ceará (UFC) – Campus Quixadá – Quixadá – CE

²Programa de Mestrado e Doutorado em Ciência da Computação (MDCC)
Universidade Federal do Ceará (UFC) – Fortaleza – CE

andreluis90@alu.ufc.br

{victorpinheiro, emanuel.coutinho, rossana}@ufc.br

Resumo. *Este trabalho apresenta a aplicação de uma abordagem baseada em Software Supply Network (SSN) para a avaliação da saúde e da qualidade de Ecossistemas de Software (ECOS). A abordagem fundamenta-se na modelagem estrutural do ecossistema, possibilitando a análise sistemática de dependências, relacionamentos e indicadores associados à estabilidade, evolução e sustentabilidade. A aplicação foi realizada no ecossistema SIPPA, caracterizado como descontinuado, com o objetivo de examinar sua configuração estrutural e identificar padrões relacionados ao seu processo de declínio. Os resultados revelaram evidências de degradação estrutural, incluindo a redução da conectividade entre atores e concentração de dependências críticas, apontando fragilidades compatíveis com a perda gradual de vitalidade do ecossistema.*

Abstract. *This paper presents the application of a Software Supply Network (SSN)-based approach for evaluating the health and quality of Software Ecosystems (SECO). The approach is based on the structural modeling of the ecosystem, enabling the systematic analysis of dependencies, relationships, and indicators associated with stability, evolution, and sustainability. The application was carried out on the SIPPA ecosystem, characterized as discontinued, with the aim of examining its structural configuration and identifying patterns related to its decline process. The results revealed evidence of structural degradation, including reduced connectivity between actors and concentration of critical dependencies, pointing to weaknesses consistent with the gradual loss of vitality of the ecosystem.*

1. Introdução

Segundo [Jansen 2020], atualmente, as indústrias reconhecem que não atuam isoladamente na busca pela excelência de seus produtos, mas integram um ecossistema complexo composto por múltiplas organizações interdependentes. Nesse contexto, Ecossistemas de Software (ECOS) podem ser compreendidos como conjuntos de atores e componentes que colaboram com o objetivo comum de entregar produtos ou serviços de software [Silva et al. 2025]. Tais ecossistemas envolvem relações técnicas, organizacionais e comerciais, estabelecendo fluxos de informação, software e valor entre seus participantes.

De acordo com [Pinheiro et al. 2024], apesar do crescimento significativo das pesquisas na área de ECOS, ainda existem lacunas relevantes relacionadas à avaliação sistemática da saúde e da qualidade desses ambientes. A literatura aponta que tais dimensões são frequentemente tratadas de maneira conceitual ou indicadas como oportunidades para investigações futuras, havendo carência de métodos, métricas e ferramentas que permitam análises estruturadas, comparáveis e replicáveis ao longo do tempo. A ausência de instrumentos analíticos consolidados dificulta a identificação de padrões de evolução, estagnação ou declínio em ecossistemas reais.

O trabalho de [Jansen et al. 2007] apresenta o método de modelagem *Software Supply Network* (SSN), que considera o fluxo existente, os participantes envolvidos e o tipo de produto trocado. Posteriormente, [Boucharas et al. 2009] destacam que a modelagem SSN torna explícitos os fluxos de informação e de software entre atores, proporcionando maior clareza na visualização do modelo de negócios e de suas dependências estruturais. Essa capacidade de representação estrutural torna a SSN um instrumento relevante para apoiar análises sobre estabilidade, sustentabilidade e robustez de ecossistemas de software.

Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo aplicar uma abordagem baseada em SSN, proposta por [Silva et al. 2025], para avaliar a saúde e a qualidade de Ecossistemas de Software, tomando como estudo de caso o ecossistema SIPPA. O SIPPA é um ECOS consolidado no contexto acadêmico da Universidade Federal do Ceará (UFC) *Campus* Quixadá, que passou por diferentes fases de evolução até sua descontinuação [Pinheiro et al. 2025b]. Tal característica torna-o um caso particularmente adequado para investigar indícios estruturais associados ao declínio de ECOS.

