

What are the differences between group and individual modeling when learning UML?

Williamson Silva, Bruno
Gadelha

Universidade Federal do Amazonas
(UFAM)
Manaus – AM – Brazil
{williamson.silva, bruno}
@icomp.ufam.edu.br

Igor Steinmacher

School of Informatics, Computing and
Cyber Systems - NAU, AZ– USA
Departamento de Computação-UTFPR
Campo Mourão, PR– Brazil
igorfs@uftpr.edu.br

Tayana Conte

Universidade Federal do Amazonas
(UFAM)
Manaus – AM – Brazil
tayana@icomp.ufam.edu.br

ABSTRACT

Unified Modeling Language (UML) is a widely used modeling language in the software industry. However, students face difficulties while learning how to model complete and correct UML diagrams. In order to minimize these difficulties, educators perform individual and/or group modeling activities during class. Despite the importance of this problem, there are few experience reports comparing students' performance on these two forms of practicing modeling exercises in the classroom. In this context, this paper describes an empirical study aiming to compare the effects of modeling exercises carried out individually and in group. We evaluated the correctness and completeness of the UML diagrams and use case specification produced by the students and their perceptions about both forms of organization. The results showed that although the students presented difficulties in understanding the syntax, they modeled the use case specification and the class diagram more correctly individually. On the other hand, the students modeled the diagram and use case specification, and the sequence diagram more completely in group. Differently from what we expected, these results suggest that if the instructor's goal is for students to learn to design more correct and complete models, performing group activities not always show more positive learning outcomes. Instead, in some cases, individual modeling is likely to yield better results.

CCS CONCEPTS

• **Social and professional topics** → Computing education; *Computing education programs*; Computer science education; • **Software and its engineering** → **Software notations and tools** → **System description languages**; Unified Modeling Language (UML); Specification languages • **Applied computing** → **Education**; Collaborative learning.

KEYWORDS

Teaching UML, Software Modeling Education, Collaborative Modeling, Individual Modeling, Empirical Study.

ACM Reference format:

W. Silva, B. Gadelha, I. Steinmacher, T. Conte. 2018. What are the differences between group and individual modeling when

learning UML? In *Proceedings of SBES'18, São Carlos, SP, Brazil, September 17-21, 2018*, 10 pages.
<https://doi.org/>

1 INTRODUÇÃO

A capacidade de abstração é considerada uma das habilidades mais importantes na Engenharia de Software [1,2], pois permite uma compreensão abrangente de um conceito específico ou um problema usando diferentes níveis de detalhamento [1,3]. A partir do pensamento abstrato, estudantes e profissionais conseguem compreender, analisar e projetar os modelos utilizados durante o desenvolvimento de software [1,2].

A *Unified Modeling Language* (UML) vem sendo adotada como a linguagem de modelagem padrão para a representação gráfica dos modelos de análise e projeto [4,5], através dos seus diagramas. A capacidade de modelar o software visualmente e compreender esses diagramas são habilidades importantes na indústria de software [6]. Assim, projetar um software utilizando os diagramas da UML se torna uma necessidade para estudantes e profissionais de software [4,7] e, portanto, é considerada parte central da educação em Engenharia de Software [4,8]. Mesmo com o protagonismo da UML, estudantes e profissionais demonstram dificuldades em compreender a sintaxe e a semântica dos diagramas [9], dificuldades em organizar as informações nos diagramas [2,7], dificuldades em utilizar corretamente associações do tipo generalização-especialização [2,7], dentre outras. Essas dificuldades podem afetar a qualidade do software produzido, pois os diagramas criados representarão o software de forma incompleta e/ou incorreta [2,9].

Para minimizar essas dificuldades, os professores realizam exercícios individualmente e/ou em grupos para apoiar o processo de ensino e aprendizagem dos diagramas da UML [10,11]. Chi e Wylie [12] e Koedinger *et al.* [13] afirmam que, quando os estudantes são envolvidos em atividades práticas realizadas individualmente ou em grupo, eles tendem a se envolver em processos de aprendizagem específicos e isso pode impactar na construção do conhecimento e nos tipos de habilidades que os estudantes adquirem. Durante a resolução de problemas, atividades realizadas individualmente podem ser mais benéficas do que em grupo [14]. Trabalhar individualmente possibilita que os estudantes sejam mais práticos, pois não terão que compartilhar tarefas com os outros membros da equipe e não precisarão realizar pausas para explicar as suas ações/decisões

[14,15]. Por outro lado, as atividades realizadas em grupo possibilitam aos estudantes construir o conhecimento junto com os outros membros da equipe, ajudando e desenvolvendo uma compreensão conceitual mais profunda sobre o conteúdo que está sendo ensinado [16]. Com isso, espera-se que, ao realizar os trabalhos em grupo, os estudantes tenham maior capacidade para relacionar uma determinada informação e construir esquemas cognitivos de maior qualidade do que ao realizar os trabalhos individualmente [17]. Portanto, acredita-se que os resultados de aprendizagem alcançados por estudantes que trabalham em equipe sejam melhores do que aqueles alcançados por estudantes que realizam atividades práticas individualmente [17]. Embora as atividades realizadas em grupo e individualmente sejam utilizadas com frequência em sala de aula [12,13,18], poucos estudos experimentais foram realizados visando comparar e demonstrar o desempenho dos estudantes e identificar os pontos positivos e negativos das atividades práticas realizadas individualmente e em grupo [19,20].

Dada a importância dos diagramas da UML, que são os principais artefatos usados nas diferentes atividades do processo de desenvolvimento de software [4], neste trabalho buscou-se comparar os efeitos de realizar as atividades de modelagem em grupo e individualmente. Para isso, realizou-se um estudo experimental com dezoito estudantes de graduação da Universidade Federal do Amazonas. Neste estudo, os diagramas elaborados pelos estudantes foram avaliados em termos de correteza e completude. Além disso, com objetivo de obter dados relacionados às dificuldades e facilidades dos estudantes ao realizar atividades de modelagem em grupo e individualmente, foi conduzida uma sessão de Grupo Focal [21,22]. Os dados coletados foram analisados empregando alguns procedimentos de codificação [23].

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta os trabalhos relacionados à esta pesquisa; a Seção 3 descreve o planejamento e execução do estudo experimental; a Seção 4 apresenta os resultados encontrados neste estudo; a Seção 5 apresenta as discussões dos resultados encontrados neste estudo; a Seção 6 descreve as ameaças à validade deste estudo. Por fim, a Seção 7 apresenta as conclusões e os trabalhos futuros.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

A modelagem é essencial em qualquer atividade humana [24]. Um diagrama é uma descrição abstrata de um problema e pode ser utilizado para representar uma das soluções possíveis para os requisitos do problema a ser resolvido [24]. Os diagramas da UML são os principais artefatos usados não apenas para apoiar propostas de *brainstorming*, análise e *design*, mas também para gerar o código do sistema [1]. A UML é uma notação diagramática que é amplamente utilizada na indústria de software como uma linguagem para especificar sistemas de software [4,5]. Por este motivo, a UML é também utilizada na academia como uma ferramenta para modelar sistemas e ensinar o paradigma orientado a objetos [4,25]. No entanto, o ensino de UML é um grande desafio para os professores de Engenharia de

Software, devido à complexidade dos conceitos de modelagem [3,25]. Além disso, durante as avaliações dos estudantes, alguns professores focam apenas na qualidade dos diagramas elaborados [4]. Contudo, Gemino e Wand [26] sugerem que, além de avaliar os diagramas gerados pelos estudantes, faz-se necessário compreender a eficácia das atividades realizadas em sala de aula. Essas atividades algumas vezes são realizadas em grupo e/ou individualmente [5,27].

