



NICOLE DA COSTA DAVILA¹
ADRIANA NEVES DOS REIS²

Framework C3: uma Estratégia para Conduzir Pesquisa Científica em Ciência da Computação

C3 framework: a strategy for conducting scientific research in computer science

ARTIGO 4

49-66

¹ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, ncdavila@inf.ufrgs.br

² Profª Drª do Instituto de Ciências Criativas e Tecnológicas da Universidade Feevale, Novo Hamburgo, RS, adriananr@feevale.br

Resumo: Scrum é uma abordagem ágil, um conjunto de práticas utilizadas no ambiente profissional e objeto de estudo da Engenharia de Software. No cenário acadêmico ou científico, no entanto, o uso do Scrum é algo pouco explorado, e este trabalho identificou isso como uma oportunidade. O contexto selecionado para o estudo é a pesquisa científica em Ciência da Computação, já que ambos os cenários envolvem o desenvolvimento de soluções para determinados problemas. Além disso, há também a preocupação de que a pesquisa nessa área represente apenas avanços tecnológicos, sem destacar o caráter científico. Como as práticas do Scrum não possuem os insumos necessários para mitigar esse tipo de problema, decidiu-se incluir também o Design Science Research (DSR), um método científico que articula prática e teoria. Assim, o objetivo do estudo é propor um artefato utilizando elementos do Scrum e do DSR para apoiar a construção científica em Ciência da Computação, explorando a oportunidade de levar o Scrum para outros contextos e destacando o caráter científico dessas produções. A pesquisa definiu requisitos e critérios de aceitação para a solução, delimitando resultados satisfatórios. A avaliação se concentra nessas definições, verificando a utilidade da solução e sua aceitação por outros pesquisadores. Por fim, propomos o Framework C3 para orientar a construção de pesquisas em Ciência da Computação, contribuindo para destacar o rigor, a relevância e as contribuições, além de fornecer um exemplo de aplicação do Scrum em um cenário diferente.

Palavras-chave: Scrum. Design Science Research. Computação. Pesquisa Científica.

Abstract: Scrum is an agile approach, a set of practices used in the professional environment and object of study of Software Engineering. Scrum in the academic or scientific scenario, however, is something unexplored, and this work identified it as an opportunity. The context select to study is the scientific research in Computer Science, because both scenarios involving the development of solutions to some problems. Moreover, there is also the concern the research in this area represents only technological advances, without highlighting the scientific character. Since Scrum practices don't have the necessary input to mitigate this type of problem, it was also decided to include Design Science Research (DSR), a scientific method that articulates practice and theory. Thus, the study aim is propose an artifact using Scrum and DSR elements to support scientific construction in Computer Science, exploring the opportunity to bring the Scrum to others contexts and highlighting the scientific character of these productions. The research defined requirements and acceptance criteria for the solution, delimiting satisfactory results. The evaluation focuses on these definitions, verifying the usefulness of the solution and its acceptance by Other researchers. Finally, we propose the C3 Framework to guide the construction of research in Computer Science, contributing to highlight the rigor, relevance and contributions, and providing an example of the application of Scrum in a different scenario.

Keywords: Scrum. Design Science Research. Computing. Scientific Research. .

INTRODUÇÃO

A evolução e tão ampla que permite diferentes pontos de Ciência da Computação (CC) é uma área em constante vista sobre sua definição (Brooks, 2013). Esse aspecto leva a diversas ramificações e especialidades, algumas focadas na aplicação prática dos conhecimentos e outras na abstração e teoria (Fonseca Filho, 2007). Destaca-se a multidisciplinaridade, incentivando a integração de diferentes campos de conhecimento.

A Engenharia de Software (ES) é uma das possíveis ramificações da Ciência da Computação, abrangendo o estudo do ciclo de vida de software. Técnicas, métodos e modelos da Engenharia de Software originam-se e são utilizados por empresas de tecnologia, enquanto os mesmos tópicos são objeto de estudo na academia. Há, portanto, um forte vínculo entre ambos os contextos. Apesar disso, há poucas propostas ou relatos de uso desse conteúdo na condução de trabalhos científicos e acadêmicos. Considerando a natureza prática e tecnológica que permeia atividades da Computação, o uso de técnicas de gestão de requisitos ou gerenciamento de projetos poderia auxiliar os estudantes na condução de exercícios ou pesquisas científicas, por exemplo. A presença da Engenharia de Software como disciplina nos cursos de Computação contribui para promover tal possibilidade. Tomando a lacuna apresentada, o presente estudo propõe uma abordagem que utiliza conceitos da ES para apoiar a condução de pesquisas científicas da Ciência da Computação.

Entre as práticas contempladas pela Engenharia de Software, optou-se por explorar a utilização do Scrum. Como abordagem ágil para o desenvolvimento de software, tal framework popularizou-se na indústria (Versionone, 2025). Com uma estrutura bem definida e um conjunto de elementos, o Scrum oferece recursos para responder de forma rápida a mudanças (Schwaber; Sutherland, 2020). Inspeção e adaptação são pilares da práti-

ca, visando agregar valor ao negócio do cliente. De forma similar, podemos ver as pesquisas que geram soluções tecnológicas (produtos) a partir da necessidade de um contexto (clientes). Assim, em detrimento a outros tipos de trabalhos acadêmicos, optou-se por explorar o uso da ES na prática da pesquisa. Há também a relevância do trabalho científico, em qualquer nível de ensino e na indústria. A pesquisa atua como meio propulsor de avanços nas bases de conhecimento, assim como apoia os processos de inovação disruptiva que contribuem para indústria.

Entende-se, neste estudo, a investigação científica na CC como um trabalho que envolve teoria e prática. O pesquisador pode identificar um problema em outras áreas, como saúde ou biologia, e propor como solução uma técnica, ferramenta ou abordagem de cunho tecnológico. A relevância do estudo para a área de conhecimento, assim como o rigor do processo, são fatores essenciais para o ampliar o alcance das contribuições. Também é possível o uso deliberado de práticas de ES para apoiar este processo. Mesmo pouco difundido, há na literatura propostas para tal, porém seu foco é restrito a determinados passos de uma investigação, como o desenvolvimento da solução ou experimento (Romeiro; Oliveira, 2014; Marchesi *et al.*, 2007).

Este artigo apresenta a proposta de uma ampla abordagem de utilização do Scrum na condução de pesquisas científicas na Ciência da Computação, abrangendo todo o processo de investigação. A execução de uma pesquisa, entretanto, requer que o trabalho seja conduzido com rigor e viés científico, uma realidade que difere dos cenários empresariais que comumente adotam o framework ágil. Assim, o método de pesquisa Design Science Research (DSR) complementa o escopo da proposta. O DSR é uma alternativa metodológica própria a trabalhos que reúnem teoria e prática, incorporando o paradigma pragmático, conforme destacado nas próximas seções. As principais contribuições desta pesquisa são:

- Proposta de adaptação de uma das abordagens da ES, o Scrum, no contexto acadêmico através da pesquisa científica.
- Construção de um framework teórico para apoiar a condução de pesquisas na CC, contemplando todo o processo de investigação através da articulação da teoria e prática.

Este artigo está organizado da seguinte maneira, na próxima seção são abordados os principais aspectos da pesquisa científica, do método DSR, do Scrum e os trabalhos relacionados. Na seção seguinte, é apresentada a metodologia adotada para a condução do trabalho. A seção de resultados descreve a proposta de solução, apresenta o framework proposto, aborda a avaliação do artefato gerado e destaca os tratamentos para garantir a validade da investigação. Por fim, o artigo encerra com as considerações do estudo.

