Investigação do Impacto de Frameworks de Desenvolvimento de Software na Segurança de Sistemas Web (Versão Estendida)

Isadora Garcia Ferrão¹, Douglas D. J. de Macedo², Diego Kreutz¹

¹Laboratório de Estudos Avançados (LEA) Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)

²Departamento de Ciência da Informação (CIN) Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

isadora-gf@hotmail.com, douglas.macedo@ufsc.br, kreutz@unipampa.edu.br

Abstract. Vulnerabilities are a critical and recurring issue on Web applications. Recent studies indicate that old vulnerabilities, such as SQL injection, are still a major concern. In this paper, we evaluate the impact of software development frameworks on securing Web applications. To detect security issues, we use vulnerability scanners. We selected the top seven PHP frameworks used by developers and implemented the ten most frequent vulnerabilities found in Web applications. Our findings show the impact of each PHP framework on securing a Web application. In addition, the results also allow us to identify strengths and weaknesses of the vulnerability scanners.

Resumo. Aplicações Web vulneráveis são um problema crítico e recorrente. Estatísticas recentes indicam que mesmo vulnerabilidades antigas, como SQL injection, ainda representam um problema frequente. Este trabalho tem como objetivo avaliar, utilizando scanners de vulnerabilidades, o impacto de frameworks de desenvolvimento de software na segurança de sistemas Web. Para a análise, foram selecionados os sete principais frameworks utilizados por desenvolvedores PHP e implementadas as dez vulnerabilidades mais recorrentes em sistemas Web. Os resultados permitem identificar o impacto de cada framework na segurança do ambiente controlado. Além disso, pode-se observar também algumas qualidades e deficiências dos scanners.

1. Introdução

Com a popularização e a constante evolução da Internet, onde a maioria dos sistemas passa a fazer parte e depender da rede, as boas práticas de segurança em sistemas *Web* são cada vez mais imprescindíveis. Relatórios recentes reportam que o número de ataques e incidentes de segurança, muitos deles envolvendo vulnerabilidades antigas e recorrentes em sistemas *Web*, não para de crescer [Symantec 2017, Holík and Neradova 2017, Schwalenberg 2017]. Ao mesmo tempo surpreendente e muito preocupante, alguns estudos mostram que, em alguns países, a porcentagem de aplicações *Web* vulneráveis pode chegar na casa dos 70% [Alam et al. 2015].

Um dos tipos de recursos mais frequentemente utilizados na prática para detectar e diagnosticar diferentes tipos e níveis de falhas de segurança em sistemas *Web* são os *scanners* de vulnerabilidades [Bau et al. 2010, Fonseca et al. 2014, Makino and Klyuev 2015, Alam et al. 2015, Dalalana Bertoglio and Zorzo 2017,

Ferrao and Kreutz 2017, Rocha et al. 2012]. Os testes automatizados, implementados nessas ferramentas, tornam possível e viável a verificação e correção periódica, durante todo o ciclo de vida do software, de falhas de segurança dos sistemas *Web*. A exemplo, universidades como a UNIPAMPA utilizam *scanners* de vulnerabilidade na rede e nas aplicações *Web* para evitar ataques e comprometimento de sistemas através de vulnerabilidades conhecidas e oriundas do processo de desenvolvimento de software [DTI/UNIPAMPA 2018]. Este tipo de política ajuda a reduzir a probabilidade de ocorrência de incidentes de segurança.

Estudos recentes investigam a eficácia de scanners de vulnerabilidades em ambientes abertos (e.g. máquina virtual OWASP BWA) [Ferrao and Kreutz 2017] e ambientes controlados (e.g. implementação especifica das dez vulnerabilidades mais recorrentes em sistemas Web) [Ferrao et al. 2018, Melchior et al. 2018]. Além de investigar a eficácia de ferramentas de varredura gratuitas, os estudos investigam scanners oferecidos como serviço (SaaS) por empresas especializadas em segurança [Melchior et al. 2018]. Os resultados apontam para um cenário muito preocupante. Primeiro, os dados apresentados reforçam as conclusões de estudos mais antigos, como o fato de ser difícil de escolher as ferramentas de varreduras mais adequadas para um determinado cenário. Segundo, apesar da evolução das tecnologias de desenvolvimento de sistemas Web e dos scanners de vulnerabilidades, fica evidente a necessidade de múltiplas ferramentas para atingir um bom nível de cobertura das vulnerabilidades existentes. Terceiro, os scanners SaaS alcançaram um desempenho melhor em relação a scanners tradicionais gratuitos. Entretanto, apesar disto, esses serviços online também deixam a desejar, atingindo índices globais (de um grupo de scanners) de cobertura de apenas 70% das vulnerabilidades implementadas no cenário controlado.

