

Using Real Worked Examples to Aid Software Engineering Teaching

Simone de França Tonhão
State University of Maringá
Maringá - PR
siimone.franca@gmail.com

Thelma Elita Colanzi
State University of Maringá
Maringá - PR
thelma@din.uem.br

Igor Steinmacher
Federal Technological University of
Paraná
Campo Mourão - PR
igorfs@utfpr.edu.br

ABSTRACT

The worked examples are artifacts composed of the description of a problem, steps to solve the problem, and the final result. There is evidence that the use of the worked examples can improve the learning process by reducing the learning time, reducing the cognitive load, and facilitating the construction of cognitive schemes. In addition, students who learn from worked examples tend to solve similar problems more quickly and easily. The worked examples are adopted in several areas of knowledge, however, it is not well-explored in Software Engineering (SE) teaching. Thus, the goal of this work was to explore the use of worked examples in SE courses. For this, an exploratory study was carried out. This study was split into two stages. The first stage was the administration of a survey with SE instructors to investigate the use of common examples, worked examples, and the difficulties find this type of material. The second stage involved a case study with the application of worked examples in the classroom, to collect feedback from students on the use of such examples. The second stage was carried out in remote setting, due to the conditions imposed by COVID-19. The results showed that professors are using examples in their classes; some of them use worked examples, even if they do not know the definition. In addition, the feedback generated by the students' responses was positive, which may encourage the use of worked examples in SE teaching.

CCS CONCEPTS

• **Software and its engineering** → **Open source model**; • **Social and professional topics** → **Software engineering education**.

KEYWORDS

Software Engineering Education, Worked Examples, Exploratory study, Real Examples

ACM Reference Format:

Simone de França Tonhão, Thelma Elita Colanzi, and Igor Steinmacher. 2021. Using Real Worked Examples to Aid Software Engineering Teaching. In *Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software (SBES '21)*, 27 de setembro a

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. Request permissions from permissions@acm.org.

SBES '21, 27 de setembro a 1 de outubro de 2021, Joinville, Brasil

© 2021 Association for Computing Machinery.

ACM ISBN 978-1-4503-9061-3/21/09...\$15,00

<https://doi.org/10.1145/3474624.3476970>

1 de outubro de 2021, Joinville, Brasil. ACM, New York, NY, USA, 10 pages.
<https://doi.org/10.1145/3474624.3476970>

1 INTRODUÇÃO

Exemplos trabalhados (do inglês, *worked examples*) têm sido utilizados no ensino de diferentes áreas de conhecimento, como Direito [5], Matemática [9], *Design* da arte [8], entre outras. Tais exemplos consistem em um artefato focado na declaração de um problema, nas etapas de solução, e no resultado final [1, 12]. O uso de exemplos trabalhados traz benefícios para o aprendizado, principalmente para estudantes que não possuem conhecimento prévio, tendo se provado mais eficiente do que a aprendizagem baseada na resolução de problemas [5, 14].

Os estudantes que aprendem com exemplos trabalhados cometem menos erros, e resolvem problemas com mais facilidade e rapidez, exigindo menos assistência futura do docente [2]. Isso ocorre porque, a partir dos exemplos trabalhados, é possível guiar os estudantes para o desenvolvimento de uma compreensão sobre princípios e conceitos, focando nos estados problemáticos e nas etapas de solução, possibilitando que os estudantes construam esquemas genéricos, diminuindo o esforço cognitivo [9, 12]. Os exemplos trabalhados podem reduzir a carga cognitiva que é imposta pela resolução de problemas, visto que, eliminam a busca por meios e fins e facilitam na construção de esquemas cognitivos [12, 14].

Apesar dos diversos benefícios relacionados ao uso de exemplos trabalhados em várias áreas de conhecimento [5, 9], existem poucos trabalhos abordando o assunto no ensino de Engenharia de Software (ES). Exemplos trabalhados podem ser um importante recurso no ensino de ES, dada a natureza prática da disciplina e sua constante evolução. Esta evolução desafia não apenas os desenvolvedores, mas também os docentes que atuam na área e precisam acompanhar as mudanças, mantendo suas práticas e materiais atualizados. Buscar exemplos reais e que acompanhem a evolução de ES pode não ser uma tarefa fácil para os docentes, devido a falta de recursos e materiais para evidenciar determinados conceitos ou técnicas [7]. Diante dessas dificuldades, os docentes podem acabar utilizando exemplos muito simples e que não demonstram a real aplicação dos conceitos.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi entender o uso atual de exemplos trabalhados reais por docentes no ensino de ES. A metodologia (Seção 3) foi composta por duas fases, um *survey* (Seção 4) com docentes de ES, e um estudo de caso (Seção 5), com a aplicação de exemplos trabalhados reais em sala de aula.

O *survey* teve como objetivo entender se os docentes de ES utilizam exemplos comuns e exemplos trabalhados, e quais as dificuldades na busca desse tipo de material. Após a análise do *survey*, o uso

de exemplos trabalhados foi explorado no contexto da sala de aula a fim de entender a percepção dos estudantes sobre o uso desses exemplos.

O estudo de caso foi conduzido na disciplina de Arquitetura de Software de uma universidade pública, em dois cursos superiores—Ciência da Computação e Bacharelado em Informática. Após a aplicação dos exemplos trabalhados em sala de aula, coletou-se o *feedback* dos estudantes, para coletar suas percepções sobre a aprendizagem utilizando tais exemplos. Todas as aulas envolvidas no estudo foram conduzidas de forma remota, devido à pandemia, assim como a coleta de *feedback* dos estudantes, que foi realizada por meio da aplicação de questionário.

A partir de nossos resultados pode-se observar que alguns docentes utilizam exemplos trabalhados, mesmo não sabendo a definição de tal termo. Os docentes reportaram enfrentar dificuldades na busca e estruturação dos exemplos, e que a maioria não utiliza exemplos reais. O estudo reporta ainda que os exemplos trabalhados reais influenciaram positivamente a percepção dos estudantes em aspectos como motivação, confiança, e autonomia no processo de aprendizagem, além de contribuir para uma aproximação do ensino com experiências reais.

As principais contribuições deste trabalho estão relacionadas às evidências positivas geradas pelos resultados de um estudo de caso que encorajam o uso de exemplos trabalhados para aumentar a motivação e auto-confiança dos estudantes. Assim como as oportunidades de pesquisa relacionadas a adoção de exemplos trabalhados reais no ensino de Engenharia de Software, visto que muitos docentes de ES utilizam exemplos trabalhados em suas disciplinas, mas tem dificuldades em encontrar exemplos completos e reais, que abordem diferentes tópicos e se adequem à disciplina.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

Os exemplos trabalhados têm sido utilizados no ensino em diversas áreas de conhecimento, e são aplicados de diferentes maneiras. Alguns trabalhos ressaltam os benefícios do uso dos exemplos trabalhados em comparação com a abordagem de resolução de problemas.