REFERENCIAL TEÓRICO: PESQUISA CIENTÍFICA

A pesquisa científica é uma forma organizada e sistemática de construção do conhecimento que, por meio de um conjunto de ações, busca responder a uma questão, um problema (Prodanov; Freitas, 2013; Reis, 2010). Suas principais características são a relevância, que representa a contribuição dos seus resultados em determinado contexto, e o rigor, que garante a confiabilidade destes resultados (Diehl; Tatim, 2004). Assim, pesquisas na Ciência da Computação que focam no desenvolvimento de um algoritmo, por exemplo, devem atingir um propósito relevante e por meio de um processo sistemático.

Uma pesquisa pode ser classificada conforme alguns critérios, como sua natureza, objetivos ou procedimentos adotados (Marchesi *et al.*, 2007), destacando suas principais características e a perspectiva adotada para conduzi-la. Tais divisões têm relação com o propósito do estudo, visto que os procedimentos adotados podem variar entre áre-

as distintas de conhecimento (Casarin; Casarin, 2012). De maneira geral, é possível caracterizar a pesquisa na CC como aplicada, pois com frequência envolve a aplicação prática dos conhecimentos para solução de problemas específicos. Exemplos deste tipo de estudo podem ser encontrados na literatura, seja apresentando a construção de uma aplicação (Junior *et al.*, 2018) ou de uma metodologia (Cespedes, 2018). Procedimentos comuns a outras classificações, contudo, poderão compor a metodologia, cabendo ao pesquisador orquestrar-los para atingir seu objetivo.

DESIGN SCIENCE RESEARCH

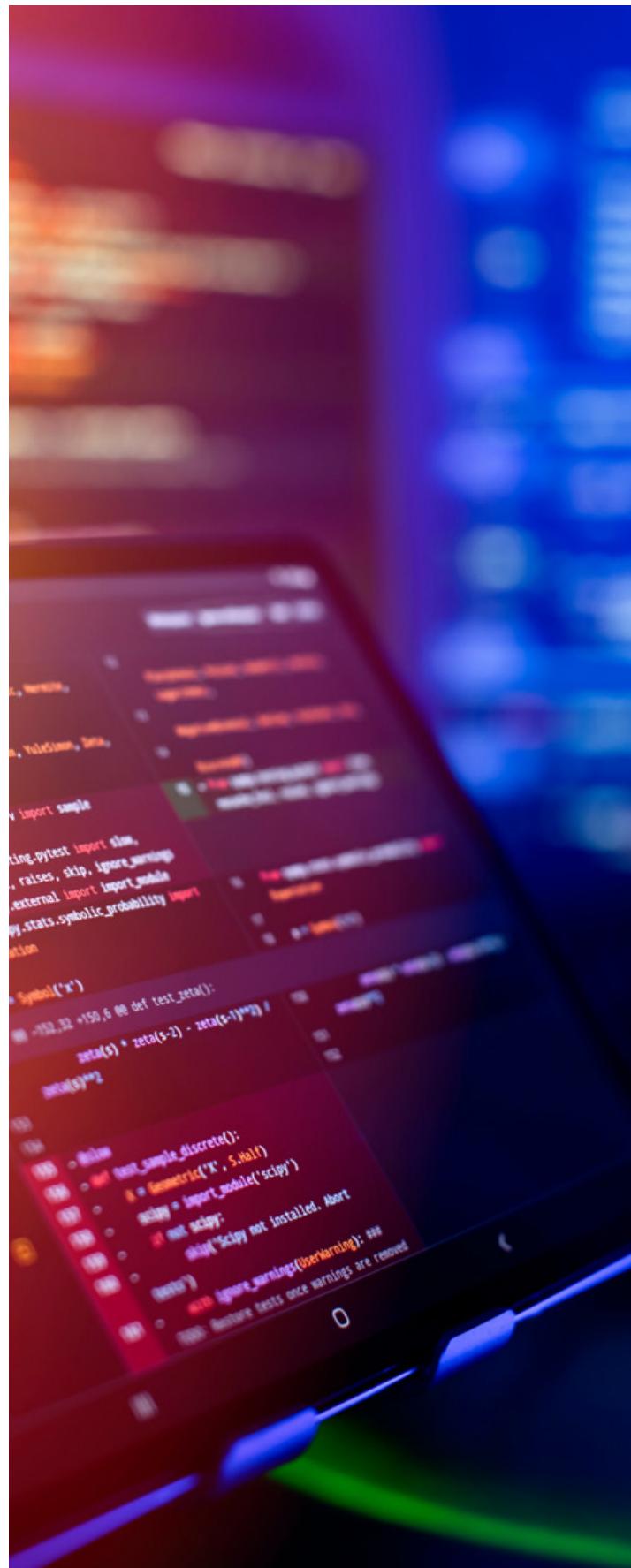
Design Science Research é um método de pesquisa que operacionaliza a Design Science (Ciência do Projeto) (Dresch *et al.*, 2015). Design relaciona-se com a criação de um produto, que pode demandar novos conhecimentos, tornando necessária a realização de uma pesquisa para obtê-los (Vaishnavi; Kuechler, 2015). A ciência pode ser caracterizada pela busca de explicações, descobertas, novas possibilidades para resolver um problema através de métodos e técnicas adequadas (Reis, 2010). Design Science, por sua vez, envolve tanto o design quanto a ciência, abordando a construção de artefatos e sua relação com os métodos, técnicas e o contexto (Wieringa, 2014).

Chamada também de Ciência do Artificial, a Design Science surgiu como alternativa para pesquisas científicas que não são atendidas de forma satisfatória pelas ciências tradicionais, como as sociais ou naturais. Para Herbet Simon, artificial é fruto de uma invenção, produção ou intervenção do homem (Simon, 1996). O paradigma pragmático está presente na abordagem DSR, indicando a importância da utilidade prática da solução proposta (Lacerda *et al.*, 2013). Na computação, há pesquisas que utilizam esta abordagem (Tessi; Chaves, 2017; Montenegro *et al.*, 2016), porém não é uma alternativa metodológica amplamente utilizada na área.

Como método de pesquisa, a DSR tem por objetivo guiar um processo de pesquisa. A literatura apresenta variações quanto à composição das etapas que o formam. Alturki, Glabe e Bandara, por exemplo, apresentam um mapa detalhado composto por 14 etapas (Alturki *et al.*, 2011). Vaishnavi e Kuechler, por sua vez, apresentam um modelo simplificado, com cinco etapas (Vaishnavi; Kuechler, 2015). Tal variabilidade, entretanto, abrange as sete diretrizes da pesquisa em DSR propostas por Hevner *et al.* (2004), as quais indicam que: i) a Design Science tem como objeto de estudo um artefato; ii) o problema deve ser relevante para o contexto; iii) é necessária uma avaliação rigorosa; iv) há efetividade na contribuição para a área de conhecimento do artefato; v) a pesquisa deve ser conduzida de forma rigorosa; vi) os recursos necessários são utilizados eficientemente e; vii) é necessário comunicar os resultados tanto para o meio científico, como às organizações interessadas. A flexibilidade para compor as etapas que abrangem tais diretrizes permite que o pesquisador escolha a referência mais adequada. De maneira geral, contudo, as abordagens consideram as etapas de construção e avaliação do artefato como essenciais, o que visa garantir a utilidade da solução e o rigor do estudo.

