

SAFE-Robot: Uma Abordagem para Sistematizar a Elaboração de Casos de Garantia de Segurança que Auxilie na Certificação de Sistemas Robóticos

Mozart de Melo Alves Júnior¹, (0000-0002-8032-8801) Maria Lencastre¹, (0000-0002-8032-8801)
e Jaelson Castro², (0000-0002-4635-7297)

¹ Escola Politécnica de Pernambuco - POLI – Universidade de Pernambuco - UPE

² Centro de informática – CIN – Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

¹{mmaj, mlpm}@ecomppoli.br, ²jbca@cin.ufpe.br

Contexto: Os sistemas robóticos estão presentes em nosso dia-dia, seja no trabalho colaborativo dentro das indústrias ou em casa auxiliando pessoas em diversas tarefas, acarretando um convívio intenso com os seres humanos. Estas relações humanos-robôs precisam ser prudentes e planejadas, uma vez que são Sistemas Críticos (SC), onde a falha pode acarretar danos irreparáveis. Na maioria das vezes esses sistemas precisam ser certificados por órgãos reguladores que exigem evidências de segurança, o que não é um processo simples em função do grande volume de informações e artefatos que devem ser disponibilizados. Apesar da evolução constante das normas e dos processos de certificação, pesquisas científicas e de organizações internacionais relatam que existe uma grande dificuldade em descrever, de forma clara e rastreável essa documentação, por isso entidades regulatórias tem adotado os Casos de Garantia de Segurança (CGS) para auxiliar nesse processo. **Objetivo:** Propor uma abordagem que sistematize a elaboração de Casos de Garantia de Segurança, auxiliando o processo de certificação para sistemas robótico. **Método:** Aplicação de uma abordagem orientada para a melhoria evolutiva, dividida nas fases: informativa, analítica, proposicional e fase avaliativa. **Conclusão:** Desenvolver uma abordagem para sistematizar a elaboração de Casos de Garantia de Segurança, visando a construção de argumentos convincentes endereçando as evidências no auxílio da certificação de sistemas robóticos.

Keywords: Caso de Garantia de Segurança, Caso de Segurança, Certificação de Segurança, Robótica, Robôs Sociais.

Nível: Doutorado

Ano de entrada no programa: 2019.1

Data esperada de conclusão: 2023.1

1 INTRODUÇÃO

Uma estreita interação entre humanos e robôs acontece desde a introdução dos robôs industriais no início do ano 1950, quando os robôs se tornaram uma parte natural de vários processos de manufatura [1]. Avanços nos campos da eletrônica, ciência da computação e mecatrônica tornaram os sistemas robóticos cada vez mais inteligentes, abundantes e robustos. Espera-se que com esses e novos avanços tecnológicos, a robótica

contribua cada vez mais com suas contrapartes humanas para o desempenho eficiente e eficaz de todos os tipos de tarefas [2].

Diante do cenário apresentado, com a tendência real de interação e convivência com robôs nos lares e nas indústrias realizando atividades colaborativamente, é fundamental garantir a segurança deste convívio humano-robô.

Portanto, esta relação humano-robôs precisa ser prudente e planejada, uma vez que os sistemas robóticos também são Sistemas Críticos (SC) [3]. Assim, caso ocorram falhas ou se comportem de maneira inesperada, os robôs podem levar a acidentes, resultando em danos às pessoas ou a propriedades, grandes prejuízos financeiros, ambientais ou até mesmo perda de vidas.

Na maioria das vezes, esses sistemas críticos, necessitam ser certificados por órgãos reguladores que exigem evidências de segurança, o que não é um processo rápido e simples muita vezes em função: do grande volume de informações; da produção de artefatos que devem ser disponibilizados; como deve ser descrita a especificação que muitas vezes se utiliza da natureza informal para justificar seus argumentos o que pode ser suscetível a falhas; e a falta de análises disponíveis que gerem provas suficientes no apoio do argumento.

Apesar da evolução constante dos processos de certificação e das normas, organizações internacionais ainda relatam dificuldade em garantir, de forma eficaz e eficiente, as exigências das normas de segurança nos sistemas críticos de software [5]. Um dos problemas relatados, presente na maioria das normas, é como os objetivos das mesmas podem ser descritos de uma forma clara e rastreável [6], que evite a linguagem informal, combatendo a tendência humana de viés de confirmação na especificação de argumentos.