Boberic-Krsticev e Tesendic [28], por exemplo, relatam as experiências e as lições aprendidas no curso de Análise e Projeto Orientado a Objetos (APOO). O curso trata da modelagem de um sistema de informação utilizando os diagramas da UML. Para isso, os estudantes trabalham em grupos de até quatro membros e propõem o sistema que desejam modelar. Como resultados, os autores observaram que os estudantes estavam ativamente envolvidos no processo de aprendizagem e foram capazes de aplicar os conceitos que estavam sendo ensinados. Os autores relatam ainda que, depois de enviar seus projetos, os estudantes obtiveram um melhor entendimento sobre APOO [28].

Scanniello e Erra [29] apresentam dois estudos experimentais em que utilizaram um método baseado em *Think-Pair-Square*, durante o processo de criação de diagramas de casos de uso. Nesse método, o estudante inicia realizando a modelagem individualmente (*Think*), em seguida, os estudantes trabalham em pares (*Pair*). Por fim, os estudantes trabalham em um grupo com um número par de estudantes (*Square*), maior ou igual a quatro. Como resultados dos experimentos, os autores perceberam que os diagramas de casos de uso melhoravam cada vez que os estudantes passavam de uma etapa para outra [29]. Além disso, o método permitiu que os estudantes melhorassem a capacidade de trabalhar de forma compartilhada.

A partir dos trabalhos apresentados acima, selecionados por meio de um mapeamento sistemático da literatura [30], percebe-se que há estudos que relatam as vantagens de atividades de modelagem em grupo sobre a individualizada [27,29,30]. No entanto, há poucas pesquisas que buscam avaliar experimentalmente as atividades de modelagem realizadas em grupo e individualmente, visando compreender quais auxiliam os estudantes a elaborar diagramas mais corretos e completos e quais as percepções dos estudantes sobre essas atividades. Portanto, é relevante investigar se a forma de organizar os estudantes (individualmente ou em grupo) influencia na qualidade dos diagramas da UML elaborados.

3 ESTUDO EXPERIMENTAL

Realizou-se um estudo experimental com o objetivo de comparar os efeitos de organizar os estudantes (individual e em grupo) durante a elaboração dos seguintes diagramas: diagrama de casos de uso, diagrama de classes e diagrama de sequência. Esses diagramas foram selecionados por representar as três visões mais comuns da UML [9,31]: visão funcional (diagrama de casos de uso); visão estrutural (diagrama de classes) e a visão comportamental (diagrama de sequência). Os estudantes também representaram o comportamento dos casos de uso utilizando a especificação de casos de uso de acordo com o *template* proposto

What are the differences between group and individual modeling when learning UML?

por Cockburn [32], pois tal especificação auxilia na elaboração do diagrama de sequência [9]. As formas utilizadas para organizar os estudantes foram comparadas em termos de corretude e completude dos diagramas/especificação modelados. Analisou-se também a percepção dos estudantes sobre as formas empregadas para elaborar os diagramas e a especificação. A versão completa do pacote experimental encontra-se disponível no relatório técnico [33].

3.1 Contexto do Experimento

Este estudo foi conduzido com 18 estudantes voluntários do curso de Sistemas de Informação da Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Os estudantes estavam cursando a disciplina de Análise e Projeto de Sistemas, que é ofertada anualmente e tem como objetivo: (a) apresentar os fundamentos sobre os conceitos de análise e projeto orientado a objetos; e (b) projetar diagramas de sistemas através da Linguagem Unificada de Modelagem (UML).

3.2 Design do Experimento

As atividades e os papéis que compõem o processo de realização deste experimento serão descritas nas subseções a seguir.

3.2.1 Perfil dos pesquisadores. Quatro pesquisadores (Pesq1, Pesq2, Pesq3 e Pesq4) estavam envolvidos no experimento. Com relação à experiência em modelagem, o pesquisador Pesq1 possui quatro anos de experiência e os demais pesquisadores possuem mais de dez anos de experiência em ensino de modelagem. Sobre a experiência em análise qualitativa, todos os pesquisadores envolvidos tinham mais de quatro anos de experiência nesse tipo de análise.

3.2.2 Planejamento do experimento. Nesta etapa realizou-se a preparação dos materiais utilizados no experimento: elaboração do termo de consentimento, definição dos cenários e as instruções para o experimento. Todos os artefatos do estudo foram elaborados pelo primeiro autor (Pesq1) e revisados por outros dois pesquisadores (Pesq2 e Pesq3) mais experientes. Durante a revisão, quando os pesquisadores identificavam algum problema, uma nova versão do artefato era elaborada.

3.2.3 Execução do experimento. O experimento foi realizado como uma atividade prática avaliativa, já prevista na ementa da disciplina. No início do experimento, os pesquisadores Pesq1 e Pesq2 atuaram como moderadores, sendo responsáveis por passar as informações sobre a atividade para os estudantes. Quando os moderadores entregaram o termo de consentimento, foi explicado aos estudantes que eles poderiam não disponibilizar seus dados para o estudo, mas deveriam realizar a atividade. Todos os estudantes (18 estudantes) concordaram e assinaram o termo de consentimento. Após isso, os estudantes foram divididos aleatoriamente em dois grupos, que ficaram alocados em salas diferentes. Em cada sala havia um moderador. Considerou-se que o conhecimento em modelagem dos estudantes era homogêneo, pois todos estavam aprendendo os diagramas que realizaram e nenhum possuía experiência prévia na indústria. Além disso, ambos os grupos realizaram atividades

similares em momentos diferentes do estudo. A Figura 1 mostra a composição dos grupos de estudantes e o procedimento seguido no estudo. O estudo foi realizado em três sessões, cada sessão teve duração de duas aulas (1h40m). Todas as sessões do estudo foram realizadas na mesma semana. Nas duas primeiras sessões, os estudantes realizaram a modelagem para cenários específicos e na terceira sessão realizou-se o Grupo Focal.

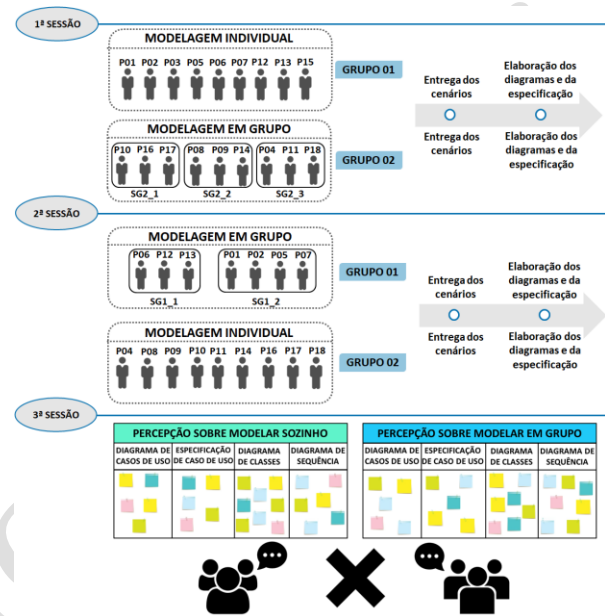


Figura 1: Procedimento seguido no estudo.