Nievelstein et al. [5], em uma experiência realizada em um curso de Direito, concluíram que os exemplos trabalhados podem diminuir a carga cognitiva, e o aprendizado pode ser mais eficiente do que o aprendizado através da resolução de problemas. A utilização dos exemplos trabalhados facilitou a resolução de problemas semelhantes, pois diminuiu o esforço cognitivo necessário para encontrar uma solução para o problema proposto.

A experiência realizada por Schwonke et al. [9], corrobora com os resultados do trabalho de Nievelstein et al. [5], visto que, mostrou que o processo de aprendizagem baseada na resolução de problemas é menos eficaz do que o processo de aprendizagem baseado em exemplos trabalhados, pois exige uma carga cognitiva maior. Os resultados de Schwonke et al. [9] mostram que a utilização de exemplos trabalhados, seguido pela resolução de problemas pode ser um método eficaz, pois por meio dos exemplos é possível direcionar os estudantes para uma compreensão de princípios básicos antes de qualquer tentativa de resolver problemas.

No entanto, o trabalho de Van Gog et al. [15], voltado para o ensino de circuitos elétricos, apresentou evidências de que propor um problema similar após um exemplo trabalhado pode ser um

fator de motivação para os estudantes. Desta forma, a aplicação da resolução de problemas em conjunto com os exemplos trabalhados pode ser mais eficaz do que a utilização de exemplos trabalhados sozinhos. De acordo com o resultado de Van Gog et al. [15] isso pode ocorrer porque ao invés dos estudantes verem outro exemplo eles podem se envolver ativamente na resolução de um problema, como o apresentado no exemplo estudado. Para Van Gog et al. [15] a motivação é um fator importante para os estudantes aprenderem com exemplos trabalhados.

No trabalho de Rourke and Sweller [8], além da utilização de exemplos trabalhados em comparação com a resolução de problemas, foi explorado também como o nível de conhecimento do estudante pode influenciar na aprendizagem com exemplos trabalhados. Tal ponto também foi abordado no trabalho de Nievelstein et al. [5], que mostrou que o efeito foi positivo apenas para estudantes com pouco conhecimento prévio sobre o assunto estudado. Para aqueles que possuíam um conhecimento avançado a abordagem reduziu a eficácia, pois as etapas de solução acabaram se tornando redundantes.

O trabalho de Rourke and Sweller [8] teve como foco a identificação de estilos de *design* da arte, e os exemplos trabalhados foram utilizados em dois experimentos, um com estudantes do primeiro ano, e outro com estudantes avançados. De acordo com os resultados obtidos, os experimentos reforçaram a ideia de que exemplos trabalhados são um método mais eficaz para ensinar os estudantes, se sobrepondo a resolução de problemas, e diminuindo significativamente a carga cognitiva exigida dos estudantes. Além disso, evidências mostraram que os estudantes novatos foram mais bem sucedidos ao identificar trabalhos de *design* após estudar os exemplos trabalhados. Com relação aos estudantes avançados a conclusão foi diferente da apresentada por Nievelstein et al. [5], uma vez que os estudantes tiveram um desempenho superior ao aprenderem com exemplos trabalhados, demonstrando que seu uso pode aumentar a capacidade cognitiva, e não dificulta o aprendizado, mesmo que os estudantes tenham conhecimento sobre o assunto.

Como observado, os exemplos trabalhados podem ser utilizados em diferentes áreas de conhecimento, e trazer benefícios para o ensino, principalmente relacionados a diminuição da carga cognitiva. Na área da computação, o trabalho de Chen et al. [3] explorou o uso de exemplos trabalhados na disciplina de banco de dados. Nessa abordagem os exemplos trabalhados foram mesclados com a resolução de problemas, e com exemplos trabalhados incorretos (apresentam soluções incorretas para um determinado problema) em um sistema inteligente de tutoria. Os resultados mostram que os estudantes que participaram da experiência melhoraram seu conhecimento conceitual, procedural e de depuração. Além disso, pode-se observar que o uso de exemplos trabalhados seguido pela resolução de problemas pode ser eficaz em termos de aprendizagem, como concluído pelos trabalhos de outras áreas apresentados anteriormente. É importante ressaltar que nesta abordagem os exemplos trabalhados incorretos se mostraram mais eficazes do que os exemplos trabalhados corretos.

Na área de Engenharia de Software o único trabalho identificado, que cita o uso de exemplos trabalhados foi o de Silva et al. [10]. Nesse trabalho foi criado um modelo para guiar os docentes de Engenharia de Software na criação de exemplos trabalhados para o ensino de diagramas de classe UML. O objetivo do trabalho foi unir

os exemplos trabalhados com os projetos de software livre. Os autores criaram orientações para auxiliar os docentes a selecionarem projetos e criarem exemplos trabalhados extraídos desses projetos. Porém, o foco principal do trabalho foi na seleção de projetos de software livre, e o uso de exemplos trabalhados foi pouco explorado.

Sendo assim, pode-se notar que os exemplos trabalhados podem ser utilizados no ensino de diferentes áreas de conhecimento, inclusive na área de computação, e apresentam diversos benefícios no ensino, como os apresentados nos trabalhos relatados. No entanto, o uso de exemplos trabalhados na ES foi pouco explorado, o que torna importante a investigação e aplicação desses exemplos no ensino de tal área, a fim de verificar o impacto dessa abordagem na aprendizagem.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O objetivo deste artigo é entender o uso de exemplos trabalhados no ensino de ES. Para isso foi realizado um **estudo exploratório dividido em duas fases**. A primeira fase consistiu na condução de um *survey* com docentes de ES, e a segunda fase na realização de um estudo de caso da aplicação de exemplos trabalhados em sala de aula. As etapas de cada fase são esquematizadas na Figura 1.

A **primeira fase** consistiu na condução de um *survey* com docentes de ES, que teve como foco investigar se os docentes utilizam exemplos trabalhados no ensino, onde buscam tais exemplos, e quais as dificuldades para buscar este tipo de material. Esta fase foi composta pelas três primeiras etapas da pesquisa (1-3 na Figura 1), envolvendo o planejamento, execução e análise dos resultados do *survey*.

Após a análise do *survey*, explorou-se o uso dos exemplos trabalhados em sala de aula na **segunda fase** da pesquisa. O estudo de caso foi realizado em uma disciplina de Arquitetura de Software ministrada em dois cursos de graduação—Ciência da Computação e Bacharelado em Informática. O objetivo do estudo foi coletar *feedback* dos estudantes sobre o uso de exemplos trabalhados em sala de aula. O estudo de caso foi composto por três etapas (conforme etapas 4-6 da Figura 1), planejamento, condução do estudo de caso, coleta de *feedback*, e análise de dados.

Cada uma das duas fases e suas respectivas etapas são detalhadas nas seções específicas de cada fase.

4 SURVEY COM DOCENTES

Nas seções seguintes serão apresentados o método utilizado para o planejamento e execução do *survey*, e os resultados obtidos.