Vale salientar que no processo de certificação, garantir segurança dos sistemas crítico robóticos é caro e sujeito a erros, pois envolve exigências maiores de software e hardware do que a tradicional verificação e validação de sistemas. É fundamental que o desenvolvimento de sistema robóticos seja de acordo com os padrões e normas técnicas existentes. Por exemplo, no caso de Robôs para Cuidados Pessoais (Personal Care Robots) há o padrão de segurança ISO 13482 descrito por Jacobs (2014) [4], que especifica requisitos e diretrizes para o projeto inerentemente seguro, bem como medidas de proteção e informações pertinentes.

Destaca-se que agências reguladoras podem exigir, dos fornecedores de soluções, documentações convincentes que demonstrem que o sistema é considerado seguro e que forneçam argumentos com base em elaboração de evidências. Novas abordagens, métodos e ferramentas têm sido sugeridos, dentre eles destacam-se os Casos de Garantia de Segurança (Safety Assurance Cases) [7], que visam a construção de argumentos claros, abrangentes e defensáveis em relação às propriedades de segurança e proteção dos sistemas [8]. Para auxiliar a construção sistemática desses argumentos, utilizam-se as normas existentes que tratam especificamente da construção dos Casos de Garantia, tais como a ISO15026-1 [9] e a ISO15026-2 [10].

A dificuldade em descrever argumentos precisos e convincentes, que possam endereçar evidências de forma eficiente, auxiliando os processos de certificação de sistemas robóticos, além da falta de trabalhos existentes que atendam as essas lacunas são as

motivações para este trabalho. De fato, não foi encontrado na literatura nenhum trabalho anterior que contribuisse para esse propósito de sistematizar a elaboração de Casos de Garantia de Segurança que auxiliem o processo de certificação de sistemas robóticos [6].

Portanto, o problema que buscamos resolver nesta tese é a produção de Casos de Garantia de Segurança precisos e convincentes, que possam endereçar de forma adequada os processos de certificação de sistemas robóticos, auxiliando na criação de robôs mais seguros.

Este artigo está organizado da seguinte forma: A Seção 2 descreve a metodologia da pesquisa a ser adotada; na seção 3 apresenta o referencial teórico que inclui tópicos que tratam de robô, Casos de Garantia e normas técnicas relacionadas; a seção 4 apresenta os resultados esperados e na seção 6 resume com as conclusões e trabalhos futuros.

2 METODOLOGIA DA PESQUISA

Como o objetivo geral será proposta uma abordagem para a elaboração de Casos de Garantia de Segurança, denominado de SAFE-Robot, que minimize a dificuldade em se produzir CGS precisos e convincentes, e que possa endereçar as evidências de forma adequada aos processos de certificação de sistemas robóticos.

Os objetivos estabelecidos são aqui traduzidos em linhas a serem investigadas fazendo uso das pesquisas bibliográficas e experimental. Pretende-se analisar as abordagens existentes; compará-las rigorosamente; estendê-las e/ou integrá-las, caso seja necessário; e, avaliá-las usando princípios da Engenharia de Software.

De acordo com [11], existem quatro posturas filosóficas (Positivismo, Construtivismo, Teoria Crítica e Pragmatismo), que tratam como os pesquisadores entendem as relações de suas pesquisas com o mundo. Dessas posturas filosóficas adotaremos o Pragmatismo, uma vez que ele afirma que o conhecimento é julgado por quão útil é para resolver problemas práticos.

Dentre os métodos utilizados na pesquisa em Engenharia de Software utilizaremos o método de Engenharia. Segundo [12] e [13], este método usa uma abordagem orientada para a melhoria evolutiva, que observa as soluções existentes e propõe construir / desenvolver, medir e analisar e repetir o processo até que não apareçam mais melhorias. É uma abordagem que assume que já se tem modelos do processo de software, produto, pessoas e ambiente e modifica o modelo ou aspectos do modelo para melhorar o que está sendo estudado.

Desta forma, seguiremos as seguintes fases definidas para o método de Engenharia, indicadas em Glass (1995) [14], que incluem as fases: informativa, analítica, proposicional e avaliativa. A Figura 1 apresenta a visão geral da metodologia a ser seguida, que é detalhada a seguir.