Dando continuidade a essas pesquisas recentes [Ferrao and Kreutz 2017, Ferrao et al. 2018, Melchior et al. 2018], este trabalho tem dois objetivos principais. O primeiro é analisar a eficácia de *scanners* de vulnerabilidade em ambientes controlados e implementados com o suporte de *frameworks* de desenvolvimento *Web*. Já o segundo objetivo é investigar o impacto dos *frameworks* na segurança dos sistemas. A exemplo, no trabalho [Ferrao et al. 2018] os autores investigam a eficácia dos *scanners* utilizando um ambiente controlado contendo as dez vulnerabilidades mais recorrentes em sistemas *Web*. Pergunta: *Implementando as mesmas dez vulnerabilidades, utilizando diferentes frameworks de desenvolvimento Web, vai alterar os resultados de detecção das ferramentas de varredura?* Há poucas evidências científicas e/ou empíricas sobre o impacto de *frameworks* de desenvolvimento na segurança de sistemas *Web*. Os resultados de investigação e as discussões apresentadas neste trabalho mostram o impacto de *frameworks* no processo de garantir a segurança de aplicações vulneráveis, ou seja, aplicações contendo falhas explicitas de segurança.

Os *frameworks* de desenvolvimento de software se popularizaram junto à comunidade por causa de atrativos benefícios, como agilidade, produtividade, padrões de projeto de forma simples e descomplicada e maior qualidade ao produto final. Estes atrativos são, em grande parte, resultado da padronização das classes e funções, definição de padrões de projeto, disponibilização de módulos de uso genérico, simplificação e automação de testes, controle de versionamento de código e mecanismos de segurança nativos dos *frameworks*. No que diz respeito à segurança, os *frameworks* utilizam arquivos de configuração com escopo limitado e bem definido, bibliotecas específicas, e

mecanismos adicionais como filtros e validação automática de campos de formulários. Apesar destes recursos, cujo objetivo é simplificar o trabalho dos desenvolvedores e promover o desenvolvimento de sistemas mais seguros, há poucas evidências empíricas e analíticas sobre o impacto efetivo dos *frameworks* na segurança dos sistemas *Web*.

As contribuições deste trabalho podem ser resumidas em:

- (c_1) identificação dos *frameworks* mais utilizados na prática para o desenvolvimento de aplicações *Web* baseada em PHP;
- (c_2) implementação das dez vulnerabilidades mais recorrentes em sistemas Web em cada um dos frameworks selecionados;
- (c_3) execução e avaliação de dez *scanners* de vulnerabilidades para analisar o impacto dos *frameworks* na segurança de sistemas *Web*;
- (c_4) comparação dos resultados com os *frameworks* de desenvolvimento e sem os *frameworks* ([Ferrao et al. 2018]).

O restante do artigo está organizado como segue. A Seção 2 detalha as etapas de desenvolvimento do trabalho. Os resultados são discutidos na Seção 3. A Seção 4 é dedicada aos trabalhos relacionados. Por fim, são apresentadas as considerações finais e trabalhos futuros na Seção 5.

2. Desenvolvimento

A seguir são apresentadas as etapas de desenvolvimento do trabalho e alguns detalhes do cenário controlado, incluindo as vulnerabilidades implementadas, ambiente de testes e exemplos práticos de exploração.