4.1 Método

O *survey* foi planejado de acordo com as diretrizes propostas por Yaacoub et al. [16]. A população definida para o estudo foram docentes que lecionam disciplinas da área de Engenharia de Software em nível de graduação ou pós-graduação. O conjunto inicial da amostra foi definido por conveniência, a partir de contatos dos autores deste trabalho com indivíduos pertencentes à população. Com o conjunto inicial definido, o processo de amostragem seguiu a partir de um processo de *snowballing*, ou seja, os indivíduos inicialmente selecionados indicavam outros docentes das suas redes de contato. O questionário circulou durante um período de dois meses.

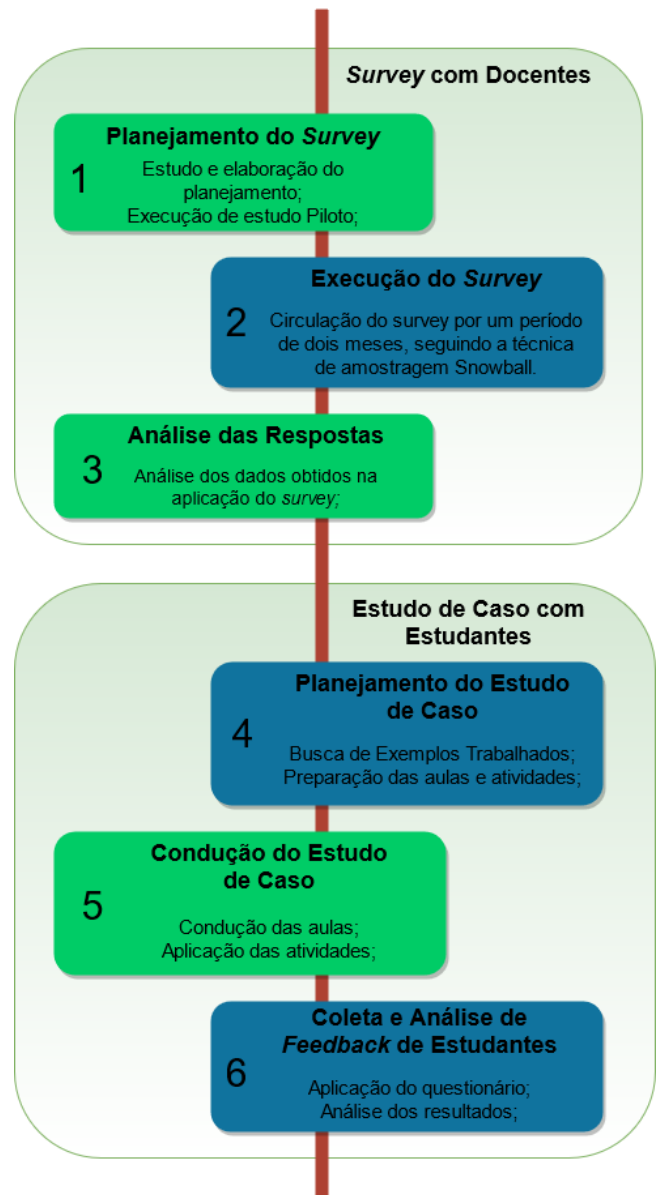


Figura 1: Fluxograma das etapas desta pesquisa.

O questionário foi elaborado com o objetivo de entender se os docentes utilizam exemplos em suas disciplinas e quais as dificuldades para encontrá-los. Alguns princípios apresentados em [11] foram aplicados com o intuito de aumentar a participação no *survey*. Foram utilizados os princípios da autoridade e credibilidade, apresentando a pesquisa como parte de um trabalho de mestrado com docentes de universidades conhecidas envolvidos. Além disso, o princípio da brevidade foi aplicado utilizando o máximo de questões fechadas possível. Ainda, todas as questões eram opcionais, logo os docentes poderiam responder somente as questões com as quais desejassem contribuir.

O questionário contou com doze questões, algumas relacionadas ao perfil do respondente e outras ao uso dos exemplos, entre elas questões dissertativas, de múltipla escolha e com caixa de seleção. Após a concepção do *survey*, foi conduzido um estudo piloto com dois docentes da área de Engenharia de Software para analisar clareza e precisão dos termos, quantidade de perguntas, formato e ordem das perguntas. Com o *feedback* recebido, foram realizados alguns ajustes a fim de reduzir a ambiguidade e tornar os itens mais objetivos. As questões da versão final são apresentadas na Tabela 1.

Com relação à organização do *survey*, as questões de 1 a 5 abordam o perfil do docente, formação, experiência, disciplinas, país que atua e atuação na indústria de desenvolvimento de software. As questões 6 e 7 são relacionadas ao uso de exemplos em sala e à natureza dos exemplos (reais ou não). Na questão 8 investigou-se a maneira como os docentes atualizam seus exemplos. O objetivo da questão 9 foi identificar de onde os docentes costumam retirar seus exemplos.

O objetivo da questão 10 foi entender o uso de exemplos trabalhados. O termo “exemplos trabalhados” não foi citado na questão, visto que alguns docentes podem não conhecer, mas mesmo assim utilizam. Entretanto, foi apresentada a definição de um exemplo trabalhado para que o docente pudesse analisar se seus exemplos continham ou não os elementos. As questões 11 e 12 relacionam-se às dificuldades dos docentes para encontrar bons exemplos. A questão 11 foi de múltipla escolha, em uma escala Likert com cinco níveis e neutro (sempre–nunca), na qual os docentes indicaram o nível de dificuldade que costumam ter para encontrar bons exemplos. A questão 12 foi aberta, na qual os docentes puderam descrever suas dificuldades em encontrar os exemplos, caso tivessem.

Depois de se encerrar os dois meses de circulação do *survey*, foi realizada a análise das respostas obtidas no questionário. Tais resultados são apresentados na próxima seção.

4.2 Resultados e Discussões do Survey

Participaram do *survey* vinte docentes de Engenharia de Software, sendo dezesseis doutores e quatro mestres. O tempo de experiência no ensino variou entre um e quarenta anos. Três dos respondentes trabalham na indústria em paralelo com a docência, onze trabalharam na indústria em outros períodos e seis nunca trabalharam na indústria. Tais informações são apresentadas na Figura 2.

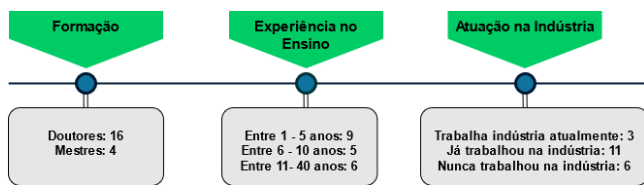


Figura 2: Informações do perfil do docente respondente.

Todos os docentes afirmaram utilizar exemplos em suas aulas, 55% dos docentes sempre utilizam, 40% utilizam frequentemente, e apenas 5% dos docentes utilizam somente às vezes. Com relação à atualização dos exemplos, apenas 20% dos docentes afirmaram atualizar sempre os exemplos, enquanto os demais atualizam às vezes ou nunca. Estas informações são sumarizadas na Figura 3.