Fase informativa: coletar ou agregar informações por meio de reflexão, pesquisa de literatura, pesquisa de pessoas / organizações ou pesquisa. Neste sentido, realizamos um estudo bibliográfico envolvendo Casos de Garantia, robótica e normas de certificações. Foi conduzida uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), de acordo com as diretrizes definidas por [15], e sua versão atualizada por [16], para analisar abordagens, conceitos, ferramentas e normas concentrados nas relações e causalidade entre variáveis, buscando entender o efeito do tratamento relacionados à garantia da segurança

com a finalidade de descobrir o estado da arte em relação ao uso e aplicação dos Casos de Garantia de Segurança em Sistemas Robóticos. A RSL está disponível em [6].

Fase analítica: analisar e explorar uma proposição, levando à demonstração e / ou formulação de um princípio ou teoria. Pretende-se realizar um estudo qualitativo, com base em entrevistas com pesquisadores experientes em desenvolvimento de sistemas robóticos, para investigar as dificuldades encontradas em garantir a segurança desses sistemas. Além disso, de acordo com os princípios da pesquisa survey proposta por [17], será aplicado uma pesquisa para confirmar nossos achados do estudo qualitativo. Como resultado deste estudo serão apresentados diretrizes que resumem as recomendações de pesquisadores experientes sobre Casos de Garantia de Segurança para Sistemas Robóticos;



Figura 1. Visão geral da metodologia da pesquisa a ser seguida

Fonte: Elaborada pelo autor.

Fase proposicional: propor e / ou formular uma abordagem (que pode incluir hipótese, método, modelo, teoria ou solução) para geração de Casos de Garantia de Segurança, com a finalidade de auxiliar os desenvolvedores de robôs que trabalham colaborativamente a criar robôs mais seguros;

Fase avaliativa: avaliar uma proposição ou achado analítico por meio de experimentação (controlada) ou observação (não controlada, como um estudo de caso ou análise de protocolo). WOHLIN et al (2012) [18] definem duas formas de avaliação: estática, em que os participantes estudam e apresentam suas opiniões sobre a solução proposta, e dinâmica, em que os participantes utilizam a solução proposta. Para a avaliação estática será realizada um estudo qualitativo baseado em entrevistas com especialistas em sistemas robóticos. Nessa fase serão considerados os aspectos:

- Cobertura: para avaliar se o SAFE-Robot considera as normas existentes e para detectar outras regulações que possam não ter sido captadas nas fontes de informação utilizadas para propor a abordagem.

- Correção/Credibilidade: para avaliar se os Casos de Garantia de Segurança gerados estão apropriados.
- Utilidade e aplicabilidade: para coletar a opinião de especialistas sobre a aplicação do SAFE-Robot em ambientes industriais e em que medida.

Alguns destes aspectos já foram usados na literatura para avaliar uma solução candidata a um problema da indústria [19].

Desta forma, adoraremos um estudo qualitativo, baseado em entrevistas com especialistas: Adotaremos a estratégia de pesquisa por questionário autoaplicável, utilizando seu tempo mais conveniente para analisar o módulo e responder ao questionário de avaliação; coletaremos o histórico dos assuntos com o objetivo de contextualizar melhor o feedback recebido. Essas questões visam extrair informações sobre seus conhecimentos e experiência na área, permitindo traçar uma melhor visão sobre eles; A população alvo desta pesquisa será pesquisadores e profissionais selecionados por amostragem aleatória, após análise de seu perfil; Consideraremos seu interesse de pesquisa em Casos de Garantia e Robótica, sua experiência e se possuem publicações na área; Buscaremos especialistas de várias fontes (publicações, recomendação pessoal) entrando em contato por e-mail.

Em seguida, será realizada também uma avaliação dinâmica, baseada em um estudo de caso com uma análise qualitativa baseada em entrevista [20], onde será adotado a o processo para sistematizar a elaboração de Casos de Garantia de Segurança para sistemas robótico (SAFE-Robot).

Com base nos resultados da validação estática, será aperfeiçoada o processo candidato, preparando-o para avaliação dinâmica: Essa avaliação contará com a realização de Estudo de Caso (com uma análise qualitativa baseada em entrevistas). Será coletaremos as informações sobre os entrevistados para melhor compreender suas experiências e seus feedbacks.