A partir da análise comparativa de diferentes versões do SIPPA, busca-se identificar padrões relacionados à redução de conectividade, concentração de dependências críticas e perda de diversidade estrutural, aspectos frequentemente associados à deterioração da saúde do ecossistema. Dessa forma, o artigo contribui ao demonstrar empiricamente como a modelagem estrutural baseada em SSN pode apoiar diagnósticos sobre a saúde e a qualidade de ecossistemas de software, fortalecendo a integração entre a área de Ecossistemas de Software e Sistemas de Informação.

2. Referencial Teórico

2.1. Ecossistemas de Software

De acordo com [Bosch 2009], um ECOS pode surgir como uma evolução das linhas de produtos de software, para além dos limites organizacionais, para incluir parceiros externos. Essa mudança é motivada pela necessidade de inovação, pela personalização em larga escala e pelo crescimento da complexidade no desenvolvimento de software no mercado.

Segundo [Jansen et al. 2007], ECOS podem ser definidos como uma rede de atores que operam como uma unidade em um mercado comum de software e serviços. De forma complementar, [Bosch 2009] caracterizam ECOS como o conjunto de soluções de software que sustentam as atividades desempenhadas pelos atores em um ecossistema social e comercial, assim como as organizações responsáveis por seu fornecimento. [Souza et al. 2018] definem ECOS como formados por múltiplas organizações

e indivíduos com papéis e interesses distintos, cujo propósito é assegurar a eficiência do ecossistema, sua capacidade de resistir a interrupções e, sobretudo, fomentar diversidade significativa.

2.2. Software Supply Network

Segundo [Jansen et al. 2007], uma Rede de Suprimento de Software ou SSN é composta por uma rede de organizações interligadas que cooperam para fornecer produtos e serviços de software. Diferentemente das cadeias de suprimentos tradicionais, as SSNs lidam com software, o que exige manutenção contínua mesmo após a entrega dos produtos. De acordo com [Boucharas et al. 2009], os modelos de SSN permitem visualizar os fluxos de informação, software e produtos entre os atores, facilitando a identificação de dependências técnicas e de relações comerciais.

Ainda nesse contexto, [Pinheiro and Coutinho 2024] afirmam que a notação SSN é amplamente utilizada por sua capacidade de representar relações comerciais de maneira clara e compreensível. Essa notação é composta por elementos como atores, relações comerciais, fluxos e *gateways*, permitindo a modelagem estruturada de ecossistemas de software. Desse modo, é feita a formalização da modelagem utilizando a notação SSN, definindo todos os seus componentes como ilustrado na Figura 1.


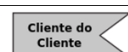





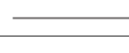
	Empresa de Interesse: Distribui o produto no modelo comercial definido para o ambiente. Pode ser o produto em si.		Cliente do Cliente: Um cliente pode ter seus próprios clientes com um produto ou serviço direto ou indiretamente da empresa de interesse. Ex: suporte ao produto, atualizações, etc.
	Fornecedor: Fornece um ou mais produtos ou serviços necessários.		Agregador: Empresas, produtos ou serviços que operam entre dois agentes para agregar valor a um produto ou serviço. Também pode distribuí-lo ou revendê-lo.
	Cliente: Elemento que direta ou indiretamente, adquire ou utiliza o produto.		Relacionamento Comercial: Representa um artefato ou fluxo de serviço de um ator para outro. Pode ser um dado, um software, dinheiro, serviços, etc.
	Intermediário: Atores que atuam como intermediários entre dois elementos. Ex: distribuidores, revendedores, etc.		Fluxo: Conecta dois atores. Um relacionamento pode ser complexo, constituindo muitos fluxos de direções arbitrárias.

Figura 1. Componentes da notação SSN

2.3. Saúde, Qualidade em Ecossistemas de Software

[Coutinho et al. 2017] destacam que a avaliação da saúde de ECOS envolve desafios contínuos, sobretudo em razão da constante evolução desses ambientes, o que impacta diretamente seus estados de saúde e qualidade. No contexto de ECOS, [Souza et al. 2018] ressaltam que a saúde do ecossistema está associada à sua capacidade de lidar com mudanças e rupturas, promovendo um equilíbrio entre inovação, confiabilidade e eficiência. A qualidade, por sua vez, pode ser avaliada com base em normas como a ISO/IEC 25010.