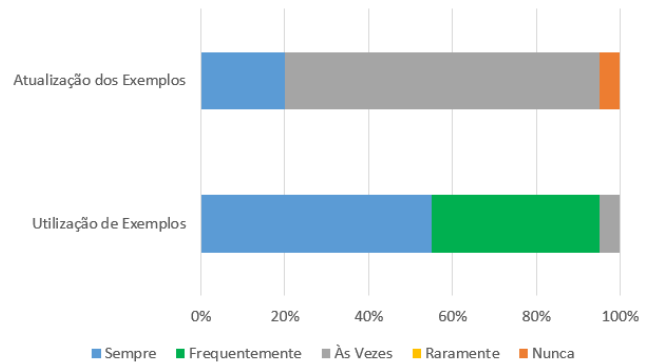


Figura 3: Informações sobre a utilização e atualização de exemplos.

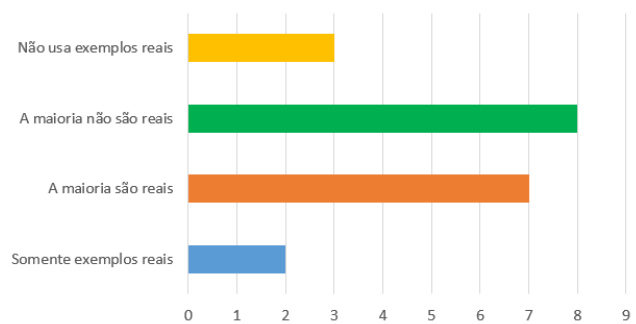


Figura 4: Informações sobre a utilização de exemplos.

Com relação ao uso de exemplos reais (Figura 4), apenas 10% dos docentes afirmaram utilizar **somente** exemplos reais. Outros 35% afirmaram que a maioria dos seus exemplos são reais. Por outro lado, 40% afirmaram que a maioria dos exemplos que utilizam não são reais, e 15% nunca utilizam exemplos reais.

Os docentes foram questionados sobre onde costumam obter seus exemplos. Na questão foram dadas algumas opções (o docente podia selecionar mais de uma), e um campo aberto, denominado “outro”, no qual o docente poderia deixar outros itens que não estivessem pré-estabelecidos. Como apresentado na Figura 5, a maioria dos docentes (55%) obtém seus exemplos de livros e internet, e 35% de projetos reais disponíveis na internet. Os docentes que criam seus próprios exemplos representam 35%, e os que trazem da experiência adquirida na indústria são 30%. Somente um docente deixou um comentário na opção “outro”, na qual citou que costuma utilizar exemplos de código aberto disponíveis em artigos científicos.

Com relação à utilização de “exemplos trabalhados” em suas disciplinas, apenas 10,5% dos docentes afirmaram que seus exemplos **nunca** continham os elementos problema, etapas de solução e resultado. Os demais responderam que seus exemplos sempre ou frequentemente contêm tais elementos, conforme apresentado na Figura 6. Pode-se notar que a maioria dos docentes que responderam a pesquisa utilizam exemplos trabalhados, mesmo que não conheçam a definição.

Tabela 1: Questões do survey aplicado aos docentes de ES.

Nº	Questão	Resposta
1	Qual sua formação?	Múltipla escolha -Graduado -Especialista -Mestre -Doutor
2	Há quantos anos ensina Engenharia de Software?	Resposta numérica
3	Quais disciplinas geralmente atua?	Dissertativa
4	Em qual país trabalha atualmente?	Dissertativa
5	Além de ensinar, você trabalha na indústria de desenvolvimento de software?	Múltipla escolha -Sim, eu trabalho na indústria atualmente -Sim, eu já trabalhei na indústria -Não, eu nunca trabalhei na indústria
6	Você costuma usar exemplos nas suas disciplinas?	Múltipla escolha Escala Likert: Sempre - Nunca (5 níveis)
7	Utiliza exemplos reais (trazidos de projetos de software da indústria) em suas aulas?	Múltipla escolha -Eu só uso exemplos reais -A maioria dos exemplos que uso são reais -A maioria dos exemplos que uso não são reais -Eu só uso exemplos não reais -Eu não uso exemplos
8	Você costuma atualizar seus exemplos, ou sempre utiliza os mesmos?	Múltipla escolha -Sim, eu sempre atualizo -Sim, eu atualizo às vezes -Eu não atualizo -Eu não uso exemplos
9	De onde costuma retirar seus exemplos?	Caixa de seleção Opções apresentadas na Figura 5
10	Seus exemplos costumam ter um problema, as etapas de solução e um resultado?	Múltipla escolha -Sim, meus exemplos sempre contêm esses elementos -Sim, meus exemplos contêm esses elementos com frequência -Meus exemplos nunca contêm esses elementos -Eu não uso exemplos
11	Você costuma ter dificuldade para encontrar bons exemplos?	Múltipla escolha Escala Likert: Sempre - Nunca (5 níveis)
12	Quando busca seus exemplos, quais são as principais dificuldades encontradas?	Dissertativa

Outro ponto investigado diz respeito a problemas para encontrar bons exemplos. Apenas um docente afirmou raramente ter problemas para encontrar seus exemplos, sendo que este trabalha na indústria atualmente. Os demais afirmaram ter dificuldades para buscar bons exemplos.

A questão aberta relacionada aos problemas enfrentados foi analisada de forma qualitativa. Um docente deixou um comentário positivo sobre a busca por exemplos, tal docente foi o único que respondeu que raramente tem dificuldades para encontrar bons exemplos, na questão anterior. Ele utiliza os projetos desenvolvidos pelos estudantes como exemplos para as próximas turmas,

sendo que, esses projetos atendem a demandas reais da universidade, do município ou até mesmo do estado. Os demais docentes apontaram algumas dificuldades, que estão relacionados aos seguintes tópicos: **Complexidade dos exemplos e adequação à disciplina, dificuldade de encontrar exemplos para diferentes tópicos e abordagens, saber onde procurar os exemplos, e não ter exemplos gratuitos e com código fonte disponível**, conforme Figura 7.

Algumas das dificuldades citadas estavam relacionadas a **aspectos de complexidade dos exemplos e adequação à disciplina**. Para os docentes é difícil encontrar exemplos completos e que se

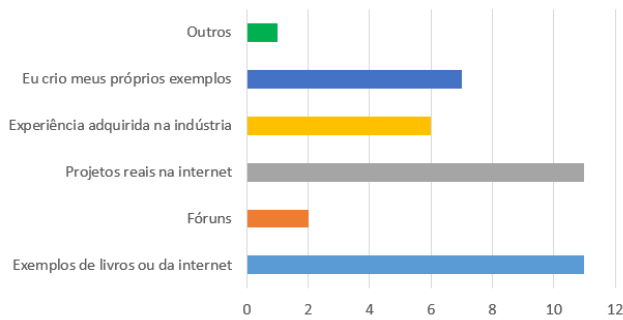


Figura 5: Informações sobre as fontes de retirada de exemplos.

