Requirements Engineering, Software Testing and Education: A Systematic Mapping

Thalia S. Santana¹, Taciana N. Kudo¹, Renato F. Bulcão-Neto¹

¹Instituto de Informática – Universidade Federal de Goiás (UFG) Caixa Postal 131 – 74.690-900 – Goiânia – GO – Brasil

thaliasantana@discente.ufg.br, {taciana,rbulcao}@ufg.br

Abstract. The activities of requirements engineering and software testing are intrinsically related to each other, as these two areas are linked when seeking to specify and also ensure the expectations of a software product, with quality and on time. This systematic mapping study aims to verify how requirements and testing are being addressed together in the educational context.

Resumo. As atividades de engenharia de requisitos e de teste de software possuem relação intrínseca entre si, ao passo que estas duas áreas encontramse vinculadas ao buscar especificar e também garantir as expectativas de um produto de software, com qualidade e no prazo adequado. O presente mapeamento sistemático da literatura visa verificar como requisitos e testes estão sendo abordados de forma conjunta no contexto educacional.

1. Introdução

Dentro da Engenharia de Requisitos (ER), requisitos de software devem representar funcionalidades e comportamentos que se esperam de um sistema, enquanto Testes de Software (TS) visam atestar se os requisitos foram corretamente atendidos. Devido a essa sinergia, é essencial que atividades de ER e TS possam estar alinhadas diretamente [Barmi et al. 2011]. Assim, requisitos e testes deveriam estar vinculados em prol de evitar possíveis problemas na entrega de produtos de software [Coutinho et al. 2019].

Como apontado pelos estudos de [Barmi et al. 2011, Bjarnason et al. 2014, Unterkalmsteiner et al. 2015, Bjarnason et al. 2016], o alinhamento de requisitos e testes traz benefícios para a indústria de software. Para que isso possa ser promovido no mercado de trabalho, é necessário investigar a formação profissional, em vistas de compreender se estão sendo trabalhadas habilidades necessárias para interligar tais atividades, por meio do modo em que ER e TS são ensinados nas universidades. De acordo com [Fernández et al. 2017], a falta de qualificação profissional vêm impactando no êxito de projetos de software – o que demonstra a importância de averiguar a existência de trabalhos que adotem o alinhamento destas duas atividades no âmbito educacional.

Em prol de auxiliar na definição de temas de pesquisa de mestrado ou doutorado, o Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) vêm sendo empregado como uma forma ampla e repetível de investigação em tópicos de estudo específicos. Dentre seus principais benefícios, cita-se o entendimento da extensão da pesquisa, a sumarização de achados derivados de estudos publicados em uma determinada área de conhecimento e a detecção de lacunas de pesquisa promissoras em um campo de estudo [Nakagawa et al. 2017].

Diante disso, dada a existência de MSLs que verificaram isoladamente o estado da arte do ensino tanto de ER [Ouhbi et al. 2015] quanto de TS [Garousi et al. 2020b], o presente MSL diferencia-se ao buscar compreender a intersecção de ambas as áreas na educação. Portanto, o objetivo é apresentar informações quanto ao estado atual de pesquisas relacionadas ao ensino de ER e TS.

Sendo assim, a Seção 2 detalha as atividades desenvolvidas para a realização deste MSL, a saber: questões de pesquisa e termos de busca; *string* de pesquisa e estratégia de busca adotada; seleção dos estudos e extração de dados. Por conseguinte, a Seção 3 traz os principais apontamentos e resultados decorrentes do MSL, seguido da considerações finais e trabalhos futuros na Seção 4.

2. Mapeamento Sistemático

Um MSL é um tipo de estudo secundário com o objetivo de prover uma visão geral de uma área de pesquisa, por meio da categorização e classificação de resultados advindos da literatura [Petersen et al. 2015]. Para tanto, deve adotar um processo sistematizado para a identificação, análise e interpretação de evidências acerca de uma determinada temática, permitindo sua reprodutibilidade [Nakagawa et al. 2017].

Nesse sentido, o presente trabalho objetivou identificar o estado da arte referente ao alinhamento de ER e TS no ensino. Idealmente, são estudos-alvo deste mapeamento os estudos primários que descreverem estudos de caso, experimentos e relatos de experiência com algum tipo de avaliação ou validação da pesquisa, publicados em periódicos e anais de eventos científicos em um recorte temporal de cinco anos (2017 – 2021).

Estudos de MSL incluem três etapas de execução: planejamento, condução e publicação de resultados. Sendo assim, a plataforma *web Parsif.al*¹ foi utilizada como ferramenta de apoio para o MSL, em especial para atividades de planejamento e condução – desde a elaboração de um protocolo de estudos sistemáticos até a extração de dados. Em consonância, o processo de análise e síntese dos dados obtidos foi efetuado por intermédio de planilhas do *Google Sheets*², incluindo a geração de gráficos e visualizações.

2.1. Questões de Pesquisa e Termos de Busca

Com o intuito de mapear o estado da arte do ensino de ER e TS, foi elaborado um protocolo sistematizado para a realização do MSL. Assim, definiu-se uma questão de pesquisa (QP) para nortear este MSL. Portanto, a QP1 *busca entender qual é o estado da arte sobre o ensino de ER e de TS*.

Visando responder a esse questionamento, o próximo passo foi a identificação de estudos relevantes para responder a QP estabelecida. Inicialmente, foram realizados testes-piloto com palavras-chave que remetessem as atividades de requisitos e testes presentes no ciclo de desenvolvimento de software. De forma conjunta, também foram adotados sinônimos relativos ao ensino. Todavia, em primeira instância, percebeu-se que muitos trabalhos não relevantes estavam sendo retornados.

Em prol de obter o balanceamento entre a precisão e a recuperação dos resultados, com o auxílio de especialistas em ER, foi constatada a existência de terminolo-

¹https://parsif.al/

²https://sheets.google.com/

gias específicas para tratar de educação em ER e TS, sendo: *Requirements Engineering Education* (em português, EER – Educação em Engenharia de Requisitos) e *Software Testing Education* (em português, Educação em Teste de Software). Ambos os termos foram apresentados em dois MSLs específicos de educação em cada uma das áreas [Ouhbi et al. 2015, Garousi et al. 2020b].