SCRUM

O Scrum é uma abordagem para desenvolver produtos, originalmente no formato de software, o qual foi criado em 1990 e tem por fundamento o empirismo, o que indica que o conhecimento para a tomada de decisão parte da experiência (Schwaber; Sutherland, 2020). Assim, torna-se uma abordagem adequada para cenários em que a incerteza e a imprevisibilidade promovem mudanças constantes no projeto. Ou seja, o framework oferece um conjunto de elementos para uma equipe inspecionar e adaptar o seu processo e o produto constantemente, considerando o que aconteceu



e os objetivos futuros. Trata-se, portanto, de uma abordagem para o desenvolvimento de produtos complexos através de um trabalho iterativo e incremental (Schwaber; Sutherland, 2020). Produto é um sistema, um módulo ou um aplicativo, enquanto cliente é uma pessoa, uma empresa ou um conjunto de organizações, por exemplo.

Os elementos do framework são bem definidos, atribuindo responsabilidades às pessoas e propósitos para cerimônias e artefatos. Um grupo de profissionais, chamado Time Scrum, é responsável por um produto e será composto por: um Product Owner (PO), um Scrum Master (SM), e demais pessoas que compõem o Time Desenvolvimento (Schwaber; Sutherland, 2020; Sabbagh, 2013; Audy, 2015). PO é aquele responsável por entender as necessidades dos clientes, alinhando o trabalho a ser feito para gerar o máximo de valor possível (Schwaber; Sutherland, 2020). Esse valor está atrelado ao impacto positivo do produto no negócio e a minimização do desperdício. O PO mantém a Visão do Produto, um elemento que guia a construção do produto. O SM, por sua vez, é responsável por garantir que o processo seja entendido e aplicado por todos. Esse papel atua como facilitador, removendo impedimentos e educando os demais dentro das práticas adotadas (Schwaber; Sutherland, 2020). Por fim, o Time Desenvolvimento contempla o grupo de profissionais que transformam a necessidade do cliente em um Incremento do Produto, como uma nova funcionalidade, por exemplo (Schwaber; Sutherland, 2020). Como forma de evitar dependências que prejudiquem a resposta à mudança, o Scrum prescreve que o Time Desenvolvimento deve ser multifuncional e auto-organizado.

O trabalho do Time Scrum é organizado em ciclos iterativos e incrementais, chamados de Sprints (Schwaber; Sutherland, 2020). O início de cada Sprint é marcado por uma Sprint Planning, momento em que o trabalho a ser realizado é planejado. Durante o ciclo, o time encontra-se diariamente para trocar informações sobre o andamento do trabalho em uma Daily Meeting. No fim do ciclo

é realizado um Sprint Review para inspecionar o incremento produzido, verificando adaptações relacionadas ao produto. Também é feita uma Sprint Retrospective, neste caso para inspecionar o processo, levantando adaptações neste contexto.

Para apoiar o trabalho, o Scrum também propõe artefatos: o Product Backlog, uma lista de itens necessários para o produto, a qual será ordenada pelo PO conforme prioridade; o Sprint Backlog, uma lista de itens que devem ser produzidos pelo Time Desenvolvimento durante um Sprint; e o Incremento do Produto, o resultado de uma iteração (Schwaber; Sutherland, 2020).

TRABALHOS RELACIONADOS

A pesquisa por trabalhos relacionados buscou materiais que abordassem a aplicação do Scrum e do Design Science Research em pesquisas da Ciência da Computação. Não foram identificadas publicações que incorporassem o framework ágil e o método de pesquisa na mesma proposta, porém há estudos que exploram o uso destes tópicos individualmente ou com outras abordagens.

Romeiro e Oliveira (2014) apresentam um mapeamento sistemático sobre o uso de práticas ágeis no processo de experimentação científica. Posteriormente, os autores utilizam tais resultados para propor uma abordagem que incorpora práticas do Scrum, Kanban e *Extreme Programming* (XP) (Romeiro *et al.*, 2017).

Chamada SciAgile, o objetivo da proposta é apoiar a condução de experimentos científicos com simulação, portanto, é focado em pesquisas que utilizam tal estratégia. O uso do Scrum em uma investigação também é apresentado por Marchesi *et al.*, porém, como estratégia para a gestão de projetos distribuídos (Marchesi *et al.*, 2007). Devido à natureza do trabalho, algumas adaptações foram realizadas pelos autores considerando os grupos alocados no mesmo espaço físico. Este estudo, portanto, ilustra a flexibilidade do Scrum e a possibilidade de tais adaptações para uma pesquisa.

Por fim, Choma, Zaina e Silva apresentam o SoftCoDeR, uma abordagem que utiliza CMD (Cooperative Method Development), DSR e a Engenharia de Software Experimental (Choma *et al.*, 2016). Tal proposta não inclui o Scrum, porém incorpora ciclos iterativos e incrementais como forma de promover melhorias no desenvolvimento de software de uma pesquisa científica. Outro ponto de destaque é o uso do método DSR articulado com outras práticas, ilustrando como sua flexibilidade pode servir a diferentes pesquisas científicas.

METODOLOGIA

Dado o tema apresentado na seção inicial deste artigo, este trabalho explora o uso de práticas da Engenharia de Software no meio acadêmico. Assim, a seguinte questão de pesquisa foi delimitada para guiar o estudo: é possível construir um artefato com elementos do framework Scrum e do método Design Science Research que apoie a construção científica na Ciência da Computação?

Utilizando o aporte de dados bibliográficos, a fundamentação teórica sobre os temas escolhidos foi elaborada, como apresentado na Seção II. Uma pesquisa de campo também foi realizada, visando validar a necessidade de uma abordagem para apoiar a condução de trabalhos científicos na CC. Assim, um levantamento foi realizado, conforme destacado na próxima seção. Tais informações, somadas aos trabalhos relacionados identificados, foram utilizadas como referência ao longo da construção da proposta de solução.

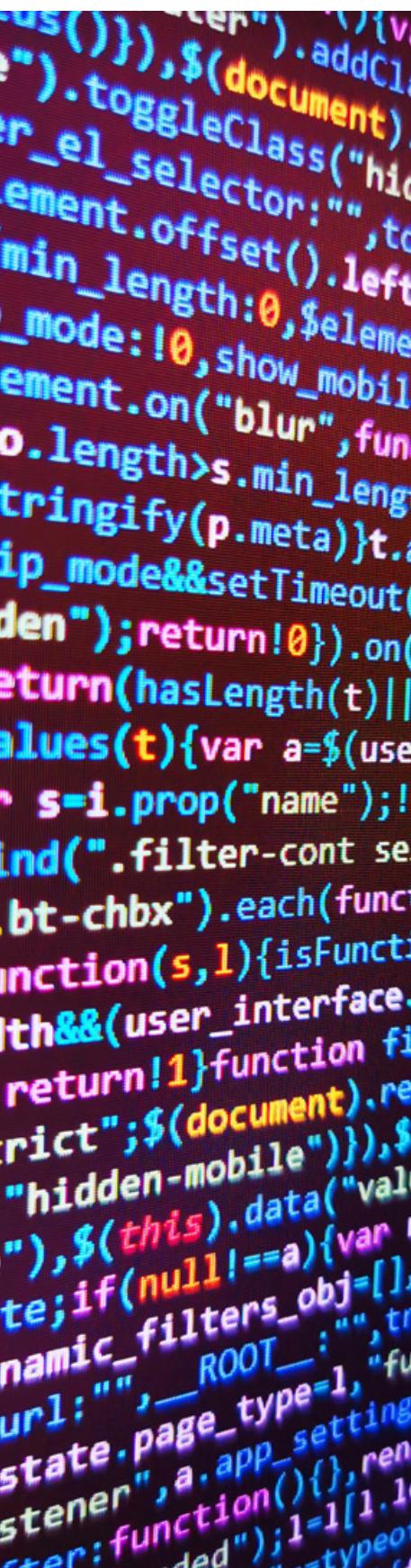
Além de adotar o método de pesquisa DSR como objeto de estudo, a investigação também o adotou para compor a metodologia. Assim, a elaboração da solução foi desenvolvida em duas etapas: a formalização de uma proposta de artefato e, então, sua construção de fato. Na primeira etapa foram elencados os requisitos necessários para atingir um resultado satisfatório e útil ao seu propósito. Na segunda etapa o artefato foi construído conforme tais requisitos.