2.1. Etapas do desenvolvimento

A primeira etapa do trabalho consiste na escolha, instalação e estudo dos *scanners*. De forma similar a estudos recentes [Ferrao and Kreutz 2017, Ferrao et al. 2018], foram selecionados dez dos principais *scanners* gratuitos disponíveis na Internet, incluindo Uniscan, Paros Proxy, Zed Attack proxy, Nessus, Andiparos, Grabber, Wapiti, Ratproxy, Skipfish e Vega [INFOSEC 2017, Rocha et al. 2012, Ferrao and Kreutz 2017]. Os principais motivos da seleção das ferramentas foram o fato de serem gratuitas e de código aberto, similaridade de objetivos entre elas e sites de classificação de ferramentas de segurança, inclusão em distribuições Linux focadas em segurança (e.g. como é o caso do Uniscan, que vem no Kali Linux) [Hacker 2017, Terminal Root 2017].

A segunda etapa inclui a escolha, instalação e configuração dos *frameworks* de desenvolvimento de software. Os critérios de seleção foram o fato de serem ferramentas gratuitas e de código aberto, suporte a desenvolvimento com a linguagem PHP, não existirem estudos que comparem estes *frameworks* e sites de classificação [MONUS 2018, ONAIRCODE 2017, KINGHOST 2015, INDIATESTBOOK 2017] Com base nestes critérios foram selecionados os *frameworks* Laravel, Phalcon, Codeigniter, Yii, Zend, Symfony e Cakephp.

A terceira etapa consiste na implementação das dez vulnerabilidades mais recorrentes em sistemas *Web* em cada um dos *frameworks*. Esta é a etapa mais trabalhosa uma vez que inclui a compreensão teórica e prática de cada uma dos *frameworks* para a implementação das dez vulnerabilidades. Cada *framework* possui uma estrutura e recursos distintos, demandando conhecimento e tempo para implementar o cenário controlado. Para cada um dos sete *frameworks* foi disponibilizada uma máquina virtual para os testes.

Por fim, a última etapa consiste nos testes dos dez *scanners* em cada um dos sete cenários controlados representados pelos *frameworks*. O tipo mais comum de testes para

sistemas *Web*, empregado na prática pela maioria dos atacantes, é o *black-box*, também utilizado neste trabalho. Os testes *black-box* são realizados de forma automatizada e sem acesso direto a detalhes de infraestrutura e codificação do sistema alvo.

Os testes práticos foram realizados em uma máquina Dell Inspiron Special Edition, Intel core i7, sexta geração, memória de 16 GB e 1 TB de HD + 8 GB de SSD. Para cada cenário controlado foi criada uma máquina virtual VirtualBox (versão 5.2.18) com o sistema operacional Kali Linux 4.9.0, a linguagem de programação PHP 7.0, e servidor de bando de dados MySQL 5.6 e o servidor *Web* Apache 2.4.27.

2.2. Cenário Controlado

As dez vulnerabilidades mais recorrentes em sistemas *Web* [OWASP 2017] e implementadas em cada um dos sete cenários controlados são:

- (v_1) injeção de código;
- (v_2) quebra de autenticação e gerenciamento de sessão;
- (v_3) cross-site scripting (XSS);
- (v_4) quebra de controle de acesso;
- (v_5) má configuração de segurança;
- (v_6) exposição de dados sensíveis;
- (v_7) falta de proteção contra ataques;
- (v_8) cross-site request forgery (CSRF);
- (v_9) uso de componentes com vulnerabilidades conhecidas; e
- (v_{10}) APIs desprotegidas.

Para implementar as vulnerabilidades, foram utilizados dois formulários *Web*. O primeiro para o acesso ao sistema e o segundo para o cadastro de usuários. Estes formulários foram escolhidos por estarem presentes na maioria dos sistemas *Web*. Ambos os formulários possuem os campos *login*/nome e senha.

O trecho de código apresentado na Listing 1 representa a consulta SQL utilizada no sistema para verificar o usuário e a senha. O comando SELECT retorna todas as linhas da tabela usuários, sendo que usuário é igual a variável usuário e senha é igual a variável hashdasenha. Como pode ser observado, parece ser um código trivial e correto mas na verdade é um código vulnerável que permite SQL *injection*.

