Universidade de Brasília – UnB
Faculdade de Ciências e Tecnologia em Engenharias – FCTE
Engenharia de Software

DevSecOps: um estudo de caso sobre o desenvolvimento do produto Brasil Participativo

Autor: Chaydson Ferreira da Aparecida
Orientador: Msc. Hilmer Rodrigues Neri

Brasília, DF
2025

Chaydson Ferreira da Aparecida

DevSecOps: um estudo de caso sobre o desenvolvimento do produto Brasil Participativo

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia de Software da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Software.

Universidade de Brasília – UnB

Faculdade de Ciências e Tecnologia em Engenharias – FCTE

Orientador: Msc. Hilmer Rodrigues Neri

Brasília, DF

2025

Chaydson Ferreira da Aparecida

DevSecOps: um estudo de caso sobre o desenvolvimento do produto Brasil Participativo/ Chaydson Ferreira da Aparecida. – Brasília, DF, 2025-

113 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Msc. Hilmer Rodrigues Neri

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília – UnB
Faculdade de Ciências e Tecnologia em Engenharias – FCTE , 2025.

1. Palavra-chave01. 2. Palavra-chave02. I. Msc. Hilmer Rodrigues Neri. II. Universidade de Brasília. III. Faculdade UnB Gama. IV. DevSecOps: um estudo de caso sobre o desenvolvimento do produto Brasil Participativo

CDU 02:141:005.6

XXXXXXXXXXX

Errata

Elemento opcional da **??**, 4.2.1.2). **Caso não deseje uma errata, deixar todo este arquivo em branco**. Exemplo:

FERRIGNO, C. R. A. **Tratamento de neoplasias ósseas apendiculares com reimplantação de enxerto ósseo autólogo autoclavado associado ao plasma rico em plaquetas**: estudo crítico na cirurgia de preservação de membro em cães. 2011. 128 f. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

Folha	**Linha**	**Onde se lê**	**Leia-se**
1	10	auto-conclavo	autoconclavo

Chaydson Ferreira da Aparecida

DevSecOps: um estudo de caso sobre o desenvolvimento do produto Brasil Participativo

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia de Software da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Software.

Trabalho aprovado. Brasília, DF, 28 de julho de 2025:

Msc. Hilmer Rodrigues Neri
Orientador

Dr. Renato Coral Sampaio
Convidado 1

Dr. Tiago Alves da Fonseca
Convidado 2

Brasília, DF
2025

A dedicatória é opcional. Caso não deseje uma, deixar todo este arquivo em branco.

Este trabalho é dedicado às crianças adultas que,
quando pequenas, sonharam em se tornar cientistas.

Agradecimentos

A inclusão desta seção de agradecimentos é opcional, portanto, sua inclusão fica a critério do(s) autor(es), que caso deseje(em) fazê-lo deverá(ão) utilizar este espaço, seguindo a formatação de *espaço simples e fonte padrão do texto (sem negritos, aspas ou itálico.*

Caso não deseje utilizar os agradecimentos, deixar toda este arquivo em branco.

A epígrafe é opcional. Caso não deseje uma, deixe todo este arquivo em branco.

"Não vos amoldeis às estruturas deste mundo,
mas transformai-vos pela renovação da mente,
a fim de distinguir qual é a vontade de Deus:
o que é bom, o que Lhe é agradável, o que é perfeito.
(Bíblia Sagrada, Romanos 12, 2)

Resumo

O resumo deve ressaltar o objetivo, o método, os resultados e as conclusões do documento. A ordem e a extensão destes itens dependem do tipo de resumo (informativo ou indicativo) e do tratamento que cada item recebe no documento original. O resumo deve ser precedido da referência do documento, com exceção do resumo inserido no próprio documento. (. . .) As palavras-chave devem figurar logo abaixo do resumo, antecedidas da expressão Palavras-chave:, separadas entre si por ponto e finalizadas também por ponto. O texto pode conter no mínimo 150 e no máximo 500 palavras, é aconselhável que sejam utilizadas 200 palavras. E não se separa o texto do resumo em parágrafos.

Palavras-chave: latex. abntex. editoração de texto.

Abstract

This is the english abstract.

Key-words: latex. abntex. text editoration.

Lista de ilustrações

Lista de tabelas

Lista de abreviaturas e siglas

Fig.	Area of the i^{th} component
456	Isto é um número
123	Isto é outro número
lauro cesar	este é o meu nome

Lista de símbolos

Γ	Letra grega Gama
Λ	Lambda
ζ	Letra grega minúscula zeta
$\in$	Pertence

Sumário

1 Introdução

Neste capítulo são apresentados os conceitos fundamentais que norteiam este trabalho: segurança de produtos de software; Modelos de Qualidade; DevOps e; for fim; DevSecOps. Adicionalmente, são apresentados o escopo do problema, a questão de pesquisa que guia essa investigação e a estrutura geral do documento.

1.1 Contexto

Avaliar os fatores de qualidade de um *software* é de suma importância no desenvolvimento de *software* e, para isso, faz-se necessária a utilização de um modelo que guie a avaliação, de forma a sistematizar o processo e reduzir subjetividades (SIAVVAS et al., 2021a). Nesse sentido, o modelo proposto por McCall, Richards e Walters (1977a), foi o primeiro modelo proposto para analisar a qualidade de produto de software. Nesse trabalho, foram identicados aspectos e propriedades do produto de software, chamados de fatores e seus respectivos subfatores. Também foi proposto um método de avaliação quantitativa, baseada nos fatores, critérios e métricas. Nesse modelo, aspetos relacionados à segurança, foi percebido como um subfator de Integridade. Tratou-se portanto, de um modelo hierárquico. Subsequentemente, o modelo proposto por Boehm (1978a) evoluiu as ideias de McCall, e ambos se tornaram modelos seminais, servindo de referência para os modelos subsequentes. Além de propor novas propriedades e aspectos, renomeou os fatores e subfatores para características e subcaracterísticas. Essa terminologia é utitilzada até hoje, em modelos de referência de qualidade contemporâneos.

A partir da ISO/IEC-9126 (2001), estabeleceu-se um uma norma padrão internacional para analisar a qualidade de produto de software. Essa norma foi baseada nos modelos de McCall, Richards e Walters (1977a) e Boehm (1978a) além de outros, como por exemplo o modelo de Dromey (1995), que incoporava aspectos e propriedades específicas de código-fonte baseado no paradigma orientado a objetos-OO. Na ISO/IEC-9126 (2001) a segurança foi definida como uma subcaracterística de Funcionalidade. A ISO/IEC-25010 (2010) surgiu como uma evolução da ISO 9126, expandindo seus conceitos e adaptando o modelo para a realidade da qualidade de produto de software modernos. Uma relevante alteração foi transformação da até então, subcaracteristica de qualidade para característica, destacando-a como um dos pilares da qualidade do produto. Além de, reorganizar as características e suas respectivas subcaracteríticas na visão de qualidade interna, também foi incorporada ao modelo a visão da qualidade em uso. Tem-se ainda, a ISO/IEC-27001 (2022), que define requisitos para implementar, manter e melhorar continuamente, a segurança da informação em uma organização; além, da ISO/IEC-27034

(2011), que fornece diretrizes para as organizações sobre como integrar a segurança em suas aplicações, ao longo de todo o ciclo de vida de desenvolvimento, busacando mitigar as potenciais ameaças cibernéticas. Contudo, nenhuma dessas normas ISO/IEC, fornecem um método para avaliar a segurança de software de maneira quantitativa ou qualitativa. Assim, torna-se necessário recorrer a outros modelos e ferramentas que ofereçam uma abordagem para operacionalizar os conceitos abstratos definidos nessas normas, com suas respectivas fórmulas de cálculo, medidas e métricas, valores de referência, ponderação e agregação numérica, possibilitando o cálculo de indicadores quantitativos e qualitativos de segurança. Entretanto, é importante destacar que existem alguns frameworks e práticas que auxiliam a observação de aspcetos técnicos da segurança, quanto organizaçionais, como por exemplo:

- o modelo de maturidade *OWASP-DSOMM* (OWASP, 2020) e a lista das dez vulnerabilidades de maior ocorrência *OWASP Top 10* (OWASP, 2021);
- o catálogo de vulnerabilidades *Common Weakness Enumeration-CWE*, mantido por uma comunidade que envolve a indústria, academia e governo norte americano (Mitre Corporation, 1999)

Nos dias atuais, a segurança de sistemas e produtos de software é um dos fatores mais críticos. Os ataques cibernéticos explorando vulnerabilidades de produtos de software tem provocado impactos negativos, em ordem mundial. Recente, no Brasil, por exemplo, vivenciamos a tida como maior invasão de dispositivo eletrônico do País, provocando prejuízos financeiros na ordem R$ 800 milhões (UOL, 2025) (G1, 2025) (VALOR-ECONOMICO, 2025). Portanto, torna-se imperativo promover a cultura de desenvolvimento seguro, além de, incorporar práticas e técnicas de segurança, que tornem as análises e decisões mais sistemáticas, ao longo de todo ciclo de desenvolvimento.

Nas últimas três décadas, a Engenharia de Software passou por uma profunda transformação na mameira de como se desenvolver produtos de software. Isso se deu por meio dos métodos ágeis, a filosofia de desenvolvimento Lean e práticas de comunidades de software livre (FITZGERALD; STOL, 2017) (LóPEZ et al., 2022). Atualmente, a cadência do ciclo de desenvolvimento acontece em um pequeno intervalo de tempo (dias, semanas). Isso fez com que entrega e implantação de versões de produtos de software passassem a ser disponibilizas e implantadas, continuamente. Além disso, os antigos sistemas "monolito", transformaram em subsistemas com responsabilidades específicas, especializadas e, que se comunicam entre si. Assim, as versões dos produtos passaram a ser cada vez "menores"e independentes do ponto devista da implantação. Para lidar com essa nova realidade escala no desenvolvimento de produtos de software, é necessário dispormos de tecnologias que nos auxiliem com a automação e sistematização das análises, com efeito na tomada de decisão sobre novas implantações.

Na esteira da transformação ágil, em 2009, Patrick Debois propôs o termo DevOps. Esse termo abarcou um conjunto de nuances que que em essência, buscava remover a barreira existente entre os times de desenvolvimento e operações, quando da implantação. A compreensão sobre esse termo passa por diferentes facetas como: cultura, automação; métodos e procedimentos de desenvolvimento e operações contínuos e integrados; colaboração (FRANçA; JUNIOR; TRAVASSOS, 2016) (DíAZ et al., 2022) (LUZ; PINTO; BONIFÁCIO, 2019) . Um dos principais objetivos é reduzir o ciclo de vida do desenvolvimento de software, permitindo entregas mais frequentes e automatizadas ou semi-automatizadas. As principais práticas de DevOps são a Integração Contínua (CI), que consiste em integrar o código desenvolvido na ramificação principal com validação de build e testes de forma automática para detectar falhas, e a Entrega/Implantação Contínua (CD), que consiste em deixar o software pronto para entrar em produção e realizar o seu lançamento de forma automatizada (RAJAPAKSE et al., 2022).

Já o *DevSecOps* integra os princípios e práticas do *DevOps*, adicionando o time de segurança ao processo. Esse paradigma implementa uma abordagem de segurança chamada *Shift-Left*, na qual os processos de segurança são realizados desde o início do desenvolvimento, com o objetivo de evitar problemas decorrentes de uma avaliação tardia. Além disso, é formado por práticas de segurança como treinamento da equipe, testes de segurança automatizados e feedback contínuo (RAJAPAKSE et al., 2022).

1.2 Problema

Medir a segurança de software representa um grande desafio (RAJAPAKSE et al., 2022). Embora já exista muito conhecimento acumulado na área, ainda carecemos de modelos que apresentem formas sistematizadas de avaliação da segurança. Frequentemente, os métodos são baseados em critérios subjetivos, como a opnião de especialistas e não possuem validação empírica, o que afeta a confiabilidade dos resultados (SIAVVAS et al., 2021a).

No contexto do desenvolvimento e implantação contínua, esse desafio se torna ainda mais difícil. Métodos tradicionais de análise de segurança são impraticáveis devido à velocidade das entregas (RAJAPAKSE et al., 2022). A medição da seguranca se torna ainda mais desafiadora ao lidar ciclos continuos de lançamentos de versões de produtos. A segurança é uma propriedade multifacetada, emergente e dependente do contexto, o que complica sua quantificação (KUDRIAVTSEVA; GADYATSKAYA, 2024). Em essência, a falta de compreensão sobre cultura e práticas de desenvolvimento contínuo e seguro, pode comprometer ou mesmo inviabilizar, a estratégia de negócio de várias organizações mundiais.

1.3 Questão de Pesquisa

A definição da questão de pesquisa foi elaborada utilizando a abordagem *Goal Question Metric* (GQM). Essa é uma abordagem que tem como objetivo definir, de maneira *top-down* e hierárquica, os objetivos a serem alcançados, as perguntas a serem respondidas para cumprir tais objetivos e as métricas necessárias para responder a cada pergunta de forma quantitativa, como mostra a Figura 1. Essa estrutura foi adaptada para o contexto da pesquisa, conforme a Tabela 1, resultando na seguinte questão:

Tabela 1 – GQM Adaptado

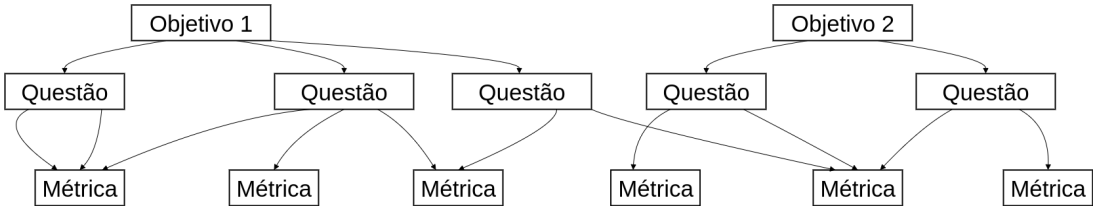
Característica	**Valor**
Analisar	a característica de qualidade de produto de software com foco na segurança e suas respectivas subcaracterísticas, nas visões interna e externa.
Com o propósito de	Caracterizar
Com respeito ao	desenvolvimento contínuo de produtos de software seguros (DevSecOps)
Do ponto de vista de	Pesquisador
No contexto do	desesenvolvimento de aplicações web seguras e de código-fonte aberto

Fonte: Adaptado de Basili, Caldiera e Rombach (1994)

Considerando essa perspectiva definimos a sguinte questão principal de pesquisa deste estudo

Como analisar a característica de segurança no desenvolvimento contínuo de sistemas web, considerando as visões de qualidade interna e externa

Figura 1 – Abordagem GQM



Fonte: Adaptado de Basili, Caldiera e Rombach (1994)

1.4 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho consiste em analisar a adoção de práticas de DevSecOps no ciclo de devida de desenvolvimento do produto de software-livre Brasil Participativo[1]. Para alcançar este propósito, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

[1] Link para o repositório do projeto

- Fundamentar teoricamente os conceitos de *DevSecOps*, modelos de segurança e metodologias de desenvolvimento seguro.

- Incorporar um conjunto de práticas *DevSecOps* ao ciclo de desenvolvimento do produto de *software* sob análise.

- Planejar um estudo de caso focado na observação das práticas implementadas.

- Conduzir o estudo de caso, realizando a coleta e a análise das medidas e métricas segurança, que apoiem a discussão dos resultados alcançados.

- Apresentar as conclusões e os *insights* resultantes desta investigação.

1.5 Estrutura do Trabalho

A seguir, são apresentados os capítulos que compõem a estrutura deste trabalho.

- Introdução: apresenta a contextualização do trabalho, o problema de pesquisa, a definição da questão de pesquisa e dos objetivos do trabalho. Por fim, descreve a estrutura das atividades realizadas.

- Referencial Teórico: estabelece a fundamentação teórica da monografia, abordando os tópicos centrais da pesquisa: DevSecOps, qualidade de software, segurança de software e modelos de avaliação de maturidade.

- Revisão Estruturada da Literatura: explicita o processo empregado para seleção que fundamentam este trabalho incluindo o protocolo de pesquisa e filtragem dos estudos e os resultados obtidos.

- Planejamento do Estudo de caso: descreve o protocolo utilizado para a condução do estudo de caso, detalhando seus objetivos, perguntas de pesquisa e atividades.

- Execução do Estudo de caso: apresenta a execução do planejamento, incluindo as etapas realizadas para a coleta e análise dos dados.

- Resultado do Estudo de Caso: explicita os resultados obtidos com a execução do estudo de caso, incluindo a análise dos dados coletados e a discussão dos achados.

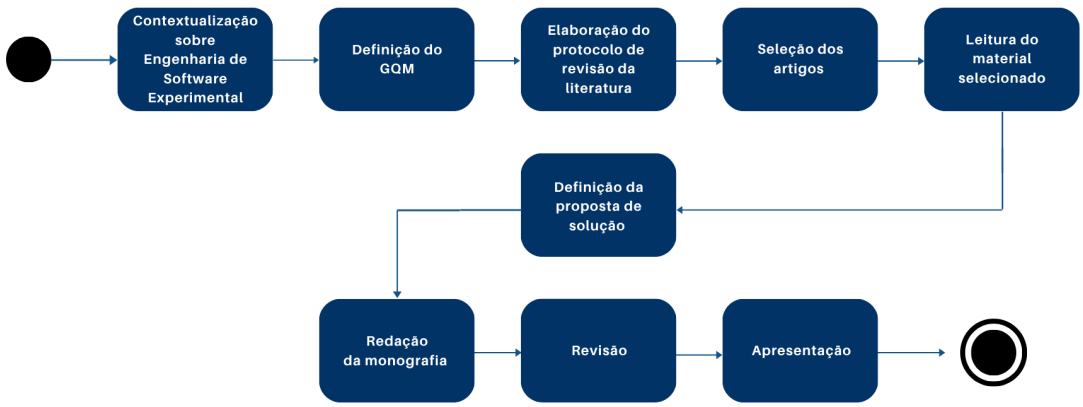
- Conclusão: consolida os achados obtidos parcial ou integralmente e como esses resultados respondem à questão de pesquisa principal, bem como as limitações do estudo e as possibilidades de aprofundamento de trabalhos futuros.

1.6 Cronograma e Atividades

1.6.1 Primeira Etapa

Esta subseção detalha as atividades desenvolvidas na primeira etapa da monografia. A Figura 2 ilustra o fluxo das atividades, enquanto a Figura 3 apresenta o cronograma correspondente.

Figura 2 – Atividades da Primeira Etapa



Fonte: Autor

- Contextualização sobre Engenharia de Software Experimental: Estudo sobre os métodos de pesquisa empírica em Engenharia de Software, como revisão sistemática da literatura, survey, experimentos e estudo de caso. Conceitos esses, fundamentais para a condução do trabalho proposto. (WOHLIN et al., 2012) (YIN, 2015) (**??**)
- Definição do GQM: Aplicação da abordagem Goal Question Metric (GQM) (BASILI et al., 1994) para a construção da questão principal de pesquisa, suas subquestões e as medidas a serem analisadas.
- Elaboração do Protocolo de Revisão da Literatura: Estruturação e adaptação do protocolo de revisão sistemática da literatura proposto por Kitchenham, Charters et al. (2007). Essa sistematização organizará nosso processo de revivão da literatura pertinente. Este processo inclui a definição da string de busca baseada no protocolo PICO, adapatado da área da medicina (PAI et al., 2004a). Por meio desse protocolo definimos sinônimos de termos, critérios de inclusão e exclusão de estudos, além do método de análise e extração de dados.