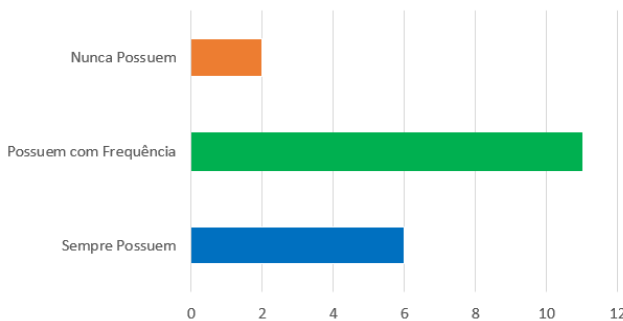


Figura 6: Informações sobre o uso de Exemplos Trabalhados.

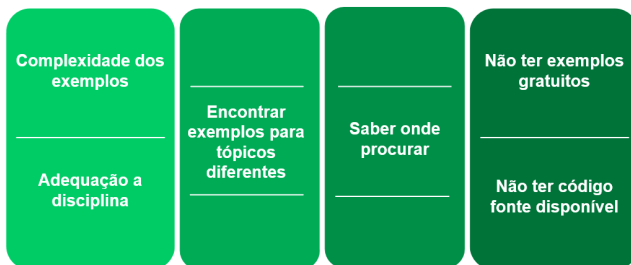


Figura 7: Dificuldades dos docentes na busca de exemplos.

adequem à disciplina e ao conteúdo que está sendo ensinado. Os exemplos reais na maioria das vezes são grandes demais para serem explicados durante a aula, e os pequenos exemplos não são realistas, e podem não corresponder às necessidades da disciplina. Muitas vezes os exemplos são muito simples ou muito complexos e difíceis de explicar, levando em consideração a formação dos estudantes.

Outro aspecto citado pelos docentes foi a **dificuldade de encontrar exemplos para diferentes tópicos e abordagens**. Encontrar exemplos para tópicos específicos e que estejam atualizados de acordo com as novas práticas, metodologias e tecnologias utilizadas na indústria pode ser um grande problema, a maioria dos exemplos encontrados são antigos e refletem metodologias utilizadas anteriormente. Outros aspectos citados foram: **saber onde**

procurar os exemplos, e não ter exemplos com código fonte gratuito.

Mesmo diante das dificuldades apresentadas, notou-se que os docentes de ES estão acostumados a utilizar exemplos em suas aulas, alguns chegam a utilizar exemplos trabalhados, mesmo que não conheçam a definição. Levando em consideração tais resultados, foi realizado um estudo de caso a fim de explorar o uso dos exemplos trabalhados no ensino de ES, sendo que, pouco se fala desse uso específico na literatura.

5 ESTUDO DE CASO

Neste trabalho, levando em consideração os benefícios do uso de exemplos trabalhados, e os resultados obtidos no *survey*, foi realizado um estudo de caso com o intuito de explorar o uso de exemplos trabalhados no ensino de ES. O estudo de caso foi realizado em três turmas dos cursos de Ciência da Computação e Informática da Universidade Estadual de Maringá. Os exemplos trabalhados foram utilizados como material de apoio para exemplificar de forma real os conteúdos abordados nas aulas da disciplina de Arquitetura de Software, e focou nos tópicos de Anomalias Arquiteturais e Refatoração.

5.1 Método

A busca dos exemplos trabalhados foi realizada em um portal para catalogação de exemplos trabalhados extraídos de projetos de software livre (SL) [13]. Os projetos de software livre podem ser uma alternativa a alguns problemas apontados pelos docentes no *survey*, como dificuldades para encontrar exemplos, saber onde procurar, e não ter exemplos gratuitos com código fonte disponível.

Tal portal faz parte de um esforço para auxiliar os docentes de ES no processo de buscar exemplos reais, apoiando-se em projetos de SL. Esses projetos têm sido também uma alternativa ao ensino voltado para experiências reais, sendo considerados por diversos educadores [4].

Com o apoio do portal, as aulas foram preparadas e ministradas por uma das autoras deste trabalho. Os exemplos trabalhados foram utilizados para demonstrar a aplicação real de conceitos, e para elaboração de atividades. Após a finalização das aulas, e entrega das atividades, foi aplicado um questionário aos estudantes participantes para coletar suas percepções sobre o uso dos exemplos reais na disciplina. Os estudantes foram convidados a participar voluntariamente dos questionários, aceitando o termo de consentimento para participação na pesquisa. As respostas não requeriam qualquer informação que identificasse os estudantes, garantindo a anonimidade e a privacidade.

As aulas foram ministradas de forma remota, devido a situação gerada pela pandemia do COVID-19. As aulas foram gravadas e ministradas assincronamente. As atividades propostas foram acompanhadas por meio do fórum e do chat do ambiente virtual de aprendizagem Moodle. No total participaram das aulas 42 estudantes, sendo 23 do curso de Ciência da Computação, 13 da primeira turma do curso de Informática e 6 da segunda turma desse mesmo curso.

Foram preparadas quatro aulas para trabalhar os assuntos de *anomalias arquiteturais e refatoração*, sendo duas aulas teóricas e duas com a aplicação de atividades. A primeira aula do estudo foi

voltada apenas para anomalias arquiteturais, ou seja, foi realizada uma explicação teórica contextualizando o tema e apresentando alguns exemplos fictícios. Na segunda aula foi proposta uma atividade na qual os estudantes deveriam buscar exemplos de anomalias, sejam exemplos reais ou não.

Os exemplos trabalhados foram utilizados na terceira e quarta aula. Na terceira aula foi introduzido o conceito de refatoração como uma forma de mitigar ou resolver as anomalias arquiteturais, nesta aula foram apresentados dois exemplos trabalhados aos estudantes. O primeiro exemplo ¹ abordou a eliminação da anomalia *large class* por meio da refatoração *extract class*, e o segundo ² abordou uma duplicação de código que foi resolvida com a técnica de *extract superclass*. Na Figura 8 é apresentado um recorte do exemplo trabalhado de *large class* utilizado na terceira aula.

Os dois exemplos trabalhados foram extraídos do projeto de SL Java Git ³, que foi apresentado aos estudantes antes de iniciar a explicação dos exemplos. Após mostrar o repositório do projeto, foram apresentados os exemplos, para isso utilizou-se os *commits* nos quais as refatorações foram realizadas. Com o *commit* aberto foi explicada a anomalia abordada, e contextualizada sua ocorrência dentro do projeto de SL, em seguida apresentou-se a solução para o problema e foi feita uma explicação do passo a passo para a realização da refatoração. Por fim, foram discutidos os benefícios de se realizar a refatoração para eliminar a anomalia. Os links tanto do projeto quanto dos *commits* citados nos exemplos foram disponibilizados para os estudantes, para que eles pudessem explorar mais, caso tivessem interesse.

Na quarta aula foi proposta uma atividade na qual foram utilizados mais dois exemplos trabalhados. A atividade foi composta por duas questões, na primeira os estudantes receberam um trecho de código que faz parte de um dos exemplos, e deveriam identificar a anomalia presente, e propor formas de mitigar ou resolver tal anomalia. O exemplo ⁴ utilizado para esta questão foi extraído do projeto Apache Dubbo ⁵, e abordava uma duplicação de código que foi resolvida por meio da refatoração *extract method*.