Segundo [Carvalho et al. 2017], a saúde de um ecossistema pode ser entendida como sua capacidade de manter estabilidade e crescimento ao longo do tempo, considerando indicadores como sustentabilidade, diversidade, produtividade, robustez e criação de nichos. Por fim, [Santos et al. 2014] afirmam que a qualidade em ECOS não se limita apenas aos processos e produtos de software, mas também abrange a saúde e a prosperidade do ecossistema como um todo, refletindo sua capacidade de oferecer oportunidades, manter diversidade e assegurar sustentabilidade a longo prazo.

3. Trabalhos Relacionados

[Carvalho et al. 2018] propõem um processo estruturado para avaliação da saúde de ecossistemas de software, argumentando que, em ECOSs, qualidade ultrapassa a ótica tradicional de produto e processo e incorpora a dimensão de “*health*”. O trabalho é fundamentado por um mapeamento sistemático sobre qualidade em ECOSs, do qual os autores derivam um conjunto de 58 métricas incorporadas à arquitetura *HEAL ME*. Em seguida, um estudo observacional com especialistas avalia utilidade e importância dessas métricas, resultando na seleção majoritária como essenciais ou desejáveis e na formalização dos elementos necessários para sua aplicação (descrição, medida/fórmula, interpretação, unidade e ator). Por fim, os autores definem um processo de avaliação apoiado por ontologia e regras semânticas, cobrindo desde coleta e parametrização de dados até execução automatizada e visualização de resultados, com o objetivo de tornar a avaliação mais precisa e aplicável no contexto de ECOSs.

[Oriol et al. 2023] propõem o *OSS-CARE*, um *framework* automático e em tempo real para avaliar a saúde de ecossistemas de software *open source* (OSSECO), motivado pela necessidade crescente de organizações adotarem OSS e pela falta de processos formais para selecionar e gerir componentes OSS no contexto do ecossistema. A proposta define um modelo de referência para caracterização de indicadores de saúde e permite especificar objetivos/condições de saúde conforme o perfil do *stakeholder* (adotante, contribuidor ou gestor). Além disso, o *OSS-CARE* utiliza redes *bayesianas* para agregar métricas e produzir indicadores de alto nível, integrando componentes de monitoramento e análise que verificam automaticamente o cumprimento dos objetivos e apresentam os resultados em um *dashboard* de apoio à decisão. O trabalho valida a proposta em um caso de uso com o ecossistema Eclipse, enfatizando automação, monitoramento contínuo e avaliação orientada a objetivos.

[Zacarias et al. 2025] investigam o papel da transparência em ECOS sob a perspectiva da Experiência do Desenvolvedor (DX). Os autores argumentam que, embora a transparência seja reconhecida como elemento relevante para confiança, engajamento e sustentabilidade dos ecossistemas, sua relação com a DX ainda carece de uma caracterização conceitual sistemática. Para preencher essa lacuna, propõem o modelo conceitual SECO-TransDX, que estrutura o conceito de *DX-driven transparency*, articulando fatores condicionantes, procedimentos do ecossistema, artefatos e dinâmicas relacionais que moldam a percepção de transparência pelos desenvolvedores. O modelo foi construído a partir de estudos prévios sobre DX e transparência em SECO e avaliado por meio de um estudo *Delphi* com especialistas. Como contribuição, o trabalho integra dimensões técnicas, sociais e organizacionais, oferecendo uma base conceitual para analisar como mecanismos de transparência influenciam a experiência do desenvolvedor e, consequentemente, a sustentabilidade do ecossistema.

Em comparação aos trabalhos relacionados, observa-se que [Carvalho et al. 2018] e [Oriol et al. 2023] concentram-se na definição e automatização de métricas de saúde para ECOS, com foco em ontologias, redes *bayesianas* e monitoramento contínuo. Já [Zacarias et al. 2025] amplia a análise ao incorporar dimensões sociotécnicas, como transparência e experiência do desenvolvedor. Diferentemente dessas abordagens, este trabalho enfatiza a modelagem estrutural baseada em SSN como elemento central para analisar saúde e qualidade, destacando a configuração topológica, dependências críticas

e padrões de conectividade do ecossistema ao longo do tempo. A Tabela 1 sintetiza essa comparação.