Por fim, a solução proposta foi submetida a uma avaliação de caráter descritivo com suporte de análise qualitativa e quantitativa. Uma nova coleta de dados foi realizada, a partir da qual verificou-se a aceitação do artefato. Tais informações, junto a um conjunto de critérios de aceitação, foram utilizadas para elaborar um argumento da utilidade do framework, conforme sugerido por Lacerda *et al.* (2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: CONSTRUÇÃO DA PROPOSTA

O objetivo da etapa de elaboração da proposta de solução de uma pesquisa, segundo o método DSR, é trabalhar com sugestões, informações coletadas, requisitos e funcionalidades requeridas, viabilidade e utilidade daquilo que se planeja construir. Neste momento projeta-se o artefato, explicitando técnicas de desenvolvimento e avaliação, assim como critérios necessários para obter uma solução satisfatória.

A proposta utilizou como aporte a fundamentação teórica, apresentada anteriormente, assim como dados coletados em uma pesquisa de campo. Nesta coleta, um questionário eletrônico foi construído para levantar as percepções de estudantes envolvidos com pesquisa. O grupo de participantes era composto por concluintes da disciplina final de Trabalho de Conclusão de cursos de Computação de universidades do Vale do Rio dos Sinos, região localizada no sul do Brasil. A adesão foi voluntária e anônima, formada por graduandos com diferentes graus de experiência em pesquisa.



Entre os dados obtidos, destaca-se que 90% dos entrevistados trabalharam com desenvolvimento de uma aplicação prática em sua pesquisa, reforçando a característica de investigações da área. Identifica-se também o alto nível de concordância sobre a importância da pesquisa para sua formação e obtenção de novos conhecimentos. Entre as dificuldades mais recorrentes, os participantes indicaram a escrita da monografia, a busca por material bibliográfico e a organização pessoal do tempo.

Os dados obtidos foram utilizados para consolidar e expandir associações identificadas pelas autoras nos primeiros passos desta investigação (Davila; Reis, 2016). Nesta proposta preliminar foi apresentado um estudo sobre a adoção do Scrum em conjunto com o método DSR, destacando uma série de semelhanças e inferindo possíveis relações. O foco, entretanto, concentrou-se em um modelo iterativo de construção e avaliação do artefato ao longo de uma pesquisa. Este aspecto foi considerado uma limitação, motivando a expansão da proposta.

A base teórica e análise do estudo preliminar fundamentaram a criação de uma lista de requisitos para caracterizar a solução satisfatória do estudo. O propósito de formalizar estes itens é estabelecer uma orientação para a etapa de construção do artefato. Os requisitos definidos são apresentados a seguir:

- RQ01 - O artefato deve indicar os papéis relacionados à condução da pesquisa científica para identificar as pessoas envolvidas e suas atribuições.
- RQ02 - O artefato deve prescrever um encontro para planejar o trabalho a ser feito para auxiliar na organização das tarefas.
- RQ03 - O artefato deve prescrever um encontro para revisar o trabalho que já foi feito para promover a inspeção e adaptação da pesquisa.
- RQ04 - O artefato deve prescrever um encontro para inspecionar processos e ferramentas para promover a inspeção e adaptação de métodos e técnicas científicas.
- RQ05 - O artefato deve prescrever um encontro para inspecionar andamento do trabalho para que os envolvidos consigam compartilhar progressos e impedimentos.
- RQ06 - O artefato deve prescrever um elemento que reúna o trabalho a ser realizado para organizar tarefas conforme prioridade de execução.
- RQ07 - O artefato deve prescrever um elemento que reúna o trabalho planejado para organizar tarefas acordadas para serem executadas.
- RQ08 - O artefato deve prescrever um elemento que represente o valor do trabalho realizado para guiar as decisões da pesquisa.
- RQ09 - O artefato deve prescrever a condução de uma pesquisa de forma iterativa para promover inspeção e adaptação frente a mudanças.
- RQ10 - O artefato deve atender aos sete critérios do método Design Science Research para manter o caráter científico do processo.

A partir dos requisitos foi possível definir o tipo de artefato a ser construído como solução ao problema de pesquisa. Foi escolhido o tipo framework, uma estrutura real ou conceitual com o propósito de guiar ou servir de suporte a uma ação (Dresch *et al.*, 2015; Vaishnavi; Kuechler, 2015). Um framework serve como estrutura, um guia para as pessoas interessadas. Assim, como trata-se de um cenário de pesquisa, há flexibilidade para indicar práticas de organização do trabalho e permitir o uso de métodos científicos conforme a natureza da investigação.

Definidos os requisitos da solução e o tipo de artefato, foram estabelecidos critérios de aceitação para apoiar a posterior etapa de avaliação, verificando se a construção obteve êxito. Esta investigação explora o uso da ES no contexto da pesquisa, assim é necessário tanto abordar práticas de gestão do trabalho como do caráter científico. A premissa, portanto, é que o artefato proposto como solução contribua para evidenciar o rigor, a relevância e as contribuições científicas do trabalho que adotá-lo, além de servir como referência para o uso de práticas da ES fora do mercado de tecnologia.

De maneira geral, os resultados satisfatórios esperados deste trabalho foram formalizados como: i) todos os requisitos foram atendidos; ii) as relações entre elementos possuem regras para guiar o processo sistematicamente; iii) há elementos que consideram avaliar a relevância da pesquisa; iv) há elementos que prescrevem a documentação das aprendizagens e heurísticas obtidas, indicando sua influência nas contribuições; v) há coerência em todas as relações e atribuições prescritas pelo artefato; vi) a prescrição considera tanto construções teóricas como práticas. Estes itens foram especializados em critérios específicos, os quais nortearam a etapa de avaliação, como apresentado nas próximas seções.

FRAMEWORK C3 PARA A CONSTRUÇÃO CIENTÍFICA NA COMPUTAÇÃO

O artefato proposto é caracterizado como um framework teórico, uma estrutura que pode ser adotada na condução de uma pesquisa científica na CC com o propósito de auxiliar a evidenciar o rigor, relevância e contribuições do estudo. Visando explorar o uso da ES em cenários acadêmicos e científicos, adotou-se como principal referência o Scrum, como apresentado na seção anterior.

A construção da solução iniciou pela análise do conceito da Visão do Produto do Scrum. Esse elemento guia o trabalho do time, de modo que os esforços sejam direcionados à visão, evitando desperdício. É possível estabelecer, então, uma ligação do produto com o resultado da pesquisa, assumindo que ambos são o objetivo final do conjunto de ações. O primeiro elemento apresentado do framework, portanto, é:

- **Visão da Pesquisa:** responde à questão “Qual é o problema que a construção da Pesquisa visa resolver?”, guiando as ações das pessoas envolvidas durante a pesquisa. É necessária uma ideia ou problema inicial para começar a construir a Visão da Pesquisa.