Na segunda questão, os estudantes receberam o link para um *commit* retirado de um exemplo ⁶ do projeto Address Book ⁷, e a atividade pedia para que eles identificassem a anomalia no código e explicassem a forma como tal anomalia foi resolvida pelos desenvolvedores do projeto. Tal anomalia também abordava a duplicação de código que foi resolvida utilizando conceitos de polimorfismo, mais especificamente herança, que foi criada por meio da refatoração de *extract superclass*. Posterior a data de entrega da atividade foi disponibilizado um documento apresentando possíveis soluções para a atividade proposta. Todos os artefatos produzidos e utilizados na aula estão disponíveis em um repositório online ⁸.

Na última aula foi disponibilizado um questionário para que os estudantes pudessem deixar suas impressões sobre o impacto dos exemplos reais no aprendizado. O questionário foi composto por oito questões com respostas em uma escala *Likert* de cinco pontos

com neutro, sendo: discordo totalmente (0), discordo parcialmente (1), nem concordo nem discordo (2), concordo parcialmente (3), e concordo totalmente (4).

Além disso, havia uma questão aberta para que os estudantes pudessem deixar comentários gerais sobre a aplicação dos exemplos trabalhados. Responder o questionário foi optativo, não influenciando nas notas ou avaliações. Desta forma, dos 42 estudantes, apenas 23 deixaram suas respostas. As perguntas do questionário são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Questionário aplicado aos estudantes sobre o uso dos exemplos trabalhados

Nº	Questões
Q1	Com os exemplos reais fiquei mais motivado a aprender do que de costume?
Q2	Senti confiança de que estava aprendendo com os exemplos?
Q3	Com os exemplos reais posso melhorar minhas habilidades para o mercado de trabalho?
Q4	Me senti mais conectado ao ambiente real de desenvolvimento de software tendo contato com os exemplos reais?
Q5	Achei os exemplos reais muito úteis para minha aprendizagem?
Q6	Consegui ver a aplicação de conceitos e técnicas nos exemplos reais?
Q7	Os exemplos reais podem aumentar a minha autonomia de aprendizagem?
Q8	Os exemplos reais me forneceram uma boa experiência de aprendizado ao ter contato com problemas reais de software?

5.2 Resultados e Discussões do Estudo de Caso

Como mencionado anteriormente, o envio das respostas foi realizado de forma anônima e não influenciou nas notas ou avaliações dos estudantes. Na Figura 9 são apresentados os resultados obtidos na aplicação do questionário respondido por 23 estudantes.

De acordo com os resultados 82,6% dos estudantes se sentiram mais motivados no processo de aprendizagem. 95,6% se sentiu mais confiante de que estava aprendendo com os exemplos trabalhados, sendo que apenas uma pessoa se manteve neutra nesta afirmação.

Com relação à percepção dos estudantes sobre melhorar as habilidades para o mercado de trabalho, 82,6% concordou que os exemplos trabalhados podem ajudar neste quesito. Outros 13% se mantiveram neutros, enquanto 4,3% (apenas um estudante) discordou parcialmente. Foi explorado também se os exemplos trabalhados podem proporcionar aos estudantes contato com ambientes reais de desenvolvimento, e de acordo com os resultados 82,6% concordou com a afirmação, 13% se manteve neutro e 4,3% discordou parcialmente, sendo este o mesmo estudante que discordou na afirmação anterior.

Na quinta questão, que abordou a utilidade dos exemplos no aprendizado, 91,3% dos estudantes concordaram que os exemplos foram úteis, enquanto outros 8,7% se manteve neutro. Com relação a perspectiva dos estudantes sobre a aplicabilidade dos conceitos

¹<https://bitly.com/aFEGW>

²<https://bitly.com/JIiyg>

³<https://github.com/eclipse/jgit>

⁴<https://bitly.com/4SHnu>

⁵<https://github.com/apache/dubbo>

⁶<https://bitly.com/OnFCj>

⁷<https://github.com/nus-cs2103-AY1718S1/addressbook-level2>

⁸<https://figshare.com/s/13bb48a750d9de5490ac>

DADOS DO PROJETO DE SOFTWARE LIVRE

Nome:
Java Git

Descrição:
Uma implementação do sistema de controle de versão Git em Java puro.

Linguagem de Programação:
Java

Link do Projeto:
<https://github.com/eclipse/jgit>

Link do Exemplo:
<https://github.com/eclipse/jgit/commit/a2208be6aaf4a3763beb1b6e0ef374d77570a165?diff=split>

Data de Extração do Exemplo:
2020-06-16

DADOS DO EXEMPLO

Descrição Conceitual do Problema:

As classes geralmente começam claras e fáceis de entender, no entanto, a medida que o programa cresce, novos métodos são adicionados, novos campos, e eventualmente, algumas classes podem acabar executando mais responsabilidades do que as planejadas. A anomalia Large Class ocorre quando uma classe possui quantidade excessiva de atributos ou métodos, indicando normalmente que a mesma possui um excesso de responsabilidades. É possível identificar tal anomalia por meio da medida do tamanho da classe (métricas como LOC), ou por meio da análise de coesão, classes que possuem responsabilidades com pouca ou nenhuma relação.

Contexto do Problema no Projeto:

No projeto Java Git, a classe PackWriter é responsável por gerar arquivos de pacote do conjunto especificado de objetos do repositório. Em PackWriter.java havia uma classe estática chamada ObjectToPack. Uma classe estática é um tipo de classe que não pode ser instanciada, e possui apenas membros estáticos. A classe ObjectToPack possui informações sobre o objeto que será embalado pelo PackWriter. As informações incluem a representação do objeto em um arquivo de pacote e status de objeto. Tal classe estática foi extraída para reduzir a implementação de PackWriter, mantendo o princípio da responsabilidade única, e levar ObjectToPack para um nível superior, tornando-se uma parte pública e reutilizável da aplicação.

Etapas de Solução:

A resolução desse problema (large class) se dá pela extração de classes e subclasses para dividir as responsabilidades da classe atual. Neste exemplo foi criada uma nova classe e inserido os campos e métodos relacionados a funcionalidade relevante nela.

- Primeiramente foi criada e declarada uma nova classe, ObjectToPack;
- Foram movidas todas as funcionalidade, campos e recursos referentes a ObjectToPack em PackWriter para a nova classe;
- A classe estática ObjectToPack em PackWriter e recursos utilizados somente por ela foram removidos;

Resultado:

A refatoração realizada ajudará a manter a aderência ao Princípio de Responsabilidade Única, eliminando a anomalia large class. O código das classes será mais óbvio, compreensível, e coeso, facilitando o processo de manutenção, tornando as classes mais tolerantes a mudanças.

Material Complementar:

<https://refactoring.guru/pt-br/extract-class>

Figura 8: Recorte do Exemplo trabalhado de *Large Class*.