Figura 3 – Cronograma da Primeira Etapa

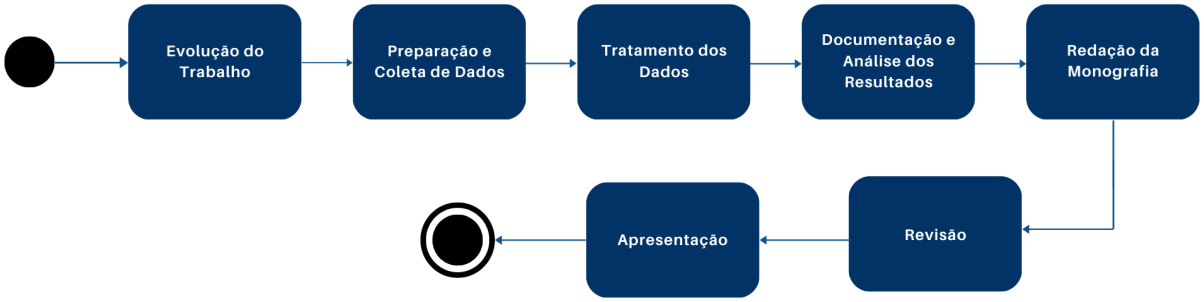
Fonte: Autor

- Seleção dos Artigos: Execução da filtragem dos estudos por meio da leitura de títulos, resumos e palavras-chave, com a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão definidos.
- Análise do Material Selecionado: Leitura completa dos artigos selecionados para aprofundar o conhecimento sobre o estado da arte em métodos de avaliação de segurança de sistemas web e práticas de desenvolvimento seguro.
- Definição da Proposta de Solução: Definição os modelos de segurança, as ferramentas e as atividades do estudo de caso.
- Redação da Monografia: Escrita do texto da monografia, conforme a estrutura presente na Seção 1.5.
- Revisão: Realização das correções e dos ajustes solicitados pelo orientador.
- Defesa: Preparação do material e apresentação do trabalho final para a banca examinadora.

1.6.2 Segunda Etapa

Esta subseção, de forma semelhante à anterior, detalha as atividades previstas para a segunda etapa da monografia. A Figura 4 define o fluxo das atividades e a Figura 5 o cronograma.

Figura 4 – Atividades da Segunda Etapa



Fonte: Autor

- Evolução do Trabalho: Revisão e aprimoramento do trabalho desenvolvido na primeira etapa, com base no feedback recebido durante a defesa. Além disso, foram adicionadas as atividades parcialmente concluídas na etapa anterior.
- Preparação e Coleta de Dados: Configuração do ambiente e das ferramentas necessárias para a coleta dos dados do estudo de caso.
- Tratamento dos Dados: Processamento e organização dos dados coletados, preparando-os para a análise.
- Documentação e Análise dos Resultados: Elaboração dos resultados, incluindo a análise dos dados e a discussão dos insights obtidos com a realização do estudo de caso.
- Redação da monografia: Continuação da escrita da monografia, de acordo com a estrutura da Seção 1.5.
- Revisão: Correção final do trabalho.
- Apresentação: Defesa final do trabalho concluído.

Figura 5 – Cronograma da Segunda Etapa

Fonte: Autor

2 Referencial Teórico

O referêncial teórico é composto pelos estudos e trabalhos que foram utilizados como base para a realização da pesquisa. Desse modo, este capítulo apresenta os conceitos-chave, teorias, modelos e metodologias que guiaram a execução do estudo de caso proposto.

2.1 Engenharia de Software Experimental

A engenharia de software é uma área bastante influênciada pelo comportamento humano, portanto, diferemente de áreas como a física, não é possível a formulação de regras ou leis universais, exceto para certos aspectos estritamente técnicos. No entanto, é necessário realizar escolhas entre diferentes abordagens de desenvolvimento, ferramentas, técnicas, práticas e métodos, avaliar ou validar propostas já existentes. Assim, a engenharia de software experimental fornece as ferramentas necessárias para a realização de experimentos e análises, permitindo a validação de propostas e a comparação de diferentes abordagens com base científica. É através da engenharia de software experimental que se tonna possível compreender e identificar a relação entre diferentes fatores ou variáveis, pois seus resultados são objetivos e estatisticamente significativos. Dessa forma, a engenharia de software experimental oferece uma forma sistemática, controlada e quantificável de avaliar as atividades da área, mesmo que elas sejam baseadas em comportamentos humanos (WOHLIN et al., 2024).

O estudo de caso é uma investigação empírica de um fenônemo contemporâneo, ou vários pequenas ocorrências dele, em seu contexto real. Esse tipo de estudo de estudo é adequado para avaliar métodos e ferramentas de engenharia de software, pois permite ao pesquisador observar o fenônemo em tempo real. Devido a esse contexto, seu planejamento, coleta e análise de dados seguem uma abordagem flexível, o que significa que essas etapas acontecem de forma iterativa e são evoluídas com a maturidade da pesquisa (WOHLIN et al., 2024).

Já as *Surveys*, são pesquisas utilizadas para coletar informações sobre pessoas. Com elas é possível descrever, comparar ou explicar suas opiniões e comportamentos, possibilitanto uma compreensão ampla do contexto em análise. Sua execução geralmente acontece por meio de questionários ou entrevistas, sendo os questionários a forma principal de coleta de dados. Eles podem coletar dados qualitativos, por meio de perguntas abertas e quantitativos, usando perguntas fechadas, e tem como característica a possibilidade de alcance de um grande número de participantes, fornecendo um panorama geral. Por sua vez, as entrevistas envolvem o contato direto entre o pesquisador e os participantes, isso permite ao pesquisador fazer perguntas com alto grau de profundidade, o que leva a

uma compreensão mais minuciosa do fenônemo. Apesar disso, os custos para realizar uma pesquisa são significamente maiores em relação ao questionário (WOHLIN et al., 2024).

Para fundamentar as bases de uma pesquisa baseada na engenharia de software experimental utiliza-se as revisões sistemáticas da literatura. O principal objetivo desse processo é identificar, analisar e interpretar as evidências disponíveis relacionadas a questão de pesquisa definida pelo pesquisador, de forma livre de viés e através de um protocolo que possibilite a reprodutibilidade. Para alcançar fundamental elaborar um planejamento de a revisão, especificando as questões de pesquisa e o protocolo detalhado de revisão. Após essa etapa acontece a condução da revisão, etapa em que os estudos são identificados pelas estratégia de busca definida, para que, posteriormente, os estudos seja feita a seleção do material com base nos critérios de inclusão e exclusão. Finalmente, a qualidade dos estudos é avaliada para que ao final da revisão os pesquisadores apresentem os achados obtidos com a revisão (WOHLIN et al., 2024).

2.1.1 Estudo de Caso

Um estudo de caso é uma metodologia de pesquisa empírica que se concentra na investigação de um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, utilizando múltiplas fontes de evidência e bastante adequado para avaliação industrial de métodos e ferramentas de engenharia de software (WOHLIN et al., 2024).

Ao conduzir um estudo de caso, existem cinco etapas principais a serem percorridas: definição, preparação para a coleta de dados, coleta de evidências, análise de dados coletados e relato dos resultados (YIN, 2015).

2.1.1.1 Definição

Define os conceitos fundamentais do estudo de caso que compõe planejamento do estudo a ser realizado.

- Objetivo: O que se pretende alcançar. Pode ser gerar descobrir algo sobre algum fenômeno, retratar alguma situação, tentar aprimorar algum aspecto de fenômeno, entre outros. O objetivo tende a ser mais geral no início e evolui durante o estudo.
- Caso: O objeto de estudo. Pode ser um projeto de desenvolvimento de software, um grupo de pessoas, um processo, um produto, uma política, um papel na organização, uma tecnologia, entre outros.
- Trabalhos Relacionados: São as referências que constituem a base teórica do estudo. Eles são obtidos pela realização de uma revisão da literatura e ajudam o pesquisador conduzir o estudo.

- Perguntas de Pesquisa: O que precisa ser conhecido para cumprir o objetivo do estudo. Assim como o objetivo, as perguntas de pesquisa evoluem e são refinadas durante o estudo.
- Métodos: As decisões principais sobre os métodos de coleta de dados são definidas nesta fase.
- Seleção: Escolhe o caso e as unidades de análise que serão analisados.

2.1.1.2 Preparação e Coleta de Dados

Estabelece quais dados serão coletados e de que forma isso acontecerá. É ncessário estabelecer a triangulação dos dados para aumentar confiabilidade dos resultados obtidos.

- Primeiro grau: O pesquisador tem contato direto com os participantes.
- Segundo grau: O pesquisador coleta dados brutos diretamente sem interagir com os sujeitos durante a coleta, como o monitoramento automático de ferramentas de engenharia de software.
- Terceiro grau: O pesquisador utiliza dados já disponíveis e tratados.

2.1.1.3 Análise de Dados Coletados

Os dados coletados, sejam qualitativos ou quantitativos, são analisados visando obter informações relevantes para o estudo de caso.

- Análise de Dados Quantitativos: Inclui estatísticas descritivas, análise de correlação, desenvolvimento de modelos preditivos e teste de hipóteses.
- Análise de Dados Qualitativos: Visa extrair conclusões a partir dos dados.

2.1.1.4 Relato dos Resultados

Aqui são apresentados os resultados que os pesquisadores conseguiram obter com a aplicação do estudo de caso.

- Contexto: apresenta a visão geral do projeto e informações pertinentes relacionadas ao ambiente onde o estudo de caso foi realizado.
- Procedimentos: aborda as etapas realizadas ao decorrer do estudo.
- Resultados: apresenta os resultados de forma clara e com evidências sólidas.
- Discussão: os resultados são interpretados e são apresentadas asas limitações do estudo e suas implicações.

- Conclusões: Sintetíza os achados da pesquisa.

2.2 Modelos de Qualidade de Software

O modelo de McCall, Richards e Walters (1977b) é considerado pioneiro na avaliação da qualidade de software. O modelo propõe uma estrutura hierárquica para avaliar a qualidade do software a partir de fatores de qualidade, ou seja, ele permite que a qualidade de um determinado sistema seja avaliada de maneira mensurável. Os fatores são grupados nas categorias principais de operação, revisão e transição, porém cada categoria de fator é decomposta em vários subfatores para tornar possível a sua análise. A categoria de operação está relacionada com os fatores referentes ao uso efetivo do software, já a revisão está ligada a capacidade do software de ser mantido e modificado, por fim, a transição à adaptação do software em novos ambientes (MCCALL; RICHARDS; WALTERS, 1977b).

Posteriormente, Boehm (1978b) expandiu o modelo de McCall, Richards e Walters (1977b). Ele propôs uma abordagem hierárquica, mas com uma estrutura e terminologia diferente, terminologia essa que se tornou o padrão na engenharia de software. As fatores de McCall, Richards e Walters (1977b), agora chamados de características de alto nível, que representam o valor do software, características de nível intermidiário, que detalham as características de alto nível, e as características primitivas, que podem ser avalidas diretamente no código (BOEHM, 1978b).

Com o avanço da engenharia de software, novos modelos de qualidade foram propostos. Entre eles, destacam-se o modelo de Dromey (1995), que enfatiza a importância de vincular as características de qualidade diretamente aos componentes do software. Ele utiliza a abordagem bottom-up, ou seja, os componentes de software de baixo nível são determinam diretamente as características de qualidade de alto nível do sistema (DROMEY, 1995).

No processo de desenvolvimento de software, é fundamental garantir o uso consistente e correto de terminologias, métricas e métodos para a avaliação de qualidade. Nesse sentido, a norma ISO/IEC 25010 (2023) se estabelece como o documento que determina o padrão internacional que orienta a avaliação de sistemas de software. Esta norma integra a família ISO/IEC 25000 (2014), conhecida como SQuaRE (Requisitos e Avaliação de Qualidade de Sistemas e Software). O objetivo da série SQuaRE é estruturar a avaliação da qualidade de software por meio de um modelo de qualidade hierárquico e adaptável ao contexto de cada organização (ISO/IEC 25010, 2023).

A ISO/IEC 25010 (2023) substitui a versão anterior do modelo de qualidade, a ISO/IEC 9126 (2001), e define a qualidade de um produto de software com base em oito características principais, que por sua vez são subdivididas em subcaracterísticas. As características de qualidade de produto são: adequação funcional, desempenho, compati-

bilidade, usabilidade, confiabilidade, segurança, manutenibilidade e portabilidade. Adicionalmente, a norma também define as características de qualidade em uso, que avaliam o impacto do produto da perspectiva do usuário. São elas: eficácia, eficiência, satisfação, liberdade de risco e contexto de cobertura (ISO/IEC-25010, 2010).

O modelo SQALE proposto por (LETOUZEY; COQ, 2010), inspirado por McCall, Richards e Walters (1977b) e pela ISO/IEC 9126 (2001), deu um passo além de apenas medir, pois ele fornece um caminho para aumentar a qualidade do software. Para atingir esse objetivo, o SQALE define um conjunto de práticas que orientam a avaliação e a melhoria da qualidade do software. Elas fornecem diretrizes técnicas aos desenvolvedores apontadas por um sistema de pontuação adaptável que enfatiza com notas baixas as partes mais problemáticas do sistema (LETOUZEY; COQ, 2010).

O Quamoco é um metamodelo desenvolvido por Wagner et al. (2012) baseado na ISO/IEC 25010 (2023) que utiliza um método de avaliação de qualidade baseado na Teoria de Utilidade de Múltiplos Atributos/Valores (MAUT/MAVT). Por ser um metamodelo, ele permite que sejam construídos modelos que adaptados a realidade de uma organização, em vez de aplicar uma análise rígida como visto nos outros modelos. Ademais, o modelo possui validação empírica em relação à detecção de diferenças de qualidade e visibilidade de melhorias ao longo do tempo (WAGNER et al., 2012).

Buscando atender às necessidades do desenvolvimento moderno López et al. (2018) desenvolveram o modelo Q-Rapids. Apesar de baseado no Quamoco, ele incorpora aspectos adicionais relacionados ao desenvolvimento ágil e DevOps. O modelo Q-Rapids integra dados de diversas fontes, como respositórios de código, ferramentas de análise estática, sistemas de rastreamento de defeitos, ferramentas de integração contínua e o resultado de testes para fornecer uma visão abrangente da qualidade do software ao longo do ciclo de vida do desenvolvimento (LóPEZ et al., 2018).

Também baseado na norma ISO/IEC 25010 (2023), o modelo QATCH Siavvas, Ampatzoglou e Stamelos (2017) fornece uma abordagem de avaliação de qualidade de software que leva em conta a natureza subjetiva da qualidade de software. Segundo os autores, o modelo deve ser capaz de ser ajustado às necessidades específicas dos stakeholders, permitindo a personalização dos critérios de avaliação e a adaptação às particularidades do contexto em que o software será utilizado. Para isso, ele utiliza análise estática em repositórios de referência e opinião de especialistas para definir os limiares e pesos (SIAVVAS; AMPATZOGLOU; STAMELOS, 2017).

2.3 Segurança de Software

A segurança de software é um aspecto fundamental da qualidade de software, sendo um dos atributos principais do modelo de qualidade ISO/IEC-25010 (2010). Ela é definida

como o grau em que um sistema ou produto de software protege informações e dados, armazenados ou em trânsito, de forma a impedir o acesso não autorizado por diferentes entes, sejam pessoas, programas ou outros sistemas, de acordo com os seus respectivos níveis de permissão, assim contribuindo para a confiança do sistema (ISO/IEC-25010, 2010).

Para possibilitar a sua análise detalhada, a ISO/IEC-25010 (2010) define cinco sub-características de segurança fundamentais. A primeira delas é a confidencialidade, que se refere à capacidade do sistema de proteger informações contra acessos não autorizados. A segunda é a integridade, que diz respeito à capacidade do sistema de proteger informações contra modificações não autorizadas. A terceira sub-característica é o não-repúdio, que se refere à capacidade do sistema de garantir que as ações realizadas por um usuário ou sistema não possam ser negadas posteriormente. A quarta sub-característica é a responsabilidade, que diz respeito à capacidade do sistema de rastrear e registrar as ações realizadas por usuários ou sistemas. Por fim, a quinta sub-característica é a autenticidade, que se refere à capacidade do sistema de garantir que os usuários ou sistemas são quem dizem ser.

Por outro lado, a família de normas ISO/IEC 27000 (2018) é um conjunto de padrões internacionais que fornecem diretrizes e melhores práticas para a gestão da segurança da informação. Elas definem termos e definições, estabelecem requisitos para um sistema de gestão de segurança da informação (SGSI) e fornecem orientações para a implementação e manutenção de controles de segurança da informação.

Desse modo, a norma ISO/IEC 27001 (2022) é a referência internacional para gestão da segurança da informação. Ela especifica os requisitos para estabelecer, implementar, manter e melhorar continuamente um SGSI dentro do contexto organizacional, ajudando a proteger as informações de maneira eficaz. A norma também define confidencialidade, integridade e disponibilidade como os três pilares da segurança da informação. Segundo a ISO/IEC 27000 (2018), a confidencialidade garante que as informações sejam acessíveis apenas por pessoas autorizadas, a integridade assegura que as informações sejam precisas e completas, e a disponibilidade garante que as informações estejam acessíveis quando necessário.

Atualmente, monitorar, medir, analisar e avaliar a eficácia da segurança da informação é uma tarefa essencial para a engenharia de software. Visando atender essa necessidade, a ISO/IEC 27004 (2016) estabelece como realizar esses procedimentos, além de fornecer orientações para verificar o desempenho dos mesmos. Com o apoio da norma ISO/IEC 27004 (2016), as organizações conseguem desenvolver e selecionar métricas, estabelecer processos de medição e avaliação, e implementar melhorias contínuas na segurança da informação.

A OWASP (Open Web Application Security Project) é uma fundação internaci-

onal sem fins lucrativos que tem como objetivo conscientizar desenvolvedores, promover boas práticas e melhorar a segurança de software através da elaboração de documentos, ferramentas, frameworks e pesquisas disponibilizadas de maneira gratuita (OWASP Foundation, 2025). Um dos documentos mais importantes produzidos pela OWASP é o OWASP Top 10, que lista as dez principais vulnerabilidades de segurança em aplicações web. A lista é atualizada periodicamente e serve como um guia para desenvolvedores e profissionais de segurança, facilitando identificar e mitigar os riscos comuns nos sistemas de software (OWASP, 2021).

De maneira complementar, o CWE (Common Weakness Enumeration) feito pela Mitre Corporation (1999), é uma lista categorizada de tipos de fraquezas de software e hardware que estabelece uma linguagem padrão para descrever as causas das vulnerabilidades. Já o CVE (Common Vulnerabilities and Exposures) é um dicionário público de vulnerabilidades de segurança conhecidas, também mantido pela (The MITRE Corporation, 1999), descreve as vulnerabilidades encontradas nos sistemas de maneira individual. Por último, o CVSS (Common Vulnerability Scoring System) é um padrão aberto para avaliar a gravidade das vulnerabilidades de segurança em sistemas de software, fornecendo uma pontuação numérica que ajuda as organizações a priorizar suas ações de mitigação, por exemplo, as vulnerabilidades são enumeradas de zero à dez e acompanhadas de um nível de severidade (Nenhum, Baixo, Médio, Alto, Crítico) (Forum of Incident Response and Security Teams (FIRST), 2015).

2.4 DevOps

A origem do termo e do movimento DevOps remonta a dois eventos distintos no ano de 2009. O primeiro deles aconteceu em julho daquele ano, quando John Allspaw e Paul Hammond apresentaram a palestra "10 deploys por dia: cooperação entre Dev & Ops no Flickr"na conferência Velocity. Poucos meses depois, Patrick Debois organizou a conferência "DevOps Days"em Ghent, Bélgica, que é considerada o primeiro evento oficial do movimento DevOps. Desde então, o termo e o movimento DevOps ganharam popularidade e se tornaram uma abordagem amplamente adotada para o desenvolvimento e operação de software (Google, 2024).

Em suma, DevOps é um conjunto de práticas e valores culturais que visa encurtar o ciclo de vida de desenvolvimento de software, aumentar a qualidade do software produzido e facilitar a sua evolução contínua. Para alcançar esses objetivos, o DevOps promove a colaboração e a comunicação entre as equipes de desenvolvimento e operações (ALJOHANI; ALQAHTANI, 2023).

Sinan, Shahin e Gondal (2025) definem como práticas basilares a automação e o monitoramento. A automação é essencial para realizar tarefas repetitivas de forma

eficiente e consistente, reduzindo erros humanos e aumentando a velocidade de entrega. Já o monitoramento é fundamental para garantir o funcionamento correto, desempenho e segurança dos sistemas em produção, permitindo a identificação e resolução rápida de problemas. Ademais, essas duas práticas se beneficiam mutuamente, uma vez que o monitoramento possibilidade observar o comportamento da automação e a automação permite que o processo de monitoramento seja mais eficiente.

Segundo Sinan, Shahin e Gondal (2025), o pipeline de CI/CD é a implementação prática dos princípios de automação e monitoramento. Ele funciona como uma esteira de produção de software, onde o código é continuamente integrado, testado e entregue de forma automatizada. O pipeline de CI/CD é composto por duas etapas princípais, a Integração Contínua (CI) e a Entrega Contínua (CD).