2.2. String e Busca Automática

O equilíbrio das terminologias averiguadas nos testes-piloto deram origem à *string* de busca final. A mesma foi aplicada nos mecanismos de busca considerando sua abrangência no título, resumo e palavras-chave, como apresentada a seguir:

("requirements engineering education" OR "software testing education")

Por meio de uma estratégia de busca automática, as bases de dados e motores de busca selecionados trataram-se de *ACM Digital Library*³, *IEEE Xplore*⁴, *Scopus*⁵ e *SBC Open Lib*⁶ – escolhidas por representarem algumas das principais bases bibliográficas em Ciência da Computação [Nakagawa et al. 2017]. Não foram utilizadas demais estratégias de busca combinadas.

2.3. Seleção dos Estudos e Extração de Dados

Para decidir quais estudos seriam selecionados no MSL, critérios de inclusão (CI) e exclusão (CE) foram definidos. Um único CI determina se o trabalho é aceito, sendo incluído ao *apresentar uma contribuição no ensino de ER ou de TS ou ambos*. Quanto aos CE, é necessário atender a pelo menos um dos CE definidos para eliminação do trabalho. Desta maneira, utilizou-se nove itens para a exclusão dos estudos, a seguir:

- CE1 O texto completo não se encontra disponível;
- CE2 O texto completo não está escrito em inglês, português ou espanhol;
- CE3 O trabalho não é um artigo completo de conferência ou periódico;
- CE4 O trabalho não é um estudo primário;
- CE5 O estudo é uma versão mais antiga de outro já considerado;
- CE6 O artigo foi publicado antes de 2017;
- CE7 O estudo não trata de ensino em engenharia de software;
- CE8 O estudo n\u00e3o contempla as atividades de engenharia de requisitos e/ou teste de software;
- CE9 O estudo não envolve uma pesquisa de avaliação, validação ou relato de experiência.

Na condução do MSL, após a recuperação dos resultados advindos da aplicação da *string*⁷ nos mecanismos de busca, 65 trabalhos foram retornados dentro do filtro temporal de cinco anos completos. Destes, apenas um estudo foi duplicado. Após a leitura dos metadados e posteriormente, do texto completo, 52 estudos foram considerados como relevantes para este MSL (após a devida aplicação dos CI e CE). A Figura 1 ilustra a quantidade de estudos identificados, duplicados e selecionados neste MSL.

A lista completa contendo os 52 trabalhos por título, fonte de busca e referência encontra-se disponível na Tabela 1.

Tabela 1. Trabalhos relevantes analisados neste MSL.

Tabela 1. Trabalhos relevantes analisados neste MSL.			
Título CO DO L	Fonte	Referência	
A Case Study on the Application of Case-Based	ACM DL	[Tiwari et al. 2018]	
Learning in Software Testing			
A Chatterbot Sensitive to Student's Context to Help on	IEEE Xplore	[Paschoal et al. 2018]	
Software Engineering Education			
A Comparison of Inquiry-Based Conceptual Feedback			
vs. Traditional Detailed Feedback Mechanisms	Scopus	[Cordova et al. 2021]	
in Software Testing Education: An Empirical	Scopiis	[20140 /4 01 41 2021]	
Investigation			
A diagnosis on software testing education in the	IEEE Xplore	[Elgrably and Oliveira 2021]	
Brazilian Universities	TEEE TIPTOTE	[Eigraoly and Onventa 2021]	
A Gamified Tutorial for Learning About Security	IEEE Xplore	[Alami and Dalpiaz 2017]	
Requirements Engineering	TEEE Aptore	[Main and Dulpidz 2017]	
A qualitative study of teaching requirements	Scopus	[Epifânio et al. 2019]	
engineering in universities	Беориз	[Epitanio et al. 2017]	
A survey on graduates' curriculum-based knowledge	Scopus	[Scatalon et al. 2019]	
gaps in software testing	Scopus		
A survey on software testing education in Brazil	Scopus	[Paschoal and Souza 2018]	
An experimental evaluation of peer testing in the	IEEE Valore	[Parhage et al. 2017]	
context of the teaching of software testing	IEEE Xplore	[Barbosa et al. 2017]	
An Undergraduate Requirements Engineering	IEEE Valous	[Westerhal 2019]	
Curriculum with Formal Methods	IEEE Xplore	[Westphal 2018]	
Analyzing Competences in Software Testing:			
Combining Thematic Analysis with Natural Language	IEEE Xplore	[Rahman et al. 2021]	
Processing (NLP)	•	-	
Appreciate the journey not the destination -		FG - Y - ' / 2010]	
Using video assignments in software testing education	Scopus	[Caušević 2018]	
As a Teacher, I Want to Know What to Teach in			
Requirements Engineering so That Professionals Can	ACM DL	[Benitti 2017]	
Be Better Prepared		,	
Can scoring rubrics be used in assessing the			
performance of students in software requirements	Scopus	[Mkpojiogu and Hussain 2017]	
engineering education?	F	r rugues and a	
Chatbot-based Interview Simulator: A Feasible			
Approach to Train Novice Requirements Engineers	IEEE Xplore	[Laiq and Dieste 2020]	
Common mistakes of student analysts in			
requirements elicitation interviews	Scopus	[Donati et al. 2017]	
Design and Development of a Serious Game for the			
Teaching of Requirements Elicitation and Analysis	IEEE Xplore	[Ibrahim et al. 2019]	
Do we preach what we practice? Investigating the			
practical relevance of requirements engineering	Scopus	[Fernández et al. 2019]	
syllabi – the IREB case	Scopus	[remandez et an 2017]	
Educational games: A contribution to software			
testing education	IEEE Xplore	[Valle et al. 2017]	
Evaluating Role Playing Efficiency to Teach			
Requirements Engineering	IEEE Xplore	[Ouhbi 2019]	
Evaluating the impact of Software Testing			
Education through the Flipped Classroom Model	Sconus	[Paschoal et al. 2020]	
in deriving Test Requirements	Scopus	[1 asciloai et al. 2020]	
Evaluating the Students' Experience with a			
requirements elicitation and communication game	Scopus	[Vilela and Lopes 2020]	
Experiences in Teaching and Learning Requirements	ACM DL	[Sedelmaier and Landes 2017]	
Engineering on a Sound Didactical Basis			
From blackboard to the office: A look into how	Scopus	[Martins et al. 2021]	
practitioners perceive software testing education		-	
Gamifying a software testing course with code	Scopus	[Fraser et al. 2019]	
defenders	*		

Tabela 1. Trabalhos aceitos após critérios do MSL (Continuação).