Na primeira sessão, os estudantes do Grupo 1 (G1) realizaram a modelagem individualmente. Enquanto isso, os estudantes do Grupo 2 (G2) realizaram a modelagem em grupo. Antes de realizar a modelagem com o G2, solicitou-se aos estudantes que formassem novos subgrupos que deveriam ser compostos por, no mínimo, três estudantes. Os estudantes decidiram quais estudantes fariam parte do seu grupo. Na segunda sessão, o processo foi invertido, isto é, os estudantes do G1 realizaram a modelagem em grupo e os estudantes do G2 individualmente. Desta forma, todos os estudantes realizaram as atividades de modelagem individualmente e em grupo. Na terceira sessão, os estudantes participaram de uma sessão de Grupo Focal [21,22]. Grupo Focal é uma técnica de coleta de dados qualitativos realizada por meio de entrevistas organizadas em grupo [21]. A configuração do Grupo Focal permite que seja dado um foco em um tópico específico, mediado por um moderador, e que os participantes desenvolvam as suas respostas e discutam a partir das ideias dos outros, enriquecendo as informações obtidas [21,22].

A sessão do Grupo Focal foi dividida em três etapas. Na primeira etapa, cada estudante anotou em papéis coloridos as dificuldades, facilidades, pontos positivos, negativos ou dúvidas que teve ao elaborar cada um dos diagramas/especificação, em grupo e individualmente. Após isso, cada estudante levantava,

colocava o papel colorido em um quadro (ver [Figura 2](#)) e explicava o que havia anotado no cartão colorido. O moderador, então, solicitava aos outros estudantes que opinassem sobre o ponto comentado, seja concordando ou não com a opinião do colega. A sessão teve duração de 1h30m e todas as informações dessa sessão foram gravadas pelo moderador, com o consentimento dos participantes que estavam presentes.



Figura 2: Sessão do Grupo Focal.

3.2.4 Análise dos Resultados. Os pesquisadores analisaram os diagramas e as especificações elaboradas e as percepções relatadas pelos estudantes durante a sessão do Grupo Focal. Nesse estudo, foram utilizados os conceitos de corretude e completude representando as métricas objetivas adotadas para avaliar a qualidade dos diagramas e da especificação elaborados pelos estudantes [34,35]. Segundo Granda *et al.* [34], o termo corretude define o quanto um diagrama/especificação emprega corretamente os elementos e os relacionamentos, de acordo com a sintaxe da notação, sendo afetada por defeitos de inconsistência, informação estranha, fato incorreto e ambiguidade. Já a completude define o quanto um diagrama apresenta as informações necessárias de acordo com o propósito da modelagem. A completude está relacionada à semântica, em que o diagrama/especificação representa todos os requisitos do domínio do problema. Com isso, a omissão de informações reduz a completude do artefato [34]. Devido a isso, a corretude e a completude foram calculadas separadamente: corretude para avaliar o quão correto estavam os elementos dos diagramas/especificações; e completude para avaliar se o diagrama/especificações estava de acordo com o domínio do problema.

A [Tabela 1](#) mostra as fórmulas utilizadas para calcular a corretude e a completude dos diagramas e da especificação, baseada na fórmula proposta por Silva *et al.* [36]. Para categorizar os defeitos, definiu-se um grau de severidade para cada defeito identificado: leve – quando o defeito não prejudica a compreensão e entendimento do diagrama/especificação; médio – quando as informações/elementos estão incompletos/ambíguos no diagrama/especificação e/ou uso de elementos de forma incorreta; grave – defeitos de notação ou omissão dos elementos/requisitos que comprometem o entendimento do diagrama/especificação. Dessa forma, a completude e a corretude

podem variar de 0,00 (pior resultado possível) a 1,00 (melhor resultado possível). Para avaliar cada diagrama (diagrama de casos de uso, diagrama de classes diagrama e diagrama de sequência) e as especificações utilizou-se itens de verificação, que estão melhor descritos em [33]. A avaliação dos diagramas/especificações foi realizada pelo Pesq1, que identificou e classificou os defeitos, e foi revisada e discutida com mais outros dois pesquisadores (Pesq3 e Pesq4). Realizou-se também uma análise específica sobre os comentários dos estudantes coletados no Grupo Focal. Primeiramente, os comentários dos estudantes foram analisados qualitativamente utilizando procedimentos de codificação [23], em seguida, em vez de definir as categorias e discuti-las, optou-se por fazer uso de algumas citações dos estudantes ao longo do artigo como forma de enriquecer algumas das descobertas dos resultados quantitativos. A análise foi conduzida pelo Pesq1 e discutida com um segundo pesquisador (Pesq4), que possui mais de cinco anos de experiência nesse tipo de análise. Isto foi realizado a fim de mitigar o viés eventualmente causado pela participação de um único pesquisador no processo de codificação.

Tabela 1: Fórmula utilizada para as métricas.

Fórmula
$\text{Corretude} = \frac{\text{EC}}{\text{EC} + \frac{(1 \times \text{EI}_{\text{Leve}}) + (2 \times \text{EI}_{\text{Médio}}) + (3 \times \text{EI}_{\text{Grave}})}{6}}$
<p>onde, EC: Elementos Corretos (número de elementos modelados corretamente no diagrama/especificação). EI: Elementos Incorretos (número de elementos modelados incorretamente no diagrama/especificação).</p>
$\text{Completude} = \frac{\text{IR}}{\text{IR} + \frac{(1 \times \text{FI}_{\text{Leve}}) + (2 \times \text{FI}_{\text{Médio}}) + (3 \times \text{FI}_{\text{Grave}})}{6}}$
<p>onde, IR: Informações Revelantes (número de informações necessárias e relevantes do cenário que estão presentes no diagrama/ especificação). FI: Falta de Informações (número de informações necessárias e relevantes que não estão presentes no diagrama/especificação).</p>

4 RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados quantitativos e qualitativos obtidos nesse estudo.

4.1 Resultados da Análise da Corretude

A [Tabela 2](#) apresenta uma visão geral dos resultados da corretude dos diagramas e da especificação elaborados individualmente e em grupo. Na [Tabela 2](#), os participantes P3 e P15 estão sinalizados com "--", pois não puderam comparecer ao segundo dia do estudo.

Tabela 2: Valores da corretude dos diagramas e da especificação.

P.	CORRETUDE							
	Diagrama de Casos de Uso		Especificação de Caso de Uso		Diagrama de Classes		Diagrama de Sequência	
	Ind.	Gru.	Ind.	Gru.	Ind.	Gru.	Ind.	Gru.
P01	0,97	0,97	0,95	0,95	0,98	1,00	0,00	0,96
P02	1,00	0,97	0,95	0,95	0,98	1,00	0,97	0,96
P03	1,00	--	0,99	--	0,91	--	0,92	--
P04	0,00	1,00	0,97	0,95	0,98	0,99	0,98	0,97
P05	1,00	0,97	0,95	0,95	0,92	1,00	0,92	0,96
P06	0,94	1,00	0,92	1,00	1,00	0,98	0,96	0,94
P07	1,00	0,97	0,98	0,95	1,00	1,00	0,00	0,96
P08	0,99	0,97	0,91	0,97	0,00	0,97	0,94	0,95
P09	0,96	0,97	1,00	0,97	0,97	0,97	0,93	0,95
P10	0,92	1,00	0,97	0,97	1,00	0,96	0,95	0,95
P11	0,96	1,00	1,00	0,95	1,00	0,99	0,00	0,97
P12	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,96	0,94
P13	0,83	1,00	0,94	1,00	0,97	0,98	0,00	0,94
P14	0,00	0,97	1,00	0,97	0,98	0,97	0,95	0,95
P15	0,78	--	1,00	--	0,99	--	0,94	--
P16	1,00	1,00	1,00	0,97	1,00	0,96	0,93	0,95
P17	1,00	1,00	1,00	0,97	1,00	0,96	0,98	0,95
P18	0,83	1,00	1,00	0,95	1,00	0,99	0,88	0,97
M.	0,84	0,99	0,97	0,97	0,93	0,98	0,73	0,95
Md.	0,97	1,00	0,99	0,97	0,99	0,98	0,94	0,95
DP	0,31	0,02	0,03	0,02	0,23	0,02	0,40	0,01

Legenda: P. - Participantes; Ind. - Individual; Gru. - Grupo; M. - Média; Md. - Mediana; DP - Desvio Padrão.