A primeira fase é a Integração Contínua, aqui o código é frequentemente integrado em um repositório central compartilhado, onde é automaticamente testado para garantir que ele funcione corretamente. A etapa seguinte é a Entrega Contínua. Nessa fase, o código que passou pelos testes na etapa de CI é automaticamente implantado no ambientes de produção e entregue aos usuários finais (SINAN; SHAHIN; GONDAL, 2025).

2.5 DevSecOps

Nos modelos tradicionais de desenvolvimento de software, a segurança é frequentemente tratada como uma etapa separada, realizada por uma equipe isolada e realizada no fim do ciclo de vida do desenvolvimento. Isso pode levar a atrasos na entrega do software, aumento dos custos e vulnerabilidades de segurança não detectadas. Essa situação é ainda mais acentuada em ambientes DevOps, onde a velocidade e a integração contínua são priorizadas e essa metodologia acaba representando um gargalo no processo de desenvolvimento (SINAN; SHAHIN; GONDAL, 2025).

Para superar esses desafios, surgiu o conceito de DevSecOps, que integra práticas de segurança diretamente no ciclo de vida do desenvolvimento de software. O objetivo do DevSecOps é garantir que a segurança seja uma responsabilidade compartilhada entre as equipes de desenvolvimento, operações e segurança, promovendo uma cultura de colaboração e comunicação contínua (SINAN; SHAHIN; GONDAL, 2025).

Assim, a implementação de práticas DevSecOps consiste na inserção de ferramentas e processos de segurança em diferentes etapas do pipeline de CI/CD. Essa prática ficou conhecida como deslocar a segurança para a esquerda (*shift-left security*), que significa incorporar a segurança já nas fases iniciais do desenvolvimento.

Como primeira barreira de defesa, a análise estática de código (*Static Application Security Testing* - SAST) é utilizada para identificar vulnerabilidades diretamente no

código-fonte, abordagem conhecida como caixa-branca. Ferramentas SAST analisam o código em busca de padrões inseguros, práticas de codificação inadequadas e possíveis falhas de segurança.

Além disso, a análise dinâmica de código (*Dynamic Application Security Testing* - DAST) é empregada para testar a aplicação em execução, simulando ataques reais e identificando vulnerabilidades que podem ser exploradas por agentes maliciosos. Essa abordagem é conhecida como caixa-preta, pois ela testa a aplicação em execução (SINAN; SHAHIN; GONDAL, 2025).

O modelo de maturidade de segurança OWASP DSOMM (*DevSecOps Maturity Model*) é uma importante ferramenta na construção e avaliação de projetos *DevSecOps*. Por ter sido contruido com base na norma ISO/IEC 27001 (2022), ele define atividades, métricas e tecnologias que devem ser usadas para construir um ambiente *DevSecOps*, além de proporcionar o acompanhamento da maturidade da segurança do projeto em cinco dimensões: *Build and Deployment*, *Culture and Organization*, *Implementation*, *Information Gathering* e *Test and Verification* (LANGE; KUNZ, 2024).

3 Revisão Estruturada da Literatura

Este capítulo destina-se a documentar o processo realizado para selecionar o conjunto de artigos cientícos que compõe a bibliografia desta monografia. Para isso, a base de dados Scopus foi escolhida devido à sua característica de indexar diversos artigos da área da computação, muitos publicados nos principais meios de divulgação científica (ELSEVIER, 2024).

3.1 Protocolo

O protocolo utilizado para realizar a revisão estruturada da literatura foi baseado no modelo proposto por Kitchenham, Charters et al. (2007). Seu objetivo é tornar possível que outros pesquisadores, partindo do mesmo ponto, cheguem aos mesmos resultados, facilitando a replicabilidade em estudos futuros e permitindo a conferência dos resultados obtidos.

3.1.1 String de Busca

A busca em bases de dados acadêmicas requer o uso de um protocolo, pois elas indexam grande quantidade de artigos de várias áreas do conhecimento. Seu uso incorreto pode acarretar em um número excessivo de artigos sem relação com o tema da pesquisa ou, inversamente, retornar um volume insuficiente de estudos para responder à questão de pesquisa.

Por essa razão, o protocolo PICO foi utilizado para guiar a elaboração de uma string de busca adequada às necessidades desta monografia. O protocolo, no entanto, precisou ser adaptado, pois sua origem é na medicina e nem todos os seus elementos se adequam área da Engenharia de Software (PAI et al., 2004a). Uma representação visual que facilita a compreensão do protocolo pode ser vista na Figura 6.

Figura 6 – Abordagem GQM

Fonte: Adaptado de Pai et al. (2004b)

Ao adaptar o modelo PICO para e Engenharia de Software, suas definições adquirem um novo significado no contexto da Engenharia de Software. Por exemplo, o termo **Paciente**, outrora usado para indicar o perfil do paciente, passa a representar a área de aplicação, ou amostra, neste caso, o desenvolvimento de software. A **Intervenção** também sofre adaptação, deixando de significar "tratamento médico"para se referir às diferente metodologia, métodos, técnicas ou procedimentos avaliada. Não obstantemente, Resultados mantém seu sentido original, referindo-se aos efeitos ou consequências observadas. Por fim, a **Comparação** que está relacionada a investigar como a intervenção proposta se relaciona com outras propostas de intervenção, não pode ser adotada, devido a estar muito mais alinhada com os objetivos da medicina que da engenharia de software. Assim, a definição de cada um dos elementos usados do modelo estão definidos na Tabela 2.

Tabela 2 – PICO Adaptado

Elementos	**Termo Central**	**Sinônimos e Termos Relacionados**
População	software development	software systems, online systems, software applications, systems development, application development
Intervenção	DevSecOps	cybersecurity practices, security automation, secure software development, CI/CD, continuous integration, continuous deployment, continuous delivery, DevOps, security development culture
Resultados	security quality	software security, application security, security improvement, security assurance, vulnerability reduction, protection against threats, system security, owasp, cwe, common weakness enumeration, security quality characteristic, injection, cross site request forgery, XSRF, broken authentication, data exposure, external entities, broken access control, XSS, XXE, Out-of-bounds Write, SQL Injection, CSRF, Path Traversal, Directory Traversal, OS Command Injection, UAF, ISO 25010

Fonte: Autor

Desta maneira, a string de busca foi construída usando o operador lógico OR entre os termos de cada elemento, com o objetivo de englobar todos os termos da pesquisa. Já o operador AND foi usado para conectar os diferentes elementos do protocolo PICO, assim restringindo a busca apenas aos estudos que apresentam os termos necessários para responder as perguntas de pesquisa. Ademais, foram adicionados os termos próprios da base de dados SCOPUS para a realização da consulta, resultando na seguinte string de busca:

TITLE-ABS-KEY (("software development"OR "software developments"OR "software

system"OR "software systems"OR "online system"OR "online systems"OR "software application"OR "software applications"OR "system development"OR "systems development"OR "application development"OR "applications development") AND ("DevSecOps"OR "cybersecurity practice"OR "cybersecurity practices"OR "security automation"OR "security automations"OR "secure software development"OR "secure software developments"OR "CI/CD"OR "continuous integration"OR "continuous integrations"OR "continuous deployment"OR "continuous deployments"OR "continuous delivery"OR "continuous deliveries"OR "DevOps"OR "security development culture"OR "security development cultures") AND ("security quality"OR "software security"OR "application security"OR "security improvement"OR "security assurance"OR "vulnerability reduction"OR "protection against threats"OR "system security"OR "owasp"OR "cwe"OR "common weakness enumeration"OR "security quality characteristic"OR "injection"OR "cross site request forgery"OR "XSRF"OR "broken authentication"OR "data exposure"OR "external entities"OR "broken access control"OR "XSS"OR "XXE"OR "Out-of-bounds Write"OR "SQL Injection"OR "CSRF"OR "Path Traversal"OR "Directory Traversal"OR "OS Command Injection"OR "UAF"OR "ISO 25010"))

3.2 Seleção dos Artigos

Com a string de busca criada, foram estabelecidos os critérios de inclusão e exclusão visando selecionar apenas os artigos mais pertinentes ao contexto desta pesquisa. Além disso, em um primeiro momento, foram lidos o título, resumo e palavras-chave de todos os artigos resultantes da execução da string de busca, isso se deu para selecionar com maior rigor aqueles estudos que por ventura não correspondessem ao objetivo do trabalho. Posteriormente, os artigos que aprovados pelos critérios de escolha foram lidos e os dados relevantes para responder as perguntas de pesquisa secundárias, foram extraídos em um formulário. A Tabela 3 contém o protocolo completo.

Ao todo foram analisados 291 artigos resultantes da string de busca, onde 38 desses foram selecionados e lidos de maneira integral. Esses artigos foram obtidos na base de dados Scopus no dia 7 de maio de 2025. Afim de complementar os artigos selecionados por meio da string de busca, foi realizada uma busca manual com o objetivo de responder de maneira mais acertiva as perguntas de pesquisa, resultando em mais dois artigos selecionados, Accelerate State of DevOps 2024 (Google, 2024) e Quantitative DevSecOps Metrics for Cloud-Based Web Microservices (ZHANG; ZHANG, 2024), usados para compor o referencial teórico, totalizando 40 artigos. Os artigos selecionados estão dispostos na Tabela 4. Para facilitar a compreensão do protocolo de seleção de artigos pode-se observar a Figura 7, que ilustra todas as etapas explanadas anteriormente.

Tabela 3 – Protocolo de Busca

Item	**Descrição**
Questões Secundárias de Pesquisa	1. Como o aspecto de segurança no desenvolvimento contínuo de sistemas web pode ser analisado considerando perspectivas de qualidade interna e externa? 2. Quais práticas de DevSecOps são mais prevalentes nas organizações? 3. Quais modelos de segurança são mais comumente empregados em ambientes DevSecOps? 4. Quais medidas são comumente usadas para avaliação de segurança? 5. Como as práticas de segurança são avaliadas? 6. De que maneiras as medidas de segurança são avaliadas nas organizações? 7. Quais tipos de vulnerabilidades são mitigados pelas práticas de DevSecOps? 8. Quais ferramentas e tecnologias são utilizadas em DevSecOps? 9. Qual é o volume anual de publicações sobre DevSecOps de 2009 a 2025? 10. Quantos artigos foram publicados em revistas acadêmicas? 11. Quantos estudos possuem validação experimental? 12. Se o estudo possui validação experimental, de que tipo?
String de Busca	Vide Tabela 2
Critérios de Inclusão	1. Aborda o uso de práticas de desenvolvimento seguro 2. Enfatiza a qualidade de segurança de sistemas web 3. Avalia modelos de qualidade com foco em segurança 4. Concentra-se em produtos de software 5. Inclui validação experimental
Critérios de Exclusão	1. Artigos em idiomas diferentes de inglês ou português 2. Publicações duplicadas 3. Publicações com data de lançamento anterior a 2009 4. Estudos com foco em hardware, dispositivos móveis, segurança de IoT ou outros tópicos não relacionados a sistemas web

Tabela 3 – Continuação

Item	**Descrição**
Formulário de Extração	1. Título 2. Resumo 3. Ano de Publicação 4. Fonte de Publicação 5. Autores 6. Palavras-chave 7. Práticas de DevSecOps Prevalentes 8. Modelos de Segurança Empregados 9. Medidas de Avaliação de Segurança 10. Avaliação de Práticas de Segurança 11. Análise de Modelos de Segurança 12. Avaliação de Segurança Organizacional 13. Vulnerabilidades Mitigadas 14. Ferramentas e Tecnologias 15. Publicado em Revista Acadêmica 16. Validação Experimental 17. Tipo de Validação Experimental 18. Pesquisa Secundária

Fonte: Autor

Tabela 4 – Artigos Selecionados

№ N	**Título**	**Publicado em Revista**	**Validação Experimental**
1	Development of Secure Software Based on the New DevSecOps Technology	Sim	Não
2	Automating Security in a Continuous Integration Pipeline	Não	Não
3	Extensive Review of Threat Models for DevSecOps	Sim	Não
4	Implementing and Automating Security Scanning to a DevSecOps CI/CD Pipeline	Sim	Não
5	Automating Static Code Analysis Through CI/CD Pipeline Integration	Sim	Sim
6	Design and Practice of Security Architecture via DevSecOps Technology	Sim	Sim

Tabela 4 – Continuação

№	**Título**	**Publicado em Revista**	**Validação Experimental**
7	Implementation of DevSecOps by Integrating Static and Dynamic Security Testing in CI/CD Pipelines	Sim	Não
8	Research of Static Application Security Testing Technique Problems and Methods for Solving Them	Sim	Não
9	A Large-scale Fine-grained Empirical Study on Security Concerns in Open-source Software	Sim	Sim
10	Evolution of secure development lifecycles and maturity models in the context of hosted solutions	Não	Não
11	Automation and DevSecOps: Streamlining Security Measures in Financial System	Sim	Não
12	Securing the development and delivery of modern applications	Sim	Não
13	You cannot improve what you do not measure: A triangulation study of software security metrics	Sim	Sim
14	On DevSecOps and Risk Management in Critical Infrastructures: Practitioners' Insights on Needs and Goals	Sim	Sim
15	Container Security in Cloud Environments: A Comprehensive Analysis and Future Directions for DevSecOps	Não	Sim
16	Microservices-based DevSecOps Platform using Pipeline and Open Source Software	Não	Não
17	Securing the Digital Frontier: A Proactive Approach to Software Development	Sim	Não
18	A Secure Software Development Methodology for Enterprise Business Applications	Sim	Sim
19	Building Resilient CICD Pipelines: A DevOps Security-First Framework	Sim	Não
20	Review of Techniques for Integrating Security in Software Development Lifecycle	Não	Não

Tabela 4 – Continuação

№	**Título**	**Publicado em Revista**	**Validação Experimental**
21	A hierarchical model for quantifying software security based on static analysis alerts and software metrics	Sim	Sim
22	A preventive secure software development model for a software factory: A case study	Sim	Sim
23	Security impacts of sub-optimal DevSecOps implementations in a highly regulated environment	Sim	Sim
24	A survey and comparison of secure software development standards	Sim	Sim
25	Continuous Security Testing: A Case Study on Integrating Dynamic Security Testing Tools in CI/CD Pipelines	Sim	Sim
26	Infiltrating Security into Development: Exploring the World's Largest Software Security Study	Não	Sim
27	Challenges and solutions when adopting DevSecOps: A systematic review	Sim	Não
28	Systematic Mapping Study on Security Approaches in Secure Software Engineering	Sim	Não
29	Systematic Literature Review on Security Risks and its Practices in Secure Software Development	Sim	Não
30	BP: Security concerns and best practices for automation of software deployment processes: An industrial case study	Sim	Sim
31	Static analysis for web service security - Tools & techniques for a secure development life cycle	Sim	Não
32	Security characterization for evaluation of software architectures using ATAM	Sim	Sim
33	Software security	Sim	Não
34	Using the ISO/IEC 27034 as reference to develop an application security control library	Sim	Sim

Tabela 4 – Continuação

№	Título	Publicado em Revista	Validação Experimental
35	Hunting for aardvarks: Can software security be measured?	Não	Não
36	Francois Raynaud on DevSecOps	Sim	Não
37	Integrating application security into software development	Sim	Não
38	Busting a myth: Review of agile security engineering methods	Sim	Não
39	Accelerate State of DevOps 2024	Não	Sim
40	Quantitative DevSecOps Metrics for Cloud-Based Web Microservices	Sim	Não

Fonte: Autor

Figura 7 – Seleção dos Artigos

Fonte: Autor

3.3 Resultados

Após a leitura dos artigos, os dados foram extraídos utilizando o formulário de extração da plataforma Parsifal. Essa plataforma foi usada para conduzir a revisão da literatura devido ao seu conjunto de funcionalidades que permitem executar a revisão da literatura de forma eficiente. Depois de realizada a extração dos dados, os mesmos

foram consolidados em uma planilha [1] disponível publicamente, sendo que as suas linhas representam cada um dos artigos selecionados e as colunas representam os campos do formulário de extração anteriormente apresentado na Tabela 3.

Nas subseções a seguir são apresentadas as respostas para as questões secundárias de pesquisa, específicas desta revisão.

3.3.1 Quais práticas de DevSecOps são mais prevalentes nas organizações?

- Metodologias e Cultura
  - Shift Security Left: É o princípio fundamental do DevSecOps. Ele consiste em deslocar as práticas de segurança para o início do processo de desenvolvimento do projeto, em vez de deixá-las para o final, como acontece na maioria dos casos. Essa postura eleva a prioridade da segurança no projeto, permitindo que as vulnerabilidades sejam tratadas mais cedo (RAJAPAKSE et al., 2022).
  - Continuos Vulnerability Assessment: Juntamente com Shift Left, a Avaliação Contínua de Vulnerabilidades forma os pilares do DevSecOps. Nessa prática a segurança do software é continuamente verificada, não somente durante o desenvolvimento, mas também após a implantação do software, pois é necessário monitorar a segurança do sistema durante todo o seu ciclo de vida (RAJAPAKSE et al., 2022).
  - CI/CD: Continuous Integration (CI) e Continuous Delivery/Deployment (CD) integram o DevSecOps, que se trata de uma evolução do DevOps. Como esses conceitos são herdados, é importante defini-los para o completo entendimento da metodologia. CI se refere à prática de realizar continuamente integrações de código na branch principal do código. Como essa atividade envolve a alteração da ramificação principal, ela é validada por meio de verificadores de build e testes automatizados. Já o CD visa à implantação automática e contínua das atualizações de código no ambiente de produção. Para isso, o novo código passa por verificações de qualidade e, se tudo estiver de acordo com a política estabelecida, é publicado sem intervenção humana por meio do pipeline (RAJAPAKSE et al., 2022).
  - Continuous Feedback: Obter feedback de maneira contínua e rápida é vital em ambientes de entrega contínua. Nessa abordagem, os problemas são rapidamente identificados, possibilitando que as informações cheguem depressa às equipes para que as medidas necessárias sejam tomadas. Os métodos tradicionais de coleta de dados e feedback são lentos demais para a agilidade requisi-

[1] Planilha com o resultado da revisão: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1sGjU2aB8CTqvINyPxsv-z_gWZCGzmErr/edit?usp=sharing&ouid=103637687294157542932&rtpof=true&sd=true>

tada em ambientes DevSecOps, e essa lentidão afeta diretamente a velocidade de localização e resolução dos problemas (RAJAPAKSE et al., 2022).

- Testes de Segurança
  - SAST, DAST, IAST: Ferramentas SAST executam testes estáticos, ou seja, são realizados apenas sobre o código-fonte, podendo indicar potenciais vulnerabilidades e más práticas, conhecidas como code smells. Por outro lado, as ferramentas DAST analisam o software em execução, o que possibilita testar o comportamento do sistema em uso. As ferramentas IAST, por sua vez, fornecem uma abordagem híbrida, incorporando características da análise estática e dinâmica; são modernas e possuem boa integração com ambientes de desenvolvimento contínuo (RAJAPAKSE et al., 2022).
  - Fuzz Testing: O teste de fuzzing, como também é conhecido, destaca-se entre as práticas de teste de segurança. Ele consiste em fornecer à aplicação entradas aleatórias, inválidas e inesperadas, de forma a verificar possíveis casos de borda não testados (MASOOD; JAVA, 2015).
  - BDST: Os testes BDST são baseados no BDD, porém aplicados ao contexto de testes de segurança. Como os testes descrevem seu comportamento em linguagem natural, pessoas de fora da área de desenvolvimento e segurança de software conseguem compreender os testes realizados (RANGNAU et al., 2020).
- Infraestrutura
  - IaC: Essa prática consiste em definir a infraestrutura do projeto como código. É altamente usada em contextos DevSecOps, pois possibilita a rápida configuração da infraestrutura. Como está definida em código, pode-se realizar seu versionamento, teste e implantação de forma ágil e adequada a ambientes complexos que necessitam de segurança robusta (RAJAPAKSE et al., 2022).
- Acompanhamento
  - Monitoring e Logging: Muitas vezes, o registro e a documentação dos eventos relacionados à segurança são negligenciados pelas equipes, o que consiste em um grande erro. Registrar e monitorar fornece um feedback valioso que pode ser utilizado para tomar decisões estratégicas ou realizar auditorias (RAJAPAKSE et al., 2022).