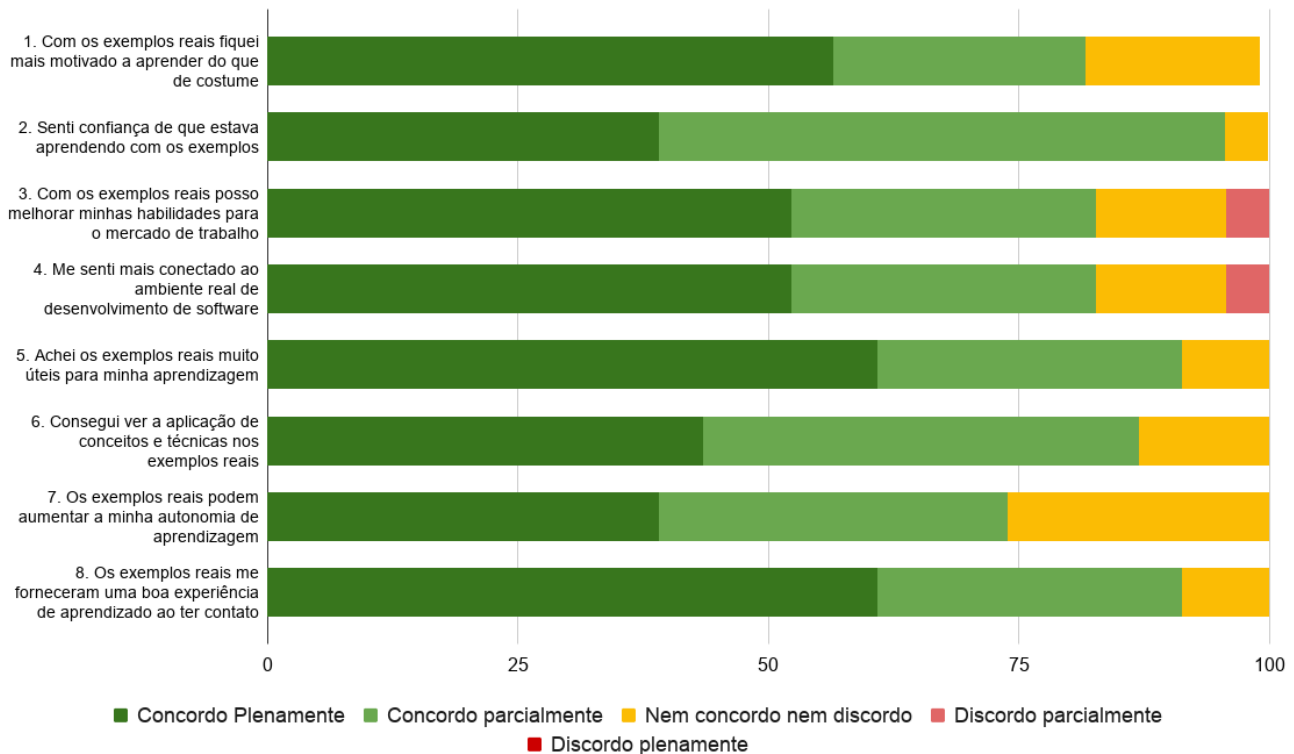


Figura 9: Resultados obtidos na aplicação do questionário aos estudantes.

e técnicas, 87% concordou que conseguiram ver a aplicação das técnicas e conceitos nos exemplos trabalhados, e outros 13% se manteve neutro.

A questão sete foi relacionada à autonomia, se os estudantes acreditam que os exemplos podem aumentar sua autonomia no aprendizado. De acordo com as respostas, 73,9% concordou com a afirmação e outros 26,1% se manteve neutro nesta questão. A última pergunta investigou se os estudantes sentiram que foi uma boa experiência de aprendizado ter contato com problemas reais de software, 91,3% concordou plenamente que foi uma boa experiência, e 8,7% se manteve neutro sobre a informação.

No fim do questionário, havia uma questão aberta na qual os estudantes podiam deixar comentários sobre a experiência com os exemplos trabalhados extraídos de projetos de SL. Apenas dois estudantes comentaram, sendo que os comentários foram sobre acharem interessante a utilização dos exemplos na aula. O primeiro citou “*Achei muito interessante.*”. O segundo estudante deixou um comentário parecido sobre a proposta dos exemplos trabalhados, sendo “*Achei muito interessante a utilização de exemplos reais.*”.

Diante dos resultados apresentados no questionário é possível notar que a maioria dos estudantes se sentiram motivados e confiantes, e acreditam que os exemplos trabalhados são úteis e podem ajudar a melhorar a autonomia no processo de aprendizagem. O uso dos exemplos trabalhados reais os aproximou do ambiente real de desenvolvimento de software, possibilitando uma boa experiência

de aprendizado, na qual podem melhorar as habilidades para o mercado de trabalho. Tais conclusões corroboram com a importância do uso de exemplos reais apresentados por Oliveira Jr et al. [6] em um estudo realizado com profissionais da indústria. Neste estudo os profissionais foram questionados, de forma aberta, sobre o que deveria melhorar no ensino de UML, e de 43 respostas, 19 citaram a importância de se utilizar exemplos reais no ensino.

A maior parte das respostas do questionário foram positivas, constituindo-se em uma evidência encorajadora para o uso dos exemplos trabalhados no ensino de ES, tendo como base o ponto de vista dos estudantes. Diante disso, pode-se observar também o potencial do portal para catalogação de exemplos trabalhados, do qual foram retirados os exemplos utilizados no estudo de caso, como recurso de apoio ao ensino de ES. Para o docente, o portal pode agir como um facilitador, ajudando a encontrar exemplos e projetos reais para aproximar o ensino de experiências mais realísticas.

6 AMEAÇAS À VALIDADE

Assim como toda pesquisa científica, este trabalho tem algumas limitações e ameaças. O número limitado de docentes que respondeu ao *survey* pode não representar uma parcela significativa da população abordada. O questionário foi divulgado em várias redes e grupos de professores e pesquisadores de ES, com o intuito de alcançar o maior número possível de respondentes. No entanto, o

número de respostas obtidas foi pequeno, sendo assim, os resultados obtidos no *survey*, e apresentados neste trabalho, são referentes à amostra respondente, e não há evidências que tais resultados são generalizáveis.

Além disso, a definição de exemplo trabalhado pode se assemelhar a de uma abordagem PBL (*Problem-based learning*) padrão. Para que os docentes não confundissem tais abordagens, ao decorrer de todo o questionário foi dada ênfase nas questões, de que o *survey* era sobre o uso de exemplos, a começar pelo título, denominado *Survey on the use of examples in SE*.

Com relação ao estudo de caso, nem todos os estudantes participantes do estudo responderam ao questionário. Como foi optativo, alguns estudantes optaram por não responder, e não se sabe o que motivou tal ação, sendo esta uma ameaça a validade dos resultados obtidos no estudo de caso.