No comando SQL da Listing 1, as variáveis usuário e senha representam um problema grave de segurança. Como os dados de entrada destas variáveis não são testados, um atacante pode explorar elas para mudar ou completar o comando SQL.

```
SELECT * FROM usuarios

WHERE usuario = '$usuario'

AND senha = '$hashDaSenha'
```

Listing 1. Trecho de código com SQL injection

Suponha que o atacante entre com o valor "1' or '1' = '1" no campo **usuário** do formulário de *login*. Consequentemente, a variável usuário vai impactar na construção do comando SQL, uma vez que o caracter aspas simples (') é especial. Sempre que 1 for igual a 1, a sessão será liberada sem verificar a senha armazenada no banco de dados. Como 1 é sempre igual a 1, a sessão sempre será liberada. Isso ocorre porque os campos **usuário** e **senha** não estão sendo validados. Uma das formas de resolver o problema é através de filtros que limitam os valores de entrada do usuário.

Outra falha comumente encontrada em sistemas *Web* são as que provém de componentes com vulnerabilidades conhecidas. Estas vulnerabilidades são descobertas em componentes disponíveis na Internet e utilizadas em diferentes sistemas. Uma vez publicadas as deficiências do componente, qualquer sistema que utilize o componente pode ser explorado por usuários maliciosos. No cenário controlado, implementado neste trabalho, foi utilizado o XAMPP 2.4.27, cuja versão possui vulnerabilidades de injeção de código, permitindo aos atacantes executarem comandos SQL arbitrários através de vetores em *scripts* de testes.

3. Resultados

A Tabela 1 sumariza os principais resultados obtidos com os testes *black-box* nos cenários controlados utilizando sete frameworks PHP. Os dez *scanners* tradicionais são identificados da seguinte maneira: [T1] Andiparos, [T2] Nessus, [T3] Raproxy, [T4] Uniscan, [T5] Wapiti, [T6] Grabber, [T7] Paros Proxy, Skipfish, [T9] Vega e [T10] Zed Attack proxy. Na tabela aparecem os nomes dos *frameworks*, as vulnerabilidades detectadas e os *scanners*, respectivamente.

Os scanners encontraram 70% das vulnerabilidades implementadas nos frameworks Phalcon e Codeigniter, garantindo as duas últimas posições em termos de mecanismos e recursos padrão para o desenvolvimento de aplicações Web seguras, como pode ser observado na Tabela 1. Vale ressaltar que as mesmas dez vulnerabilidades foram implementadas em todos os sete frameworks. O Phalcon foi o o único framework suscetível às vulnerabilidades de quebra de autenticação e gerenciamento de sessão e quebra de controle de acesso, ambas identificadas pelo scanner Zed Attack Proxy [T10]. Assim como a maioria dos demais frameworks, o Phalcon mitiga ataques de injeção de código de forma automática. Entretanto, a maioria dos riscos de segurança precisam ser tratados manualmente pelos desenvolvedores e/ou administradores dos sistemas.

Os scanners detectaram a vulnerabilidade de cross site scripting no Codeigniter, bem como em outros frameworks. No caso do Codeigniter, realizando uma análise técnica manual, o framework possui um método chamado xss clean dentro da classe Security. O xss clean é utilizado para tratamento dos dados contra ataques XSS. Porém, a aplicação do método vem desativado por padrão no Codeigniter. É sabido que a maioria dos programadores utilizam ferramentas e frameworks de desenvolvimento de software em modo padrão. Portanto, há duas alternativas. A primeira é conscientizar os desenvolvedores e a segunda é forçar a habilitação do xss clean no modo padrão do framework. Já o framework Symfony possui suporte a diversos recursos de segurança, como o seu próprio firewall. Diferentemente do Codeigniter, o Symfony mitigou a vulnerabilidade de cross site scripting porque ele possui o mecanismo Twig pré-instalado. Por padrão, o Twig realiza uma "limpeza" dos dados de entrada fornecidos pelo usuário antes de renderizar a saída como HTML.