3.3.2 Quais modelos de segurança são mais comumente aplicados em ambientes DevSecOps?

- OWASP SAMM: O Software Assurance Maturity Model é um modelo prescritivo de maturidade de segurança de software, ou seja, ele informa quais atividades precisam ser realizadas, diferentemente de um modelo descritivo, que apenas descreve as atividades. Sua estrutura é adequada para diferentes tipos e tamanhos de empre-

sas, bem como para distintas metodologias de desenvolvimento, como cascata e ágil (LANGE; KUNZ, 2024).

- OWASP DSOMM: Embora baseado no SAMM, o DevSecOps Maturity Model nasce devido à necessidade de um modelo adequado para ambientes DevOps, onde a segurança é parte essencial do ciclo de vida. Também é prescritivo, mas, diferentemente do SAMM, suas atividades são definidas em um nível mais próximo do programador do que da gestão. Desse modo, ele fornece com detalhes técnicos os requisitos necessários para atingir cada um dos níveis de maturidade em suas diferentes dimensões (LANGE; KUNZ, 2024).
- BSIMM: Diferentemente dos outros, este é um modelo descritivo, ou seja, ele descreve atividades sem exigir que sejam implementadas. Outra diferença fundamental é que se trata de um modelo proprietário, mantido pela Synopsys. A aplicação do modelo, bem como sua metodologia de avaliação, só estão disponíveis mediante contratação dos serviços da empresa (LANGE; KUNZ, 2024).

3.3.3 Quais medidas são comumente usadas para aferição de segurança?

- Métricas de Zhang: Segundo Zhang e Zhang (2024), medir de forma eficaz as características de *softwares web* é fundamental, porém pouco explorado. Para resolver este problema, eles realizaram uma revisão sistemática da literatura e definiram doze métricas voltadas a atender às necessidades dos sistemas *web* que usam *DevSecOps*. Elas permitem quantificar o desempenho do serviço, a segurança e a eficiência da operação, apoiando, assim, as tomadas de decisão e a melhoria contínua das práticas.
  - Non-Comment Lines of Code: Tamanho do código-fonte, excluindo comentários e linhas em branco.
  - Design Defect Ratio: Proporção de defeitos de design em relação às linhas de código não comentadas.
  - Shared or Unknown Library Ratio: Proporção de bibliotecas compartilhadas ou não verificadas em um serviço.
  - Technical Debt Ratio: Compara o custo de resolução de um débito técnico com o custo total do código-fonte.
  - Continuous Deployment Cycles Score: Pontuação dos ciclos de implantação contínua.
  - Mean Change Lead Time: Tempo médio que uma mudança leva desde o commit até chegar à produção.
  - Mean Time to Recover: Tempo médio para recuperação de falhas causadas nos pipelines de CI/CD.
  - Mean Number of Test Cases Per Parameter: Média de casos de teste por parâmetro.

  - Points of Environmental Risk: Total de riscos de segurança não resolvidos em produção.
  - Time for Response: Tempo médio que as equipes de desenvolvimento levam para solucionar incidentes de segurança.
  - Throughput: Mede a capacidade de processamento de um serviço.
  - Errors Per Time Unit: Taxa de erros em determinada unidade de tempo.
- Métricas DORA: O DevOps Research and Assessment (DORA) é um dos principais programas de pesquisa do mundo na área de DevOps. Esse programa, que faz parte do Google, chegou, após anos de estudos, a quatro métricas-chave para medir os aspectos de DevOps de um projeto. Suas métricas passam por uma avaliação estatística rigorosa para possibilitar o entendimento da relação entre as medições e o sucesso das organizações (Google, 2024).
  - Change lead time: Tempo que uma alteração leva para chegar à produção.
  - Deployment frequency: Frequência com que as alterações chegam à produção.
  - Change fail percentage: Percentual de implantações que causam falhas em produção.
  - Failed deployment recovery time: Tempo necessário para se recuperar de uma implantação com falha.

3.3.4 Como as práticas de segurança são avaliadas?

É fundamental que as práticas de segurança sejam avaliadas para que seja possível analisar a eficácia das abordagens adotadas, evoluir as existentes ou adotar novas que, se adequem melhor às necessidades da organização. Sendo assim, a avaliação de métricas representa uma forma eficiente e quantitativa de avaliar práticas de segurança, pois permite acompanhar a evolução das atividades e verificar os resultados de cada uma. Outra forma de analisar as práticas de segurança é por meio de auditorias, que verificam a adequação da organização aos padrões de segurança e conformidade (RAJAPAKSE et al., 2022).

Por fim, podem-se usar modelos de avaliação de maturidade, pois eles introduzem uma linha de base para comparação com a organização avaliada. Eles permitem analisar o estado atual da aplicação, além de identificar áreas de melhoria e traçar um plano para alcançar um nível de segurança mais elevado (LANGE; KUNZ, 2024).

3.3.5 De que maneiras as medidas de segurança são avaliadas nas organizações?

As medidas de segurança são avaliadas de diversas formas dentro das organizações. Uma das principais é a análise da repercussão das métricas de segurança nos KPIs da organização. KPIs (Indicadores-Chave de Desempenho) são as métricas centrais que medem a saúde dos projetos. É crucial criar alertas e dashboards para acompanhar o

desenvolvimento das métricas e KPIs, pois, assim, pode-se obter insights de como as métricas de segurança impactam nos indicadores da empresa, além de possibilitar o rastreio das métricas durante todo o período em que foram monitoradas (JOSHI, 2024).

Outra maneira de avaliar as medidas de segurança está relacionada ao quanto elas se adequam ao *compliance* da organização ou a aspectos regulatórios. Muitas vezes, as empresas precisam seguir rígidos padrões de conformidade relacionados às métricas — como a cobertura de testes, que, dependendo da área, precisa ser extremamente alta —, bem como em setores financeiros, onde uma falha de segurança pode gerar um prejuízo bilionário (KUDRIAVTSEVA; GADYATSKAYA, 2024).

3.3.6 Que tipos de vulnerabilidades são mitigadas pelas práticas de DevSecOps?

Existem diversos tipos de falhas de segurança que podem ocorrer durante o processo de desenvolvimento de software, entre elas, falhas que podem extrapolar o escopo do trabalho, como as relacionadas ao hardware utilizado. Por esse motivo, é necessário entender quais problemas de segurança são afetados pelas práticas DevSecOps, pois, desse modo, será possível analisar de forma mais assertiva a repercussão da adoção dessa metodologia na qualidade da segurança. Na Tabela 5, foram listadas as principais vulnerabilidades impactadas por esse paradigma.

Tabela 5 – Vulnerabilidades Reduzidas

Vulnerabilidade	**Referência**
SQL Injection	Saeed et al. (2025)
Command Injection	Ramirez, Aiello e Lincke (2020)
XSS	Saeed et al. (2025)
XXE	Nocera et al. (2023)
Buffer Overflow	Ramirez, Aiello e Lincke (2020)
CSRF	Kushwaha, David e Suseela (2024)
DDoS	Saeed et al. (2025)
MITM	Nocera et al. (2023)
Broken Authentication	Saeed et al. (2025)
Broken Access Control	Saeed et al. (2025)
Security Misconfiguration	Saeed et al. (2025)
Session Hijacking	Kushwaha, David e Suseela (2024)
SSRF	Nocera et al. (2023)

Fonte: Autor

3.3.7 Quais ferramentas e tecnologias são usadas no DevSecOps?

- Monitoramento: Prometheus, Grafana, Loki
- Infraestrutura: Terraform, Kubernetes, Docker

- CI/CD: Jenkins, GitLab CI/CD, GitHub Actions, Tekton, ArgoCD
- Testes: SonarQube, FindBugs, Snyk, OWASP Dependency-Check, ZAP, Trivy, Detect Secrets, Asylo, StackHawk, JMeter, Selenium

3.3.8 Qual é o volume anual de publicações sobre DevSecOps de 2009 a 2025?

O volume anual de artigos está representado na Figura 8. Observa-se o crescimento das pesquisas sobre o tema, principalmente após o ano de 2020, chegando a seu pico em 2024. Em abril de 2025, mês em que a string de busca foi executada, a quantidade de estudos já se igualava ao volume de todo o ano de 2023, o que evidencia o crescimento e a importância da área nos meios acadêmico e profissional.

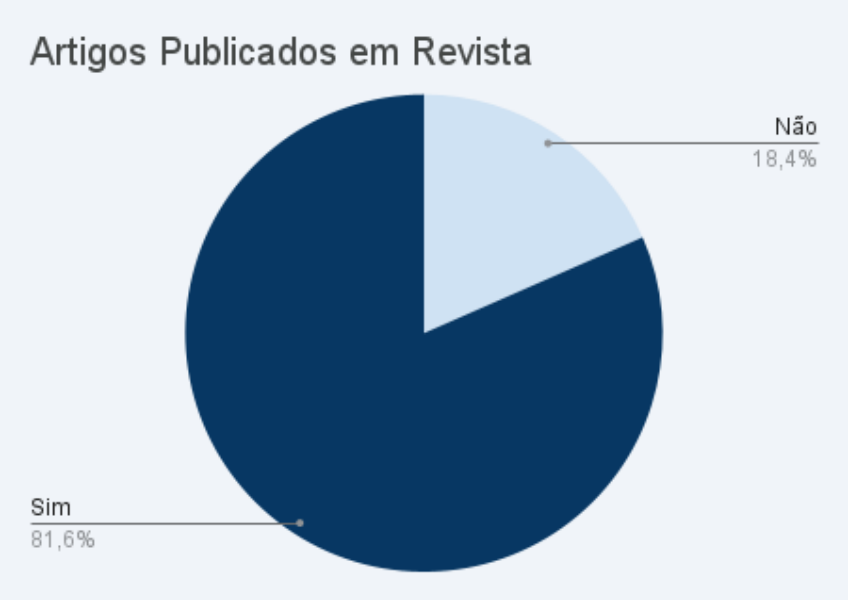
Figura 8 – Volume Anual de Artigos entre 2009 e 2025

Fonte: Autor

3.3.9 Quantos artigos foram publicados em periódicos acadêmicos?

Como indicado na Figura 9, a grande maioria dos artigos foi publicada em revistas científicas. Desse modo, sabe-se que a maior parte dos artigos passou por um critério alto de revisão e análise de qualidade, elevando o nível de confiabilidade dos resultados da pesquisa.

Figura 9 – Artigos Publicados em Revistas

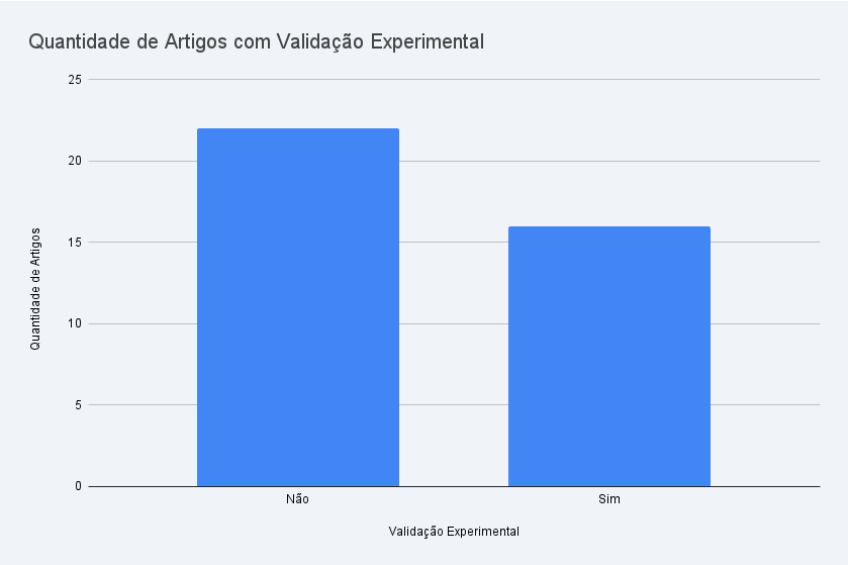


Fonte: Autor

3.3.10 Quantos estudos têm validação experimental?

Um total de dezesseis estudos, dos quarenta selecionados, ou seja, quarenta porcento, conforme pode ser observado na Figura 10, que apresenta a quantidade de estudos que possuem ou não essa validação. O baixo índice de validação experimental pode estar relacionado à característica emergente da área; por ser muito recente, ainda falta estabelecer e consolidar os métodos de pesquisa comumente usados em outras áreas para a validação dos estudos.

Figura 10 – Quantidade de Artigos com Validação Experimental

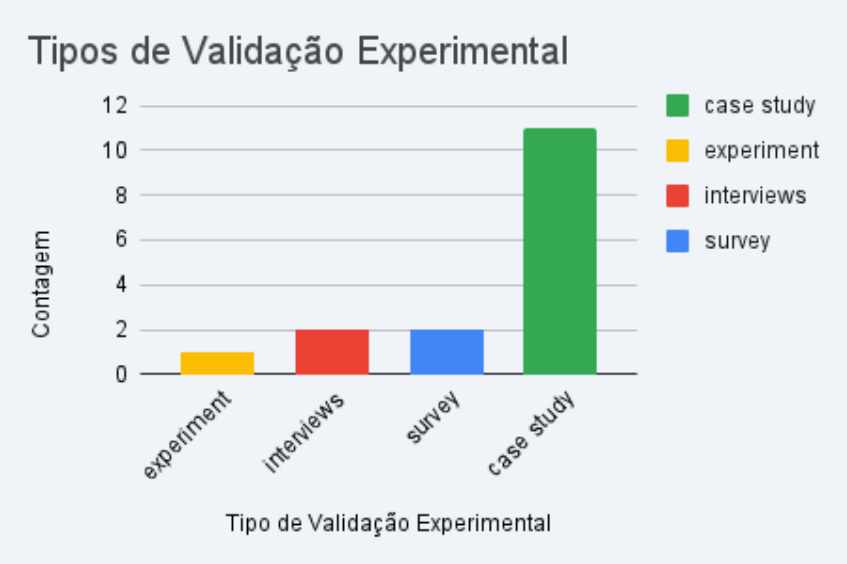


Fonte: Autor

3.3.11 Caso o estudo tenha validação experimental, qual foi o tipo?

Existem diferentes tipos de validação experimental, entre eles o estudo de caso, o experimento, as entrevistas e as pesquisas. Esses foram os métodos empíricos utilizados na vaidação de alguns dos estudos. A quantidade de cada tipo está representada no gráfico da Figura 11, do qual se depreende que a validação por estudo de caso é, com grande margem, o método mais utilizado. Isso se deve, principalmente, à característica do DevSecOps de estar ligado a muitos projetos reais, tanto na academia quanto na indústria, o que cria um ambiente propício para a aplicação de estudos de caso, pois eles possibilitam analisar e obter insights ao estudar o desenvolvimento realizado durante a construção de um produto.

Figura 11 – Tipos de Validação Experimental dos Artigos



Fonte: Autor

4 Planejamento do Estudo de Caso

Neste capítulo é apresentado o planejamento do estudo de caso, que será conduzido na segunda etapa do trabalho, onde são estabelecidos os conceitos e definições relacionados a esse método.

4.1 Definição

Yin (2015) define o estudo de caso como uma investigação empírica que analisa um determinado fenômeno da atualidade em seu contexto real, ou seja, o pesquisador se insere no ambiente cotidiano onde o objeto de estudo está sendo executado. Essa abordagem é particularmente relevante para a Engenharia de Software, pois frequentemente os fenômenos analisados nessa área são complexos e interligados, o que dificulta analisá-los isoladamente do seu ambiente de execução (RUNESON; HöST, 2009).

Ainda de acordo com Yin (2015), o estudo de caso é flexível e interativo. Isso significa que a estrutura do estudo pode se adaptar no decorrer da pesquisa, pois, o pesquisador, ao realizar as interações de coleta e análise dos dados, pode vir a perceber características do caso que não foram identificadas a priori.

Ademais, visando assegurar o rigor e a confiabilidade da investigação, os estudos de caso devem coletar dados de múltiplas fontes. Dessa forma, ao verificar que conclusões obtidas através de dados obtidos em diferentes locais apontam para o mesmo resultado, aumenta-se a robustez e confiabilidade dos resultados, pois esse processo de triangulação diminui a probabilidade de erro ou viés, além de fornecer uma visão mais ampla sobre o caso (YIN, 2015).

Também é necessário determinar se o estudo será holístico ou incorporado (YIN, 2015). Os estudos de caso holísticos analisam o caso como um todo, ou seja, o fenômeno é visto como um sistema único e integrado, portanto, o pesquisador obtém uma visão ampla e geral do caso. Já os estudos incorporados, tem como principal característica o aprofundamento em múltiplas unidades de análise dentro de um mesmo caso, permitindo uma análise mais aprofundada.

Para além disso, (RUNESON; HöST, 2009) explicita a necessidade de considerar as ameaças a validade do estudo desde o início da pesquisa, pois ignorar tais fatores interfere na confiabilidade dos resultados. A primeira ameaça definida pelo autor está relacionada à validade do constructo, que representa em qual extensão as medidas operacionais realmente representam o que o pesquisador tem em mente e o que está sendo investigado de acordo com as perguntas de pesquisa. Já a ameaça a validade interna, refere-se ao

risco de existir um fator não mapeado pelo pesquisador que cause interferência na relação causal entre os fatores selecionados. As ameaças externas, por outro lado, estão relacionadas a capacidade de generalização do estudo, ou seja, deseja-se que os achados do estudo tenham relevância para casos com características semelhantes. Por fim, a confiabilidade refere-se ao grau em que os dados e a análise dependem de pesquisadores específicos, isto é, se outro pesquisador conduzisse o mesmo estudo, o resultado deveria ser o mesmo.

4.2 Objetivo

Segundo Siavvas et al. (2021b), o desenvolvimento de software seguro é pautado na medição da qualidade da segurança de software, pois assim, é possível avaliar o nível da segurança do produto e conseguir traçar metas para guiar os processos de melhoria contínua do sistema. Porém, por diversas vezes são utilizados critérios de avaliação subjetivos ou que não possuem a devida validação, o que pode acarretar catastofrés relacionadas a segurança do produto. Situação essa que se agrava ao se tratar de práticas emergentes na indústria, como DevSecOps, que apesar de seu destaque no desenvolvimento ágil, por muitas vezes, carece de avaliação por metodologias apropriadas.

Assim, o objetivo desse estudo consiste em investigar como as práticas DevSecOps afetam os aspectos relacionados a segurança de um projeto de software livre em desenvolvimento. Para tanto serão utilizados métodos, técnicas e ferramentas, observadas e propostos na literatura específica da área de segurança e em consonância com o estado da prática na indústria.

4.3 Caso

O caso em estudo neste trabalho é a plataforma Brasil Participativo [1]. Trata-se de uma plataforma digital de participação social, que contribui para a criação, monitoramento e aperfeiçoamento de políticas públicas brasileiras. A plataforma é de de responsabilidade da Secretaria Nacional de Participação Social da Secretaria Geral da Presidência da República (SNPS/SGPR)[2]. Essa plataforma é um produto de software livre, disponibilizado nos termos da licença GNU AGPL-3.0, e foi desenvolvida com o apoio da Dataprev[3], da comunidade Decidim-Brasil[4], do Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos (MGI)[5] e da Universidade de Brasília (UnB), por meio do Laboratório Avançado de Produção, Pesquisa e Inovação em Software(LAPP1S)[6]. O Brasil Participativo tem como

[1] https://brasilparticipativo.presidencia.gov.br/
[2] https://www.gov.br/secretariageral/pt-br/composicao/orgaos-especificos-singulares/snps
[3] https://www.dataprev.gov.br/
[4] https://decidim.org/pt-br/
[5] https://www.gov.br/gestao/pt-br
[6] https://www.lappis.rocks/

objetivo promover a interação entre cidadãos e o governo, permitindo que os cidadãos e cidadãs, participem de consultas públicas, conferências, planos e enquetes sobre políticas públicas. A versão em uso do produto fica hospedada na infraestrutura computacional da Dataprev[7]. O Brasil participativo tem como base o produto de software mundialmente utilizado, o Decidim[8] (Brasil. Presidência da República, 2025).

O Brasil Participativo possibilitou que 1.619.015 pessoas de diversas regiões do país contribuíssem com ideias de impacto nacional de forma simples, segura e transparente. Em acesso ao site da plataforma, no dia 10/11/2025, constava a informação de aproximadamente 1.619.015 participantes, 9.200.013 acessos e um total de 47 processos desde o seu laçamento. Esses números evidenciam seu papel no fortalecimento e apoio à democracia brasileira, ao promover a diversidade e a inclusão na formulação de políticas públicas (Brasil. Presidência da República, 2025).