Tabela 1. Comparação entre trabalhos relacionados e o presente estudo

Trabalho	Foco	Abordagem	Diferença Principal
Carvalho et al. (2018)	Saúde em ECOS	Processo com 58 métricas (HEAL ME) e ontologia	Ênfase métrica; não realiza análise estrutural comparativa
Oriol et al. (2023)	Saúde em OSSECO	Framework automático (OSS-CARE) com redes bayesianas	Foco em monitoramento contínuo; não explora topologia estrutural
Zacarias et al. (2025)	Transparência e DX	Modelo conceitual validado por Delphi	Ênfase sociotécnica; não analisa dependências estruturais
Este Trabalho	Saúde estrutural do SIPPA	Modelagem SSN comparativa	Identifica padrões de declínio via análise topológica longitudinal

4. Abordagem para Análise da Saúde e Qualidade de ECOS

Como representado na Figura 2, o processo da abordagem é composto pelas seguintes etapas: (i) identificação da necessidade de análise do ecossistema, considerando seu contexto, histórico e indícios de degradação ou evolução; (ii) obtenção ou remodelagem dos modelos SSN, assegurando consistência, atualização e aderência à notação formal; (iii) definição dos pontos de atenção da análise, incluindo conectividade, diversidade de papéis, estabilidade estrutural, dependências críticas e sustentabilidade; (iv) aplicação das métricas quantitativas e qualitativas de saúde e qualidade sobre os modelos SSN; e (v) consolidação e interpretação dos resultados, permitindo a identificação de padrões estruturais, pontos de fragilidade, robustez e tendências de evolução do ecossistema.

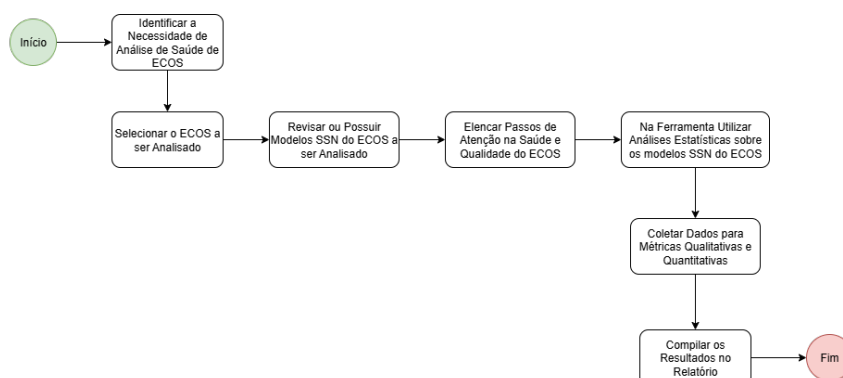


Figura 2. Processo da Abordagem

A abordagem foi implementada na ferramenta *ECOS Modeling* [Pinheiro et al. 2025a], possibilitando a visualização, análise automatizada e comparação de diferentes versões de um mesmo ecossistema. A ferramenta gera relatórios contendo métricas e indicadores que apoiam a compreensão da estrutura do ECOS, o monitoramento de sua evolução ao longo do tempo e a identificação de riscos ou oportunidades de melhoria. Para validação, a abordagem foi aplicada em um estudo de caso com o

ecossistema SIPPA, um ecossistema de software real, caracterizado como descontinuado. A aplicação permitiu observar padrões de dependência, redução de conectividade, perda de diversidade e aumento do acoplamento estrutural, evidenciando sinais associados ao declínio da saúde e da qualidade do ecossistema. Dessa forma, a abordagem contribuiu para a ampliação das práticas de análise em ecossistemas de software, oferecendo uma base metodológica e ferramental para apoiar a avaliação da saúde e da qualidade desses ambientes sociotécnicos complexos.

5. Estudo de Caso: ECOS SIPPA

Para a análise, foram utilizados e remodelados os modelos SSN do SIPPA na ferramenta *ECOS Modeling*, assegurando consistência na representação das versões do ecossistema. A partir disso, foram aplicadas as análises estatísticas na ferramenta, que geraram métricas quantitativas e qualitativas sobre a evolução do SIPPA. A plataforma SIPPA foi selecionada por ser um software consolidado no meio acadêmico da UFC *Campus Quixadá*. O SIPPA atuou como um sistema de controle acadêmico auxiliar, facilitando a interação entre alunos e professores por meio de funcionalidades como turmas virtuais.