O Codeigniter foi o único *framework* suscetível a falta de proteção contra ataques. Os mecanismos de proteção contra ataques, como monitoramento e controle do número de sessões abertas simultaneamente por um mesmo usuário, tem por objetivo detectar, responder e bloquear ataques, tornando o trabalho do atacante mais difícil. Por exemplo, é recomendado que aplicativos *Web* não permitam ao usuário manter múltiplas sessões ativas ao mesmo tempo. Na prática, isto significa que um usuário não deveria ter permissão para abrir múltiplas vezes o mesmo aplicativo *Web* (e.g. em navegadores ou computadores distintos). Na melhor das hipóteses, o usuário deveria ser alertado sobre as tentativas

de abrir novas sessões no mesmo sistema. Com isso, ele teria condições de decidir se a nova sessão é sua ou resultado de um potencial ataque.

Por padrão, o Codeigniter permite que os usuários tenham múltiplas sessões simultaneamente ativas. Este foi o motivo pelo qual os *scanners* detectaram a falta de proteção contra ataques. Para resolver este problema, pode-se acoplar ao código a classe session do Codeigniter. Esta classe permite verificar se o usuário está com a sessão ativa, além de rastrear as atividades enquanto ele navega no site.

Tabela 1. Vulnerabilidades detectadas no cenário controlado

Framework	Vulnerabilidades detectadas	Web scanners	% Vuln.
Laravel	Cross site scripting	[T2,T6,T9,T10]	40%
	Má configuração de segurança	[T10]	
	Exposição de dados sensíveis	[T7,T9,T10]	
	Componentes com vulnerabilidades conhecidas	[T2]	
Symfony	Injeção de código	[T1,T2]	40%
	Má configuração de segurança	[T1,T7,T8]	
	Exposição de dados sensíveis	[T8]	
	Cross site requesty forgery (CSRF)	[T2]	
Yii	Injeção de código	[T1,T2,T7]	50%
	Cross site scripting	[T9,T10]	
	Má configuração de segurança	[T1,T7,T9]	
	Cross site requesty forgery (CSRF)	[T2]	
	Componentes com vulnerabilidades conhecidas	[T2]	
Zend	Injeção de código	[T1,T2]	50%
	Cross site scripting	[T1,T2,T6,T9,T10]	
	Exposição de dados sensíveis	[T1,T7]	
	Cross site requesty forgery (CSRF)	[T2]	
	Componentes com vulnerabilidades conhecidas	[T2]	
Cakephp	Injeção de código	[T2]	60%
	Cross site scripting	[T9,T10]	
	Má configuração de segurança	[T7]	
	Exposição de dados sensíveis	[T9]	
	Cross site requesty forgery (CSRF)	[T2]	
	Componentes com vulnerabilidades conhecidas	[T2]	
Codeigniter	Injeção de código	[T1,T2,T7]	70%
	Cross site scripting	[T2,T7,T9,T10]	
	Má configuração de segurança	[T1,T6,T7,T8]	
	Exposição de dados sensíveis	[T4,T8,T9]	
	Falta de proteção contra ataques	[T8]	
	Cross site requesty forgery (CSRF)	[T2]	
	Componentes com vulnerabilidades conhecidas	[T2]	
Phalcon	Quebra de autenticação e gerenciamento de sessão	[T10]	70%
	Cross site scripting	[T9,T10]	
	Quebra de controle de acesso	[T10]	
	Má configuração de segurança	[T7]	
	Exposição de dados sensíveis	[T9]	
	Cross site requesty forgery (CSRF)	[T2]	
	Componentes com vulnerabilidades conhecidas	[T2]	

Os *frameworks* que obtiveram o melhor resultado em termos de mecanismos de segurança para aplicações *Web* foram o Laravel e o Symfony. Nestes dois casos, os *scanners* detectaram apenas 40% das vulnerabilidades implementadas, conforme é apresentado na Tabela 1. Isto significa que, em sua configuração padrão, esses dois *frameworks*

são significativamente superiores em termos de segurança. Por exemplo, as ferramentas de varredura detectaram 70% das falhas no ambiente controlado do Phalcon e do Codeigniter, o que representa praticamente o dobro de vulnerabilidades.