TALLI-		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
Título	Fonte	Referência
Good Bug Hunting: Inspiring and Motivating	Scopus	[Silvis-Cividjian et al. 2021]
Software Testing Novices	- · r · · · ·	
Guidelines for software testing education objectives		
from industry practices with a constructive	Scopus	[Hynninen et al. 2018]
alignment approach		
How Students Unit Test: Perceptions, Practices,	ACM DL	[Bai et al. 2021]
and Pitfalls	ACM DL	[Bai et al. 2021]
Improving Software Testing Education via Industry	IEEE Xplore	[Wong et al. 2018]
Sponsored Contests	теле хрюге	[Wong et al. 2010]
Inspectors Academy: Pedagogical Design for	IEEE Vulana	[Pana at al. 2020]
Requirements Inspection Training	IEEE Xplore	[Bano et al. 2020]
Integrating Testing Throughout the CS Curriculum	IEEE Xplore	[Heckman et al. 2020]
Involving Customers in Requirements Engineering		
Education: Mind the Goals!	ACM DL	[Hagel et al. 2018]
Is It Worth Using Gamification on Software Testing		
Education? An Extended Experience Report in	SBC Open Lib	[Jesus et al. 2020]
the Context of Undergraduate Students	Z= C Open Ello	F
Is Role Playing in Requirements Engineering		
Education Increasing Learning Outcome?	ACM DL	[Svensson and Regnell 2017]
Mutation Testing and Self/Peer Assessment:		
Analyzing their Effect on Students in a Software	IEEE Valore	[Delgado-Pérez et al. 2021]
	IEEE Xplore	[Deigauo-refez et al. 2021]
Testing Course	C	[A :: -1
Pragmatic sotware testing education	Scopus	[Aniche et al. 2019]
Requirements Analysis Skills: How to Train	IEEE Xplore	[Morales-Ramirez and Alva-Martinez 2018]
Practitioners?	_F 30.0	
Requirements Engineering Out of the Classroom:	IEEE Xplore	[Marques et al. 2020]
Anticipating Challenges Experienced in Practice		[1-141-4405 01 41. 2020]
SaPeer and ReverseSaPeer: teaching requirements		
elicitation interviews with role-playing and role	Scopus	[Ferrari et al. 2020]
reversal		
Software testing education through a	Cooper	Illaán Dagh at al. 20191
collaborative virtual approach	Scopus	[Ucán Pech et al. 2018]
Software testing education: Dreams and challenges		
when bringing academia and industry	Scopus	[Andrade et al. 2019]
closer together	*	-
Software visual specification for requirement		
engineering education	Scopus	[Zainuddin et al. 2019]
Systematic evolution of a learning setting for		
requirements engineering education based on	IEEE Xplore	[Sedelmaier and Landes 2018]
competence-oriented didactics	тььь хрюге	[Sedermater and Landes 2010]
Teaching Motivational Models in Agile	IEEE Xplore	[Lopez Lorca et al. 2018]
Requirements Engineering		
Teaching requirements elicitation interviews:	Scopus	[Bano et al. 2019]
an empirical study of learning from mistakes	1	2 3
Teaching Software Process Models to Software	IEEE Xplore	[Tiwari and Rathore 2019]
Engineering Students: An Exploratory Study		
Teaching Software Testing in an Algorithms	IEEE Xplore	[Arcuri 2020]
and Data Structures Course		
Testing Education: A Survey on a Global Scale	ACM DL	[Melo et al. 2020]
The impact of Software Testing education on code	C	[Lamas et al. 2019]
reliability: An empirical assessment	Scopus	[Lemos et al. 2018]
Towards a Conversational Agent to Support the	10115	FD 1 1 20101
Software Testing Education	ACM DL	[Paschoal et al. 2019]
Use of JiTT in a Graduate Software Testing Course:		
An Experience Report	IEEE Xplore	[Martinez 2018]
11.1 2mpervence report		

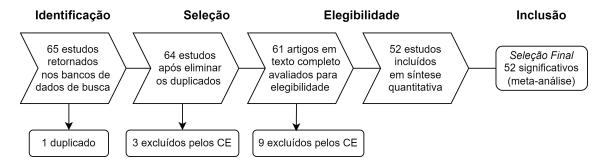


Figura 1. Fluxo de informação com as etapas e quantitativo de estudos aceitos.

Visando obter as informações necessárias para se atender ao intuito do MSL, 11 itens foram estabelecidos para coleta e extração de dados. Este processo foi efetuado por intermédio da leitura completa dos estudos selecionados, buscando catalogar as informações consideradas relevantes de cada estudo.

Os campos a seguir compõem o formulário de extração: ano de publicação, veículo de publicação, tipo de veículo de publicação, foco do ensino, tipo de pesquisa, método de pesquisa, metodologias de ensino, atividade de ER, atividade de TS, tipo da contribuição e *soft skills*.

3. Análise e Síntese

Os dados analisados do formulário de extração permitem a resposta da QP1, sendo apresentada a análise e síntese do conjunto de estudos selecionados a seguir.

QP1: Qual é o estado da arte sobre o ensino de ER e de TS?

Ao todo, 52 artigos foram aceitos nesta pesquisa considerando os anos de 2017 a 2021. Em relação aos trabalhos aceitos, verificando-se por ano de publicação (Figura 2), 2018 possuiu o maior índice de trabalhos, respectivamente, com 14 estudos – representando um percentual de 26,9% do total de publicações.

Por conseguinte, a grande parte dos artigos deriva de conferências, sendo o tipo principal de veículo de publicação retornado com 41 trabalhos (o que representou 78,8%). Em sequência, os periódicos possuíram seis estudos (11,5%) e por fim, cinco trabalhos foram advindos de *workshops* (9,6%). Em uma análise temporal, a Figura 3 demonstra que no ano de 2021 só foram aceitos estudos publicados em conferências, e desde 2017 possuiu majoritariamente o maior número de artigos. Acredita-se que esta maior prevalência de conferências ocorra devido ao fato que são consideradas os veículos com informações mais atuais dado o tempo de submissão e avaliação diminuto (se comparado aos periódicos), o que facilita a disseminação de práticas de ensino em voga pela comunidade da área de Computação.

³https://dl.acm.org/

⁴https://ieeexplore.ieee.org/

⁵https://www.scopus.com/

⁶https://sol.sbc.org.br/

⁷A busca em todas as bibliotecas digitais deu-se em 02/03/2022.

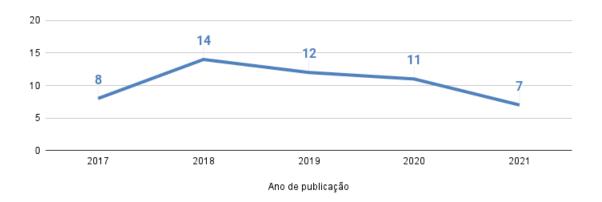


Figura 2. Número de artigos por ano de publicação.