O próximo passo foi identificar os papéis do contexto do problema e que podem vir a interagir com o artefato (RQ01). Uma investigação será conduzida, em geral, por dois papéis: o Orientador e o Orientando. Enquanto o primeiro guia o estudo do ponto de vista científico, o segundo é quem realiza-o de fato. Uma pesquisa ainda pode ter diversos orientandos, ou pesquisadores, porém um será elencado como autor principal. Definem-se, então, três novos componentes como papéis da pesquisa científica:

- **Dono da Pesquisa:** indica o pesquisador principal. É a pessoa responsável por gerenciar a Visão da Pesquisa, garantindo que as ações sejam condizentes ou adaptações sejam realizadas. Cada pesquisa deve ter apenas um Dono da Pesquisa.

- **Orientador:** pessoa responsável por guiar os envolvidos no uso do framework e na prática da pesquisa científica. Sugere-se que cada pesquisa deva ter apenas um Orientador.
- **Time Pesquisador:** pessoas responsáveis pela construção da pesquisa científica, executando as tarefas necessárias para atingir o objetivo final. Deve ser uma equipe auto-organizável e, de acordo com a Visão da Pesquisa, pode ser multifuncional.
- **Time da Pesquisa:** equipe formada pelo Dono da Pesquisa, Orientador e Time Pesquisador.

A sequência da construção do framework buscou incorporar ao artefato os critérios ou diretrizes do método DSR apresentados pela literatura (Hevner *et al.*, 2004) (RQ10). Este material sugere sete itens que devem ser seguidos ao utilizar tal abordagem em uma pesquisa, tratando desde a viabilidade da solução até a necessidade de comunicação dos resultados aos interessados. A proposta apresentada neste trabalho não deseja limitar o uso do artefato a pesquisas que adotem DSR ou impor a utilização do método. Optou-se, então, por extrair a essência destes critérios e estipular cinco etapas para uma construção científica (Lacerda *et al.*, 2013), as quais sugerem marcos de revisão ao longo do processo. Estas etapas estão representadas na Figura 1, considerando o início e fim de uma pesquisa, e são denominadas Ciclos da Pesquisa. Este novo elemento do framework é essencial ao artefato como meio científico para a construção da pesquisa, articulando teoria e prática. Sua definição é:

- **Ciclo da Pesquisa:** fase ou etapa da construção científica, agrupando ações conforme propósito, uma meta. O final de um ciclo representa um marco de revisão da condução científica, na qual o Time Pesquisador avalia se há condições satisfatórias, conforme seus critérios, para passar ao ciclo seguinte. Se não há condições, o ciclo é novamente realizado.

Figura 1. Ciclos de Construção Científica



Fonte: as autoras.

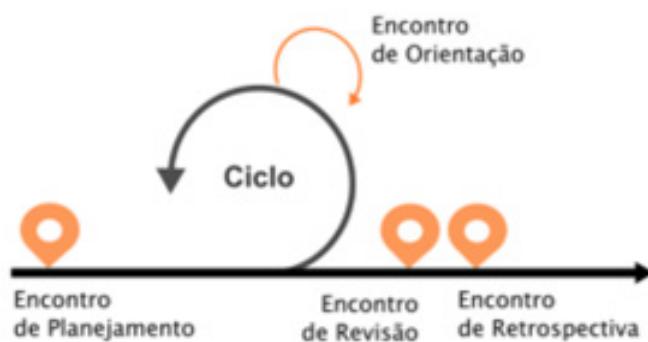
Na construção dos ciclos também foi inserido o aspecto iterativo do framework (RQ09). Considerando que há encontros do Time da Pesquisa a cada uma ou duas semanas, o framework poderia adotar iterações curtas. Se não há estes encontros, ou eles ocorrem com pouca frequência, as iterações poderiam ser mais longas. A imprevisibilidade e como isso afeta o trabalho no time deve ser considerado, assim como ocorre com o tamanho da Sprint no Scrum. A definição proposta é que cada ciclo ocorra de forma iterativa, com duração a ser acordada pelo Time da Pesquisa. Ao finalizar uma iteração avaliam-se os critérios para seguir ou não adiante, podendo ser executado novamente um ciclo. Neste formato uma pesquisa terá pelo menos cinco iterações.

A prescrição dos eventos para o artefato, então, será realizada dentro de uma iteração do ciclo. São propostos quatro eventos, buscando estabelecer encontros para planejar (RQ02), revisar (RQ03), inspecionar (RQ04) e acompanhar (RQ05), oferecendo transparência ao processo e oportunidade de identificar e realizar adaptações.

O primeiro encontro ocorre no início de um ciclo, e terá como propósito organizar o que precisa ser feito durante a iteração, semelhante a uma Sprint Planning do Scrum. Durante um ciclo podem ocorrer iterações intermediárias, entre as quais o Time da Pesquisa se reúne para trocar informações sobre o andamento das tarefas, tal como na Reunião Diária do framework ágil. Ao final de uma iteração, então, o time volta a reunir-se para revisar o que foi feito e inspecionar ferramentas e processos, similar às Sprint Review e Sprint Retrospective do Scrum. A Figura 2 representa tais encontros durante um ciclo. A formalização destes eventos dentro do artefato gerou as seguintes definições:

- **Encontro de Planejamento:** momento de reunir o Time da Pesquisa ao iniciar um ciclo. O Dono da Pesquisa informa quais são as tarefas prioritárias com relação à Visão da Pesquisa e todos sequenciam o que precisa ser realizado conforme este parecer. O Orientador atua como guia neste encontro, oferecendo suporte aos demais. A especificação de como fazer cada tarefa fica a cargo do Time Pesquisador.
- **Encontro de Orientação:** reunião durante um ciclo para que o Time da Pesquisa compartilhe informações do andamento das tarefas. Cada um indica o que fez desde o último encontro com relação à meta do ciclo, o que fará até o próximo encontro, e se há algum obstáculo prejudicando o trabalho. O objetivo é que todos visualizem o andamento do ciclo e o Orientador consiga identificar obstáculos e auxiliar cada pessoa a resolvê-los.
- **Encontro de Revisão:** marco de revisão do ciclo, momento no qual se reúne o Time da Pesquisa para verificar se o que foi produzido atende a seus critérios. Caso seja identificada alguma não conformidade, o ciclo pode ser executado novamente. É neste momento que o Dono da Pesquisa revisa a Visão da Pesquisa e, se necessário, propor alguma adaptação.
- **Encontro de Retrospectiva:** momento do Time da Pesquisa inspecionar as ferramentas e processos utilizados, levantando adaptações conforme necessidades destacadas. Também é o espaço para que o time consiga extrair as aprendizagens e heurísticas obtidas ao longo do ciclo e que podem gerar contribuições para a pesquisa.

Figura 2. Encontros de um Ciclo de Construção Científica



Fonte: as autoras.