O Decidim é um produto de software livre disponibilizado sob a licença GNU AGPL-3.0. Trata-se de um framework democrático, participativo, genérico, baseado em Ruby on Rails. Ele foi desenvolvido pelo governo de Barcelona para promover a participação cidadã e a democracia participativa. Ele permite que qualquer organização faça uma adaptação de seus componentes para a própia realidade, desse modo, tornou-se uma referência em tecnologia cívica. (Decidim, 2025)

O Brasil Participativo [9] é desenvolvido por várias equipes multidisciplinares, compostas principalmente pelos perfis de jornalistas, redatores publicitários, designers gráficos, desenvolvedores, especialistas em segurança da informação, especialistas em infraestrutura, gerentes de projeto e líderes técnicos. Cada um dos times tem um líder responsável por coordenar as atividades e garantir a qualidade do trabalho realizado. Em acesso ao repositório do código-fonte da plataforma, no dia 10/11/2025, haviam 4.192 commits[10] e 103 versões de produto(releases)[11] disponibilizadas.

A Figura 12 apresenta o organograma das equipes envolvidas no projeto. A equipe de desenvolvimento é composta por 9 desenvolvedores, enquanto a equipe de segurança conta com 5 especialistas dedicados a garantir a integridade e proteção do sistema.

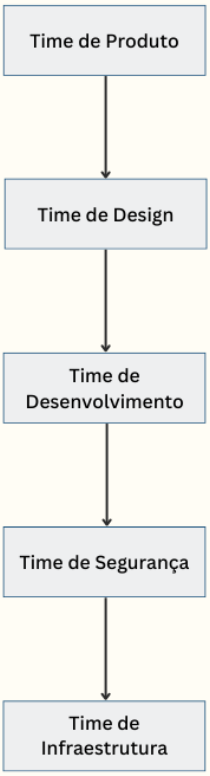
A figura 12 não representa a realidade. Ela passa uma ideia de uma hierarquia linear. Converse com o prof. Renato e entenda a estrutura correta dos times.

Essa imagem precisa ser refeita.

Já a Figura 13 apresenta uma visão em alto nível, do processo de desenvolvimento do Brasil Participativo. Estão representadas na figura as atividades envolvidas no processo de melhoria contínua do projeto, dado que esse é o foco deste trabalho. O início do fluxo

[7] https://www.dataprev.gov.br/
[8] https://decidim.org/
[9] https://gitlab.com/lappis-unb/decidimbr/decidim-govbr
[10] https://gitlab.com/lappis-unb/decidimbr/decidim-govbr/-/commits/main
[11] https://gitlab.com/lappis-unb/decidimbr/decidim-govbr/-/tags?page=5

Figura 12 – Organograma das equipes do projeto Brasil Participativo



Fonte: Autor

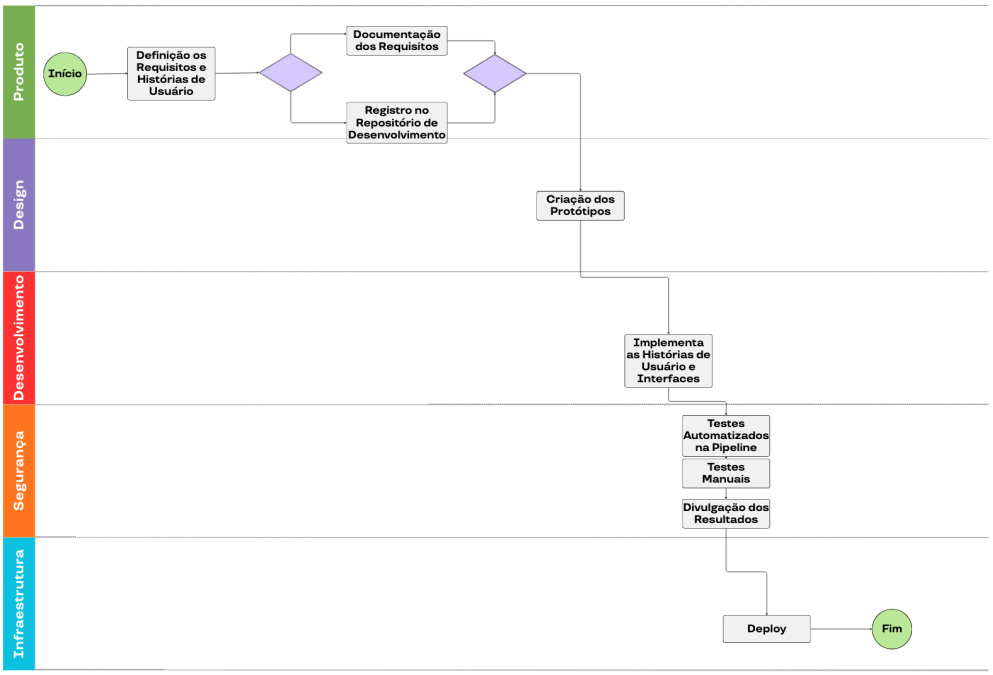
se dá com a definição dos novos requisitos a serem implementados, sendo que os mesmos são escritos como histórias de usuário. Posteriosmente, essas histórias são documentadas e repassadas para o time de desenvolvimento, que é responsável por implementar as mudanças no código-fonte. Após a implementação, o código é submetido a uma série de testes automatizados e manuais para garantir sua qualidade e segurança. Após os testes serem executados, o time de segurança divulga os resultados para o time de desenvolvimento, que é responsável por corrigir as vulnerabilidades encontradas. Por fim, o código é integrado ao sistema principal pelo time de infraestrutura, concluindo o ciclo.

Este estudo de caso concentra-se nas etapas posteriores ao desenvolvimento e anteriores à entrada em produção. Nesse estágio, ferramentas de segurança são executadas por meio da pipeline de CI/CD para realizar a análise estática do código-fonte, bem como a análise dinâmica, que depende da implantação(deploy), pois considera aspectos do comportamento em uso do produto.

Você conversou com o prof. Renato sobre esse processo?

Esse projeto foi escolhido por conveniência da observação do fenômeno. Trata-se de um poduto de software livre que conta com equipes de segurança e desenvolvimento

Figura 13 – BPMN do processo de desenvolvimento do Brasil Participativo



Fonte: Autor

acessíveis e ativas, o que facilita a comunicação e a colaboração durante o estudo de caso. Além disso, o LAPP1S possui um ambiente de desenvolvimento ágil, cultura DevSecOps e entregas contínuas, o que é fundamental para a avaliação das práticas implementadas. Por fim, o software é de grande relevância social, o que reforça a importância de garantir sua segurança e confiabilidade.

4.4 Trabalhos Relacionados

Alguns trabalhos obtidos por meio da revisão da literatura foram utilizados como referência para a realização desta pesquisa. Esses artigos foram selecionados, pois abordam os temas pertinentes e correlatos, para o planejamento e execução da pesquisa deste estudo de caso.

O estudo realizado por Siavvas et al. (2021b) foi o estudo central para a elaboração da monografia. Sua relevância se dá, pois ele apresenta um modelo hierárquico de avaliação de segurança que quantifica a segurança interna do software com base em alertas de análise estática (SAST) e métricas de software. O autor demonstrou que é possível avaliar a segurança de forma confiável e quantiativa usando modelos de qualidade e análise estática.

O trabalho de (ZHANG; ZHANG, 2024), apresenta doze métricas quantitativas de DevSecOps especificamente projetadas para microsserviços web baseados em nuvem. O foco é avaliar a qualidade, segurança e eficiência operacional, com o intuito de auxiliar na tomada de decisões informadas e na melhoria contínua.

A revisão sistemática feita por Rajapakse et al. (2022), identifica os desafios e soluções na adoção do DevSecOps, incluindo seleção de ferramentas, avaliação contínua de segurança e o equilíbrio entre velocidade e segurança.

Saeed et al. (2025) aborda técnicas para integrar a segurança no ciclo de desenvolvimento de software, enfatizando a necessidade de uma abordagem colaborativa e ferramentas automatizadas para análise de ameaças e testes de segurança.

4.5 Questão de Pesquisa

De forma análoga ao procedimento adotado no planejamento da revisão da literatura, empregou-se a abordagem GQM Basili, Caldiera e Rombach (1994) para a definição das questões específicas, derivadas da questão principal, bem como das métricas correspondentes. Essa abordagem visa assegurar a aderência ao objetivo central do estudo e possibilitar a avaliação quantitativa ou qualitativa de cada questão de pesquisa secundária, que atualmente orienta a condução do estudo de caso.

A ISO/IEC 25010 (2023) define a confidencialidade, como a capacidade do sistema de impedir o acesso não autorizado às informações, assim, impedindo que os dados privados sejam visíveis para quem não possui as permissões necessárias. Ela é uma subcaracterística da característica de segurança e será analisada neste estudo de caso, por meio da análise de vulnerabilidades detectadas no pipeline de CI/CD. Para corroborar com essa análise e fazer a triangularização da coleta de dados, uma avaliação qualitativa com os membros do time é necessária para observar os impactos dessas novas práticas no processo de desenvolvimento.

À vista disso, foram elaboradas as seguintes questões específicas deste estudo:

- Questão Específica 1: A aplicação de práticas DevSecOps permitiu identificar vulnerabilidades de segurança sob as perspectivas da qualidade interna e externa do produto?
  - Métrica 1.1: Média de vulnerabilidades encontradas por ferramentas SAST, por nível de severidade, por merge (ISO/IEC 27004, 2016).
  - Métrica 1.2: Média de vulnerabilidades encontradas por ferramentas DAST, por nível de severidade, por merge (ISO/IEC 27004, 2016).
  - Métrica 1.3: Proporção de vulnerabilidades em bibliotecas encontradas por ferramentas SCA, por nível de severidade, por merge (ZHANG; ZHANG, 2024).
- Questão Específica 2: A análise automática da segurança do pipeline e as métricas coletadas ajudaram na tomada de decisões relacionadas ao projeto?
  - Métrica 2.1: Taxa de pipelines sinalizadas devido à descoberta de vulnerabilidades de criticidade média ou superior, por merge (Google, 2024).
  - Métrica 2.2: Feedback do time obtido por um questionário sobre os impactos

das novas práticas.

4.6 Fonte de Dados

Para coletar os dados necessários para a posterior avaliação das métricas são necessárias diferentes fontes de dados. Primeiramente, as ferramentas SAST e SCA são executadas diretamente no código-fonte. Outra fonte de dados é o sistema em uso, que será usado para a obtençao dos dados referentes às ferramentas DAST que analisam o software em execução. Adiconalmente, o orquestrador de CI/CD atuará como fonte de dados para coletar os tentativas falhas de integração do código, evidênciando a identificação de falhas pelas ferramentas.

Por fim, a equipe técnica será a fonte de dados dos formulários de avaliação ao final do estudo de caso, permitindo a análise qualitativa e triangularização dos resultados.

4.7 Unidades de Análise e Procedimentos

Para atender à complexidade das questões de pesquisa deste trabalho, optou-se pelo método de estudo de caso incorporado ou embutido, fundamentado por Yin (2015). Esta abordagem foi escolhida, pois permite que o caso principal seja investigado por meio da análise aprofundada de múltiplas subunidades de análise. Especificamente, o estudo se debruça sobre diferentes faces do projeto, como o impacto na qualidade da segurança interna e externa do produto, e a percepção da equipe sobre as mudanças implementadas. Ao examinar cada um desses componentes seguindo o protocolo de estudo de caso, é possível construir uma visão detalhada e triangulada que fortalece a validade das conclusões e oferece uma resposta mais completa ao problema investigado.

A unidade de análise primária envolve a avaliação quantitativa da segurança do software. As métricas de segurança serão coletadas automaticamente nos Merges Requests (MRs) integrados na branch principal (main) do projeto. Dessa forma, será possível monitorar a evolução da segurança do software ao longo do tempo, permitindo a identificação de tendências e padrões relacionados à detecção de vulnerabilidades. Os MRs foram adotados como unidade de análise, pois eles fornecem a granularidade ideal para o tempo previsto para o estudo ao mesmo tempo que conseguem transmitir a situação das principais alterações no código-fonte. O ideal seria ter a release como a unidade de análise. Contudo, durante o período de execução desse estudo, não foi gerada uma quantidade de releases que figurasse como uma amostra estatística significativa. Por isso, optou-se por um grão menor da versão do produto, no caso, as versões geradas após a revisão e aceite do código-fonte, no fechamento de um determinado MR.

A outra unidade de análise envolve a equipe técnica responsável pelo desenvolvi-

mento e manutenção do software, cuja percepção sobre as mudanças será avaliada por meio de um questionário. O objetivo é coletar a opinião da equipe sobre o impacto das práticas DevSecOps no processo de desenvolvimento, identificando benefícios, desafios e sugestões de melhoria. Esta unidade de análise fornecerá dados qualitativos que complementarão as análises quantitativas das outras unidades.

4.8 Análise de Dados

A análise dos dados quantitativos será fundamentada em estatísticas descritivas e em análise de tendência, visando avaliar a evolução da segurança da aplicação ao longo do tempo. Para as métricas de detecção de vulnerabilidades por ferramentas SAST e DAST, Métrica 1.1 e Métrica 1.2, adaptadas da métrica B.34 - Security Incidents Trend da norma ISO/IEC 27004 (2016), será calculado um indicador de tendência para permitir avaliar o volume de vulnerabilidades, por nível de severidade, a cada sprint.

O cálculo do indicador é obtido através da razão entre a média de vulnerabilidades das últimas duas sprints concluídas e a média das últimas seis sprints concluídas, sendo que, um valor inferior a 1.0 indica uma tendência de melhoria, entre 1.0 e 1.3 sinaliza uma tendência de estabilidade e superior a 1.3 indica uma piora significativa.

Para a Métrica 1.3, adaptada da métrica Shared or Unknown Library Ratio proposta por Zhang e Zhang (2024), será calculada a proporção de bibliotecas com vulnerabilidades em relação ao total. Por sua vez, a Métrica 2.1, uma adaptação da métrica Change Fail Percentage elaborado pelo Google (2024), será calculada pela taxa percentual de builds/deploys bloqueados por vulnerabilidades de criticidade média ou superior. O acompanhamento destas métricas será realizado continuamente, visando observar tendência ao longo do tempo.

Para a análise de frequência de respostas do questionário, Métrica 2.2, a frequência de cada das respostas de cada pergunta será registrada, de modo a possibilitar o cálculo da moda, pois ao ter a opinião da maioria dos participantes sobre o tópico solicitado será possível obter a percepção geral do impacto das atividades realizadas.

4.9 Instrumentação

A instrumentação se refere às ferramentas que serão utilizadas para a realização do estudo de caso, aqui estão definidas as ferramentas usadas para a análise da segurança do sistema, controle de implementação do código, versionamento do código da pipeline feita e coleta de informações da equipe.

O Brakeman [12] é uma ferramenta de open-source de avalição da qualidade e se-

[12] https://brakemanscanner.org/

gurança do código-fonte. Ele realiza análise estática para detectar bugs, vulnerabilidades e code smells em várias linguagens. Ele fará parte das ferramentas white-box integradas ao pipeline realizando a análise estática de segurança de aplicação (SAST). Sua escolha deu-se em função da equipe já possuir experiência prévia com a ferramenta.

O Trivy [13] é um scanner de segurança de código aberto. Ele é utilizado na análise de composição de software, verificando as bibliotecas de terceiros do projeto, garantindo que componentes externos ao projeto não insiram vulnerabilidades no sistemas. Além disso, ele é capaz de buscar vulnerabilidades em containeres e configurações de infraestrutura como código. Ele complementará o SonarQube como ferramenta white-box.

O Zed Attach Proxy-ZAP [14] foi desenvolvido para encontrar problemas de segurança em aplicações web em execução. Ele será empregado para realizar a Análise Dinâmica de Segurança de Aplicação (DAST) em um ambiente de testes.

O GitLab CI/CD [15] é uma ferramenta integrada ao GitLab que permite a automação das etapas do ciclo de vida do software, através dele que as ferramentas de segurança serão executadas automaticamente e ele servirá para bloquear o build/deploy caso vulnerabilidades sejam encontradas.

O Git [16] é um sistema de controle de versão e o GitHub [17] é uma plataforma de hospedagem de código-fonte para controle de versão com Git. Eles serão utilizados para o versionamento e armazenamento dos artefatos por este estudo de caso.

O Google Forms[18] permite a criação rápida e fácil de formulários online, além de permitir a gestão e análise dos resultados. Ele será utilizado para a aplicação do questionário que coleta os dados qualitativos da equipe.

4.10 Ameaças à Validade do Estudo

Conforme destacado por Runeson e Höst (2009), é essencial considerar as ameaças à validade desde o início da pesquisa para garantir a confiabilidade dos resultados. Nesta seção, são identificadas as principais ameaças à validade deste estudo de caso e as estratégias adotadas para sua mitigação.

Há quatro preocupações centrais para avaliar a qualidade dos resultados obtidos em uma pesquisa. São conhecidas como testes às ameaças: de constructo; interna, externa e de confiabilidade. Ao conduzir estudos de caso, podemos aplicar diversas estratégias para atender a esses testes. Contudo, nem todas essas estratégias são usadas apenas na

[13] https://trivy.dev/latest/
[14] https://www.zaproxy.org/
[15] https://docs.gitlab.com/install/
[16] https://git-scm.com/downloads
[17] https://github.com/
[18] https://docs.google.com/forms/u/0/

fase de planejamento formal. Algumas delas são aplicadas durante a coleta e análise dos dados, ou mesmo nas etapas de estruturação da pesquisa (YIN, 2015).

Com o objetivo de gerenciar os riscos inerentes ao estudo de caso proposto, planejamos tratar algumas das principais ameaças a validade do estudo:

4.10.1 Ameaças à Validade do Constructo

A ameça a validade do constructo diz respeito a capacidade do pesquisador intrepretar as alterações e variações, observadas na execução do estudo de caso de forma a garantir fidedignamente a representação da realidade. Em outras palavras, o pesquisador precisa garantir que os eventos observados *in loco*, realmente refletem o fenômeno de forma inequívoca, ou se aconteceram apenas com base nas impressões do pesquisador.

Para realizar esse teste, o pesquisador o pesquisador precisa assegurar o cumprir duas etapas:

1. selecionar os tipos específicos de mudanças que devem ser estudadas;
2. demonstrar que as medidas operacionais selecionadas fornecem uma percepção quantitativa dessas mudanças e que, são corretas para os conceitos que estão sob estudo.;

Dessa maneira, as medidas selecionadas podem não capturar completamente os aspectos de segurança que se pretende avaliar. Para mitigar essa ameaça, foram selecionadas medidas baseadas em modelos e normas de referência na literatura, como a ISO/IEC 27004 (2016) e estudos que apresentam evidências experimentais dos seus "achados"como discuto por Zhang e Zhang (2024).

Além disso, para garantir esse alinhamento, foi adotada a abordagem GQM detalhada na subseção 1.3. Com isso, há uma questão de pesquisa principal, norteadora de todo o trabalho e há outras questões específicas, secundárias, da revisão estruturada da literatura e do estudo de caso. Essas questões possuem suas respectivas métricas que que por sua vez, auxiliam a quantificar ou qualificar as percepções da segurança, por meio os dados coletados e analisados.

4.10.2 Ameaças à Validade Interna

As ameaças a validade interna tratam das relações de causalidade. Portanto, analisa a relação de causa e efeito entre as variáveis observadas.

Por se tratar de um estudo do tipo exploratório, que procura observar e compreender um fenômeno específico, ocorrendo em seu ambiente real, o foco é a perpeção de todo o contexto. Por isso, esse teste não se aplica a esta pesquisa. (YIN, 2015).

4.10.3 Ameaças à Validade Externa

A validade externa, por sua vez, refere-se ao grau de generalização dos resultados observados (YIN, 2015).

Estudos de caso costumam ser criticados em virtude do baixo poder de generalização dos seus resultados, principalmente em comparação a análises quantitativas. No entanto, essa analogia, que considera amostra e população é equivocada quando se fala em estudos de caso.

Análises puramente quantitativas, utilizam a generalização estatística, onde uma amostra, se bem representada, pode ser facilmente estendida a uma população maior.

Já nos estudos de caso, o objetivo do pesquisador é usar um conjunto específico de resultados para corroborar ou expandir uma teoria mais abrangente, em vez de aplicá-los diretamente a um universo estatístico.