Entende-se ainda que qualquer abordagem de ensino é dependente da condição em que é aplicada e do público alvo. Algumas metodologias se adaptam melhor a determinados conteúdos, e perfis de estudantes. Desta forma, o uso de exemplos trabalhados no contexto aplicado obteve bons resultados, levando em consideração a percepção dos estudantes, mas não é possível garantir que tal abordagem terá resultados semelhantes se aplicada em outras turmas, ou em outros contextos.

7 CONCLUSÃO

Neste trabalho, levando em consideração os diversos benefícios da utilização de exemplos trabalhados (*worked examples*), foi explorado o uso de exemplos trabalhados no ensino de Engenharia de Software. Para investigar tal contexto foi realizado um *survey* voltado para docentes de ES, com o intuito de explorar a utilização dos exemplos trabalhados, e as dificuldades dos docentes em encontrar bons exemplos.

Os resultados do *survey* mostraram que os docentes de ES utilizam exemplos trabalhados em suas disciplinas, mesmo que não saibam a definição de tal conceito. Uma boa parte desses docentes não utilizam exemplos reais, e tem dificuldades em encontrar bons exemplos. Essas dificuldades estão relacionadas à falta de disponibilidade de exemplos completos e que se adequem à disciplina, não saber onde procurar os exemplos, e não encontrar exemplos que abordem diferentes tópicos.

Além do *survey*, foi realizado um estudo de caso da aplicação de exemplos trabalhados em sala de aula. O estudo de caso foi conduzido na disciplina de Arquitetura de Software, ministrada em dois cursos, Ciência da Computação, e Informática. Foram preparadas e ministradas aulas nas quais os exemplos trabalhados foram utilizados para abordar os tópicos de Anomalias Arquiteturais, e Refatoração. Tais exemplos foram buscados em um portal para catalogação de exemplos trabalhados extraídos de projetos de software livre. Desta forma, os exemplos trabalhados utilizados eram reais, e apoiaram-se em projetos de software livre.

Para avaliar a aplicação dos exemplos trabalhados em sala de aula os estudantes responderam um questionário, com perguntas objetivas sobre o impacto que os exemplos tiveram na aprendizagem. O *feedback* gerado pelas respostas dos estudantes foi positivo, a utilização desses exemplos em sala de aula pode agir em aspectos como motivação e confiança no processo de aprendizado, gerar uma

maior autonomia por parte dos estudantes, além de aproximá-los de experiências reais de desenvolvimento, que pode fazê-los amadurecer profissionalmente, desenvolvendo habilidades importantes para o mercado de trabalho. Desta forma, tendo como base o ponto de vista dos estudantes, e os resultados positivos obtidos, pode-se encorajar o uso de exemplos trabalhados em disciplinas relacionadas a área de ES.

Como trabalho futuro planeja-se realizar um estudo no qual docentes responsáveis por disciplinas de ES apliquem exemplos trabalhados em suas aulas, seguido da coleta da *feedback* desses docentes, a fim de avaliar suas percepções em relação ao uso de exemplos trabalhados. Espera-se também avaliar o desempenho dos estudantes, comparando a aprendizagem utilizando exemplos trabalhados, com a aprendizagem sem o uso dos exemplos.

REFERÊNCIAS

- [1] Robert K Atkinson, Alexander Renkl, and Mary Margaret Merrill. 2003. Transitioning from studying examples to solving problems: Effects of self-explanation prompts and fading worked-out steps. *Journal of educational psychology* 95, 4 (2003), 774.
- [2] William M Carroll. 1994. Using worked examples as an instructional support in the algebra classroom. *Journal of educational psychology* 86, 3 (1994), 360.
- [3] Xingliang Chen, Antonija Tanja Mitrovic, and Moffat Matthews. 2019. Learning from worked examples, erroneous examples and problem solving: towards adaptive selection of learning activities. *IEEE Transactions on Learning Technologies* (2019).
- [4] Mohsen Dorodchi and Nasrin Dehbozorgi. 2016. Utilizing open source software in teaching practice-based software engineering courses. In *2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*. IEEE, 1–5.
- [5] Fleurie Nivelstein, Tamara Van Gog, Gijis Van Dijck, and Henny PA Boshuizen. 2013. The worked example and expertise reversal effect in less structured tasks: Learning to reason about legal cases. *Contemporary Educational Psychology* 38, 2 (2013), 118–125.
- [6] Edson Oliveira Jr, Thelma Elita Colanzi, Aline Amaral, Andre Cordeiro, João Choma Neto, and Simone Souza. 2021. Ensino, Aprendizagem e Uso Profissional da UML em Maringá Região. In *Proceedings of the 29th WEI – Workshop sobre Educação em Computação*. –.
- [7] Gustavo Henrique Lima Pinto, Fernando Figueira Filho, Igor Steinmacher, and Marco Aurélio Gerosa. 2017. Training software engineers using open-source software: the professors' perspective. In *2017 IEEE 30th Conference on Software Engineering Education and Training (CSE&T)*. IEEE, 117–121.
- [8] Arianne Rourke and John Sweller. 2009. The worked-example effect using ill-defined problems: Learning to recognise designers' styles. *Learning and Instruction* 19, 2 (2009), 185–199.
- [9] Rolf Schwonke, Alexander Renkl, Carmen Krieg, Jörg Wittwer, Vincent Alevin, and Ron Salden. 2009. The worked-example effect: Not an artefact of lousy control conditions. *Computers in Human Behavior* 25, 2 (2009), 258–266.
- [10] Fernanda Gomes Silva, Moara Sousa Brito, Jenifer Vieira Toledo Tavares, and Christina von Flach G Chavez. 2019. FLOSS in Software Engineering Education: Supporting the Instructor in the Quest for Providing Real Experience for Students. In *Proceedings of the XXXIII Brazilian Symposium on Software Engineering*. ACM, 234–243.
- [11] E. Smith, R. Loftin, E. Murphy-Hill, C. Bird, and T. Zimmermann. 2013. Improving developer participation rates in surveys. In *6th International Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering (CHASE)*. 89–92.
- [12] John Sweller, Jeroen JG Van Merriënboer, and Fred GWC Paas. 1998. Cognitive architecture and instructional design. *Educational psychology review* 10, 3 (1998), 251–296.
- [13] Simone de França Tonhão, Thelma Elita Colanzi, and Igor Steinmacher. 2020. A portal for cataloging worked examples extracted from open source software. In *Proceedings of the 34th Brazilian Symposium on Software Engineering*. 493–498.
- [14] Tamara Van Gog and Liesbeth Kester. 2012. A test of the testing effect: acquiring problem-solving skills from worked examples. *Cognitive Science* 36, 8 (2012), 1532–1541.
- [15] Tamara Van Gog, Liesbeth Kester, and Fred Paas. 2011. Effects of worked examples, example-problem, and problem-example pairs on novices' learning. *Contemporary Educational Psychology* 36, 3 (2011), 212–218.
- [16] Elias E Yaacoub, Robert M Groves, Zaher Dawy, Floyd J Fowler Jr, Mick P Couper, James M Lepkowski, Eleanor Singer, and Roger Tourangeau. 2004. *Survey Methodology*. Vol. 337. John Wiley & Sons.