Definidos os papéis, etapas e eventos, foram formalizados os componentes utilizados. Optou-se por incorporar elementos do Scrum, adotando o uso de backlogs, pois tratam com clareza o trabalho pendente, e a ideia de incremento, que representa o resultado de uma iteração. A formalização dos componentes é descrita como:

- **Backlog da Pesquisa (RQ06):** lista ordenada de ações que precisam ser realizadas ao longo da pesquisa. Cada item representa algo que precisa ser feito para atender o objetivo da investigação.
- **Backlog do Ciclo (RQ07):** lista de tarefas oriundas do detalhamento dos itens do Backlog da Pesquisa e alocadas conforme Encontro de Planejamento.
- **Incremento da Pesquisa:** parte da pesquisa científica que foi construída ao longo de um ciclo. É com base neste incremento que a Revisão é realizada.
- **Critérios Científicos:** componente criado para apoiar o Encontro de Revisão da Pesquisa. Sua composição são critérios extraídos da literatura que indicam características para uma pesquisa ser considerada válida. Um ciclo somente será finalizado quando os critérios correspondentes a ele forem atendidos.
- **Lista de Contribuições (RQ08):** elemento que reúne aprendizagens e heurísticas obtidas durante a construção científica. Sua construção é incremental ao longo dos ciclos, servindo como material para apoiar a divulgação das contribuições do estudo.

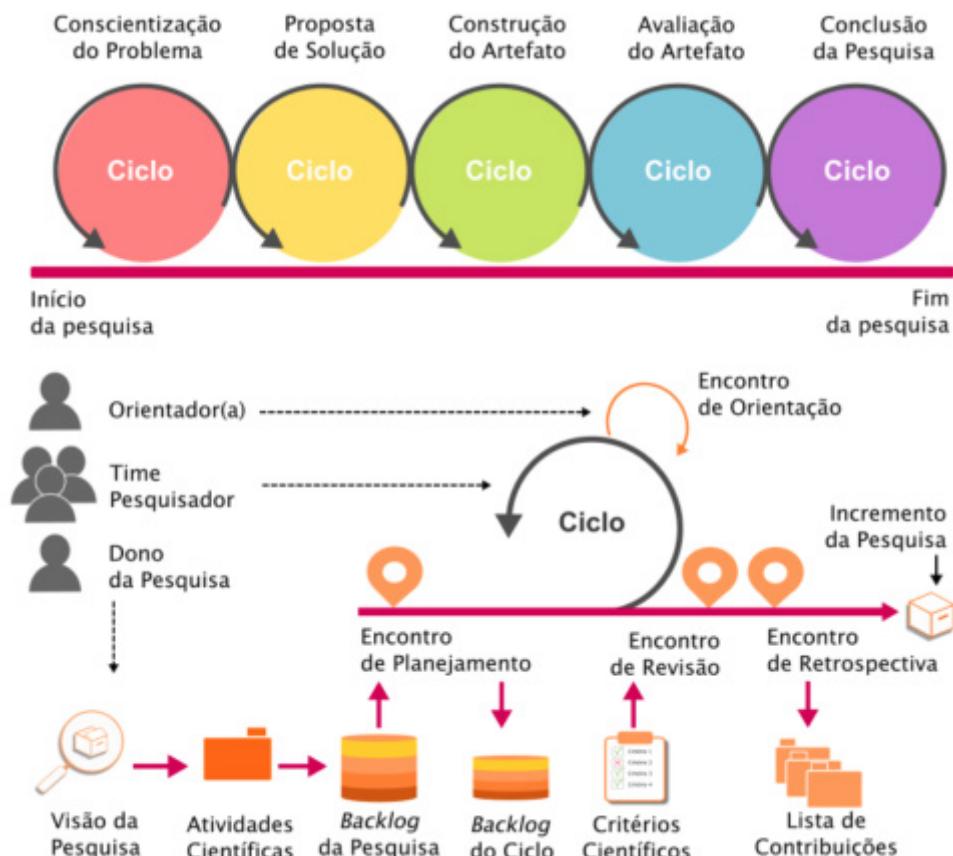
Tanto os Critérios Científicos como a Lista de Contribuições foram componentes criados sem referência direta ao Scrum. Criá-los foi uma decisão tomada para prover elementos no framework que ofereçam um apoio científico mais amplo, visto que o rigor e as contribuições geradas são fatores essenciais ao contexto. Foram consultadas referências bibliográficas para elaborar uma lista de critérios, verificando características necessárias para um estudo ser considerado válido cientificamente. É possível, entretanto, que novos itens sejam criados e incorporados conforme o contexto, por exemplo. O principal objetivo é auxiliar a evidenciar o rigor científico da investigação.

Outra necessidade identificada ao longo da construção foi com relação à composição do Backlog da Pesquisa. Prescreve-se que este elemento será composto por ações, atividades que os envolvidos precisarão executar para alcançar o objetivo de um ciclo ou da pesquisa. O questionamento, então, foi com relação a estas atividades: quais seriam elas? Não seriam as mesmas para grande parte das pesquisas? A partir deste ponto explorou-se a possibilidade de prover uma estrutura inicial do Backlog da Pesquisa.

Utilizando como aporte o referencial teórico, uma lista de ações genéricas de cada etapa de uma pesquisa científica foi elaborada. O elemento resultante, chamado de “Atividades Científicas”, tem como propósito auxiliar na elaboração do Backlog da Pesquisa. Ou seja, novos itens para o Backlog podem ser criados a partir da lista de “Atividades Científicas”.

A solução, por fim, contempla uma série de elementos que podem ser classificados em ciclos, papéis, encontros e componentes. Ao resultado obtido foi dado o nome de “C3 – Framework para a Construção Científica na Computação”, fazendo alusão ao problema desta investigação e criando uma identificação para o artefato. A Figura 3 apresenta uma visão geral da abordagem proposta.

Figura 3. Visão Geral do Framework C3



Fonte: as autoras.

A partir do artefato gerado como solução, a avaliação dele foi realizada, verificando se a proposta atende os critérios da investigação, conforme apresentado na próxima seção.

AVALIAÇÃO DA PROPOSTA

Na avaliação do Framework C3 foram utilizados três instrumentos, conforme apresentado nesta seção. Uma aplicação web com informações sobre a abordagem foi construída para apoiar esta etapa.

I. CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

O primeiro passo foi verificar a aderência aos critérios de aceitação, avaliando se a solução estava ou não em conformidade. Na Figura 4 são apresentados os critérios definidos. Através da análise do artefato foi constatado que todos os itens foram atendidos e, ao longo deste processo de inspeção, alguns pontos de melhoria foram identificados. Este foi o caso dos critérios que tratam da prescrição das entradas e saídas dos encontros (CA04, CA05, CA08, CA09, CA12 e CA13), pois inicialmente as informações não estavam explícitas na apresentação do artefato.

Figura 4. Critérios de Aceitação do Artefato

Crit.	Descrição
CA01	O <i>framework</i> prescreve os papéis relacionados à condução da pesquisa científica
CA02	O <i>framework</i> prescreve a atribuição de cada papel relacionado à condução da pesquisa científica
CA03	O <i>framework</i> prescreve o propósito do encontro de planejamento para a pesquisa científica
CA04	O <i>framework</i> prescreve as entradas do encontro de planejamento
CA05	O <i>framework</i> prescreve as saídas esperadas do encontro de planejamento
CA06	O <i>framework</i> prescreve como as saídas do encontro de planejamento contribuem para a pesquisa científica
CA07	O <i>framework</i> prescreve o propósito do encontro de revisão para a pesquisa científica
CA08	O <i>framework</i> prescreve as entradas do encontro de revisão
CA09	O <i>framework</i> prescreve as saídas esperadas do encontro de revisão
CA10	O <i>framework</i> prescreve como as saídas do encontro de revisão contribuem para a pesquisa científica
CA11	O <i>framework</i> prescreve o propósito do encontro de inspeção de processos e ferramentas
CA12	O <i>framework</i> prescreve as entradas do encontro de inspeção
CA13	O <i>framework</i> prescreve as saídas esperadas do encontro de inspeção
CA14	O <i>framework</i> prescreve como as saídas do encontro de inspeção contribuem para a pesquisa científica
CA15	O <i>framework</i> prescreve o propósito do encontro de inspeção do andamento para a pesquisa científica
CA16	O <i>framework</i> prescreve um elemento que reúna o trabalho a ser realizado
CA17	O <i>framework</i> prescreve um elemento que reúna o trabalho planejado
CA18	O <i>framework</i> prescreve um elemento que represente o valor do trabalho realizado
CA19	O <i>framework</i> prescreve a condução de uma pesquisa de forma iterativa
CA20	O <i>framework</i> atende aos sete critérios fundamentais do método <i>Design Science Research</i>

Fonte: as autoras.