5.1. Visão Geral da Análise de Saúde e Qualidade do SIPPA

O modelo SSN do ecossistema do SIPPA apresenta uma estrutura simples, com um conjunto reduzido de atores e relacionamentos. Segundo [Pinheiro and Coutinho 2024], o SIPPA existe em torno de um conjunto de relacionamentos formados por usuários, fornecedores de tecnologia, desenvolvedores de soluções e relacionamentos comerciais, sendo que, ao longo do tempo, novos sistemas foram desenvolvidos em torno da plataforma central.

Esse contexto evidencia que, embora o SIPPA tenha iniciado como um ecossistema funcional, sua configuração permaneceu mais restrita, com menor diversidade de atores e menor robustez estrutural, fatores que influenciaram diretamente sua saúde e qualidade ao longo do tempo. Considerando os três principais tipos de funções descritos por [Hanssen 2012], o SIPPA Web pode ser caracterizado como a plataforma central do ecossistema, sustentada por uma organização responsável por seu desenvolvimento e manutenção. Os usuários finais interagiam diretamente com a plataforma, enquanto uma comunidade de desenvolvedores expandia suas funcionalidades. A Figura 3 exibe os modelos SSN para as duas versões do SIPPA.

Do ponto de vista das dimensões propostas por [Campbell and Ahmed 2010], o SIPPA apresentava: (i) uma dimensão de negócio voltada à identificação de necessidades e manutenção da variedade de produtos; (ii) uma dimensão técnica marcada pela definição e manutenção das tecnologias empregadas; e (iii) uma dimensão social, composta por múltiplos atores interagindo no ecossistema. A versão inicial do SIPPA apresentava uma configuração estrutural simples. A segunda versão foi marcada pela expansão para o ambiente *mobile*, o que introduziu novos papéis, como intermediários e cliente do cliente, além de aumentar o número de fornecedores. Essa evolução ampliou o alcance do ecossistema e caracterizou uma fase de crescimento.

Entretanto, análises posteriores indicam que o SIPPA perdeu vitalidade. Conforme descrito por [Silva et al. 2025] e [Silva et al. 2021], a ausência de manutenção contínua, a falta de novas versões e a redução progressiva da participação dos atores são

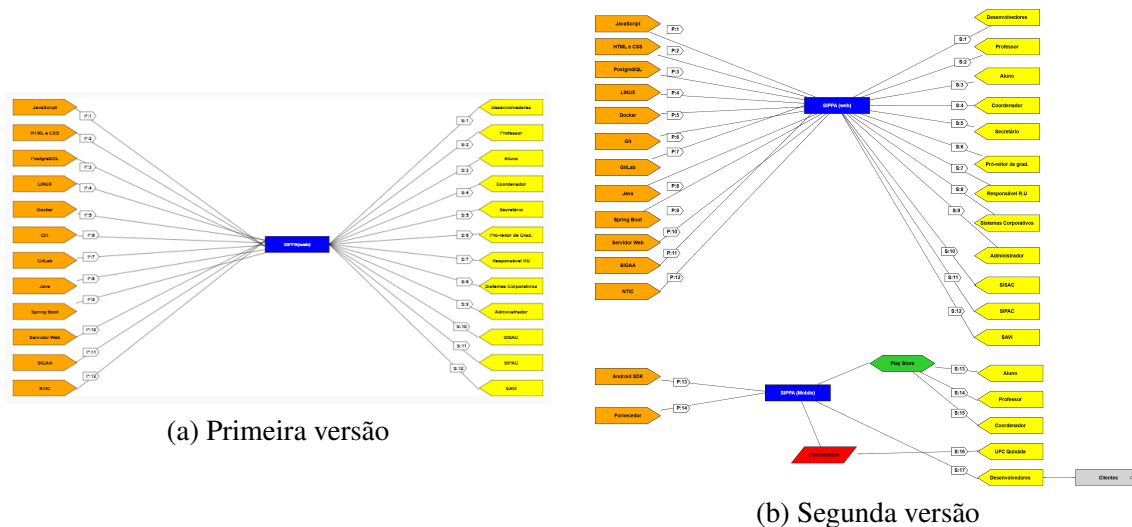


Figura 3. Comparação entre as versões do Modelo SSN do SIPPA.

indícios de estagnação. No caso do SIPPA, a descontinuação da versão *mobile* e o esvaziamento da comunidade de usuários e fornecedores confirmam que o ecossistema não conseguiu manter sua robustez e sustentabilidade, caracterizando um ecossistema descontinuado. A Figura 4 mostra uma tabela com as comparações numéricas gerais para o SIPPA.