Devido ao número reduzido de estudantes em cada grupo, não foi possível realizar o teste de hipótese, pois a quantidade de observações foi muito baixa para a aplicação de métodos estatísticos [37]. Então, explorou-se a estatística descritiva e apresentou-se graficamente as principais características dos dados coletados. Na Figura 3, é possível observar de forma resumida, os valores da corretude dos diagramas e das especificações elaborados pelos estudantes.

No que diz respeito à corretude dos **diagramas de casos de uso**, os valores das medianas para os diagramas modelados individualmente e em grupo foram próximas, 0,97 e 1,00, respectivamente. Contudo, percebe-se que os valores da corretude dos diagramas de casos de uso elaborados individualmente estão mais dispersos, diferente dos valores da modelagem em grupo. Embora a maioria dos diagramas de casos de uso tenham obtido boa corretude, alguns problemas foram identificados, principalmente no que diz respeito aos diagramas modelados individualmente. Por exemplo, uso incorreto da direção das setas dos relacionamentos de inclusão (*includes*) e extensão (*extends*), não descrição do nome do ator e uso incorreto da direção das setas de especialização e generalização. Com relação ao primeiro problema, este foi relatado pelo estudante P05, enquanto elaborava o diagrama individualmente: “*tive dificuldade no diagrama de casos de uso, porque quando você está sozinho surgem dúvidas (...) em questão de organização, como fazer as setas relacionadas aos includes e extends.*” O estudante

P10 afirmou que não teve este tipo de dificuldade em grupo, pois o grupo “*ajudou a identificar a questão dos includes e extends, a verificar a direção, (...) a gente discute com o grupo sobre isto.*”

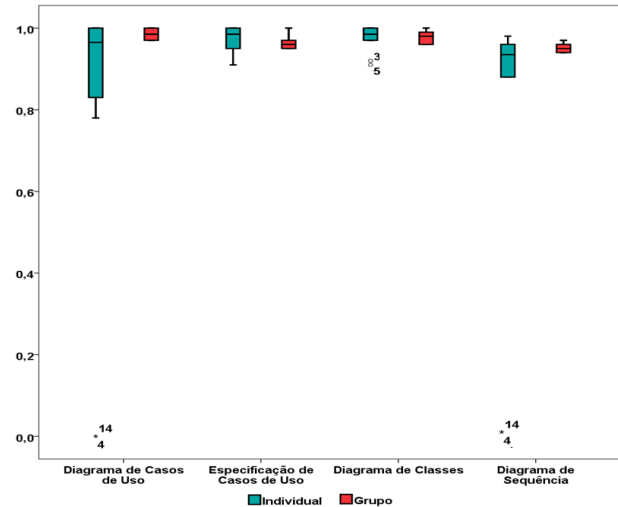


Figura 3: Boxplots com os resultados da corretude.

Sobre a corretude das **especificações de caso de uso**, o valor da mediana da corretude das especificações geradas em grupo e individualmente são bem próximos, 0,99 para as realizadas individualmente e 0,97 em grupo. Além disso, os valores da corretude em ambos os casos estão concentrados ao redor da mediana. A especificação de casos de uso possui poucas regras que estão relacionadas à sua sintaxe. Acredita-se que, por esse motivo, foram identificados poucos defeitos sintáticos: inclusão incorreta das dependências de outros casos de uso na especificação e pré-condições definidas incorretamente. Por exemplo, o estudante P13 disse que ao especificar sozinho sentiu “*dificuldade em determinar as pré-condições do caso de uso e o fluxo principal.*” Além disso, esse estudante comentou: “*eu tenho bastante dificuldade (sozinho) em lembrar os nomes dos campos da especificação de casos de uso, o objetivo e o fluxo principal.*”

Os valores da mediana da corretude dos **diagramas de classes** modelados em grupo e individualmente estão concentrados ao redor da mediana. Isto ocorreu mesmo tendo dois estudantes (P03 e P05) que obtiveram valores abaixo da maioria (0,91 e 0,92, respectivamente) ao realizar a atividade individualmente. Um dos defeitos mais comum é que alguns atributos estavam alocados em classes erradas. Outro defeito identificado foi a utilização incorreta da multiplicidade no diagrama de classes. Com relação à sintaxe desse diagrama, os estudantes não relataram dificuldades ou facilidades ao modelar este diagrama em grupo ou individualmente.

Por fim, no que diz respeito à corretude dos **diagramas de sequência**, é possível perceber na Figura 3 que, apesar dos valores da mediana estarem próximos, os diagramas de sequência modelados individualmente encontram-se mais dispersos. Isto ocorreu pois, na maioria dos diagramas, os

estudantes não modelaram de forma correta a interação entre objetos – que é realizada através do controlador. Este tipo de defeito também ocorreu quando os estudantes realizaram a modelagem em grupo. Percebeu-se ainda que nos diagramas modelados individualmente e em grupo, alguns dos objetos estavam com nomes incorretos. Isto pode ter sido ocasionado devido ao descuido dos estudantes durante a modelagem.

4.2 Resultados da Análise da Completude

A Tabela 3 apresenta uma visão geral dos resultados da completude dos diagramas e da especificação que foram elaborados individualmente e em grupo. Na Tabela 3, os participantes P3 e P15 estão sinalizados com "--", pois não puderam comparecer ao segundo dia do estudo.

Tabela 3: Valores da completude dos diagramas e da especificação.