Figura 3. Veículos de publicação por ano.

Nesse sentido, foram encontrados 27 veículos de publicação distintos entre si. A conferência *Brazilian Symposium on Software Engineering* (SBES) foi a que possuiu maior número de trabalhos, com seis estudos – ao passo que também representa o protagonismo de pesquisas brasileiras no cenário de educação em ES. Posteriormente, o segundo veículo com mais trabalhos foi o *IEEE Frontiers in Education Conference* (FIE), com cinco publicações aceitas.

Quanto ao foco do ensino, buscou-se verificar o alinhamento entre ER e TS, de forma integrada. Todavia, nenhum dos estudos apresentou de maneira explícita este relacionamento entre as áreas, focando sempre nestas atividades do ciclo de vida do software individualmente. Sendo assim, 27 dos artigos enfocaram em TS (51,9%), enquanto 25 trabalhos destacaram o ensino em ER (48,1%). É importante pontuar que apesar da literatura trazer indícios da necessidade de alinhamento entre ER e TS [Barmi et al. 2011, Bjarnason et al. 2014], as pesquisas recuperadas demonstram evidências de que o que está sendo ensinado na academia não apresenta aos acadêmicos a ligação destas duas etapas, comprometendo esta visão integrada do futuro profissional.

Analisando o foco de ensino em relação ao ano de publicação (Figura 4), os anos de 2017, 2019 e 2020 possuíram mais artigos com enfoque no ensino de ER. Já nos anos de 2018 e 2021, TS se destacou, sendo que no ano mais recente de análise (2021), apenas pesquisas concentradas no tema de educação em TS foram aceitas como relevantes neste MSL. Como destacado pelo trabalho de Garousi et al. [Garousi et al. 2020b], este tópico

está se tornando mais ativo, devido à elevada demanda por profissionais qualificados em TS, o que requer que estes conteúdos estejam inseridos dentro de cursos universitários.



Figura 4. Foco do ensino por ano de publicação.

Acerca das metodologias de ensino adotadas, de forma geral a mais citada tratou-se de *role-playing*, que foi encontrada em 10 estudos (12,8%), a qual objetiva a simulação/inversão de papéis [Svensson and Regnell 2017], a exemplo de um estudante que simula seu papel como engenheiro de requisitos, outrora como cliente, etc. Em segundo, a aprendizagem baseada em problemas esteve presente em nove artigos (11,5%). Ressalta-se que vários trabalhos adotaram mais de uma metodologia de ensino, sendo este número uma contagem geral de quantas vezes essa metodologia foi praticada nos diferentes estudos. A classificação das metodologias foi realizada, em suma, segundo o recurso educacional aberto produzido por [Mendes et al. 2018]. A Figura 5 apresenta a lista completa de metodologias e a quantidade de citações nos estudos.

Ao avaliar as metodologias de ensino no que tange à requisitos e testes, *role-playing* aparece exclusivamente na atividade de ER, sendo a mais proeminente com 10 estudos. Já em relação a TS, empataram com cinco estudos cada, a aprendizagem baseada em problemas e aula expositiva tradicional. Além disso, algumas metodologias ocorreram apenas em um determinado contexto, a exemplo de aprendizagem baseada em casos (com três estudos) que requer um conhecimento teórico prévio, presente apenas para TS. Ao passo que a aprendizagem baseada em competências (também com três estudos) esteve presente apenas no ensino de ER, como detalhado na Figura 6.

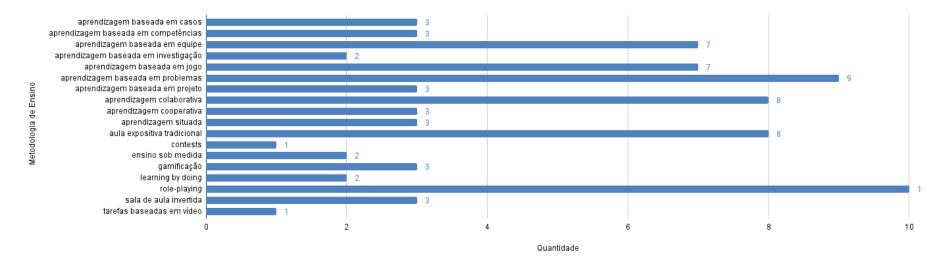


Figura 5. Metodologias de ensino presentes nos estudos aceitos.

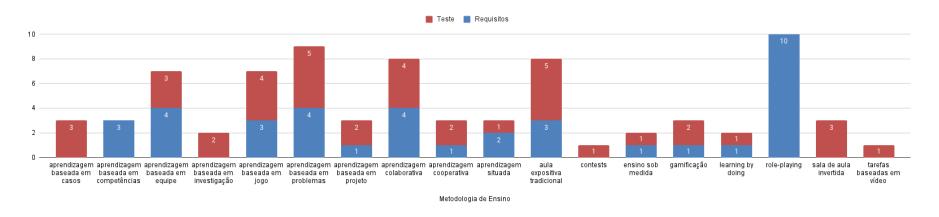


Figura 6. Metodologias de ensino com enfoque em requisitos ou testes.

Quanto ao tipo de contribuição, quatro tipos principais foram verificados nos estudos, a saber: diretriz, ferramenta, método e modelo. Esta classificação segue os estudos de [Barmi et al. 2011, Ouhbi et al. 2015, Petersen et al. 2015]. No contexto geral, *método* foi o tipo mais retornado pelos artigos analisados, com 28 trabalhos (50,9%). Por ano, esta também foi a contribuição mais proeminente apresentada pelas publicações (Figura 7).



Figura 7. Tipo da contribuição por ano de publicação.

Desta forma, é perceptível a preocupação da comunidade científica em propor maneiras de se ensinar tópicos da ES, neste caso, requisitos e teste (mesmo que os estudos ainda não apontem a integração de ambos). Portanto, a necessidade de estratégias pedagógicas representa um espaço ainda não consolidado e passível de desenvolvimento de pesquisas, ao passo que a própria forma de ensino também é algo mutável. Ou seja, existe a necessidade de se adaptar à realidade dos estudantes, ou mesmo, à evolução da própria área de conhecimento, que precisa estar ciente das demandas da indústria.