Comparação Geral de Métricas		
Métrica	ECOS SIPPA V 1	ECOS SIPPA V 2
Atores Retidos	-	49
Taxa de Retenção (%)	-	100%
Taxa de Lançamento (%)	-	26,87%
Variedade de aplicações	2	5
Atividade da Comunidade	-	27,0%
Modularidade	0	-0,49
Reusabilidade	-	73,0%
Crescimento de Atores	-	37,0%
Estabilidade de Dependências	-	100,0%
Variação Relacionamentos (%)	-	100%

Figura 4. Comparação numérica entre as versões do ECOS SIPPA.

5.2. Resultados

A consolidação dos dados extraídos dos modelos SSN do SIPPA permitiu uma análise comparativa entre as duas versões do ecossistema, evidenciando alterações relevantes em sua estrutura. Inicialmente, é possível observar um crescimento no número total de atores (de 25 para 36) e de relacionamentos (de 24 para 34), refletindo a fase de expansão associada à introdução da versão *mobile*. Esse crescimento, entretanto, não se mostrou necessariamente como um fortalecimento estrutural proporcional.

A taxa de retenção de atores entre as versões foi de 100%, indicando que os participantes existentes foram mantidos durante o processo de evolução. De forma semelhante, a estabilidade das dependências críticas também se manteve elevada, sugerindo

continuidade operacional no curto prazo. Esses indicadores apontam que a transição entre as versões ocorreu sem ruptura imediata na base estrutural previamente estabelecida. Contudo, métricas relacionadas a qualidade arquitetural revelam um cenário diferente. A modularidade apresentou redução significativa (de 0,82 para 0,49), indicando aumento do acoplamento estrutural e maior interdependência entre componentes. Tal comportamento sugere que a expansão do ecossistema ocorreu com menor separação entre módulos e menor coesão estrutural, o que pode comprometer a capacidade de manutenção e evolução futura. Outro aspecto relevante se refere à variação na proporção dos relacionamentos. Embora tenha havido um aumento absoluto no número de conexões, a densidade relativa da rede não acompanhou o crescimento do número de atores, resultando em uma estrutura mais dispersa e menos coesa. Esse padrão indica que novos participantes foram incorporados sem que houvesse fortalecimento equivalente das interações estruturais.

A análise da diversidade de papéis também destaca uma mudança estrutural importante. A segunda versão introduziu novos tipos de atores, como intermediário, cliente do cliente e agregador, ampliando formalmente a diversidade funcional. No entanto, essa ampliação não foi acompanhada por um aumento proporcional na distribuição de centralidade do ecossistema, permanecendo a plataforma principal como núcleo concentrador das dependências. Essa concentração reforça a existência de um ponto estrutural crítico, cuja fragilidade impacta diretamente toda a rede. Em termos de sustentabilidade da estrutura, percebe-se que o crescimento inicial não foi sustentado por renovação contínua. Indicadores posteriores, associados à redução de atividade comunitária e a descontinuação da versão *mobile*, revelam perda progressiva de vitalidade. A diminuição da diversidade de interações, combinada ao aumento do acoplamento, revela um processo de enfraquecimento estrutural que antecede a descontinuidade do ecossistema.

Dessa forma, os resultados indicam que o SIPPA passou por uma fase de expansão quantitativa seguida por uma deterioração qualitativa de sua arquitetura. A coexistência de alta retenção inicial com queda de modularidade junto à concentração de dependências revela um padrão estrutural típico de crescimento que não é sustentável. Tal configuração compromete a robustez, reduz a adaptabilidade e limita a capacidade de evolução do ecossistema a longo prazo.

6. Relação com Sistemas de Informação

A abordagem proposta se insere no contexto de Sistemas de Informação ao tratar da análise estruturada de ambientes sociotécnicos compostos por múltiplos atores, organizações e artefatos de software. Ecossistemas de Software podem ser compreendidos como arranjos organizacionais e tecnológicos nos quais sistemas de informação desempenham papel central na mediação de processos, serviços e fluxos de valor.