Adotaremos a estratégia de trabalhos anteriores[21] [22] e [23], onde a estratégia de amostragem foi uma combinação: Amostragem de conveniência, refere-se à seleção de pessoas mais próximas e convenientes foram selecionadas como sujeitos, usando nossa rede de colaboração industrial [22] e Amostragem de variação, refere-se à seleção de empresas em diferentes domínios de robôs sociais que serão contatadas para participar do nosso estudo.

Com essa metodologia será construído uma abordagem para sistematizar a elaboração de Casos de Garantia de Segurança para sistemas robóticos. Visando a construção de argumentos precisos e convincentes, que possam endereçar de forma eficiente os processos de certificação de sistemas robóticos.

3 REFERÊNCIAL TEÓRICO

Esta seção apresenta o referencial teórico que embasa o trabalho. Inicialmente, apresenta os conceitos sobre robôs destacando os robôs sociais que serão possivelmente utilizados como robôs para o estudo de caso. Em seguida, são descritas Casos de Garantia de Segurança, por fim, são apresentadas as normas específicas para robôs sociais e dos Casos de Garantia de Segurança.

3.1 Robôs

Diferentes significados para os robôs persistem e mudam de acordo com a aplicação e o domínio. Conforme descrito em [25], a IEEE afirma que um robô é uma máquina construída como um conjunto de elos unidos para que possam ser articulados, em posições desejadas, por um controlador programável e atuadores de precisão para executar uma variedade de tarefas.

Podemos afirmar que um robô é uma máquina autônoma capaz de detectar seu ambiente, executar ações no mundo real e que pode através da inteligência artificial evoluir, encontrando melhores soluções para tomada de decisões, auxiliando os humanos nas diversas tarefas industriais ou pessoais.

Atualmente, as tarefas humanas estão sendo cada vez mais robotizadas; a produção industrial está digitalizada, com o trabalho sendo realizado por meio de plataformas digitais. Humanos estão se unindo a robôs ou à automação, em vez de a outros humanos. Vivemos em um cenário onde os robôs fazem parte não apenas auxiliando as indústrias, mas estando cada vez mais presentes em nossos lares realizando tarefas cotidianas do dia-dia.

De um modo geral, todos os robôs são controlados por sistemas complexos que combinam hardware e software e são fortemente dependentes e influenciados por interações com o ambiente. Com a evolução dos sistemas robóticos e sua integração dentro da indústria, onde realizam diversas tarefas, torna-se imprescindível e crítico garantir os requisitos de segurança pois, quaisquer operações de software ou hardware que não sejam executadas, ou aconteçam fora da sequência ou incorretamente, podem resultar em funções de controle inadequadas. Tais problemas podem causar direta ou indiretamente a existência de condições perigosas, que podem afetar os humanos que estão trabalhando lado a lado com as máquinas [26].

3.2 Caso de Garantia de Segurança

Os Casos de Garantia são geralmente desenvolvidos para apoiar reivindicações em áreas como confiabilidade, manutenção, fatores humanos, e operabilidade [27]. Vale salientar que para atestar os aspectos de segurança e outras propriedades críticas de sistemas complexos, tem sido proposto a elaboração específica de Casos de Garantia de Segurança. Eles fornecem argumentos de segurança que justifiquem uma reivindicação sobre o sistema, com base em evidências sobre seu projeto, desenvolvimento e comportamento testado [28].

A OMG citada por [29], define um Caso de Garantia como um documento que facilita a troca de informações entre diversos stakeholders do sistema, como fornecedores e adquirentes, e entre a operadora e o regulador, onde o conhecimento relacionado à segurança do sistema é comunicado de forma clara e defensável.

Avaliar e garantir a segurança de um sistema depende da construção de confiança suficiente na execução segura do sistema em seu contexto operacional. Essa confiança é frequentemente desenvolvida ao se satisfazer os objetivos que reduzem os riscos potenciais que um sistema pode representar durante seu ciclo de vida. Os objetivos de segurança são geralmente estabelecidos por um conjunto de critérios aceitos pela indústria, normalmente disponíveis como padrões [30].

A ideia principal é que um Caso de Garantia seja composto por três elementos fundamentais [28]:

- Reivindicação que declare a propriedade a ser assegurada;
- Evidências sobre o projeto e a construção do sistema; e
- Argumento de que a evidência é suficiente para estabelecer a reivindicação.