Verificando-se o tipo de pesquisa, de acordo com a classificação de [Petersen et al. 2015], três tipos foram considerados quando da avaliação empírica: relato de experiência, pesquisa de avaliação e pesquisa de validação. Em relação aos dois últimos, a pesquisa de validação diferencia-se por não ser aquela efetuada diretamente na prática, ou seja, é adotada geralmente com estudantes na academia. O contrário disso é a pesquisa de avaliação, que ocorre em um contexto industrial realístico envolvendo profissionais.

Assim, a maioria dos estudos possuiu pesquisas com estudantes no formato de validação. Isso foi analisado em 35 artigos, o que representa 50,7%. Em seguida, destacaram-se relatos de experiência com 18 estudos (30,4%) e por fim, pesquisas de avaliação com profissionais – com 13 trabalhos (18,8%). A Figura 8 traz essa análise ano a ano, sendo que apenas em 2018 a pesquisa de validação não possuiu o maior índice de publicações. Acredita-se que a predominância de pesquisas de validação seja inerente à dificuldade da academia em estabelecer contato com a própria indústria e vice-versa, demonstrando uma lacuna entre os dois setores. Alguns estudos destacam a dificuldade inclusive de adotar projetos práticos derivados da indústria, devido a questões de tempo, logística, proteção de dados, dentre outros fatores [Andrade et al. 2019]. Outra característica é a disponibilidade de profissionais da indústria para participar de experimentações para avaliação das pesquisas advindas da academia.

No que concerne às atividades de ER [Pressman and Maxim 2016], há estudos que abarcam todas as atividades do processo de ER, desde elicitação, análise, especificação,



Figura 8. Tipo de pesquisa por ano de publicação.

validação e gerenciamento de requisitos, ou ainda, existem trabalhos que enfocam somente em uma delas, p.ex, elicitação ou análise. Nesse cenário, o maior contigente de estudos se preocuparam com o ensino de elicitação (32,4%), enquanto, em menor número, gerenciamento de requisitos atingiu apenas 7,4%. Já quanto às atividades de TS [Bourque and Fairley 2014], a mais citada foi geração de casos de testes, com 20,7%, enquanto, a menos levantada, tratou-se de rastreamento de defeitos, com 9,5%.

Por conseguinte, também foram recuperadas nas publicações indícios do desenvolvimento de habilidades não técnicas, conhecidas como *soft skills*. Foram buscadas por aquelas que visassem contribuir com atividades de ER ou TS. Estudos de [Garousi et al. 2020a] elencaram *soft skills* de trabalho em equipe, comunicação, liderança e pensamento crítico como de grande importância para um engenheiro de software. Além destas, outras *soft skills* que foram citadas nos trabalhos também foram catalogadas. A Figura 9 demonstra que boa parte dos estudos apontaram que comunicação foi a habilidade mais desenvolvida pelas atividades promovidas, presente em 19 trabalhos – representando um percentual de 30,6% do total de publicações. Este quantitativo considerou quando o artigo explicitamente apontou a promoção de *soft skills* usando esta terminologia, ou ainda, mesmo que não declarasse abertamente ser uma *soft skill*, mas que a forma de ensino possibilitou claramente sua promoção nos indivíduos.

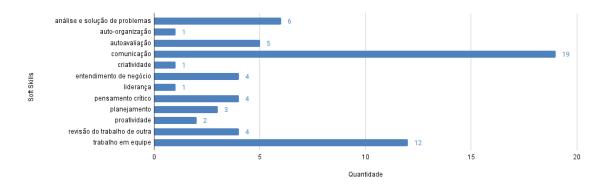


Figura 9. Soft skills presentes nos estudos aceitos.

Analisando as *soft skills* relacionadas ao foco do ensino, a habilidade de comunicação foi predominante nas publicações de ER, presente em 15 artigos. Uma das hipóteses para isso se deve ao fato que *a própria área de ER no seu processo elicitar, especificar, analisar e validar requisitos demanda bastante interação – inclusive com os*

clientes e usuários finais, sendo esta skill muito importante para a escrita de requisitos completos e sem ambiguidade. Já para TS, o trabalho em equipe foi apontado como majoritário com cinco publicações. Exemplos de soft skills como criatividade e liderança foram encontradas apenas em TS, mesmo que com um estudo cada (Figura 10).

Para resumir os principais resultados, a Figura 11 demonstra um gráfico de bolhas entre o foco de ensino, metodologias e *soft skills* recuperadas nos estudos deste MSL. O tamanho da bolha é proporcional ao número de artigos presentes no par de categorias analisadas conforme cada um dos eixos do gráfico. Nesse cenário, *role-playing* é a metodologia mais proeminente em ER, ao passo que, p. ex. aprendizagem baseada em projeto e gamificação foram citadas com apenas um estudo cada. Já comunicação é a *soft skill* mais presente em ER, enquanto trabalho em equipe destaca-se em TS.

4. Considerações Finais

Um estudo sistemático da literatura propicia uma visão geral de um determinado tópico de pesquisa, visando identificar tendências e lacunas. Sendo assim, dado os estudos relacionados ao ensino de ER e TS, é perceptível uma lacuna quanto ao alinhamento de requisitos e testes, já que ambas as atividades são ensinadas apenas de modo isolado. Outro fator é que mesmo que *soft skills* sejam elementos importantes para a atuação profissional, este item não está sendo motivo de preocupação durante o exercício de estratégias de ensino, dado que um número significativo de estudos destaca somente a importância do aprendizado de conceitos técnicos de ER ou de TS, i.e, nem citam *soft skills*.

Os achados do presente MSL, em especial sobre metodologias de ensino e *soft skills*, podem ser cruzados com apontamentos das necessidades do mercado de software, quanto ao que se vem praticando na indústria atual. Nesse sentido, estudos de [Scatalon et al. 2019] apontam a existência de uma lacuna de conhecimento quanto à adoção de técnicas de histórias de usuário com cenários de teste. Essa lacuna negativa foi calculada mediante o que os profissionais atuantes na indústria brasileira aprenderam na graduação e o que eles realmente aplicam na carreira após formados. Corroborando para tal, [Benitti 2017] também verificou que a grande maioria de empresas de software do país estão adotando histórias de usuário no desenvolvimento de projetos de software. Logo, é de suma importância que a academia possa apresentar formas de documentação em uso na indústria, em vistas de maior conhecimento e aprofundamento naquilo que o mercado carece [Epifânio et al. 2019].

Com isso, como trabalhos futuros objetiva-se atualizar este MSL considerando um maior recorte temporal, idealmente, desde 2001, ano de publicação do Manifesto Ágil – além de combinar demais estratégias de busca, como coleta manual e *snowballing* dos estudos tidos como relevantes.