II. ENTREVISTA COM ESPECIALISTA

O segundo passo foi apresentar o artefato a um pesquisador com amplo conhecimento no método DSR, chamado aqui “especialista”, que atua na área de ensino de graduação e pós-graduação. Através da aplicação web desenvolvida, o especialista teve acesso ao resultado da proposta, o Framework C3. De maneira geral, a receptividade do artefato pelo especialista foi positiva, considerando a ideia e o desenvolvimento relevantes. Segundo ele, muitas vezes professores orientadores depositam no aluno pesquisador a responsabilidade pelos problemas na gestão da pesquisa, sem considerar que, além da inexperiência, há falta de material que auxilie na condução da construção científica. Logo, uma pesquisa que proponha opções para o problema é útil e, portanto, válida.

III. COLETA DE PERCEPÇÕES

O terceiro passo da avaliação foi uma coleta das percepções de um grupo de indivíduos, em sua maioria estudantes de doutorado de Engenharia de Produção (EP). Apesar de não atuarem no contexto da pesquisa na Ciência da Computação, tais pessoas têm conhecimento sobre o método DSR, algo que foi considerado relevante para avaliar a aderência do framework a esta abordagem. Também cabe destacar que a EP possui ligação com outras áreas, como administração, e há o interesse na aplicação prática dos conhecimentos para gerar soluções (Lacerda *et al.*, 2013), algo semelhante ao cenário da CC.

O instrumento utilizado foi um questionário de caráter anônimo e participação voluntária. Destaca-se novamente a receptividade positiva à proposta, reforçando a relevância deste estudo. Alguns participantes, contudo, não concordaram com a clareza na apresentação e a coerência na abordagem, o que pode estar relacionado ao pouco conhecimento sobre o Scrum e o método Design Science Research. Estes pontos, contudo, geram a necessidade de revisão do artefato e da sua forma de apresentação, pois não se colocou como requisito o conhecimento destes assuntos para compreensão e entendimento do framework.

IV. DISCUSSÃO

O objetivo da avaliação de um artefato, de acordo com o método DSR, é verificar sua validade pragmática, se o objetivo da pesquisa foi atingido de forma satisfatória. Neste estudo, o objetivo é explorar o uso de práticas da ES fora do contexto profissional. A pesquisa científica foi escolhida pelo seu papel fundamental como meio propulsor de novos conhecimentos, e o Scrum pela presença no mercado de trabalho. O método DSR complementa o escopo, oferecendo um suporte metodológico para a adaptação. As avaliações apresentadas nesta

seção destacam a receptividade positiva, coerência e possibilidade de uso prático do Framework C3. A busca por uma amostragem maior de opiniões pode vir a complementar os resultados obtidos, acrescentando valor à defesa da pesquisa.

Tem-se, contudo, um referencial analítico. A partir da abordagem torna-se possível a adoção de práticas da ES e do método de pesquisa de forma estruturada. Como guia para o trabalho do pesquisador, a abordagem pode contribuir para o sucesso da investigação. Uma vez que o Framework C3 abrange todo o processo de pesquisa, desde a formulação do escopo até a comunicação dos resultados, é possível que trabalhos relacionados, como o SciAgile (Romeiro *et al.*, 2017), sejam incorporados. Na proposta de Marchesi *et al.* (2007), por sua vez, o framework pode vir a complementar a gestão do trabalho, já que a proposta apresentada não explora diretamente o caráter científico das atividades.

V. TRATAMENTOS À VALIDADE

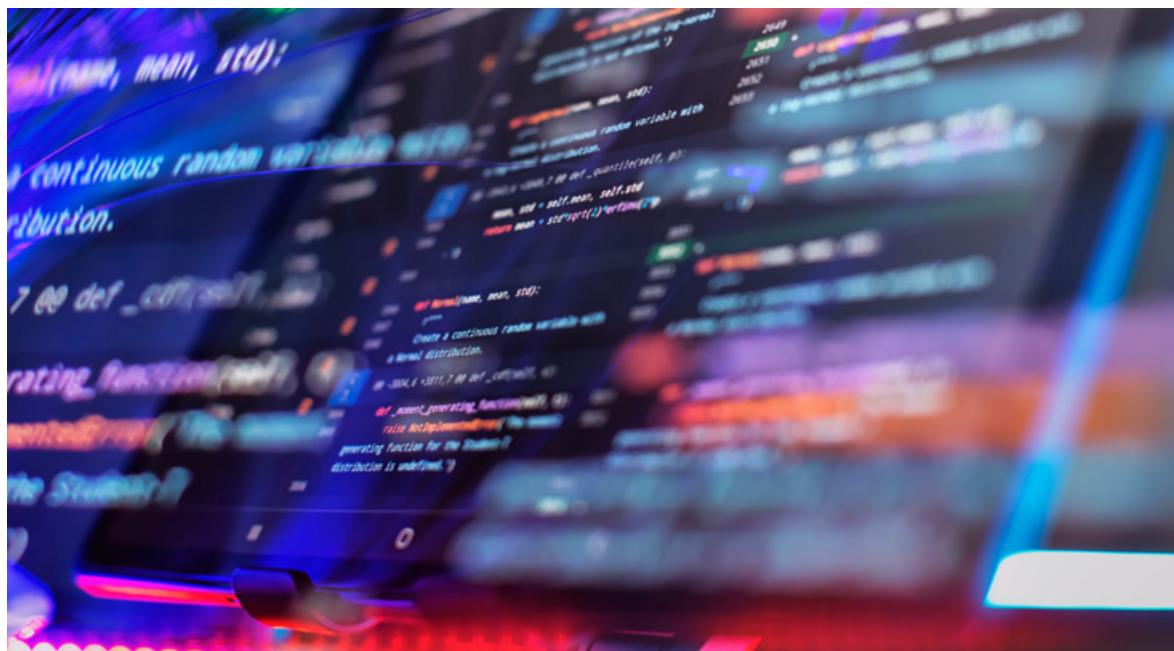
A validade interna do estudo está relacionada com um possível viés do pesquisador ao longo da investigação. Neste trabalho, o framework proposto deriva da interpretação das autoras sobre os conceitos envolvidos. Assim, outros pesquisadores podem obter um resultado diferente. Para mitigar esse viés buscou-se fundamentar as decisões na literatura. Em caso de desacordo na elaboração da abordagem, ambas as autoras discutiram a definição dos elementos.