Um dos objetivos do Laravel é oferecer simplicidade à implementação de recursos de segurança como autenticação. Em termos de segurança, os principais recursos já vem pré-configurados e habilitados por padrão. Por exemplo, tanto o registro quanto a autenticação de usuários já estão habilitados e disponíveis por padrão para os programadores. Outro exemplo são as senhas, que são cifradas de forma automática pelo *framework*. Vale também ressaltar que o Laravel utiliza os conceitos de "provedores" e "guardas" para facilitar o processo de autenticação. O objetivo dos "guardas" é autenticar os usuários para cada solicitação que eles fazem, enquanto os "provedores" facilitam a recuperação dos usuários do banco de dados.

O Laravel foi o único *framework* que mitigou a vulnerabilidade de *cross site request forgery*. O *framework* utiliza tokens CSRF para garantir que atacantes não possam gerar solicitações falsas. A cada solicitação, o Laravel cria e integra um token, através de uma chamada de AJAX. Quando a solicitação é invocada, o *framework* compara o token de solicitação com o salvo na sessão do usuário. Caso o token não corresponder, a solicitação é automaticamente classificada com inválida e nenhuma outra ação é executada. Ademais, o Laravel também protege os sistemas *Web* contra injeção de código. Para isto, o *framework* utiliza o Eloquent ORM com a ligação de parâmetro PDO que escapa de qualquer entrada utilizando where (). Esta ligação garante que os atacantes não possam passar dados de consulta com a intenção de modificar a consulta. Portanto, utilizando o Laravel não há necessidade de limpar cadeias de caracteres sendo passadas como ligações.

Os resultados mostram que, apesar de um bom *framework* poder ajudar a aumentar a segurança de aplicações *Web* de forma automática e transparente, ainda há espaço para pesquisa e desenvolvimento. Novos mecanismos de segurança podem ser adicionados aos *frameworks* para impedir que a maioria das vulnerabilidades mais recorrentes em sistemas *Web*, como as dez implementadas, possa ser facilmente explorada pelos atacantes.

Por fim, respondendo a pergunta: *Implementando as mesmas dez vulnerabilidades*, utilizando diferentes frameworks de desenvolvimento Web, vai alterar os resultados de detecção das ferramentas de varredura apresentados no trabalho (e.g. [Ferrao et al. 2018])? A resposta curta é sim. A deteção dos scanners de vulnerabilidades depende de diferentes aspectos. Neste trabalho, os frameworks representaram uma camada extra de segurança, diferentemente do trabalho [Ferrao et al. 2018], que utilizou apenas um sistema PHP puro.

4. Trabalho Relacionados

demonstram que há uma significativa disparidade entre os ners de vulnerabilidades existentes em termos de abrangência e níveis de Gupta and Gupta 2015, exploração das vulnerabilidades [Palsetia et al. 2016, Holík and Neradova 2017. Antunes and Vieira 2015. Makino and Klyuev 2015, Nagpal et al. 2015, Zhou and Evans 2014, Pellegrino and Balzarotti 2014, Doupé et al. 2012, Rocha et al. 2012, Doupé et al. 2010, Bau et al. 2010, Vieira et al. 2009, Fong et al. 2008, Fonseca et al. 2007, Ben Jaballah and Kheir 2016, Ferrao and Kreutz 2017, Ferrao et al. 2018, Melchior et al. 2018]. Os resultados apresentados na literatura indicam a necessidade de não apenas uma única ferramenta,

mas sim um conjunto de *scanners* para garantir uma boa cobertura na detecção de vulnerabilidades de sistemas *Web*. Além disso, de forma recorrente, os estudos apontam a necessidade de evolução e avaliação empírica constante desse tipo de ferramenta.

Trabalhos recentes realizaram estudos empíricos de *scanners* tradicionais, gratuitos, e *scanners* SaaS, ou seja, oferecidos online como serviços sobdemanda [Ferrao and Kreutz 2017, Ferrao et al. 2018, Melchior et al. 2018]. Num primeiro momento, identificaram as ferramentas de melhor desempenho (e.g. Zed Attack Proxy e Skipfish) em sistemas abertos, contendo milhares de vulnerabilidades, como a máquina virtual BWA da OWASP [Ferrao and Kreutz 2017]. Num segundo momento, os pesquisadores investigaram a eficácia dos *scanners* de vulnerabilidades tradicionais e SaaS em um ambiente controlado [Ferrao et al. 2018, Melchior et al. 2018], o que é uma prática comum e permite uma análise e comparação mais justa entre os *scanners* [Fonseca et al. 2007, Bau et al. 2010, Holík and Neradova 2017, Ferrao and Kreutz 2017].