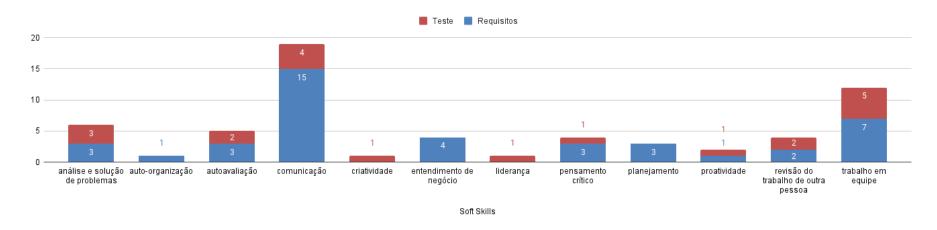


Figura 10. Soft skills com enfoque em requisitos ou testes.

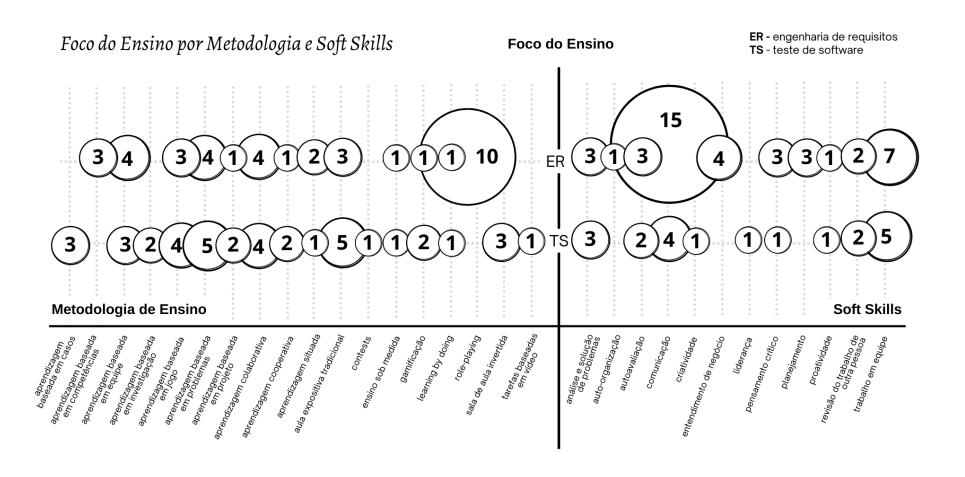


Figura 11. Gráfico de bolhas mapeando o alinhamento de ER e TS com metodologias de ensino e soft skills.

Referências

- [Alami and Dalpiaz 2017] Alami, D. and Dalpiaz, F. (2017). A gamified tutorial for learning about security requirements engineering. In 2017 IEEE 25th International Requirements Engineering Conference (RE), pages 418–423.
- [Andrade et al. 2019] Andrade, S. A., Neves, V. O., and Delamaro, M. E. (2019). Software testing education: Dreams and challenges when bringing academia and industry closer together. In *Proceedings of the XXXIII Brazilian Symposium on Software Engineering*, SBES 2019, page 47–56, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- [Aniche et al. 2019] Aniche, M., Hermans, F., and Van Deursen, A. (2019). Pragmatic software testing education. In *Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, pages 414–420.
- [Arcuri 2020] Arcuri, A. (2020). Teaching software testing in an algorithms and data structures course. In 2020 IEEE International Conference on Software Testing, Verification and Validation Workshops (ICSTW), pages 419–424.
- [Bai et al. 2021] Bai, G. R., Smith, J., and Stolee, K. T. (2021). How students unit test: Perceptions, practices, and pitfalls. In *Proceedings of the 26th ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education V. 1*, ITiCSE '21, page 248–254, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- [Bano et al. 2020] Bano, M., Zowghi, D., Ferrari, A., and Spoletini, P. (2020). Inspectors academy: Pedagogical design for requirements inspection training. In 2020 IEEE 28th International Requirements Engineering Conference (RE), pages 215–226.
- [Bano et al. 2019] Bano, M., Zowghi, D., Ferrari, A., Spoletini, P., and Donati, B. (2019). Teaching requirements elicitation interviews: an empirical study of learning from mistakes. *Requirements Engineering*, 24:259–289.
- [Barbosa et al. 2017] Barbosa, J. R., Valle, P., Maldonado, J., Delamaro, M., and Vincenzi, A. M. R. (2017). An experimental evaluation of peer testing in the context of the teaching of software testing. In 2017 International Symposium on Computers in Education (SIIE), pages 1–6.
- [Barmi et al. 2011] Barmi, Z. A., Ebrahimi, A. H., and Feldt, R. (2011). Alignment of requirements specification and testing: A systematic mapping study. In 2011 IEEE Fourth International Conference on Software Testing, Verification and Validation Workshops, pages 476–485.
- [Benitti 2017] Benitti, F. B. V. (2017). As a teacher, i want to know what to teach in requirements engineering so that professionals can be better prepared. In *Proceedings of the 31st Brazilian Symposium on Software Engineering*, SBES'17, page 318–327.
- [Bjarnason et al. 2014] Bjarnason, E., Runeson, P., Borg, M., Unterkalmsteiner, M., Engström, E., Regnell, B., Sabaliauskaite, G., Loconsole, A., Gorschek, T., and Feldt, R. (2014). Challenges and practices in aligning requirements with verification and validation: a case study of six companies. *Empirical software engineering*, 19(6):1809–1855.
- [Bjarnason et al. 2016] Bjarnason, E., Unterkalmsteiner, M., Borg, M., and Engström, E. (2016). A multi-case study of agile requirements engineering and the use of test cases as requirements. *Information and Software Technology*, 77:61–79.