Vale salientar que não é suficiente que todos os três elementos estejam somente presentes, eles devem fornecer um caso convincente, compreensível e válido de que um sistema é seguro para uma determinada aplicação, em um determinado ambiente operacional. Contudo, de acordo com [28], um Caso de Garantia não fornece uma prova inequívoca. A avaliação final de um Caso de Garantia sempre depende do julgamento humano; assim, deve-se encontrar maneiras de combater a tendência humana de viés de confirmação.

O desafio dos Casos de Garantia é fornecer credibilidade máxima, razões e evidências para acreditar que o sistema não fará mal, embora reconheça que não pode fornecer uma garantia absoluta [28].

3.3 NORMAS

3.3.1 ISO 13482-1:2014

Como observado nas sessões anteriores, existem algumas normas para máquinas industriais que utilizam robôs, mas nada específico para os robôs de cuidados pessoais (carebots) que contribuem, apoiam e permitem cuidados para os doentes, deficientes, jovens, idosos ou pessoas com algum grau de debilidade [31]. Portanto, há muitas incertezas por parte dos consumidores e preocupações dos fabricantes do carebots que eles não possuam garantias de que situações perigosas tenham sido analisadas de forma adequada.

A ISO 13482-1:2014 complementa a ISO 10218-1:1992, que cobre os requisitos de segurança para robôs somente em ambientes industriais. A norma específica, trata em particular os seguintes tipos de robôs para cuidados pessoais: robô de serviço móvel; robô assistente físico e robô portador de pessoa. Esses robôs normalmente executam tarefas para melhorar a qualidade de vida dos usuários pretendidos, independentemente de idade ou capacidade.

O padrão ISO 13482-1:2014 tem como finalidade descrever, especificar requisitos e diretrizes para o projeto inerentemente seguro, medidas de proteção e informações para uso de robôs de cuidados pessoais. Sendo assim, de acordo com [24], esta norma fecha uma lacuna existente relativo aos *carebots*, a partir da sua implantação e obrigatoriedade da validação desses requisitos para obtenção da certificação mundial. Como resultado tais robôs estão sendo construídos com mais segurança, reduzindo os riscos associados a diversos perigos a um nível aceitável.

4 RESULTADO ESPERADOS DA TESE

Dentre os resultados esperados será identificado como serão gerados Caso de Garantia de Segurança em diversos domínios, bem como o que poderá ser feito para adequar e aperfeiçoar para o domínio de sistemas robóticos. Com isso, foi será possível definir a

área da robótica utilizada para aplicar o nosso estudo de caso, que provavelmente será a dos robôs de cuidados pessoais.

Como outro resultado esperado, teremos a geração de diretrizes que resumem as recomendações de pesquisadores experientes em segurança para sistemas robóticos. Após essa formalização, espera-se ter subsídios suficientes para realização dos estudos iniciais dos processos a fim de encontrar o melhor caminho para que a abordagem possa ser construída. Pretendemos ainda desenvolver a modelagem de processos criando um ou mais modelos para a representação e comunicação das fases, facilitando a tomada de decisão na construção da análise inicial de como sistematizar o processo de elaboração de Casos de Garantia de Segurança para sistemas robóticos SAFE-Robot.

A avaliação da abordagem Safe-Robot incluirá uma avaliação estática e uma avaliação dinâmica [19] onde será adotado a abordagem SAFE-Robot.

5 CONCLUSÃO

Os robôs são uma das maiores realizações tecnológicas existente e a cada dia que passa estão mais integrados com as atividades sociais que interagem diretamente com os humanos, como: fabricas, hospitais e saúde em maneira geral, em diversos serviços domésticos, atividades militares, ensino e entretenimento.

Vivemos o início de um novo ciclo onde, a cada dia que passa, conviveremos no mesmo ambiente, interagindo, compartilhando e aprendendo com robôs. É fundamental que neste convívio humano-robô seja garantido a segurança dentro dos padrões aceitáveis, já que os sistemas robóticos são sistemas críticos e, caso ocorram falhas ou se comportem de maneira inesperada, podem levar a acidentes, resultando em danos as pessoas ou propriedades, e grandes prejuízos financeiros, ambientais ou até mesmo perda de vidas, portanto, garantir a segurança é imprescindível.