Diferentemente dos trabalhos relacionados, este trabalho avalia o impacto de *fra-meworks* de desenvolvimento de software na segurança de sistemas *Web*. Dez *scanners* de vulnerabilidades foram utilizados para detectar as dez vulnerabilidades mais recorrentes em sistemas *Web*, implementadas em cada um dos sete *frameworks* PHP selecionados.

5. Considerações Finais e Trabalhos Futuros

Este trabalho realizou uma análise do impacto dos *frameworks* de desenvolvimento de software na segurança de sistemas *Web*. Os resultados indicam que há uma diferença significativa entre os *frameworks* no que diz respeito à recursos e mecanismos de segurança. Enquanto que os *frameworks* Laravel e Symfony protegeram o sistema *Web* contra 60% das vulnerabilidades propositalmente implementadas, *frameworks* como o Phalcon mitigaram apenas 30% das vulnerabilidades. Isto significa que a simples escolha do *framework* de desenvolvimento de software pode ter um impacto significativo na segurança do sistema *Web*.

Os resultados indicam que, apesar dos benefícios trazidos por alguns *frameworks*, ainda há espaço para pesquisa e desenvolvimento. Novos mecanismos de segurança podem ser adicionados aos *frameworks* para impedir que a maioria das vulnerabilidades mais recorrentes em sistemas *Web* possa ser facilmente explorada pelos atacantes.

Finalmente, vale ressaltar que há espaço para continuar esta pesquisa. Como trabalhos futuros podem ser citadas a (1) avaliação do impacto de Web Application Firewalls (WAFs) na segurança dos sistemas *Web* e (2) utilização dos *scanners* de vulnerabilidades para identificar problemas em potencial em sites de prefeituras, escolas e outros orgãos públicos da região de abrangência da UNIPAMPA.

Referências

Alam, D., Kabir, M. A., Bhuiyan, T., and Farah, T. (2015). A case study of sql injection vulnerabilities assessment of .bd domain web applications. In 2015 Fourth International Conference on Cyber Security, Cyber Warfare, and Digital Forensic (CyberSec), pages 73–77.

Antunes, N. and Vieira, M. (2015). Assessing and comparing vulnerability detection tools for web services: Benchmarking approach and examples. *IEEE Transactions on Services Computing*, 8(2):269–283.