- [Bourque and Fairley 2014] Bourque, P. and Fairley, R. E. (2014). *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK): Version 3.0.* IEEE Computer Society Press, Washington, DC, USA, 3rd edition.
- [Caušević 2018] Caušević, A. (2018). Appreciate the journey not the destination using video assignments in software testing education. In *CEUR Workshop Proceedings*, volume 2066, page 4 7.
- [Cordova et al. 2021] Cordova, L., Carver, J., Gershmel, N., and Walia, G. (2021). A comparison of inquiry-based conceptual feedback vs. traditional detailed feedback mechanisms in software testing education: An empirical investigation. page 87 93.
- [Coutinho et al. 2019] Coutinho, J. C. S., Andrade, W. L., and Machado, P. D. L. (2019). Requirements engineering and software testing in agile methodologies: A systematic mapping. In *Proceedings of the XXXIII Brazilian Symposium on Software Engineering*, SBES 2019, page 322–331, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- [Delgado-Pérez et al. 2021] Delgado-Pérez, P., Medina-Bulo, I., Álvarez García, M. A., and Valle-Gómez, K. J. (2021). Mutation testing and Self/Peer assessment: Analyzing their effect on students in a software testing course. In 2021 IEEE/ACM 43rd International Conference on Software Engineering: Software Engineering Education and Training (ICSE-SEET), pages 231–240.
- [Donati et al. 2017] Donati, B., Ferrari, A., Spoletini, P., and Gnesi, S. (2017). Common mistakes of student analysts in requirements elicitation interviews. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics*), 10153 LNCS:148 164.
- [Elgrably and Oliveira 2021] Elgrably, I. S. and Oliveira, S. R. B. (2021). A diagnosis on software testing education in the brazilian universities. In 2021 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), pages 1–8.
- [Epifânio et al. 2019] Epifânio, J. a. C., Miranda, E., Trindade, G., Lucena, M., and Silva, L. (2019). A qualitative study of teaching requirements engineering in universities. In *Proceedings of the XXXIII Brazilian Symposium on Software Engineering*, SBES 2019, page 161–165, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- [Fernández et al. 2017] Fernández, D. M., Wagner, S., Kalinowski, M., Felderer, M., Mafra, P., Vetrò, A., Conte, T., Christiansson, M.-T., Greer, D., Lassenius, C., et al. (2017). Naming the pain in requirements engineering: Contemporary problems, causes, and effects in practice. *Empirical Software Engineering*, 22:2298–2338.
- [Fernández et al. 2019] Fernández, D. M., Franch, X., Seyff, N., Felderer, M., Glinz, M., Kalinowski, M., Volgelsang, A., Wagner, S., Bühne, S., and Lauenroth, K. (2019). Do We Preach What We Practice? Investigating the Practical Relevance of Requirements Engineering Syllabi The IREB Case. In XXII Ibero-American Conference on Software Engineering, CIbSE 2019.
- [Ferrari et al. 2020] Ferrari, A., Spoletini, P., Bano, M., and Zowghi, D. (2020). Sapeer and reversesapeer: teaching requirements elicitation interviews with role-playing and role reversal. *Requirements Engineering*, 25(4):417 438.

- [Fraser et al. 2019] Fraser, G., Gambi, A., Kreis, M., and Rojas, J. M. (2019). Gamifying a software testing course with Code Defenders. page 571 577.
- [Garousi et al. 2020a] Garousi, V., Giray, G., Tuzun, E., Catal, C., and Felderer, M. (2020a). Closing the gap between software engineering education and industrial needs. *IEEE Software*, 37(2):68–77.
- [Garousi et al. 2020b] Garousi, V., Rainer, A., Lauvås, P., and Arcuri, A. (2020b). Softwaretesting education: A systematic literature mapping. *Journal of Systems and Software*, 165:110570.
- [Hagel et al. 2018] Hagel, G., Müller-Amthor, M., Landes, D., and Sedelmaier, Y. (2018). Involving customers in requirements engineering education: Mind the goals! In *Proceedings of the 3rd European Conference of Software Engineering Education*, ECSEE'18, page 113–121, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- [Heckman et al. 2020] Heckman, S., Schmidt, J. Y., and King, J. (2020). Integrating testing throughout the CS Curriculum. In 2020 IEEE International Conference on Software Testing, Verification and Validation Workshops (ICSTW), pages 441–444.
- [Hynninen et al. 2018] Hynninen, T., Kasurinen, J., Knutas, A., and Taipale, O. (2018). Guidelines for software testing education objectives from industry practices with a constructive alignment approach. In *Proceedings of the 23rd Annual ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, ITiCSE 2018, page 278–283, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- [Ibrahim et al. 2019] Ibrahim, Z., Soo, M. C., Soo, M. T., and Aris, H. (2019). Design and development of a serious game for the teaching of requirements elicitation and analysis. In 2019 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Education (TALE), pages 1–8.
- [Jesus et al. 2020] Jesus, G. M., Ferrari, F. C., Paschoal, L. N., Souza, S. d. R. S., Porto, D. d. P., and Durelli, V. H. S. (2020). Is it worth using gamification on software testing education? an extended experience report in the context of undergraduate students. *Journal of Software Engineering Research and Development*, 8:6:1 6:19.
- [Laiq and Dieste 2020] Laiq, M. and Dieste, O. (2020). Chatbot-based interview simulator: A feasible approach to train novice requirements engineers. In 2020 10th International Workshop on Requirements Engineering Education and Training (REET), pages 1–8.
- [Lemos et al. 2018] Lemos, O. A. L., Silveira, F. F., Ferrari, F. C., and Garcia, A. (2018). The impact of software testing education on code reliability: An empirical assessment. *Journal of Systems and Software*, 137:497–511.
- [Lopez Lorca et al. 2018] Lopez Lorca, A., Burrows, R., and Sterling, L. (2018). Teaching motivational models in agile requirements engineering. In 2018 IEEE 8th International Workshop on Requirements Engineering Education and Training (REET), pages 30–39.
- [Marques et al. 2020] Marques, P., Silva, M., Gusmão, C., Castro, D., and Schots, M. (2020). Requirements engineering out of the classroom: Anticipating challenges experienced in practice. In 2020 IEEE 32nd Conference on Software Engineering Education and Training (CSEE&T), pages 1–9.