A modelagem baseada em SSN permite explicitar relações de dependência, fluxos de software e interações entre participantes do ecossistema, oferecendo suporte à compreensão de sua estrutura e dinâmica. Sob a perspectiva de Sistemas de Informação, tal modelagem contribui para a análise da governança, da interoperabilidade e da sustentabilidade dos sistemas que compõem o ecossistema. Ao possibilitar a identificação de dependências críticas e fragilidades estruturais, a abordagem fornece subsídios para apoiar a tomada de decisão e o planejamento evolutivo de sistemas. Dessa forma, contribui para ampliar a capacidade analítica na área de Sistemas de Informação, especialmente no que

se refere à avaliação da saúde e da qualidade em contextos organizacionais complexos.

7. Conclusão

Este trabalho apresentou uma abordagem baseada na modelagem SSN para analisar a saúde e a qualidade de Ecossistemas de Software a partir de sua dimensão estrutural. A proposta combina representação formal do ecossistema, aplicação de métricas estruturais e interpretação sistemática de indicadores, possibilitando identificar padrões associados à estabilidade, à sustentabilidade e à evolução ao longo do tempo.

A aplicação ao ECOS SIPPA, caracterizado como descontinuado, evidenciou indícios compatíveis com processos de declínio, como redução de conectividade, concentração de dependências críticas e perda de diversidade estrutural, sugerindo que a modelagem comparativa baseada em SSN pode revelar fragilidades que antecedem a perda de vitalidade do ecossistema. Como contribuições, o trabalho reforça o papel da topologia na avaliação de ECOS, propõe um processo sistemático apoiado por SSN e valida empiricamente a abordagem em um caso real; como trabalhos futuros, aponta-se sua aplicação em ecossistemas ativos, a ampliação das métricas e a integração com métodos quantitativos de análise de redes para fortalecer avaliações longitudinais.

Referências

- Bosch, J. (2009). From software product lines to software ecosystems. In *Proceedings [...]*, volume 9, pages 111–119. International Software Product Line Conference (SPLC).
- Boucharas, V., Jansen, S., and Brinkkemper, S. (2009). Formalizing software ecosystem modeling. In *Proceedings [...]*, pages 41–50. international workshop on Open component ecosystems.
- Campbell, P. R. and Ahmed, F. (2010). A three-dimensional view of software ecosystems. In *Proceedings [...]*, pages 81–84. European Conference on Software Architecture: Companion Volume.
- Carvalho, I., Campos, F., Braga, R., David, J. M. N., Ströele, V., and Araújo, M. A. (2018). Health evaluation in software ecosystems. In *ICEIS (2)*, pages 263–271.
- Carvalho, I., Campos, F., Braga, R., David, J. M. N., Stroelle, V., and Araújo, M. A. (2017). Heal me-an architecture for health software ecosystem evaluation. In *Proceedings [...]*, pages 59–65. 5th International Workshop on Software Engineering for Systems-of-Systems and 11th Workshop on Distributed Software Development, Software Ecosystems and Systems-of-Systems (JSOS), IEEE/ACM.
- Coutinho, E. F., Viana, D., and Dos Santos, R. P. (2017). An exploratory study on the need for modeling software ecosystems: The case of solar seco. In *Proceedings [...]*, pages 47–53. International Workshop on Modelling in Software Engineering (MiSE), IEEE.
- Hanssen, G. K. (2012). A longitudinal case study of an emerging software ecosystem: Implications for practice and theory. *Journal of Systems and Software*, 85(7):1455–1466.
- Jansen, S. (2020). A focus area maturity model for software ecosystem governance. *Information and Software Technology*, 118:106219.