P	COMPLETUDE							
	Diagrama de Casos de Uso		Especificação de Caso de Uso		Diagrama de Classes		Diagrama de Sequência	
	Ind.	Gr.	Ind.	Gr.	Ind.	Gr.	Ind.	Gr.
P01	1,00	0,89	0,99	0,97	0,96	0,71	0,00	0,68
P02	1,00	0,89	0,96	0,97	0,86	0,71	0,82	0,68
P03	0,89	--	0,96	--	0,46	--	0,32	--
P04	0,00	1,00	0,81	0,90	0,80	0,77	0,73	0,65
P05	0,86	0,89	0,95	0,97	0,62	0,71	0,51	0,68
P06	0,96	0,93	0,92	0,88	0,94	0,69	0,89	0,58
P07	1,00	0,89	0,83	0,97	0,67	0,71	0,45	0,68
P08	1,00	0,94	0,93	0,98	0,67	0,83	0,56	0,66
P09	0,86	0,94	0,77	0,98	0,80	0,83	0,71	0,66
P10	0,89	1,00	0,89	0,96	0,67	0,73	0,54	0,51
P11	0,92	1,00	0,91	0,90	0,80	0,77	0,00	0,65
P12	1,00	0,93	0,88	0,88	0,62	0,69	0,61	0,58
P13	0,98	0,93	0,95	0,88	0,82	0,69	0,76	0,58
P14	0,00	0,94	0,94	0,98	0,78	0,83	0,68	0,66
P15	0,92	--	0,93	--	0,72	--	0,65	--
P16	0,89	1,00	0,98	0,96	0,89	0,73	0,79	0,51
P17	1,00	1,00	0,83	0,96	0,78	0,73	0,55	0,51
P18	0,93	1,00	0,99	0,90	0,86	0,77	0,78	0,65
M.	0,84	0,93	0,91	0,94	0,76	0,74	0,58	0,62
Md.	0,93	0,94	0,93	0,96	0,79	0,73	0,63	0,65
DP	0,31	0,07	0,06	0,04	0,13	0,05	0,25	0,06

Legenda: Part. – Participantes; Ind. – Individual; Gru. – Grupo; M. – Média; Md. – Mediana; DP – Desvio Padrão.

Na Figura 4 é possível observar, de forma resumida, os valores da completude dos diagramas e das especificações elaborados pelos estudantes.

Com relação à completude do **diagrama de casos de uso**, os valores das medianas dos diagramas gerados individualmente e em grupo foram bem próximas, 0,93 e 0,94, respectivamente. Vale ressaltar ainda que dois estudantes (P04 e P14) não realizaram a modelagem desse diagrama individualmente. Além disso, dois estudantes (P05 e P09) obtiveram desempenho menor ao realizar a modelagem individualmente (0,86). Em contrapartida, seis estudantes (P01, P02, P07, P08, P12 e P17)

tiveram o melhor desempenho (1,00). No que diz respeito aos diagramas elaborados em grupo, os subgrupos SG2_1 (P10, P16 e P17) e SG2_3 (P04, P11 e P18) obtiveram o melhor desempenho (1,00) e o subgrupo SG1_2 (P01, P02, P05 e P07) obteve o pior desempenho (0,89). Sobre os defeitos cometidos pelos estudantes, percebeu-se que os estudantes tiveram dificuldades em identificar os casos de uso e em determinar o nível correto de granularidade dos casos de uso. Isso pode ter ocorrido, pois quando estão com dúvidas, os estudantes tendem a derivar alguns casos de uso em casos de uso menores. Isso afeta na perda da ideia das principais funcionalidades do sistema e das relações entre elas. Além disso, percebeu-se que houve defeitos relacionados à identificação e às relações entre casos de uso.

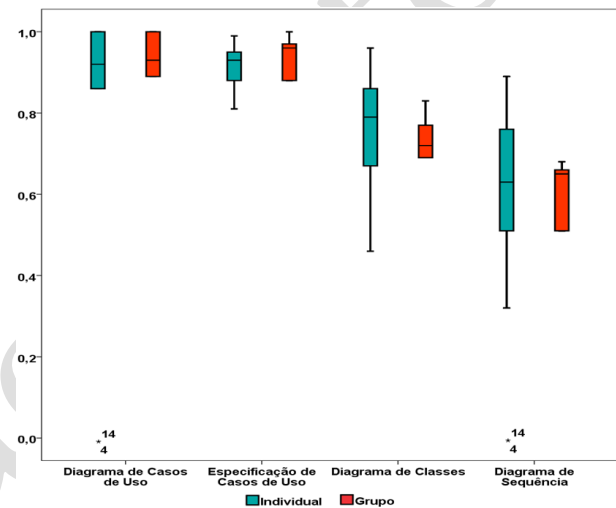


Figura 4: Boxplots com os resultados da completude.

Quanto à preferência de realizar a modelagem do diagrama de casos de uso individualmente, o estudante P04 comentou: “modelar o diagrama de caso de uso individualmente foi bom porque não gastei tempo tentando explicar minha compreensão do problema para a equipe, assim consegui modelar com mais detalhes.” O estudante P09 concordou com este ponto, pois se torna “mais fácil modelar o diagrama de casos de uso (individualmente), já que se segue uma única linha de raciocínio.” Além disso, o estudante P12 ressaltou que: “é um diagrama (casos de uso) muito importante porque vai basear todos os outros e se muitas pessoas ficarem discutindo acabam entrando em conflito.” Em relação à modelagem do diagrama de casos de uso em grupo, o estudante P05 relatou que é “mais fácil fazer em grupo (...) pelo fato da pessoa conseguir ter mais ideias e também discutir se aquele caso de uso que se está querendo colocar é ou não útil no diagrama.” O estudante P02 complementou dizendo que: “é mais fácil trabalhar o diagrama de casos de uso em grupo (...) com uma equipe coesa que tem a capacidade de trabalhar em grupo, que consegue ouvir a opinião do outro e que sabe ceder quando é necessário, no final, a gente vai chegar um diagrama de melhor qualidade (...) essas visões diferentes, essas leituras diferentes acabam contribuindo.” A partir destes resultados, percebe-se que

não houve diferença com relação à completude ao modelar o diagrama de casos de uso em grupo e individualmente. Contudo, alguns estudantes ressaltaram que quando a modelagem foi realizada em grupo, eles podiam discutir alguns pontos que poderiam ou não ser representados no diagrama de casos de uso. Como já previsto, o trabalho realizado em grupo possibilitou que os estudantes melhorassem as suas habilidades de discussão e de trabalho em equipe.

No que diz respeito à completude das **especificações de caso de uso**, o valor da mediana para as especificações elaboradas individualmente foi de 0,93 e em grupo foi de 0,96. No entanto, percebe-se uma maior distribuição nos valores da completude das especificações elaboradas individualmente, quando comparado com os valores das elaboradas em grupo. Alguns dos defeitos cometidos pelos estudantes se relacionam à omissão de regras de negócio e omissão de algum fluxo de evento (alternativo e/ou exceção) necessário à completude do caso de uso. Apesar desses defeitos, na modelagem individual, o valor mínimo da corretude das especificações foi 0,77 (P09) e o valor máximo foi 0,99 (P01 e P18). Enquanto isso, na modelagem em grupo, o valor mínimo foi 0,88 (SG1_1 = P06, P12 e P13) e o valor máximo foi 0,98 (SG2_2 = P08, P09 e P14).