Atualmente, a pesquisa encontra-se na fase analítica de um estudo qualitativo, com base em entrevistas com pesquisadores experientes em desenvolvimento de sistemas robóticos, para investigar as dificuldades encontradas em garantir a segurança desses sistemas. Diante deste cenário e após uma vasta pesquisa, pode-se perceber que não há uma abordagem voltada para sistematizar a elaboração de Casos de Garantia de Segurança que vise a construção de argumentos convincentes endereçando as evidências no auxílio da certificação de sistemas robóticos.

6 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE).

Referências

1. NOF, Shimon Y. (Ed.). Handbook of industrial robotics. John Wiley & Sons, 1999. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=7od4alFKfNMC&oi=fnd&pg=PR11&dq=Handbook+of+industrial+robotics&ots=TvDkDhpgIP&sig=rriL6YUgb7XQuGwRetruPxsjr4#v=onepage&q=Handbook%20of%20industrial%20robotics&f=false>. Acesso: 07/05/2021

2. ANGERER, Andreas; HOFFMANN, Alwin; ORTMEIER, Frank; VISTEIN, Michael; REIF, Wolfgang. Object-Centric Programming: A New Modeling Paradigm for Robotic Applications. In International Conference on Automation and Logistics, (2009), 18-23. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5262992/>. Acesso: 03/06/2021.
3. LEVESON, Nancy G. Safeware: system safety and computers. Addison-Wesley, 1995
4. JACOBS, Theo; VIRK, Gurvinder. ISO 13482-The new safety standard for personal care robots. In: ISR/Robotik 2014; 41st International Symposium on Robotics. VDE, 2014. p.16. disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&number=6840202&isnumber=6840100>. Acesso: 20/06/2019
5. PORFÍRIO, E. J. Um metamodelo para casos de garantia de sistemas críticos e intensivos em software baseado em análise do conceito inicial de sistemas teóricos. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019. Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/9586>. Acesso: 06/05/2021
6. ALVES-JÚNIOR, Mozart; LENCASTRE Maria; BRITO, Lucas; CASTRO, Jaelson; RIBEIRO Moniky. Casos de Garantia de Segurança aplicados a sistemas robóticos: revisão sistemática da literatura. In: XXIV WER - Workshop em Engenharia de Requisitos. 2021. BRASILIA. Disponível em: http://wer.inf.puc-rio.br/WERpapers/artigos/artigos_WER21/WER_2021_paper_45.pdf. Acesso: 09/09/2021.
7. DENNEY, Ewen; PAI, Ganesh; HABL, Ibrahim; KELLY, Tim; KNIGHT, John. 1st International workshop on assurance cases for software-intensive systems (ASSURE 2013). In: 2013 35th (ICSE). IEEE, p. 1505-1506, 2013.
8. SACM, OMG. Structured assurance case Metamodel Specification Version 2.0. 2013. disponível em: <https://www.omg.org/spec/SACM/2.0/>. Acesso: 14/01/2020.
9. BS ISO/IEC 15026-1:2019 - Systems and software engineering -Systems and software assurance e- Part 1: Concepts and vocabulary.
10. BS ISO/IEC 15026-2:2011- Systems and software engineering -Systems and software assurance - Part 2: Assurance case.
11. CRESWELL, J.W. Research Design: Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches, 2nd Edition, Sage Publications, 2002.
12. BASILI, Victor. R. The Experimental Paradigm in Software Engineering. Experimental Software Engineering Issues: Critical Assessment and Future Directions. Springer, Berlin, Heidelberg, pp 1-12, 1993. Disponível em: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/3-540-57092-6_91.pdf Acesso:10/07/2020.
13. ADRION, Walter. R. Research Methodology in Software Engineering. Summary of the Dagstuhl Workshop on Future Directions in Software Engineering Ed. Tichy, Habermann, and Prechelt, ACM Software Engineering Notes, SIGSoft. v 18, n 1. 1993. DOI: 10.1145/157397.157399. Acesso: 18/01/2021.
14. GLASS, R. A Structure-Based Critique of Contemporary Computing Research. The Journal of Systems and Software, v. 1, n. 28, pp.3-7,1995. DOI: [https://doi.org/10.1016/0164-1212\(94\)00077-Z](https://doi.org/10.1016/0164-1212(94)00077-Z). Acesso: 20/04/2019
15. KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. Guidelines for Performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. Keele University and Durham University Joint Report, 2007. (EBSE 2007-001). Disponível em: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?jsessionid=2FA3E7F89A24_006C64_19A78F76B63A03?doi=10.1.1.117.471&rep=rep1&type=pdf. Acesso: 04/07/2019
16. KITCHENHAM, B.; BRERETON, P. A Systematic Review of Systematic Review Process Research In Software Engineering, Information and Software Technology, v. 55, n. 12, pp. 2049-2075, 2013.