- Jansen, S., Brinkkemper, S., and Finkelstein, A. (2007). Providing transparency in the business of software: a modeling technique for software supply networks. In *Proceedings [...]*, pages 677–686. Working Conference on Virtual Enterprises, Springer.
- Oriol, M., Müller, C., Marco, J., Fernandez, P., Franch, X., and Ruiz-Cortés, A. (2023). Comprehensive assessment of open source software ecosystem health. *Internet of Things*, 22:100808.
- Pinheiro, F., Coutinho, E., Lima, R., Silva, M., Bezerra, C., and Andrade, R. (2025a). Ecos modeling: A modeling tool, repository for models and evolution analysis of software ecosystems. In *Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*, pages 369–378, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Pinheiro, F., Coutinho, E., Silva, M., and Bezerra, C. (2024). A systematic mapping of health, quality, evolution, simulation and modeling in software ecosystems. In *Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Pinheiro, F., Silva, M., Lima, R., Coutinho, E., Bezerra, C., and Andrade, R. (2025b). Estudo preliminar sobre a modelagem de ecossistemas de software: O caso do ecossippa. In *Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos*, pages 15–27, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Pinheiro, F. V. and Coutinho, E. (2024). Uma abordagem baseada em rede de fornecimento de software para análise da evolução de ecossistemas de software. In *Anais Estendidos do XX Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*, pages 138–153, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC. Acesso em: 20 out. 2024.
- Santos, R., Valença, G., Viana, D., Estácio, B., Fontão, A., Marczak, S., Werner, C., Alves, C., Conte, T., and Prikładnicki, R. (2014). Qualidade em ecossistemas de software: desafios e oportunidades de pesquisa. In *Proceedings [...]*, pages 41–44, [S. 1.]. Workshop on Distributed Software Development, Software Ecosystems and Systems-of-Systems, [s. n.].
- Silva, A., Pinheiro, F., and Coutinho, E. (2025). Uma abordagem baseada em modelos ssn para análise da saúde e qualidade de ecossistemas de software. In *Anais Estendidos do XXI Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*, pages 379–385, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Silva, F., Pinheiro, F., and Coutinho, E. (2021). Um estudo preliminar sobre a saúde de ecossistemas de software. *Revista Sistemas e Mídias Digitais (RSMD)*, 6(1). Acesso em: 22 out. 2024.
- Souza, L. S., Rodríguez, G., and Rocha, F. G. (2018). Gestão da qualidade em ecossistemas de software: um mapeamento sistemático da literatura. In *Anais [...]*, Brasil. Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software.
- Zacarias, R. O., Santos, R. P. d., and Lago, P. (2025). Towards an understanding of developer experience-driven transparency in software ecosystems. *arXiv preprint arXiv:2509.03848*.

Minibiografias dos Autores

André Luís C. da Silva:

Graduado em Engenharia de Software pela Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus de Quixadá. Possui interesse nas áreas de desenvolvimento frontend, mobile e Ecossistemas de Software. Possui experiência em desenvolvimento full stack e atuação prévia em pesquisa.

Francisco Victor da S. Pinheiro:

Professor do magistério superior da Universidade Federal do Ceará (UFC), atuando no Campus de Quixadá. Doutorando em Ciência da Computação pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (MDCC/UFC). Mestre em Computação pelo Programa de Pós-Graduação em Computação (PCOMP/UFC – Campus de Quixadá, 2023) e graduado em Sistemas de Informação pela mesma instituição (2021). Possui experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Engenharia de Software, Ecossistemas de Software, Internet das Coisas e Ciência de Dados.

Emanuel F. Coutinho:

Professor do magistério superior da Universidade Federal do Ceará, lotado no Campus Quixadá, atuando nas áreas de Sistema de Informação e Engenharia de Software. Possui graduação, mestrado e doutorado em Ciência da Computação. Atua no Programa de Pós-Graduação em Computação (PComp), da Universidade Federal do Ceará (UFC) - Campus Quixadá, e no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Educacional (PPGTE), da Universidade Federal do Ceará (UFC).

Rossana M. C. Andrade:

PhD, Professora Titular da Universidade Federal do Ceará (UFC), Departamento de Ciência da Computação (DC). Rossana possui 20 anos de experiência na coordenação de projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação envolvendo parceiros da indústria e do governo. Ela é a Diretora Fundadora do Grupo de Pesquisa GREat. Obteve seu doutorado pela Universidade de Ottawa, SITE, em 2001, e desde então formou 50 mestres e 12 doutores, mantendo um nível constante e relevante de publicações e registros de software. Suas áreas de pesquisa são redes de computadores e engenharia de software, especificamente, ela investiga os desafios de desenvolvimento, testes e avaliação de software, com foco para o uso de dados, técnicas de inteligência artificial e sensores em dispositivos vestíveis. Ela investiga soluções inovadoras para facilitar o desenvolvimento de software e aumentar sua segurança. Atualmente, aplica sua expertise no domínio de sistemas no setor público e na saúde.