Este estudo está limitado a um caso único, o projeto Brasil Participativo, que possui características específicas que podem não ser compatíveis ou aplicáveis em outros sistemas de software ou contextos. Embora as conclusões sejam específicas deste caso, como forma de mitigar essa ameaça, toda a descrição metodológica e documentação necessária para a compreensão das singularidades do caso Brasil Participativo estarão disponíveis em repositórios públicos. Dessa forma, outros pesquisadores podem analisar a viabilidade da replicação dos resultados em seus contextos específicos.

4.10.4 Ameaças à Confiabilidade

Por fim, a ameaça a confiabilidade refere-se a capacidade de repodução dos procedimentos por outros pesquisadores. Com isso, verifica-se se os resultados observados são consistentes, caso a reprodução obtenha os mesmos resultados (YIN, 2015) (WOHLIN et al., 2012).

Variações na forma como os dados são coletados e analisados podem afetar os resultados. Para mitigar essa ameaça, serão fornecidas informações detalhadas sobre o produto, o processo, o contexto, o time de desenvolvimento, o conjunto de dados coletados e analisados, além do código-fonte e scripts utilizados na construção do tratamento proposto. Todas essas informações ficarão disponíveis em repositórios públicos. Serão estabelecidos procedimentos claros e, quando possível, automatizados, para a coleta de dados, minimizando a intervenção manual e sistematizando a análise. Além disso, todas as ferramentas utilizadas na instrumentação são produtos de software de código-fonte livre ou aberto.

5 Execução do Estudo de Caso

Aqui serão apresentados os processos e etapas, bem como as ferramentas construídas para a realização do estudo de caso proposto nesta pesquisa. Adicionalmente, serão detalhadas as atividades desenvolvidas para a coleta e análise dos dados necessários para a validação dos objetivos estabelecidos, bem como uma discussão sobre o que foi possível observar durante o estudo. Todos os códigos citados podem ser encontrados no repositório [1] destinado a guardar os artefatos produzidos durante essa etapa.

5.1 Configuração da Pipeline de CI/CD Localmente

Primeiramente, é importante ressaltar a necessidade de desenvolver um método para executar a pipeline de CI/CD localmente, visto que o projeto original não contempla uma etapa de deploy em sua esteira. Essa etapa é crucial para a análise proposta, pois a ferramenta de análise dinâmica requer uma versão do projeto em execução para ser aplicada. Com o intuito de suprir essa lacuna, a biblioteca gitlab-ci-local [2] foi utilizada para viabilizar a execução local da pipeline. Essa ferramenta permite que as etapas definidas no arquivo .gitlab-ci.yml sejam reproduzidas em um ambiente local, de maneira análoga ao GitLab CI.

Dessa forma, elaborou-se um script Shell que executa individualmente cada etapa da pipeline, uma vez que certas fases demandam adaptações para operarem localmente. Por exemplo, a etapa de análise estática exige variáveis e caminhos específicos devido ao uso de Docker in Docker na configuração original. Já para a análise dinâmica, foi necessário implementar um health-check para assegurar que a ferramenta inicie apenas quando o build da versão analisada estiver ativo. Adicionalmente, o script é responsável por organizar os resultados das análises em diretórios específicos, facilitando a posterior coleta de dados. Vale destacar que o script também realiza os logs de cada uma das etapas, armazenando-os em um arquivos que auxilia na identificação de falhas e na análise dos resultados.

O Código 5.1 apresenta os principais trechos do script desenvolvido para a execução local da pipeline de CI/CD.

```
1    #!/bin/bash
2    # --- SAST ---
3    run_and_capture "SAST" \
```

[1] https://github.com/chaydson/tcc-code
[2] https://github.com/firecow/gitlab-ci-local

```
4         gitlab-ci-local --volume "/var/run/docker.sock:/var/run/docker.
  sock" --variable "DOCKER_HOST=unix:///var/run/docker.sock" SAST
5     if [ $? -ne 0 ]; then
6         echo "Job 'SAST' falhou, mas continuando..."
7         OVERALL_STATUS=1
8     fi
9
10    # --- SCA ---
11    run_and_capture "SCA" \
12      gitlab-ci-local SCA
13    if [ $? -ne 0 ]; then
14      echo "Job 'SCA' falhou, mas continuando..."
15      OVERALL_STATUS=1
16    fi
17
18    # --- DAST ---
19    if [ "$APP_IS_READY_FOR_DAST" = true ]; then
20    echo "Iniciando DAST."
21    run_and_capture "DAST (ZAP Baseline)" \
22      sudo docker run --network="host" --rm \
23      -v $(pwd):/zap/wrk/:rw -t \
24      ghcr.io/zaproxy/zaproxy:stable \
25      zap-baseline.py \
26        -t http://localhost:3000/ \
27        -r "$REPORTS_TOOLS_DIR/zap-report.html" \
28        -J "$REPORTS_TOOLS_DIR/zap-report.json" \
29        -l WARN
```

Listing 5.1 – Shell Script para Pipeline Local

5.2 Elaboração dos Scripts para Automação da Coleta de Dados

Para viabilizar a coleta do grande volume de dados gerado pela execução da pipeline na unidade de análise escolhida, os Merge Requests (MRs) integrados ao ramo principal do repositório, fez-se necessária a criação de scripts que extraíssem automaticamente as informações de cada MR. Dessa forma, foram desenvolvidos scripts em Python para cada uma das ferramentas (SAST, SCA e DAST) utilizadas na pipeline, visto que cada uma gera relatórios em formatos distintos, sendo preciso padronizar a extração para o cálculo das métricas.

Esses scripts seguem uma lógica comum, que consiste em acessar o diretório onde os relatórios estão armazenados, contabilizar a quantidade de vulnerabilidades por severidade (crítico, alto, médio e baixo) em cada merge e consolidar essas informações em um DataFrame Pandas. O Código 5.2 exemplifica esse processo por meio do script desenvolvido para a extração dos dados do SAST.

```
    def parse_brakeman(base_path):
    print("--- Processando Brakeman ---")
    files = glob.glob(os.path.join(base_path, "*", "artifacts", "
brakeman-report.json"))
    results = []

    for filepath in files:
        try:
            path_parts = os.path.normpath(filepath).split(os.sep)
            commit_hash = path_parts[-3]

            with open(filepath, 'r', encoding='utf-8') as f:
                data = json.load(f)

            row = {'commit_hash': commit_hash}
            warnings = data.get("warnings", [])

            if warnings:
                df_temp = pd.DataFrame(warnings)
                if "confidence" in df_temp.columns:
                    counts = df_temp['confidence'].value_counts().
to_dict()
                    row.update({f"brakeman_{k}": v for k, v in counts.
items()})

            row['brakeman_total'] = data.get("scan_info", {}).get("
security_warnings", 0)
            results.append(row)
        except Exception:
            continue
```

Listing 5.2 – Script de Extração (SAST)

Entretanto, para coletar os dados referentes ao resultado da execução da pipeline o processo é diferente. Nesse caso, um script Python acessa os logs gerados por cada execução da pipeline e verifica se as etapas executaram com sucesso ou falha, bem como se vulnerabilidades foram encontradas. Esses dados são então organizados em um Data Frame Pandas para facilitar a análise posterior. O código 5.3 ilustra o processo de extração dos dados referentes ao resultado da execução.

```
    def parse_brakeman(base_path):
    print("--- Processando Brakeman ---")
    files = glob.glob(os.path.join(base_path, "*", "artifacts", "
brakeman-report.json"))
    results = []

    for filepath in files:
        try:
```

```
            path_parts = os.path.normpath(filepath).split(os.sep)
            commit_hash = path_parts[-3]

            with open(filepath, 'r', encoding='utf-8') as f:
                data = json.load(f)

            row = {'commit_hash': commit_hash}
            warnings = data.get("warnings", [])

            if warnings:
                df_temp = pd.DataFrame(warnings)
                if "confidence" in df_temp.columns:
                    counts = df_temp['confidence'].value_counts().
to_dict()
                    row.update({f"brakeman_{k}": v for k, v in counts.
items()})

            row['brakeman_total'] = data.get("scan_info", {}).get("
security_warnings", 0)
            results.append(row)
        except Exception:
            continue
        if not results:
        return pd.DataFrame(columns=['commit_hash', 'pipeline_has_issue'
])

        return pd.DataFrame(results)
```

Listing 5.3 – Script de Extração (Logs)

5.3 Consolidação dos Dados Coletados

Conforme preconiza a medida Security incidents trend - B.34 da norma ISO/IEC 27004 (2016), é necessário definir um intervalo temporal para observar o fenômeno estudado, calculando a média de cada período e comparando os dois mais recentes com os seis anteriores. Com base nessa diretriz, definiu-se que a janela de análise seria de 14 dias, contados retroativamente a partir do último dia da coleta (22/11/2025).

Posteriormente, os dados foram consolidados em uma linha do tempo que agrega as informações coletadas por cada um dos scripts desenvolvidos. Para tal, um script em Python percorre os diretórios onde os dados extraídos foram armazenados e identifica a data de cada alteração. Em seguida, realiza-se o agrupamento das entregas em ciclos de 14 dias, utilizando a divisão inteira entre a data da alteração e a data de término da coleta.

Outro ponto a ser destacado é que, para cada merge, foi extraída a quantidade to-

tal de bibliotecas do projeto, conforme demonstra o Código 5.4. Esse dado é fundamental para calcular a proporção entre as bibliotecas vulneráveis e o total de bibliotecas utilizadas, viabilizando assim a aferição da métrica relacionada ao SCA (Software Composition Analysis).

```
    def parse_dependency_counts(repo_path, commit_hashes):
    print("Contando Bibliotecas")

    results = []
    gem_regex = re.compile(r'^\s{4}[\w\-_]+ \(')

    for commit_hash in commit_hashes:
        total_libs = 0
        gems_count = 0
        npm_count = 0

        try:
            cmd = ["git", "show", f"{commit_hash}:Gemfile.lock"]
            output = subprocess.check_output(cmd, cwd=repo_path, stderr=
subprocess.DEVNULL).decode('utf-8')
            gems_count = len([line for line in output.splitlines() if
gem_regex.match(line)])
        except subprocess.CalledProcessError:
            pass

        try:
            cmd = ["git", "show", f"{commit_hash}:package-lock.json"]
            output = subprocess.check_output(cmd, cwd=repo_path, stderr=
subprocess.DEVNULL).decode('utf-8')
            pkg_lock = json.loads(output)

            if "packages" in pkg_lock:
                npm_count = len([k for k in pkg_lock["packages"].keys()
if k != ""])
            elif "dependencies" in pkg_lock:
                npm_count = len(pkg_lock["dependencies"])

        except (subprocess.CalledProcessError, json.JSONDecodeError):
            try:
                cmd = ["git", "show", f"{commit_hash}:package.json"]
                output = subprocess.check_output(cmd, cwd=repo_path,
stderr=subprocess.DEVNULL).decode('utf-8')
                pkg_json = json.loads(output)
                npm_count = len(pkg_json.get('dependencies', {})) + len(
pkg_json.get('devDependencies', {}))
            except:
                pass
```

```
37
38          total_libs = gems_count + npm_count
39
40          results.append({
41              'commit_hash': commit_hash,
42              'total_libs': total_libs,
43              'ruby_libs': gems_count,
44              'npm_libs': npm_count
45          })
46
47      return pd.DataFrame(results)
```

Listing 5.4 – Script de Extração das Bibliotecas

5.4 Aplicação do Questionário

Infelizmente, devido a limitações de tempo e recursos, não foi possível aplicar o questionário planejado para coletar dados qualitativos dos desenvolvedores envolvidos no projeto. A aplicação do questionário ou de outro método de coleta de dados qualitativos exigiria um planejamento detalhado, o que não pôde ser realizado dentro do cronograma estabelecido para este estudo de caso. Portanto, a análise se concentrou exclusivamente nos dados quantitativos coletados através das ferramentas automatizadas descritas anteriormente.

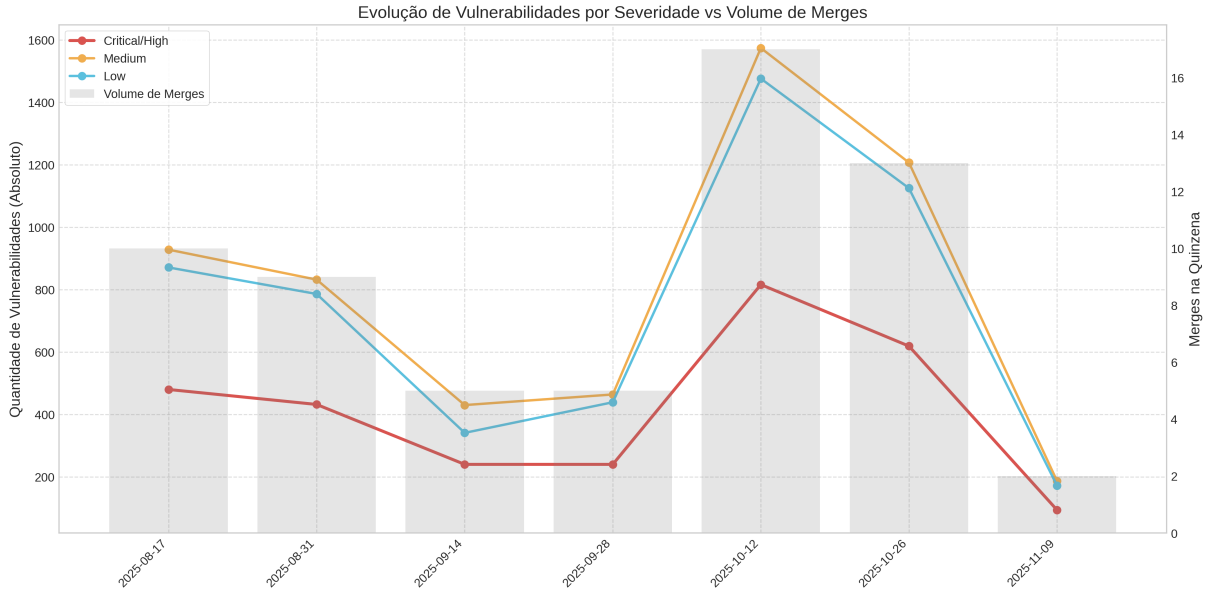
6 Resultados do Estudo de Caso

Neste capítulo, são apresentados os resultados obtidos a partir do estudo de caso realizado. A análise dos dados coletados é detalhada, destacando as métricas calculadas e os principais insights relevantes obtidos com o estudo.

6.1 Análise dos Dados

A Figura 14 ilustra o volume de merges realizados em cada uma das quinzenas analisadas, bem como a quantidade total de vulnerabilidades identificadas pelos três tipos de análise (SAST, DAST e SCA). Observa-se que, a despeito de oscilações temporais, o volume de vulnerabilidades tende a acompanhar linearmente o número de merges. Tal comportamento ocorre porque as vulnerabilidades são contabilizadas de forma cumulativa a cada merge, sem que haja um processo de deduplicação das falhas recorrentes. Esse cenário evidencia a importância de definir métricas fundamentadas em estudos ou normas técnicas, visto que, embora aparente ser informativo, esse gráfico pode induzir a interpretações equivocadas sobre o real estado de segurança do software.

Figura 14 – Volume de Vulnerabilidades por Quinzena



Fonte: Autor

6.1.1 Identificação de Vulnerabilidades de Segurança

Retomando a questão específica definida na subseção 4.5: A aplicação de práticas DevSecOps permitiu identificar vulnerabilidades de segurança sob as perspectivas da

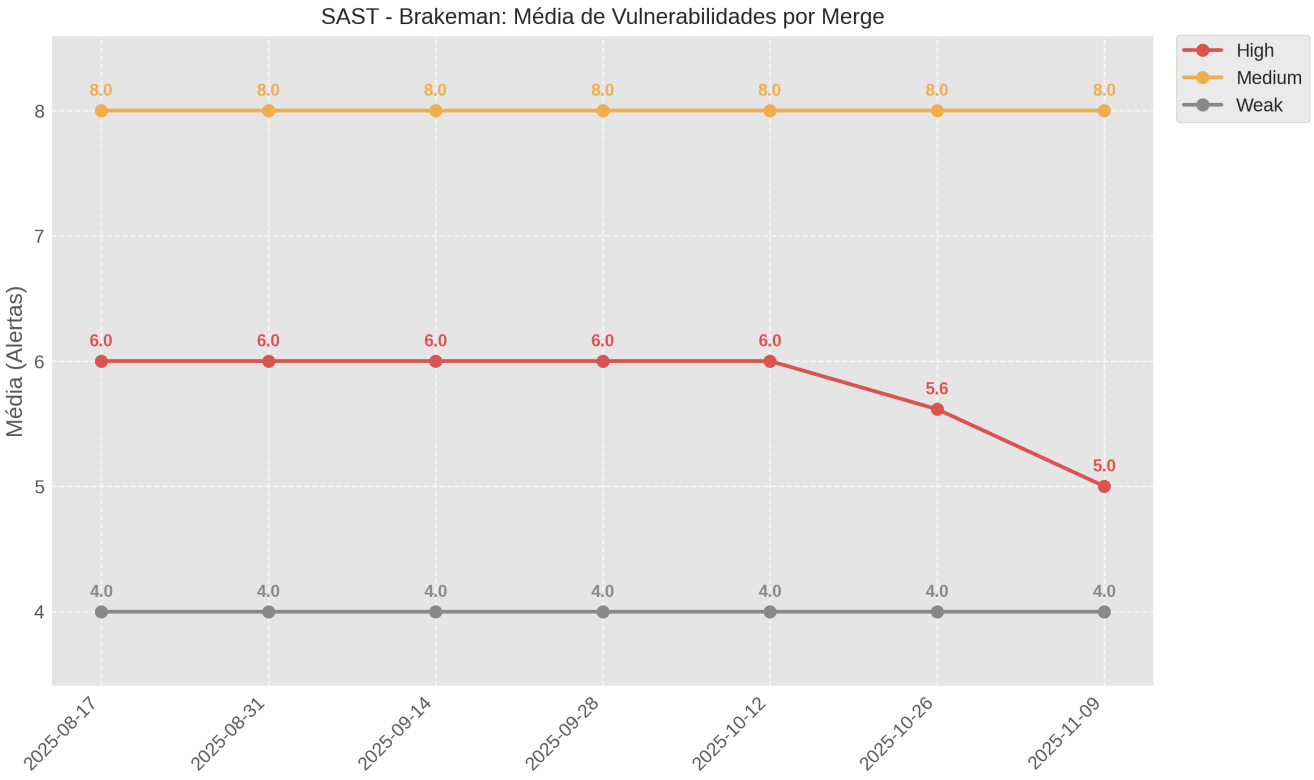
qualidade interna e externa do produto?

Para responder a essa questão, foram analisadas as métricas relacionadas à identificação de vulnerabilidades de segurança, conforme detalhado a seguir. As Figuras 15, 16, 17 e 18 apresentam as médias de vulnerabilidades identificadas por merge para cada tipo de análise (SAST, DAST e SCA) ao longo das quinzenas analisadas.

Observa-se que, apesar de algumas variações, as médias de vulnerabilidades por merge tendem a se manter relativamente estáveis ao longo do tempo. Isso indica que as práticas DevSecOps implementadas estão contribuindo para a identificação consistente de vulnerabilidades, tanto na qualidade interna (SAST e SCA) quanto na qualidade externa (DAST) do produto. Um dos motivos para essa estabilidade foi a priorização do time em relação às vulnerabilidades encontradas, pois não foi possível observar a sprint em que as correções foram realizadas, apenas o momento em que foram detectadas.