Quanto à percepção dos estudantes sobre a modelagem individual, o estudante P13 comentou o seguinte: *“é mais fácil fazer sozinho a especificação de casos de uso porque cada um já sabe o fluxo, a sua ideia.”* O estudante P03 concordou dizendo que *“a pessoa fica mais concentrada quando ela vai fazer a especificação de casos de uso.”* Contudo, alguns estudantes comentaram que preferiram modelar em grupo: *“quando fiz em grupo a especificação de casos de uso, eu senti mais facilidade, porque se falta algum certo conhecimento no fluxo alternativo, por exemplo, outro colega pode ir lá e ajudar a fornecer esse conhecimento”* (P12). O subgrupo SG1_1, composto pelos estudantes P06, P12 e P13, obteve o menor desempenho ao especificar o caso de uso em grupo. Sobre isso, o estudante P13 comentou que teve essa dificuldade devido à *“organização, pois cada um tem uma forma de especificar os casos de uso.”* Do ponto de vista quantitativo, percebeu-se que os estudantes realizaram a especificação de forma mais completa em grupo, uma vez que os valores estão mais agrupados ao redor da mediana. Isto pode ter ocorrido pois, em grupo, os estudantes realizaram uma revisão do que se estava especificando, conforme relatado pelo estudante P02: *“fazer em grupo a especificação foi melhor no sentido de revisão, por esse ponto o trabalho em grupo foi mais produtivo.”*

Quanto à completude do **diagrama de classes**, os valores da corretude dos diagramas elaborados em grupo estavam mais concentrados ao redor da mediana, diferentemente da distribuição observada para os diagramas gerados individualmente. Apesar do valor da mediana dos diagramas modelados individualmente (0,79) estar maior que a do grupo (0,73), percebeu-se que teve estudantes que obtiveram bons resultados e outros não tão bons. Por exemplo, ao modelar individualmente, o estudante P01 obteve o melhor desempenho (0,96), seguido pelo estudante P06 (0,94), enquanto que o estudante P03 foi o que teve o pior desempenho (0,46). No que

diz respeito aos defeitos cometidos pelos estudantes nesse diagrama, o principal foi a omissão de classes importantes para o domínio do problema e o uso incorreto das classes associativas. Os estudantes tinham dificuldades em entender que quando há uma classe associativa, essa classe deve possuir um atributo que seja uma coleção de objetos resultantes de outras duas classes.

Um ponto interessante identificado nesse resultado é que, mesmo tendo obtido resultados melhores quando trabalharam individualmente, os estudantes preferiram modelar o diagrama em grupo. Em relação à isso, o estudante P03, que teve o pior desempenho individual na modelagem desse diagrama, comentou: *“o diagrama de classes tem que pensar como uma implementação do sistema e em grupo seria melhor de trabalhar para sua construção, pois há dúvidas com relação à comunicação das classes que seria melhor decidir com o grupo.”* Contudo, o estudante P13 disse que *“o diagrama de classes realizado individualmente foi mais fácil por eu seguir um foco”*, no entanto, ele completou dizendo que *“isso pode ser um pouco prejudicial, então é melhor depois que fazer individualmente submeter à apreciação do grupo para melhorar.”* O estudante P01 confirmou dizendo que *“uma pessoa sozinha fazendo um diagrama de classes, às vezes, pode esquecer algum detalhe, alguma coisa mais importante, um método ou um atributo ou pode até criar classes que não existem. Então várias pessoas podem acabar ajudando.”* O estudante P14 disse que modelar em grupo ajuda a *“(…) pensar no problema, uma vez que poder dividir o problema em equipe é muito mais simples e leva a um resultado muito mais rápido.”* O estudante P02 complementou dizendo que *“diferentes analistas têm visões diferentes visões do domínio do problema. Isto acaba enriquecendo o diagrama que a gente produz.”*

Por fim, na completude do **diagrama de sequência**, o valor da mediana (0,63) dos diagramas elaborados individualmente foi abaixo da mediana dos elaborados em grupo (0,65). Contudo, percebeu-se que ocorreu a mesma dispersão apresentada no diagrama de classes, ou seja, houve uma grande quantidade de estudantes que tiveram um bom desempenho modelando individualmente e outros estudantes que tiveram um mau desempenho. Os estudantes P06 e P02 obtiveram o melhor desempenho (0,82). Já os estudantes P03 e P07 obtiveram os piores desempenhos (0,32 e 0,45, respectivamente) modelando individualmente. Com relação à facilidade de realizar a modelagem individualmente, o estudante P02 relatou que *“é mais fácil você manter o foco na sua linha de raciocínio quando você está trabalhando sozinho no diagrama de sequência. Como é uma sequência, (...) às vezes uma interferência, uma opinião de outra pessoa pode acabar te desviando da sua linha de raciocínio e fazendo você cometer algum tipo de engano no diagrama.”* O estudante P09 complementou dizendo que *“o diagrama de sequência é uma parte mais mecânica na modelagem, (...) seria uma coisa mais simples de você fazer individualmente, porque não requer você organizar as ideias como você está fazendo nos diagramas anteriores.”* Com relação à modelagem em grupo, o subgrupo SG1_2 (P01, P02, P05 e P07) realizou o diagrama de sequência de forma mais completa. Já o subgrupo SG1_1 (P06, P12 e P14) foi o que obteve o pior desempenho. O estudante P10

disse que teve dificuldade em realizar a modelagem desse diagrama em grupo: *“a dificuldade de fazer o diagrama de sequência (...) foi que precisava primeiro finalizar a descrição dos casos de uso. Então, ficou assim muito dependente, pois tinha que está muito alinhado com o outro que estava descrevendo o caso de uso.”* Ou seja, os estudantes dividiram o trabalho entre os membros da equipe para tentar tornar a modelagem mais rápida, contudo, essa decisão acabou gerando uma dependência de atividade entre os membros da equipe.

Vale a pena ressaltar a completude era calculada de forma independente da corretude, ou seja, para cada diagrama, os pesquisadores avaliaram se o mesmo representava completamente o domínio do problema (completude) e se estava de acordo com as regras sintáticas da linguagem (corretude). Baseado nisso, os resultados mostraram que os estudantes tiveram problemas ao elaborar completamente os diagramas de sequência em grupo e individualmente. Isso pode estar relacionado à incompletude dos diagramas de classes previamente elaborados, pois os estudantes não conseguiram representar o domínio do problema completamente através desse diagrama. Esse problema refletiu diretamente na incompletude dos diagramas de sequência. Isso também pode ter sido ocasionado pelo fato dos estudantes não compreenderem que os diferentes tipos de diagramas da UML, como diagramas de sequência e diagrama de classes, estão relacionados entre si, embora cada um deles aborde um aspecto particular do mesmo sistema. Sobre esse ponto, apesar de ter obtido o pior desempenho ao realizar o diagrama de classes e o diagrama de sequência individualmente, o estudante P03 relatou que *“quando estava construindo o diagrama de sequência sozinho, às vezes via que alguma coisa estava faltando no diagrama de classes, (então) voltava para o diagrama de classes e corrigia.”* Na modelagem em grupo, todos os subgrupos realizaram a modelagem do diagrama de sequência e, apesar de terem obtidos baixos resultados de completude, alguns estudantes perceberam que precisavam manter uma rastreabilidade entre os diagramas. Sobre isso, o estudante P10 comentou o seguinte: *“o grupo tinha uma noção do que ia ter no diagrama de classes e a gente fez o diagrama de classes daquele jeito (uma primeira versão). Depois fomos fazer o diagrama de sequência, aí no diagrama de sequência a gente acabou vendo que precisava fazer algumas coisas no diagrama de classes e acabava melhorando-o.”*

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Baseado nos resultados relacionados à corretude, percebeu-se que os estudantes elaboraram a especificação de casos de uso e o diagrama de classes de forma mais correta individualmente, enquanto que os diagramas de casos de uso e de sequência foram modelados de maneira mais correta em grupo. Contudo, os estudantes apresentaram mais dificuldades em entender a sintaxe modelando individualmente que em grupo. Este já era um resultado esperado. Porém, o que se esperava também é que os estudantes elaborassem diagramas mais corretos ao realizar a modelagem em grupo, uma vez que houve um alto nível de participação dos estudantes e as várias pessoas observando a

notação poderiam ajudar a melhorar a qualidade sintática dos diagramas, o que, de fato, não ocorreu. Com isso, parte dos resultados desse estudo são semelhantes aos de Dennis *et al.* [19,20]. No estudo realizado por Dennis *et al.* [19,20], os resultados mostraram que os diagramas que são construídos por um modelador têm melhor qualidade sintática do que os que são construídos em grupo.