- [Martinez 2018] Martinez, A. (2018). Use of JiTT in a graduate software testing course: An experience report. In 2018 IEEE/ACM 40th International Conference on Software Engineering: Software Engineering Education and Training (ICSE-SEET), pages 108–115.
- [Martins et al. 2021] Martins, L., Brito, V., Feitosa, D., Rocha, L., Costa, H., and Machado, I. (2021). From blackboard to the office: A look into how practitioners perceive software testing education. page 211 220.
- [Melo et al. 2020] Melo, S. M., Moreira, V. X. S., Paschoal, L. N., and Souza, S. R. S. (2020). Testing education: A survey on a global scale. In *Proceedings of the XXXIV Brazilian Symposium on Software Engineering*, SBES '20, page 554–563, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- [Mendes et al. 2018] Mendes, A. L., Campos, E. C. G., Radomski, F. A. D., Silva, H. R. P. S., Sebben, I. C., Mariano, L. S., Dario, P. P., Barbosa, W. S., and Mariani, A. B. (2018). Uma revisão sobre as principais metodologias de ensino e suas diferenças. *Recurso Educacional Aberto (REA), Licença Creative Commons*.
- [Mkpojiogu and Hussain 2017] Mkpojiogu, E. O. and Hussain, A. (2017). Can scoring rubrics be used in assessing the performance of students in software requirements engineering education? *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering (JTEC)*, 9(2-11):115–119.
- [Morales-Ramirez and Alva-Martinez 2018] Morales-Ramirez, I. and Alva-Martinez, L. H. (2018). Requirements analysis skills: How to train practitioners? In 2018 IEEE 8th International Workshop on Requirements Engineering Education and Training (REET), pages 24–29.
- [Nakagawa et al. 2017] Nakagawa, E. Y., Scannavino, K. R. F., Fabbri, S. C. P. F., and Ferrari, F. C. (2017). *Revisão sistemática da literatura em engenharia de software: teoria e prática*. Elsevier Brasil.
- [Ouhbi 2019] Ouhbi, S. (2019). Evaluating role playing efficiency to teach requirements engineering. In 2019 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), pages 1007–1010.
- [Ouhbi et al. 2015] Ouhbi, S., Idri, A., Fernández-Alemán, J. L., and Toval, A. (2015). Requirements engineering education: A systematic mapping study. *Requir. Eng.*, 20(2):119–138.
- [Paschoal et al. 2018] Paschoal, L. N., de Oliveira, M. M., and Chicon, P. M. M. (2018). A chatterbot sensitive to student's context to help on software engineering education. In 2018 XLIV Latin American Computer Conference (CLEI), pages 839–848.
- [Paschoal et al. 2020] Paschoal, L. N., Oliveira, M. M., Melo, S. M., Barbosa, E. F., and Souza, S. R. S. (2020). Evaluating the impact of software testing education through the flipped classroom model in deriving test requirements. page 570 579.
- [Paschoal and Souza 2018] Paschoal, L. N. and Souza, S. d. R. S. (2018). A survey on software testing education in brazil. page 334 343.
- [Paschoal et al. 2019] Paschoal, L. N., Turci, L. F., Conte, T. U., and Souza, S. R. S. (2019). Towards a conversational agent to support the software testing education. In *Procee-*

- dings of the XXXIII Brazilian Symposium on Software Engineering, SBES '19, page 57–66, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- [Petersen et al. 2015] Petersen, K., Vakkalanka, S., and Kuzniarz, L. (2015). Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. *Information and Software Technology*, 64:1–18.
- [Pressman and Maxim 2016] Pressman, R. S. and Maxim, B. R. (2016). *Engenharia de Software: uma abordagem profissional*. AMGH, 8th edition.
- [Rahman et al. 2021] Rahman, T., Nwokeji, J., Matovu, R., Frezza, S., Sugnanam, H., and Pisolkar, A. (2021). Analyzing competences in software testing: Combining thematic analysis with natural language processing (NLP). In 2021 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), pages 1–9.
- [Scatalon et al. 2019] Scatalon, L. P., Fioravanti, M. L., Prates, J. M., Garcia, R. E., and Barbosa, E. F. (2019). A survey on graduates' curriculum-based knowledge gaps in software testing. In *Proceedings Frontiers in Education Conference, FIE*, volume 2018-October.
- [Sedelmaier and Landes 2017] Sedelmaier, Y. and Landes, D. (2017). Experiences in teaching and learning requirements engineering on a sound didactical basis. In *Proceedings of the 2017 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, ITiCSE '17, page 116–121, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- [Sedelmaier and Landes 2018] Sedelmaier, Y. and Landes, D. (2018). Systematic evolution of a learning setting for requirements engineering education based on competence-oriented didactics. In 2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDU-CON), pages 1062–1070.
- [Silvis-Cividjian et al. 2021] Silvis-Cividjian, N., Went, M., Jansma, R., Bonev, V., and Apostolov, E. (2021). Good bug hunting: Inspiring and motivating software testing novices. In *Proceedings of the 26th ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education V. 1*, ITiCSE '21, page 171–177, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- [Svensson and Regnell 2017] Svensson, R. B. and Regnell, B. (2017). Is role playing in requirements engineering education increasing learning outcome? *Requir. Eng.*, 22(4):475–489.
- [Tiwari and Rathore 2019] Tiwari, S. and Rathore, S. S. (2019). Teaching software process models to software engineering students: An exploratory study. In 2019 26th Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC), pages 308–315.
- [Tiwari et al. 2018] Tiwari, S., Saini, V., Singh, P., and Sureka, A. (2018). A case study on the application of case-based learning in software testing. In *Proceedings of the 11th Innovations in Software Engineering Conference*, ISEC '18, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- [Ucán Pech et al. 2018] Ucán Pech, J. P., Aguilar Vera, R. A., and Gómez, O. S. (2018). Software testing education through a collaborative virtual approach. In *Trends and Applications in Software Engineering: Proceedings of the 6th International Conference on Software Process Improvement (CIMPS 2017) 6*, pages 231–240. Springer.

- [Unterkalmsteiner et al. 2015] Unterkalmsteiner, M., Gorschek, T., Feldt, R., and Klotins, E. (2015). Assessing requirements engineering and software test alignment five case studies. *Journal of Systems and Software*, 109:62–77.
- [Valle et al. 2017] Valle, P. H. D., Toda, A. M., Barbosa, E. F., and Maldonado, J. C. (2017). Educational games: A contribution to software testing education. In *2017 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, pages 1–8.
- [Vilela and Lopes 2020] Vilela, J. and Lopes, J. (2020). Evaluating the students' experience with a requirements elicitation and communication game. In 23rd Iberoamerican Conference on Software Engineering, CIbSE 2020.
- [Westphal 2018] Westphal, B. (2018). An undergraduate requirements engineering curriculum with formal methods. In 2018 IEEE 8th International Workshop on Requirements Engineering Education and Training (REET), pages 1–10.
- [Wong et al. 2018] Wong, W. E., Hu, L., Wang, H., and Chen, Z. (2018). Improving software testing education via industry sponsored contests. In 2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), pages 1–5.
- [Zainuddin et al. 2019] Zainuddin, F. b., Arshah, R. b. A., and Mohamad, R. b. (2019). Software visual specification for requirement engineering education. In *Proceedings of the 10th International Conference on E-Education, E-Business, E-Management and E-Learning*, pages 235–240.