17. KITCHENHAM, B.; PFLEEGER, S. Principles of Survey Research, *Software Engineering Notes*, v.27, n.5, pp.1- 20,2002. <https://doi.org/10.1145/571681.571686>. Acesso: 04/07/2019
18. WOHLIN, C.; RUNESON, P.; HOST, M.; OHLSSON, M.; REGNELL, B.; WESSLÉN, A. *Experimentation in Software Engineering*, Boston, MA: Kluwer Academic Publishers, Springer, 2012. <https://www.springer.com/gp/book/9783642290435>. Acesso: 13/02/2021
19. GORSCHKE, T.; GARRE, P.; LARSSON, S.; WOHLIN, C. A model for technology transfer in practice. *IEEE software*, IEEE, v. 23, n. 6, p. 88–95, 2006.
20. MERRIAM, S. *Qualitative Research: A Guide to Design and Implementation*, Jossey-Bass, 2009. Disponível em: https://books.google.com.br/books/about/Qualitative_Research.html?id=tvFICrgcuSIC&redir_esc=y. Acesso: 22/07/2021
21. MARTINS, L. E. G.; GORSCHKE, T. Requirements engineering for safety-critical systems: Overview and challenges. *IEEE Software*, IEEE, v. 34, n. 4, p. 49–57, 2017.
22. SVENSSON, R. B.; GORSCHKE, T.; REGNELL, B.; TORKAR, R.; SHAHROKNI, A.; FELDT, R. Quality requirements in industrial practice—an extended interview study at eleven companies. *IEEE Transactions on Software Engineering*, v. 38, n. 4, p. 923–935, 2012.
23. VILELA, J.; CASTRO, J.; MARTINS, L. E. G.; GORSCHKE, T. Safe-re: a safety requirements metamodel based on industry safety standards. *Proceedings of the 32nd Brazilian Symposium on Software Engineering*, ACM, p. 196–201, 2018
24. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO13482-1**: Robots and robotic devices - Safety requirements for personal care robots 1 ed. [S.I.], 2014. 79 p
25. CECCARELLI, Marco. A historical perspective of robotics toward the future. *Journal of Robotics and Mechatronics*, v. 13, n. 3, p. 299-313, 2001. DOI: 10.20965/jrm.2001.p0299 Acesso: 20/09/2020.
26. DENNEY, Ewen; PAI, Ganesh; HABLI, Ibrahim; KELLY, Tim; KNIGHT, John. 1st International workshop on assurance cases for software-intensive systems (ASSURE 2013). In: 2013 35th International Conference on Software Engineering (ICSE). IEEE, p. 1505-1506, 2013.
27. BS ISO/IEC 15026-2:2011- Systems and software engineering -Systems and software assurance - Part 2: Assurance case.
28. RUSHBY, John. The interpretation and evaluation of assurance cases. *Comp. Science Laboratory SRI International*, Tech. Rep. SRI-CSL-15-01, 2015. Disponível em: <http://www.csl.sri.com/user/rushby/papers/sri-csl-15-1-assurance-cases.pdf>. Acesso: 01/06/2021
29. SACM, OMG. Structured assurance case Metamodel Specification Version 2.0. 2013. disponível em: <https://www.omg.org/spec/SACM/2.0/>. Acesso: 14/01/2020.
30. NAIR, Sunil; LA VARA, Jose Luis; SABETZADEH, Mehrdad; BRIAND, Lionel. An extended systematic literature review on provision of evidence for safety certification. *Information and Software Technology*, v. 56, n. 7, p. 689-717, 2014. doi.org/10.1016/j.infsof.2014.03.001. Acesso: 12/04/2021
31. VALLOR, S. (2011). Carebots and caregivers: Sustaining the ethical ideal of care in the twenty-first century. *Philosophy & Technology*, 24(3), 251-268. Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.1007/s13347-011-0015-x>. Acesso: 13/02/2021