Em relação à completude, percebeu-se que os estudantes elaboraram o diagrama e especificação de caso de uso e o diagrama de sequência de forma mais completa em grupo. No entanto, os mesmos não foram tão completos quanto se esperava. Esse não era o resultado esperado pois, os estudantes podiam discutir com os colegas sobre o problema e sugerir melhorias. Os resultados apenas mostraram que a completude dos diagramas e da especificação elaborados em grupo não foi tão dispersa quanto aos dos realizados individualmente. Os resultados mostraram também que os estudantes modelaram o diagrama de classes de forma mais completa individualmente. Baseando-se na literatura, com relação à completude, os resultados encontrados nesse estudo são diferentes dos resultados encontrados por Dennis *et al.* [19,20]. Dennis *et al.* [19,20] não encontraram diferença significativa entre a completude dos diagramas elaborados em grupo dos construídos individualmente.

Os resultados deste estudo também mostraram que alguns estudantes se destacaram ao realizar a modelagem individualmente, por exemplo, os estudantes P01, P02, P08 e P16. Com isso, percebeu-se que ao realizar a modelagem em grupo, alguns dos membros das equipes, das quais estes estudantes faziam parte, que tinham obtidos resultados inferiores individualmente, conseguiram obter melhores resultados ao realizarem em grupo. Do ponto de vista pedagógico, este é um ponto que merece destaque, pois permite que os estudantes que apresentem dificuldades em modelagem possam aprender com outros estudantes mais experientes, além de melhorar a qualidade da colaboração, incentivando a comunicação e a contribuição ativa dos estudantes.

Portanto, respondendo à pergunta sugerida no título deste artigo *“Quais são as diferenças entre modelar em grupo e individualmente durante a aprendizagem de UML?”*, os resultados deste estudo trazem indícios de que nem sempre as atividades práticas de modelagem em grupo fazem com que os estudantes se envolvam em processos eficazes de aprendizagem e obtenham os melhores resultados. Às vezes, ao realizar atividades de modelagem individuais é possível obter resultados de aprendizagem melhores. Esses resultados são corroborados pelos resultados obtidos por Kirschner *et al.* [17]. Segundo os autores, mesmo os estudantes estando engajados em um ambiente de aprendizagem em que os grupos são efetivamente formados, com processos de aprendizagem cognitivos apoiados com sucesso, não há garantia da melhoria do aprendizado de todos os estudantes [17].

6 AMEAÇAS À VALIDADE

Nesta seção são apresentadas as ameaças relacionadas a esse

estudo, classificadas em quatro categorias: validade interna, validade externa, validade de *constructo* e conclusão [38].

Validade Interna: Neste estudo foram consideradas quatro principais ameaças: (1) uso dos cenários para realizar a modelagem, (2) fadiga dos participantes, (3) influência do pesquisador, e (4) influência do grupo sobre as percepções dos estudantes. Em relação à primeira ameaça, os cenários poderiam afetar o estudo, caso os estudantes não os entendessem. Esta ameaça foi minimizada utilizando requisitos explícitos e de forma similar aos exercícios aplicados durante as aulas. Em relação à fadiga dos participantes, poderia haver influência nos resultados, devido ao fato dos estudantes terem modelado os três diagramas e a especificação textual do estudo nos dois primeiros dias do experimento. No entanto, esta ameaça foi controlada utilizando cenários que poderiam ser construídos no período de tempo estipulado. Além disso, cada sessão do estudo foi realizada em dias diferentes e teve duração de duas aulas (1h40). Para mitigar a ameaça da influência do pesquisador nos resultados do experimento (3), a análise quantitativa foi revisada por mais dois pesquisadores (Pesq3 e Pesq4), enquanto que a análise qualitativa foi revisada e discutida com outro pesquisador (Pesq4), que possui mais de cinco anos de experiência nesse tipo de análise. Sobre a ameaça (4), ao solicitar que os estudantes anotassem suas percepções nos papéis coloridos e lessem para os outros estudantes, pode ser que alguns destes tenham sido influenciados de alguma forma. Para minimizar esta ameaça, os estudantes foram orientados pelos moderadores a darem opiniões e comentários tão sinceros quanto possível.

Validade Externa: Neste estudo, considerou-se como ameaças: (1) validade dos cenários utilizados, (2) conhecimentos anteriores, e (3) formação dos subgrupos. Em (1), não se pode afirmar que os cenários que foram utilizados durante o processo de modelagem representem todos os tipos de cenários possíveis. Com relação ao nível de conhecimento (2), todos os estudantes já haviam concluído uma disciplina introdutória sobre modelagem e estavam aprendendo os diagramas que realizaram e nenhum possuía experiência prévia na indústria. Sobre a ameaça (3), os estudantes se auto-organizaram nos subgrupos, pois esperava-se que isso não influenciasse no engajamento e possibilitasse melhor colaboração.

Validade de Constructo: Neste estudo, considerou-se como ameaça as métricas utilizadas para avaliar os diagramas/especificação elaborados pelos estudantes: corretude e completude. No entanto, essas métricas são comumente adotadas em estudos que investigam a utilização de diagramas da UML [34]. Portanto, esta ameaça não pode ser considerada um risco para a validade dos resultados.

Validade de Conclusão: Neste estudo, o maior problema é o tamanho da amostra, dezoito estudantes. No entanto, amostras reduzidas são um problema conhecido em estudos em ES [38]. Devido a este fato, haverá uma limitação nos resultados, sendo estes considerados indícios. Como trabalhos futuros pretende-se replicar esse estudo com uma amostra maior.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Este artigo apresentou um estudo experimental, que avaliou os efeitos de realizar atividades práticas de modelagem de software individualmente e em grupo. No que diz respeito à corretude dos diagramas e da especificação, os resultados mostraram que, dependendo do diagrama que se está ensinando, em alguns casos a modelagem realizada em grupo possibilitou que os estudantes elaborassem diagramas mais corretos (diagrama de casos de uso e diagrama de sequência), enquanto que em outros a modelagem individual obteve resultados melhores (especificação de casos de uso e diagrama de classes). Quanto à completude, percebeu-se que os estudantes, ao realizar a atividade em grupo, elaboraram o diagrama e a especificação de casos de uso e o diagrama de sequência de forma mais completa. Contudo, modelar o diagrama de classes individualmente foi melhor que em grupo. Percebeu-se também que devido aos estudantes não conseguirem modelar os diagramas de classes de forma completa, isto refletiu diretamente na completude dos diagramas de sequência, uma vez que este diagrama depende diretamente da modelagem completa do diagrama de classes. Estas dificuldades foram percebidas tanto nas modelagens realizadas em grupo e individualmente.

Embora a prática de exercícios de modelagem em grupo, na maioria das vezes, seja relatada na literatura como mais eficaz que individualmente, os resultados deste estudo indicam que o oposto, às vezes, é verdadeiro. Estes resultados sugerem que se o objetivo do professor for que os estudantes aprendam a projetar os diagramas mais corretos e completos, nem sempre a prática de modelagem em grupo obterá resultados de aprendizagem mais positivos. Em vez disso, em alguns casos, é provável que a modelagem realizada individualmente forneça resultados melhores, conforme demonstram alguns dos resultados deste estudo. Contudo, a percepção dos estudantes em relação à modelagem em grupo foi melhor, pois os estudantes se envolviam mais durante a discussão, permitindo melhorar a qualidade dos diagramas elaborados.