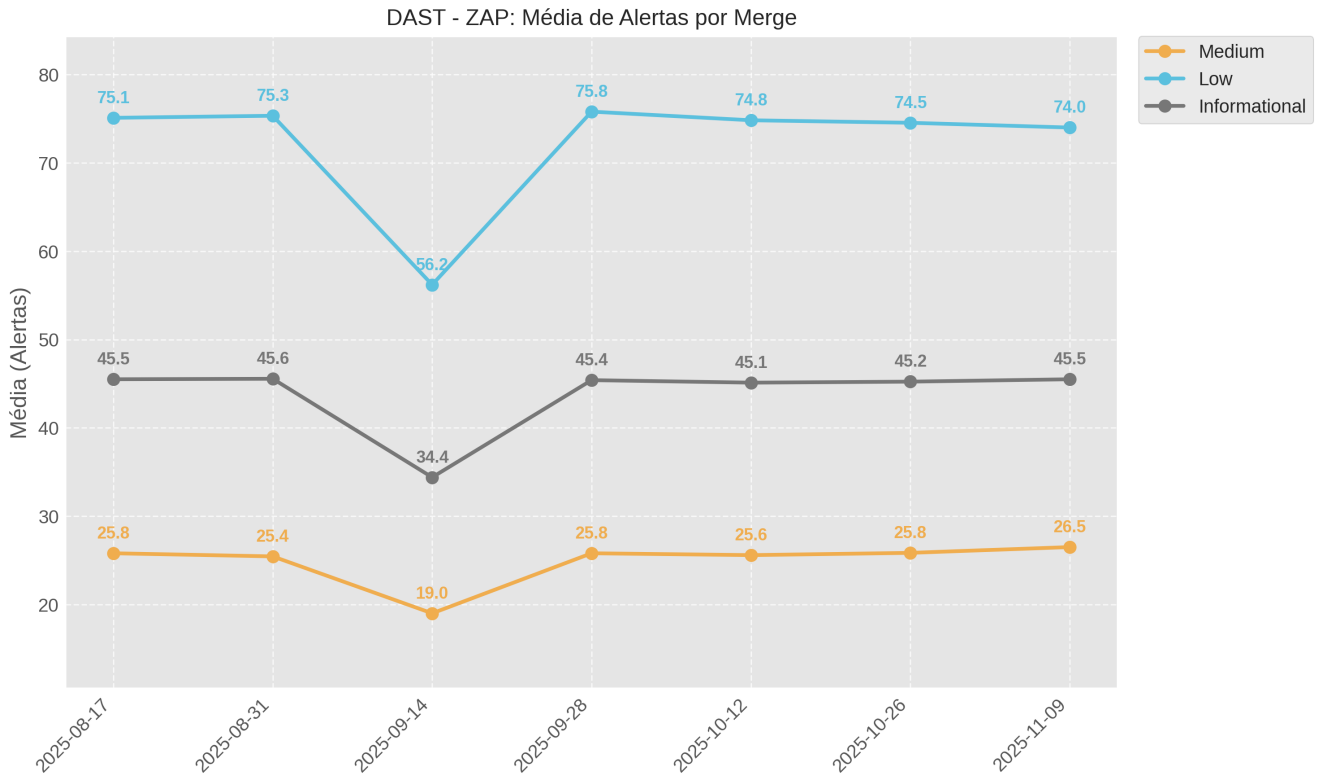
Além disso, as vulnerabilidades não foram analisadas pelo time de segurança, apenas reportadas, o que pode ter impactado a priorização e a correção das mesmas. Isso reforça a importância de uma abordagem contínua e integrada de segurança no ciclo de desenvolvimento, alinhada aos princípios DevSecOps, para garantir a identificação e mitigação eficaz de vulnerabilidades ao longo do tempo. Outro fator impactado por esse fato é a quantidade de falsos positivos, que não foi possível analisar, mas que pode ter influenciado os dados e, posteriormente, a resolução desses problemas de segurança.

Figura 15 – SAST - Média de Vulnerabilidades por Merge



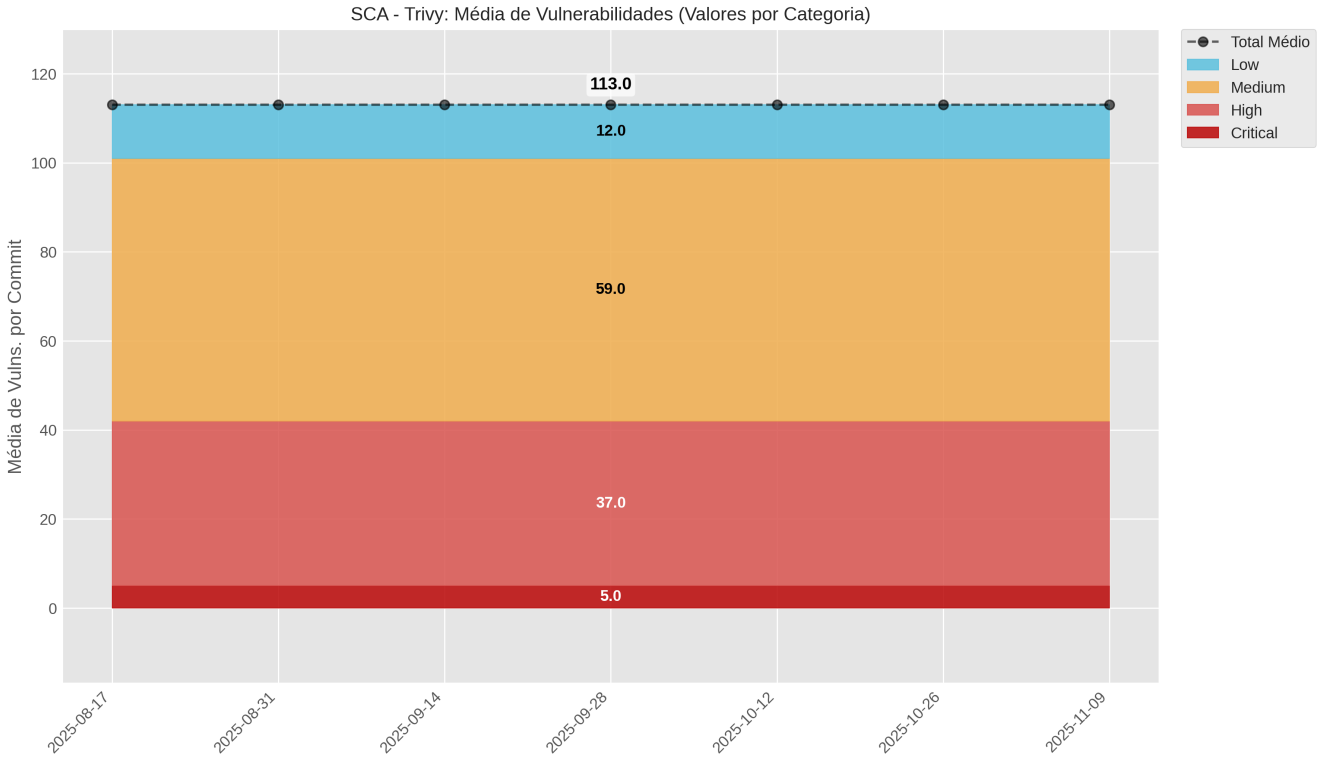
Fonte: Autor

Figura 16 – DAST - Média de Vulnerabilidades por Merge



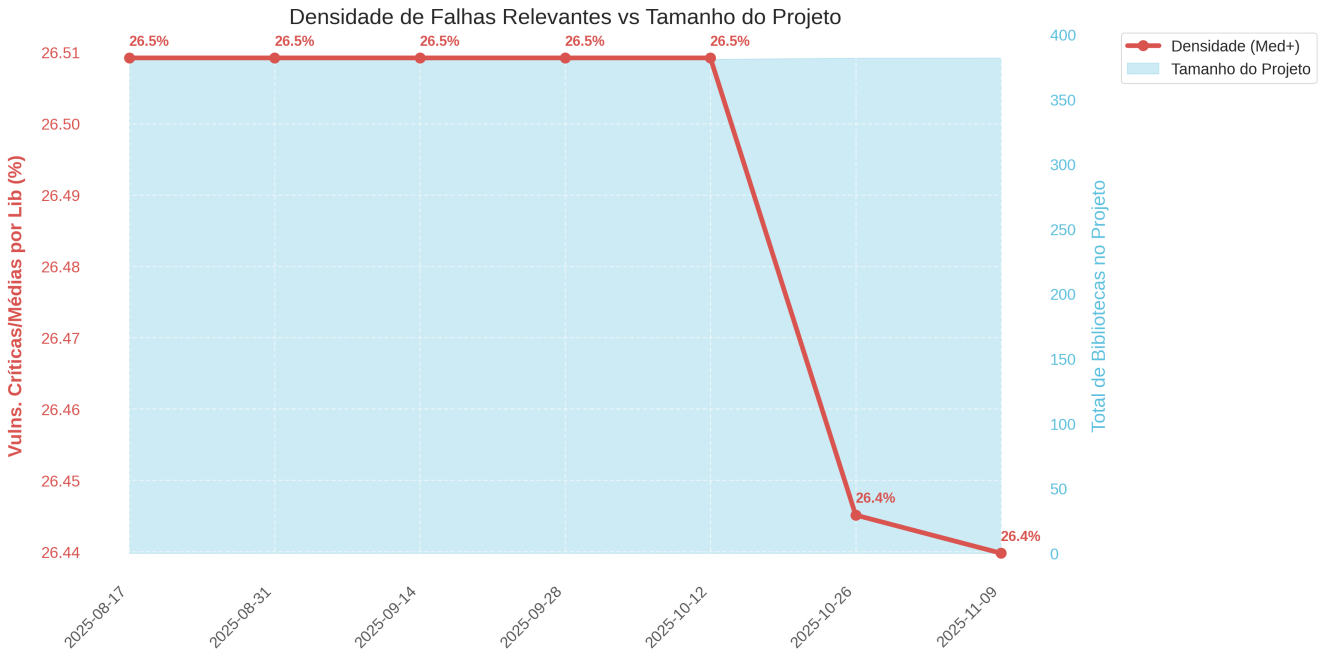
Fonte: Autor

Figura 17 – SCA - Média de Vulnerabilidades por Merge



Fonte: Autor

Figura 18 – Proporção de Bibliotecas com Vulnerabilidades por Merge



Fonte: Autor

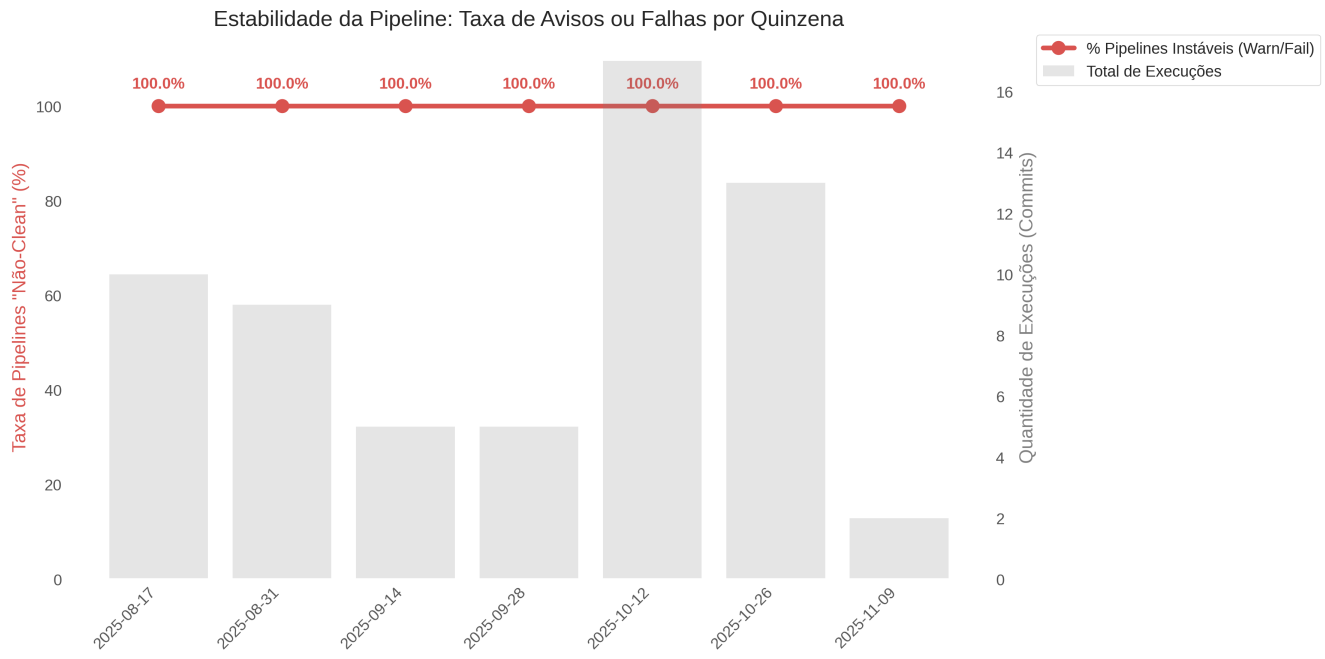
6.1.2 Análise Automática da Segurança e Tomada de Decisões

Na seção 4.5, foi levantada a questão: De que forma a análise automática da segurança pode influenciar na tomada de decisões durante o desenvolvimento do software?

Para responder a essa questão, foram analisadas as métricas relacionadas à estabilidade da pipeline de CI/CD, conforme detalhado a seguir. A Figura 19 apresenta as taxas de aviso ou falha na pipeline por quinzena ao longo do período analisado.

Como foram implementadas ferramentas que analisaram aspectos do sistema que até então não tinham sido submetidos a esse tipo de análise e o time de desenvolvimento não teve tempo hábil para corrigir todas as vulnerabilidades encontradas, é possível observar que a pipeline encontrou falhas de segurança em todas as suas execuções. No entanto, é importante destacar que essas variações refletem o processo de adaptação do time de desenvolvimento às novas práticas DevSecOps implementadas e que, conforme a cultura do time for se integrando ao novo modo de enxergar a segurança, é provável que eles consigam reduzir esses índices.

Figura 19 – Taxas de Aviso ou Falha por Quinzena



Fonte: Autor

6.2 Avaliação das Métricas

As duas primeiras métricas definidas pela primeira questão específica do estudo de caso usam como base a métrica B.34 - Security Incidents Trend da norma ISO/IEC 27004 (2016) que fornece um método de cálculo e valores de referência para avaliar a tendência da segurança de um sistema ao longo do tempo. Observando as informações das Figuras 15 e 16 é possível extraír os dados necessários para realizar o cálculo dessas métricas.

Para a análise de tendência, definimos a média recente (M_{rec}) e a média histórica (M_{hist}) como:

$$M_{rec} = \frac{1}{2} \sum_{i=n-1}^{n} x_i \tag{6.1}$$

$$M_{hist} = \frac{1}{6} \sum_{i=n-5}^{n} x_i \tag{6.2}$$

Onde x_i representa o valor da métrica no intervalo de tempo i e n é o intervalo atual. A razão de tendência (R) é dada por:

$$R = \frac{M_{rec}}{M_{hist}} \tag{6.3}$$

Os critérios de classificação de tendência foram definidos conforme abaixo:

- **Melhora (Verde):** se $R < 1.00$
- **Estabilidade (Amarelo):** se $1.00 \leq R \leq 1.30$
- **Degradação (Vermelho):** se $R > 1.30$

Tabela 6 – Análise de Tendência de Vulnerabilidades - SAST (Brakeman)

Categoria	**Média Hist. (6)**	**Média Rec. (2)**	**Razão (R)**	**Status**
High	5.77	5.30	0.92	**Verde**
Medium	8.00	8.00	1.00	**Amarelo**

Fonte: Autor

Tabela 7 – Análise de Tendência de Alertas - DAST (ZAP)

Categoria	**Média Hist. (6)**	**Média Rec. (2)**	**Razão (R)**	**Status**
Medium	24.68	26.15	1.06	**Amarelo**

Fonte: Autor

Pode-se perceber que a análise de tendência das vulnerabilidades identificadas pelas ferramentas SAST e DAST indicam uma estabilidade na segurança do software ao longo do tempo, sendo que as vulnerabilidades de alta criticidade identificadas pelo Brakeman apresentaram uma ligeira queda, conforme apresentado nas Tabelas 6 e 7. Esses resultados fornecem insights valiosos para a equipe de desenvolvimento e segurança, permitindo que eles monitorem e priorizem as demandas de segurança do software.

Já a terceira métrica está relacionada à proporção de bibliotecas vulneráveis. Essa métrica é calculada dividindo o número de bibliotecas com vulnerabilidades pelo número total de bibliotecas utilizadas no projeto, conforme apresentado na Figura 18. A análise dessa métrica ao longo do tempo permite avaliar a eficácia das práticas de gerenciamento de dependências e a adoção de medidas para mitigar riscos associados a bibliotecas vulneráveis. Apesar da pequena redução, 0,1%, observada na proporção de bibliotecas vulneráveis ao longo do período analisado, é importante destacar que a métrica ainda indica uma presença significativa de vulnerabilidades nas dependências do projeto, aproximadamente 26,4% das bibliotecas foram marcadas pelo Trivy com vulnerabilidades médias ou superiores.

O gerencimento de bibliotecas é fundamental, pois até grandes projetos são sucetíveis abrir brechas na segurança, como por exemplo o React Team (2025) divulgou a vulnerabilidade CVE-2025-55182 que permite execução não autenticada de código remotamente em aplicações que utilizam a biblioteca React nas versões 19.0, 19.1.0, 19.1.1, and 19.2.0.

Por fim, a quarta métrica avalia a estabilidade da pipeline de CI/CD, conforme ilustrado na Figura 19. A análise dessa métrica ao longo do tempo revela um padrão de variação nas taxas de aviso, refletindo o processo de adaptação do time de desenvolvimento

às novas práticas DevSecOps implementadas. Embora a pipeline tenha apresentado falhas em todas as execuções devido à implementação recente das ferramentas de análise de segurança, é esperado que, com o tempo e a integração contínua dessas práticas na cultura do time, haja uma redução gradual nas taxas de aviso ou falha, indicando uma melhoria na qualidade e segurança do software desenvolvido.

7 Conclusão

Neste capítulo, será apresentado o resultado do trabalho desenvolvido, destacando os resultados obtidos e as atividades concluídas. Além disso, serão discutidos os objetivos específicos alcançados, as limitações do estudo e sugestões para trabalhos futuros.

7.1 Resultados Obtidos

Retomando a questão de pesquisa proposta no início deste trabalho: como analisar a característica de segurança no desenvolvimento contínuo de sistemas web, considerando as visões de qualidade interna e externa? Para responder a essa questão, foi realizada uma revisão da literatura com o objetivo de obter embasamento teórico sobre DevSecOps, segurança em desenvolvimento contínuo e métricas de segurança. Depois de obter um panorama geral sobre o assunto, foi proposto um estudo de caso em um projeto de software livre desenvolvido pela Universidade de Brasília.

O estudo de caso foi estruturado usando a metodologia GQM (Goal Question Metric) para definir metas, questões e métricas necessárias para avaliar as práticas analisadas. Assim, foram estabelecidas duas questões específicas: a aplicação de práticas DevSecOps permitiu identificar vulnerabilidades de segurança sob as perspectivas da qualidade interna e externa do produto? Que possui as seguintes métricas associadas: média de vulnerabilidades encontradas por ferramentas SAST e DAST, ambas por nível de severidade e por merge, e a proporção de vulnerabilidades em bibliotecas encontradas por, também avaliadas por nível de severidade e por merge. E como segunda questão específica: a análise automática da segurança do pipeline e as métricas coletadas ajudaram na tomada de decisões relacionadas ao projeto? E as seguintes métricas: taxa de pipelines sinalizadas devido à descoberta de vulnerabilidades de criticidade média ou superior, por merge, e feedback do time obtido por um questionário sobre os impactos das novas práticas.

Então, para fundamentar a escolha e análise das métricas coletadas, a ISO/IEC 27004 (2016) foi utilizada como referência para a definição das métricas, pois ela estabelece um conjunto de métricas para avaliar a segurança de software durante todo o seu ciclo de vida e em diferentes aspectos. Já os estudos Zhang e Zhang (2024) e Google (2024), foram usados como referência devido que apresentam métricas relacionadas ao desenvolvimento contínuo seguro de projetos de software. Foi a partir deles que as métricas relacionadas ao contexto de integração contínua foram definidas.

Nesse sentido, foram construídas e integradas ao pipeline de CI/CD do projeto as ferramentas para coletar as métricas propostas. Em primeiro momento, a pipeline oficial

do projeto teve o funcionamento da ferramenta SAST alterada para permitir analisar o projeto como um todo e também foi adicionado a ferramenta de SCA para identificar vulnerabilidades em bibliotecas de terceiros. Posteriormente, foi implementada uma pipeline paralela para realizar análises DAST, dada a impossibilidade da integração de testes dinâmicos na pipeline do projeto devido a ausência de integração automática em um ambiente de homologação. Dessa forma, foi possível coletar as métricas propostas para responder as questões do estudo de caso.