- Bau, J., Bursztein, E., Gupta, D., and Mitchell, J. (2010). State of the art: Automated black-box web application vulnerability testing. In *2010 IEEE Symposium on Security and Privacy*, pages 332–345. IEEE.
- Ben Jaballah, W. and Kheir, N. (2016). A grey-box approach for detecting malicious user interactions in web applications. In *Proceedings of the 8th ACM CCS International Workshop on Managing Insider Security Threats*, MIST '16, pages 1–12, New York, NY, USA. ACM.
- Dalalana Bertoglio, D. and Zorzo, A. F. (2017). Overview and open issues on penetration test. *Journal of the Brazilian Computer Society*, 23(1):2.
- Doupé, A., Cavedon, L., Kruegel, C., and Vigna, G. (2012). Enemy of the state: A state-aware black-box web vulnerability scanner. In *USENIX Security Symposium*.
- Doupé, A., Cova, M., and Vigna, G. (2010). Why johnny can't pentest: An analysis of black-box web vulnerability scanners. In *International Conference on DIMVA*.
- DTI/UNIPAMPA (2018). Atribuições da CORIS (Coordenação de Infraestrutura e Suporte). https://dtic.unipampa.edu.br/institucional/papeis-e-responsabilidades/coris/.
- Ferrao, I. G. and Kreutz, D. (2017). Segurança na web: análise black-box de scanners de vulnerabilidades. In *Anais da la Escola Regional de Engenharia de Software (ERES)*, pages 135–142. http://arxiv.kreutz.xyz/eres2017_seguranca_web.pdf.
- Ferrao, I. G., Sa, G. N., and Kreutz, D. (2018). Detecção de vulnerabilidades em ambientes web controlados. Aceito no SIEPE 2018. Disponível em: http://arxiv.kreutz.xyz/siepe2018_scanners_free.pdf.
- Fong, E., Gaucher, R., Okun, V., Black, P. E., and Dalci, E. (2008). Building a test suite for web application scanners. In *41st Annual Hawaii International Conference on System Sciences*.
- Fonseca, J., Seixas, N., Vieira, M., and Madeira, H. (2014). Analysis of field data on web security vulnerabilities. *IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing*, 11(2):89–100.
- Fonseca, J., Vieira, M., and Madeira, H. (2007). Testing and comparing web vulnerability scanning tools for sql injection and xss attacks. In *13th PRDC*.
- Gupta, S. and Gupta, B. B. (2015). Php-sensor: A prototype method to discover work-flow violation and xss vulnerabilities in php web applications. In *Proceedings of the 12th ACM International Conference on Computing Frontiers*, CF '15, pages 59:1–59:8, New York, NY, USA. ACM.
- Hacker, M. (2017). Ferramentas para scan de vulnerabilidades web. https://goo.gl/VNVcnP.
- Holík, F. and Neradova, S. (2017). Vulnerabilities of modern web applications. In 2017 40th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), pages 1256–1261. IEEE.
- INDIATESTBOOK (2017). 9 best php frameworks for modern web developers in 2017. https://goo.gl/jQK7D7.
- INFOSEC (2017). 14 best open source web application vulnerability scanners. https://goo.gl/DknrqB.

- KINGHOST (2015). Frameworks php: 6 plataformas populares. https://goo.gl/26RMNg.
- Makino, Y. and Klyuev, V. (2015). Evaluation of web vulnerability scanners. In *Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS)*, 2015 IEEE 8th International Conference on, volume 1, pages 399–402. IEEE.
- Melchior, F., Fernandes, R., Ferrao, I., Sa, G. N., and Kreutz, D. (2018). Avaliação de scanners web oferecidos como serviço (SaaS). Aceito no SIEPE 2018. Disponível em: http://arxiv.kreutz.xyz/siepe2018_scanners_saas.pdf.
- MONUS, A. (2018). Php frameworks for developers best of. https://goo.gl/xhAnfo.
- Nagpal, B., Singh, N., Chauhan, N., and Panesar, A. (2015). Tool based implementation of sql injection for penetration testing. In *International Conference on Computing, Communication Automation*, pages 746–749.
- ONAIRCODE (2017). Free best php frameworks for 2018. https://goo.gl/ JiE6cc.
- OWASP (2017). Top ten 2017 project. https://goo.gl/snkFmd.
- Palsetia, N., Deepa, G., Khan, F. A., Thilagam, P. S., and Pais, A. R. (2016). Securing native xml database-driven web applications from xquery injection vulnerabilities. *Journal of Systems and Software*, 122:93 109.
- Pellegrino, G. and Balzarotti, D. (2014). Toward black-box detection of logic flaws in web applications. In *USENIX NDSS*.
- Rocha, D., Kreutz, D., and Turchetti, R. (2012). A free and extensible tool to detect vulnerabilities in web systems. In *Information Systems and Technologies (CISTI)*, 2012 7th Iberian Conference on, pages 1–6. IEEE.
- Schwalenberg, D. (2017). Web applications under attack: Tenable.io and the 2017 verizon dbir. https://www.tenable.com/blog/web-applications-under-attack-tenable-io-and-the-2017-verizon-dbir.
- Symantec (2017). Internet security threat report. https://goo.gl/iuhLPX.
- Terminal Root (2017). 100 melhores ferramentas open source de segurança. https://goo.gl/9ksoXR.
- Vieira, M., Antunes, N., and Madeira, H. (2009). Using web security scanners to detect vulnerabilities in web services. In *IEEE/IFIP DSN*, pages 566–571.
- Zhou, Y. and Evans, D. (2014). SSOScan: Automated testing of web applications for single sign-on vulnerabilities. In *23rd USENIX Security Symposium*.