A validade externa, por sua vez, contempla o alcance dos resultados obtidos. Os estudos realizados como avaliação, apresentados na seção anterior, destacam a aceitação no meio acadêmico. É possível inferir a viabilidade de uso a partir destas evidências preliminares, porém é necessária a condução de um estudo empírico com pesquisadores para avaliar a efetividade do artefato.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o objetivo de reunir o Scrum e o método Design Science Research para guiar a construção científica na Computação Científica, o presente estudo propõe o Framework C3. Formado por um conjunto de papéis, componentes, ciclos e eventos, o artefato contempla todo o processo de pesquisa, podendo ser utilizado em investigações a partir da ideia inicial. O framework, portanto, é um referencial analítico, tornando possível a adoção de práticas da Engenharia de Software em uma pesquisa. É um guia para o trabalho do pesquisador e pode contribuir para o sucesso da investigação.

O Framework C3 propõe elementos para evidenciar o rigor, relevância e contribuições ao longo da investigação, através da lista de Critérios de Aceitação e da Lista de Contribuições. De forma semelhante, foi definido um Ciclo de Conscientização do Problema, no qual o foco é aprofundar os conhecimentos sobre um contexto e delimitar a pesquisa, extraindo sua relevância.



Entende-se que o Framework C3 atende o objetivo da pesquisa. Explora-se o uso de práticas da ES fora da indústria, promovendo uma adaptação a um contexto que envolve trabalho prático e teórico. Concebido para projetos de pesquisa da CC, a abordagem pode ser generalizada a outras áreas de conhecimento de perfil semelhante. Entende-se também que a solução compõe uma alternativa relevante para pesquisadores de diferentes níveis de experiência, mas que pode representar um diferencial para aqueles que estão realizando as primeiras pesquisas.

Como trabalho futuro é possível estudar a utilização do framework na prática, avaliando a efetividade dos elementos em um cenário real. Outra possibilidade é o desenvolvimento de uma ferramenta que dê suporte ao Framework C3, permitindo o gerenciamento de atividades, tarefas e demais informações. Além disso, pode-se criar uma aplicação, incluindo os recursos necessários para um sistema colaborativo e integrado para o Time da Pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALTURKI, A.; GABLE, G. G.; BANDARA, W. A Design Science Research roadmap. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DESIGN SCIENCE RESEARCH IN INFORMATION SYSTEMS, 2011, Milwaukee. Proceedings* [...]. Milwaukee: Springer Science & Business Media, 2011. p. 107-123.
- AUDY, J. **Scrum 360**: um guia completo e prático de agilidade. São Paulo: Casa do Código, 2015.
- BLOCH, M. **Apologia da história ou o ofício do historiador**. Rio de Janeiro: Zahar, 2001.
- BROOKSHEAR, J. G. **Ciência da Computação**: uma visão abrangente. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- CASARIN, H. C. S.; CASARIN, S. J. **Pesquisa científica**: da teoria à prática. Curitiba: InterSaber, 2012.
- CESPEDES, M. A. T. Towards a methodology of business process modeling. **IEEE Latin America Transactions**, v. 16, n. 3, p. 996-1003, mar. 2018.
- CHOMA, J.; ZAINA, L. A.; DA SILVA, T. S. SoftCoDer approach: promoting software engineering academia-industry partnership using CMD, DSR and ESE. **Journal of Software Engineering Research and Development**, v. 4, n. 1, p. 8, 2016.
- DAVILA, N. C.; REIS, A. N. Proposta de framework para condução da pesquisa científica na ciência da computação. *In: CTIC (CONCURSO DE TRABALHOS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA), 35., 2016, Porto Alegre. Anais* [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2016.
- DETONI, P. A Biblioteca de... Rodrigo Turin. **História da Ditadura**, 27 ago. 2024. Disponível em: <https://www.historiadaditadura.com.br/post/a-biblioteca-de-rodrigo-turin>. Acesso em: 23 jan. 2025.
- DIEHL, A. A.; TATIM, D. C. **Pesquisa em ciências sociais aplicadas**: métodos e técnicas. São Paulo: Prentice Hall, 2004.
- DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; JUNIOR, J. A. V. A. **Design Science Research**: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- FONSECA FILHO, C. **História da computação**: o caminho do pensamento e da tecnologia. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.
- HEVNER, A. R.; MARCH, S. T.; PARK, J.; RAM, S. Design Science in information systems research. **MIS Quarterly**, v. 28, n. 1, p. 75-105, mar. 2004.
- JUNIOR, A. B.; DUARTE, A. A.; PINHO, S.; EL-HANI, C.; ANDRADE, R.; NETO, A. G.; LOBAO, T. P. SCAN-NET: a software for identification of communities in networks. **IEEE Latin America Transactions**, v. 16, n. 6, p. 1787-1794, jun. 2018.
- LACERDA, D. P.; DRESCH, A.; PROENÇA, A.; ANTUNES JÚNIOR, J. Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestão & Produção**, v. 20, n. 4, p. 741-761, 2013.
- MARCHESI, M.; MANNARO, K.; URAS, S.; LOCCI, M. Distributed Scrum in research project management. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON EXTREME PROGRAMMING AND AGILE PROCESSES IN SOFTWARE ENGINEERING, 2007. Proceedings* [...]. [S.l.]: Springer, 2007. p. 240-244.

MONTENEGRO, C.; MURILLO, M.; GALLEGOS, F.; ALBUJA, J. DSR approach to assessment and reduction of information security risk in TELCO. **IEEE Latin America Transactions**, v. 14, n. 5, p. 2402-2410, 2016.

OLIVEIRA, M. M. D.; FREITAS, I. Desafios da formação inicial para a docência em História. **Revista História Hoje**, v. 2, n. 3, p. 131-147, 2013.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

REIS, L. G. **Produção de monografia da teoria à prática**: o método educar pela pesquisa (MEP). Brasília: Senac, 2010.

ROMEIRO, A. C.; OLIVEIRA, D. Um mapeamento sistemático sobre o uso de metodologias ágeis no processo de experimentação científica. In: BRESCI - BRAZILIAN E-SCIENCE WORKSHOP, 9., 2014, Porto Alegre. **Anais** [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2014.

ROMEIRO, A.; OCAÑA, K. A.; KALINOWSKI, M.; DE OLIVEIRA, D. SciAgile: aplicação de metodologias ágeis em experimentos científicos baseados em simulação. In: CIBSE - IBERO-AMERICAN CONFERENCE ON SOFTWARE ENGINEERING, XX, 2017, Buenos Aires. **Anais** [...]. Buenos Aires: Sociedade Brasileira de Computação, 2017. p. 511-524.

SABBAGH, R. **Scrum**: gestão ágil para projetos de sucesso. São Paulo: Casa do Código, 2013.

SCHWABER, K.; SUTHERLAND, J. **Guia do Scrum** – um guia definitivo para o Scrum: as regras do jogo. 2020. Disponível em: <https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-Portuguese-BR-3.0.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2025.

SIMON, H. A. **The sciences of the artificial**. [S.l.]: MIT Press, 1996.

SOARES, F. S. Entre a história pública e a história digital: a oficina historiográfica de Bruno Leal e o Café História. **História Oral**, v. 21, n. 2, p. 159-176, 2019.

TESSI, M.; CHAVES, M. S. Applying a collaborative model to support the management of lessons learned in a private security project: a Design Science Research approach. **IEEE Latin America Transactions**, v. 15, n. 8, p. 1513-1519, 2017.

VAISHNAVI, V. K.; KUECHLER, W. **Design Science Research methods and patterns**: innovating information and communication technology. [S.l.]: CRC Press, 2015.

VERSIONONE. **Versionone 12th annual state of agile report**. Disponível em: <https://www.qagile.pl/wp-content/uploads/2018/04/versionone-12th-annual-state-of-agile-report.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2025.

WIERINGA, R. J. **Design Science methodology for information systems and software engineering**. [S.l.]: Springer, 2014.