Desse modo, conclui-se da análise que tanto na perspectiva de qualidade interna quanto na externa, a aplicação das práticas DevSecOps permitiu identificar vulnerabilidades de segurança no projeto analisado. Na perspectiva de qualidade interna, as ferramentas SAST e SCA integradas ao pipeline de CI/CD possibilitaram a detecção precoce de vulnerabilidades no código-fonte e nas bibliotecas utilizadas. Já na perspectiva de qualidade externa, a ferramenta DAST permitiu identificar vulnerabilidades que poderiam ser exploradas em um ambiente de produção, proporcionando uma visão mais abrangente da segurança do sistema.

Adicionalmente, o estudo de caso indicou que a análise automática da segurança do pipeline e as métricas coletadas fornecem parâmetros quantitativos para a tomada de decisões relacionadas ao projeto. A taxa de pipelines sinalizadas devido à descoberta de vulnerabilidades forneceu insights valiosos para o time de desenvolvimento, permitindo priorizar correções e melhorias no código, além de permitir obter uma visão geral da segurança do projeto ao longo do tempo. Apesar de não ter sido possível coletar a opinião das equipes em relação as novas práticas implementadas por meio do questionário, durante as reuniões de alinhamento com os times foi relatado, em caráter pessoal, o contentamento com as práticas DevSecOps implementadas que serão de grande valia para o projeto.

7.2 Atividades Concluídas

As atividades planejadas para este trabalho foram definidas na primeira etapa do estudo e podem ser encontradas na Seção 1.6. A Tabela 8 lista todas as atividades, além de apresentar a situação atual de cada uma e onde os resultados de cada atividade pode ser encontrado.

7.3 Objetivos Específicos

Os objetivos do trabalho definidos na Seção 1.4 foram atingidos com sucesso. A Tabela 9 registra cada um deles e indica a situação atual e onde os resultados foram registrados.

Tabela 8 – Atividades Concluídas

Atividade	**Situação**	**Resultados**
Contextualização sobre Engenharia de Software Experimental	Concluída	2.1
Definição do GQM	Concluída	1.3
Elaboração do Protocolo de Revisão da Literatura	Concluída	3.1
Seleção dos Artigos	Concluída	3.2
Análise do Material Selecionado	Concluída	3.3
Definição da Proposta de Solução	Concluída	4
Redação da Monografia	Concluída	-
Revisão	Concluída	-
Primeira Defesa	Concluída	-
Evolução do Trabalho	Concluída	-
Preparação e Coleta de Dados	Concluída	5
Tratamento dos Dados	Concluída	5
Documentação e Análise dos Resultados	Concluída	6
Redação da monografia	Concluída	-
Revisão	Concluída	-
Apresentação Final	Agendada	-

Fonte: Autor

Tabela 9 – Objetivos Concluídos

Objetivo	**Situação**	**Resultados**
Fundamentar teoricamente os conceitos de DevSecOps, modelos de segurança e metodologias de desenvolvimento seguro	Alcançado	3 e 2
Incorporar um conjunto de práticas DevSecOps ao ciclo de desenvolvimento do produto de software sob análise	Alcançado	5
Planejar um estudo de caso focado na observação das práticas implementadas	Alcançado	4
Conduzir o estudo de caso, realizando a coleta e a análise das medidas e métricas segurança, que apoiem a discussão dos resultados alcançados	Alcançado	5 e 6
Apresentar as conclusões e os insights resultantes desta investigação.	Alcançado	6

Fonte: Autor

7.4 Limitações

Apesar dos resultados positivos obtidos neste trabalho, algumas limitações foram identificadas durante o desenvolvimento do estudo de caso. Primeiramente, a análise foi realizada em um único projeto de software livre, o que pode limitar a generalização dos resultados para outros contextos e tipos de projetos. Além disso, a ausência de um ambiente de homologação automatizado impediu a integração direta da ferramenta DAST na

pipeline oficial do projeto, o que poderia ter proporcionado uma análise mais integrada e contínua.

Ademais, a coleta de feedback do time por meio de um questionário não foi possível, o que limitou a avaliação qualitativa das percepções dos desenvolvedores em relação às práticas DevSecOps implementadas. Essa limitação pode ter impactado a compreensão completa dos benefícios e desafios enfrentados pela equipe durante a adoção dessas práticas.

Outrossim, a necessidade de adaptação das métricas propostas para o contexto específico do projeto analisado pode ter influenciado os resultados obtidos, uma vez que algumas métricas podem não ter sido totalmente adequadas para avaliar a segurança no desenvolvimento contínuo do sistema em questão.

7.5 Trabalhos Futuros

Os trabalhos subsequentes, além de superar as limitações identificadas, podem explorar diversas direções para aprofundar a compreensão e a aplicação das práticas DevSecOps no desenvolvimento contínuo de sistemas web. Primeiramente, usar diferentes ferramentas de análise de segurança, tanto SAST quanto DAST, pode proporcionar uma visão mais abrangente das vulnerabilidades presentes no código e no ambiente de execução. A comparação entre diferentes ferramentas também pode ajudar a identificar aquelas que melhor se adaptam às necessidades específicas do projeto.

Também é importante que seja elaborado um relatório detalhado das vulnerabilidades encontradas, visando identificar falsos positivos e ajudar na priorização das correções. Esse relatório pode servir como base para futuras análises e melhorias no processo de desenvolvimento seguro.

Referências

ALJOHANI, M. A.; ALQAHTANI, S. S. A unified framework for automating software security analysis in devsecops. In: . [s.n.], 2023. Cited by: 9. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85153866654&doi=10.1109%2fICSCA57840.2023.10087568&partnerID=40&md5=ddab1036dfd21896853bbfa52e8bf3ad>. Citado na página 45.

BASILI, V. et al. Goal question metric (gqm) approach. In: _____. [S.l.: s.n.], 1994. ISBN 9780471028956. Citado na página 34.

BASILI, V. R.; CALDIERA, G.; ROMBACH, H. D. The Goal Question Metric Approach. In: MARCINIAK, J. J. (Ed.). Encyclopedia of Software Engineering. [S.l.]: Wiley, 1994. v. 1, p. 528–532. Citado 2 vezes nas páginas 32 e 72.

BOEHM, B. W. Characteristics of Software Quality. North-Holland, 1978. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=jLFXswEACAAJ>. Citado na página 29.

BOEHM, B. W. Characteristics of Software Quality. [S.l.]: North-Holland, 1978. (TRW Series of Software Technology). Citado na página 42.

Brasil. Presidência da República. Plataforma Brasil Participativo. 2025. Disponível em: <https://brasilparticipativo.presidencia.gov.br/processes/brasilparticipativo/f/1400/>. Citado na página 69.

Decidim. About Decidim - Decidim Docs. 2025. Disponível em: <https://docs.decidim.org/en/develop/understand/about>. Citado na página 69.

DROMEY, R. G. A model for software product quality. IEEE Trans. Softw. Eng., IEEE Press, v. 21, p. 146–162, 2 1995. ISSN 0098-5589. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1109/32.345830>. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 42.

DíAZ, J. et al. Harmonizing devops taxonomies - a grounded theory study. 08 2022. Citado na página 31.

ELSEVIER. Banco de dados de resumos e citações organizado por especialistas. 2024. Disponível em: <https://www.periodicos.capes.gov.br/>. Citado na página 49.

FITZGERALD, B.; STOL, K.-J. Continuous software engineering: A roadmap and agenda. The Journal of Systems & Software, v. 123, p. 176–189, 2017. Citado na página 30.

Forum of Incident Response and Security Teams (FIRST). Common Vulnerability Scoring System. 2015. Acesso em: 06 de outubro de 2025. Disponível em: <https://www.first.org/cvss/>. Citado na página 45.

FRANçA, B. B.; JUNIOR, H. J.; TRAVASSOS, G. Characterizing devops by hearing multiple voices. In: . [S.l.: s.n.], 2016. Citado na página 31.

G1, P. 2025. Https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2025/07/04/policia-ataque-hacker-ao-sistema-que-liga-bancos-ao-pix.ghtml. Acessado: 25-07-2025. Citado na página 30.

Google. DORA. [S.l.], 2024. Acessado em: 20 de julho de 2025. Disponível em: <https://dora.dev>. Citado 6 vezes nas páginas 45, 52, 61, 72, 74 e 93.

ISO/IEC 25000.
ISO/IEC 25000:2014 Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements a
Geneva, CH, 2014. Citado na página 42.

ISO/IEC-25010. ISO/IEC 25010 System and software quality models. [S.l.], 2010. Citado 3 vezes nas páginas 29, 43 e 44.

ISO/IEC 25010.
ISO/IEC 25010:2023 Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements a
Geneva, CH, 2023. Citado 3 vezes nas páginas 42, 43 e 72.

ISO/IEC 27000.
ISO/IEC 27000:2018 Information technology — Security techniques — Information security management
Geneva, CH, 2018. Citado na página 44.

ISO/IEC-27001. Information technology – Security techniques – Information security management systems – Requirements. 2022. Available at: https://www.iso.org/standard/70032.html. Citado na página 29.

ISO/IEC 27001.
ISO/IEC 27001:2022 Information security, cybersecurity and privacy protection — Information security
Geneva, CH, 2022. Citado 2 vezes nas páginas 44 e 47.

ISO/IEC 27004.
ISO/IEC 27004:2016 Information technology — Security techniques — Information security management
Geneva, CH, 2016. Citado 7 vezes nas páginas 44, 72, 74, 76, 82, 89 e 93.

ISO/IEC-27034. Information technology – Security techniques – Application security – Part 1: Overview and concepts. 2011. ISO/IEC 27034-1:2011. Citado na página 30.

ISO/IEC 9126.
ISO/IEC 9126-1:2001 Software engineering — Product quality — Part 1: Quality model.
Geneva, CH, 2001. Esta norma foi descontinuada e substituída pela ISO/IEC 25010:2023. Citado 2 vezes nas páginas 42 e 43.

ISO/IEC-9126. ISO/IEC 9126. Software engineering – Product quality. [S.l.]: ISO/IEC, 2001. Citado na página 29.

JOSHI, H. A secure software development methodology for enterprise business applications. In: . [s.n.], 2024. p. 7 – 12. Cited by: 1. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85217554758&doi=10.1109%2fICODSE63307.2024.10829891&partnerID=40&md5=aa77a0827de37592c910cb0f32cbb0fc>. Citado na página 62.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. et al. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Keele, UK, 2007. Citado 2 vezes nas páginas 34 e 49.

KUDRIAVTSEVA, A.; GADYATSKAYA, O. You cannot improve what you do not measure: A triangulation study of software security metrics. In: . [s.n.], 2024. p. 1223 – 1232. Cited by: 6; All Open Access, Hybrid Gold Open Access. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85194836591&doi=10.1145%2f3605098.3635892&partnerID=40&md5=0beecf2d8290ab7b673bdda3b6300a57>. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 62.

KUSHWAHA, M. K.; DAVID, P.; SUSEELA, G. Automation and devsecops: Streamlining security measures in financial system. In: . [s.n.], 2024. Cited by: 0. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85205770194&doi=10.1109%2fCONECCT62155.2024.10677271&partnerID=40&md5=6dd76e3d104de49d5559093b3f58c303>. Citado na página 62.

LANGE, F.; KUNZ, I. Evolution of secure development lifecycles and maturity models in the context of hosted solutions. Journal of Software: Evolution and Process, v. 36, n. 12, 2024. Cited by: 0; All Open Access, Hybrid Gold Open Access. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85200057398&doi=10.1002%2fsmr.2711&partnerID=40&md5=9b0595cd71d28171da66b90852ed7301>. Citado 3 vezes nas páginas 47, 60 e 61.

LETOUZEY, J.-L.; COQ, T. The sqale method for evaluating technical debt. In: 14th European Conference on Software Maintenance and Reengineering (CSMR). [S.l.]: IEEE, 2010. p. 195–198. Citado na página 43.

LUZ, W. P.; PINTO, G.; BONIFÁCIO, R. Adopting devops in the real world: A theory, a model, and a case study. J. Syst. Softw., v. 157, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2019.07.083>. Citado na página 31.

LóPEZ, L. et al. Quality measurement in agile and rapid software development: A systematic mapping. Journal of Systems and Software, v. 186, p. 111187, 2022. ISSN 0164-1212. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0164121221002661>. Citado na página 30.

LóPEZ, L. et al. Q-rapids tool prototype: Supporting decision-makers in managing quality in rapid software development. In: Forum at the 30th International Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAiSE). [S.l.]: Springer, 2018. (Lecture Notes in Business Information Processing, v. 317), p. 157–164. Citado na página 43.

MASOOD, A.; JAVA, J. Static analysis for web service security - tools & techniques for a secure development life cycle. In: . [S.l.: s.n.], 2015. Citado na página 59.

MCCALL, J.; RICHARDS, P. K.; WALTERS, G. F. Factors in software quality. volume i, ii and iii. concepts and definitions of software quality. US Rome Air Development Center Reports, US Department of Commerce, USA, p. 168, 1977. Citado na página 29.

MCCALL, J. A.; RICHARDS, P. K.; WALTERS, G. F. Factors in Software Quality. [S.l.], 1977. Citado 2 vezes nas páginas 42 e 43.

Mitre Corporation. Common Weakness Enumeration (CWE™). 1999. Acessado em: 24-07-2025. Disponível em: <http://web.archive.org/web/20080207010024/http://www.808multimedia.com/winnt/kernel.htm>. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 45.

NOCERA, S. et al. A large-scale fine-grained empirical study on security concerns in open-source software. In: . [s.n.], 2023. p. 418 – 425. Cited by: 3. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85183330517&doi=10.1109%2fSEAA60479.2023.00069&partnerID=40&md5=cedd775ef204cc60b75b12f44bdda858>. Citado na página 62.

OWASP. OWASP Software Assurance Maturity Model (SAMM). 2020. Https://owaspsamm.org/. Acessado: 24-07-2025. Citado na página 30.

OWASP. OWASP Top Ten 2021. 2021. <https://owasp.org/TopTen/>. OWASP Top Ten 2021 Report. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 45.

OWASP Foundation. OWASP Foundation, the Open Source Foundation for Application Security. 2025. Acesso em: 06 de outubro de 2025. Disponível em: <https://owasp.org/>. Citado na página 45.

PAI, M. et al. Clinical research methods. THE NATIONAL MEDICAL JOURNAL OF INDIA, v. 17, n. 2, 2004. Citado 2 vezes nas páginas 34 e 49.

PAI, M. et al. Systematic reviews and meta-analyses: an illustrated, step-by-step guide. National Medical Journal of India, v. 17, n. 2, p. 86–95, mar-apr 2004. PMID: 15141602. Citado na página 50.

RAJAPAKSE, R. N. et al. Challenges and solutions when adopting devsecops: A systematic review. Information and Software Technology, v. 141, 2022. Cited by: 91; All Open Access, Green Open Access. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85114377924&doi=10.1016%2fj.infsof.2021.106700&partnerID=40&md5=8d37a7b4dea325db0f7ecd9a9ed17a0e>. Citado 5 vezes nas páginas 31, 58, 59, 61 e 72.

RAMIREZ, A.; AIELLO, A.; LINCKE, S. J. A survey and comparison of secure software development standards. In: . [s.n.], 2020. Cited by: 17. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85100614059&doi=10.1109%2fCMI51275.2020.9322704&partnerID=40&md5=8b4d0a69a6b627d3d34f5be03aa2c6ba>. Citado na página 62.

RANGNAU, T. et al. Continuous security testing: A case study on integrating dynamic security testing tools in ci/cd pipelines. In: . [s.n.], 2020. p. 145 – 154. Cited by: 57; All Open Access, Green Open Access. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85096513818&doi=10.1109%2fEDOC49727.2020.00026&partnerID=40&md5=c40a98ef4d8eff4fb8b08e234290f023>. Citado na página 59.

React Team. Critical Security Vulnerability in React Server Components. 2025. Acesso em: 07 dez. 2025. Disponível em: <https://react.dev/blog/2025/12/03/critical-security-vulnerability-in-react-server-components>. Citado na página 90.

RUNESON, P.; HöST, M. Guidelines for conducting and reporting case study research in software engineering. Empirical Softw. Engg., Kluwer Academic Publishers, USA, v. 14, n. 2, p. 131–164, abr. 2009. ISSN 1382-3256. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10664-008-9102-8>. Citado 2 vezes nas páginas 67 e 75.

SAEED, H. et al. Review of techniques for integrating security in software development lifecycle. Computers, Materials and Continua, v. 82, n. 1, p. 139 – 172, 2025. Cited by: 2; All Open Access, Gold Open Access. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85214507365&doi=10.32604%2fcmc.2024.057587&partnerID=40&md5=16c958450978504c24f727dbb66e06d5>. Citado 2 vezes nas páginas 62 e 72.

SIAVVAS, M.; AMPATZOGLOU, A.; STAMELOS, I. Qatch: A framework for software product quality assessment using fuzzy multi-criteria decision making. Expert Systems with Applications, Elsevier, v. 86, p. 350–366, 2017. Citado na página 43.

SIAVVAS, M. et al. A hierarchical model for quantifying software security based on static analysis alerts and software metrics. Software Quality Journal, Kluwer Academic Publishers, USA, v. 29, n. 2, p. 431–507, jun. 2021. ISSN 0963-9314. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11219-021-09555-0>. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 31.

SIAVVAS, M. et al. A hierarchical model for quantifying software security based on static analysis alerts and software metrics. Software Quality Journal, v. 29, n. 2, p. 431 – 507, 2021. Cited by: 21; All Open Access, Green Open Access. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85106207514&doi=10.1007%2fs11219-021-09555-0&partnerID=40&md5=b0ecf71985d4ef4c10438eabe73da349>. Citado 2 vezes nas páginas 68 e 71.

SINAN, M.; SHAHIN, M.; GONDAL, I. Integrating security controls in devsecops: Challenges, solutions, and future research directions. Journal of Software: Evolution and Process, v. 37, n. 6, 2025. Cited by: 0; All Open Access, Hybrid Gold Open Access. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-105007632373&doi=10.1002%2fsmr.70029&partnerID=40&md5=cbcf15029b0648ce3192ffaeaf651643>. Citado 3 vezes nas páginas 45, 46 e 47.

The MITRE Corporation. CVE - Common Vulnerabilities and Exposures. 1999. Acesso em: 06 de outubro de 2025. Disponível em: <https://www.cve.org/>. Citado na página 45.

UOL, P. 2025. Https://economia.uol.com.br/noticias/estadao-conteudo/2025/07/05/entenda-golpe-que-desviou-r-800-milhoes-da-cm.htm. Acessado: 25-07-2025. Citado na página 30.

VALOR-ECONOMICO, P. 2025. Https://valor.globo.com/financas/noticia/2025/07/02/hackers-teriam-desviado-milhoes-de-reais-apos-invadir-empresa-que-conecta-instituicoes-financeiras-ao-pix.ghtml. Acessado: 25-07-2025. Citado na página 30.

WAGNER, S. et al. The quamoco product quality modeling and assessment approach. In: Proceedings of the 34th International Conference on Software Engineering (ICSE). [S.l.]: IEEE Press, 2012. p. 1133–1142. Citado na página 43.

WOHLIN, C. et al. Experimentation in Software Engineering. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2024. ISBN 978-3-662-69306-3. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-69306-3>. Citado 2 vezes nas páginas 39 e 40.

WOHLIN, C. et al. Experimentation in Software Engineering. [S.l.]: Springer Publishing Company, Incorporated, 2012. ISBN 3642290434, 9783642290435. Citado 2 vezes nas páginas 34 e 77.

YIN, R. Estudo de Caso - 5.Ed.: Planejamento e Métodos. Bookman Editora, 2015. ISBN 9788582602324. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=EtOyBQAAQBAJ>. Citado 6 vezes nas páginas 34, 40, 67, 73, 76 e 77.

ZHANG, J. Y.; ZHANG, Y. Quantitative devsecops metrics for cloud-based web microservices. IEEE Access, v. 12, p. 160317 – 160342, 2024. Cited by: 2; All Open Access, Gold Open Access. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85208091278&doi=10.1109%2fACCESS.2024.3486314&partnerID=40&md5=cc74abbeeef3802bac7d726302f6c5e2>. Citado 7 vezes nas páginas 52, 60, 71, 72, 74, 76 e 93.

Apêndices

APÊNDICE A – Primeiro Apêndice

Texto do primeiro apêndice.

APÊNDICE B – Segundo Apêndice

Texto do segundo apêndice.

Anexos

ANEXO A – Primeiro Anexo

Texto do primeiro anexo.

ANEXO B – Segundo Anexo

Texto do segundo anexo.