A partir dos resultados deste estudo, algumas questões foram criadas: o tamanho das equipes influenciou nos resultados? A formação das equipes influenciou durante a modelagem em grupo? A modelagem em pares seria mais efetiva, uma vez que as decisões não dependeriam do consenso entre muitas pessoas? O perfil dos estudantes e o estilo de aprendizagem de cada estudante foram fatores que afetaram o estudo? Nesse sentido, como trabalhos futuros, pretende-se realizar novos estudos experimentais: (a) replicando este estudo com mais estudantes e em outros contextos (diferentes cursos, diferentes estados, instituições de ensino privadas e públicas, cursos noturnos e/ou diurnos); (b) identificando fatores que podem influenciar na modelagem em grupo e individual; (c) utilizando métodos que auxiliem na formação dos grupos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da CAPES, através do processo 175956/2013 e do CNPQ através dos processos

311494/2017-0, 430642/2016-4, e 423149/2016-4. Agradecemos também aos participantes do estudo e aos pesquisadores do USES-UFAM pelas contribuições na execução deste estudo.

REFERÊNCIAS

- [1] O. Hazzan and J. Kramer. 2007. Abstraction in computer science & software engineering: A pedagogical perspective. *Frontier Journal*, v. 4, n. 1, 6-14.
- [2] V. Sien. 2010. Teaching Object-Oriented Modelling using Concept Maps. *Journal Electronic Communications of the European Association of Software Science and Technology*, v. 34, 1-13. DOI: <http://dx.doi.org/10.14279/tuj.eceasst.34.590.619>
- [3] Zakarya. A. Alzamil. 2013. Influence of Software Modeling and Design on Domain-Specific Abstract Thinking: Student's Perspective. *Journal of Software Engineering and Applications*, v. 6, n. 10, 543-553. DOI: <https://doi.org/10.4236/jsea.2013.610065>
- [4] A. Dittmar, G. Buchholz and M. Kühn. 2017. Effects of facilitation on collaborative modeling sessions with a multi-touch UML editor. *39th International Conference on Software Engineering: Software Engineering and Education Track (ICSE-SEET)*. IEEE/ACM, Buenos Aires, AR, 97-106. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICSE-SEET.2017.14>
- [5] D. Dranidis, I. Stamatopoulou and M. Ntuka. 2015. Learning and Practicing Systems Analysis and Design with StudentUML. *7th Balkan Conference on Informatics*. ACM, Craiova, Romania, 41-50. DOI: <https://doi.org/10.1145/2801081.2801104>
- [6] J. Boustedt. 2012. Students' different understandings of class diagrams. *Journal of Computer Science Education*. TAYLOR & FRANCIS ONLINE v. 22, n. 1, 29-62. DOI: <https://doi.org/10.1080/08993408.2012.665210>
- [7] K. Siau and P-P. Loo. 2006. Identifying difficulties in learning UML. *Journal of Information Systems Management*. TAYLOR & FRANCIS ONLINE, v. 23, n. 3, 43-51. DOI: <https://doi.org/10.1201/1078.10580530/46108.23.3.20060601/937065>
- [8] A. Santos, G. Vale, and E. Figueiredo. 2015. Does Online Content Support UML Learning? An Empirical Study. *XXIX Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software (SBES 2015) - VIII Fórum de Educação em Engenharia de Software (FEES)*. Belo Horizonte, MG, BR, 36-47.
- [9] Z. Ma. 2017. An approach to improve the quality of object-oriented models from novice modelers through project practice. *Frontiers of Computer Science*. SPRINGER, v. 11, n. 3, 485-498. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11704-016-5164-8>
- [10] R. Francese, C. Gravino, M. Risi, G. Scanniello and G. Tortora. 2015. Using Project-Based-Learning in a mobile application development course—An experience report. *Journal of Visual Languages & Computing*. ELSEVIER, v. 31, 196-205. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jvlc.2015.10.019>
- [11] Kenneth R. Koedinger, Julie L. Booth and D. Klahr. 2013. Instructional complexity and the science to constrain it. *Science*, v. 342, n° 6161, 935-937. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1238056>
- [12] Michelele T. H. Chi and R. Wylie. 2014. The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes. *Journal of Educational Psychologist*, v. 49, n. 4, 219-243. DOI: <https://doi.org/10.1080/00461520.2014.965823>
- [13] Kenneth R. Koedinger, Albert T. Corbett and C. Perfetti. 2012. The Knowledge-Learning-Instruction (KLI) framework: Bridging the science-practice chasm to enhance robust student learning. *Journal of Cognitive Science*, v. 36, n. 5, 757-798. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1551-6709.2012.01245.x>
- [14] D. Diziol, N. Rummel and H. Spada. 2009. Procedural and conceptual knowledge acquisition in mathematics: where is collaboration helpful? *Proceedings of the 9th International Conference on Computer Supported Collaborative Learning*. ACM, Rhodes, Greece, v. 1, 178-187.
- [15] D. Mullins, N. Rummel and H. Spada. 2011. Are two heads always better than one? Differential effects of collaboration on students' computer-supported learning in mathematics. *Internacional Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*. SPRINGER, v. 6, n. 3, 421-443. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11412-011-9122-z>
- [16] Robert G. M. Hausmann, Michelele T. H. Chi and M. Roy. 2004. Learning from collaborative problem solving: An analysis of three hypothesized mechanisms. *26th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, 547-552.
- [17] F. Kirschner, F. Paas, and P. Kirschner. 2009. Individual and group-based learning from complex cognitive tasks: Effects on retention and transfer efficiency. *Computers in Human Behavior*. ELSEVIER v. 25, 306-314. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2008.12.008>
- [18] Jennifer K. Olsen, N. Rummel and V. Alevan. 2017. Learning Alone or Together? A Combination Can Be Best! *International Society of the Learning Sciences*. Philadelphia, PA, USA, 95-102.
- [19] Alan R. Dennis, Glenda S. Hayes and Robert M. Daniels Jr. 1999. Business process modeling with group support systems. *Journal of Management Information Systems*, v. 15, 115-142. DOI: <https://doi.org/10.1080/07421222.1999.11518224>
- [20] Alan R. Dennis, Glenda S. Hayes and Robert M. Daniels Jr. 1994. Re-engineering Business Process Modeling. *Proceedings of the Twenty-Seventh Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS 1994)*. IEEE, Wailea, USA, 244 - 253. DOI: <https://doi.org/10.1109/HICSS.1994.323490>
- [21] Breno Bernard N. de França, Talita V. Ribeiro, Paulo Sérgio M. dos Santos and G. Horta Travassos. 2015. Using focus group in software engineering: lessons learned on characterizing software technologies in academia and industry. In *XVIII Ibero-American Conference on Software Engineering (CIBSE 2015) - Workshop de Engenharia de Software Experimental (ESELAW 2015)*, Lima, Peru, 351-364.
- [22] J. Kontio, L. Lehtola and J. Bragge. 2004. Using the focus group method in software engineering: obtaining practitioner and user experiences. *International Symposium on Empirical Software Engineering (ISESE'04)*. IEEE, Redondo Beach, CA, USA, 271-280. DOI: <https://doi.org/10.1109/ISESE.2004.1334914>
- [23] A. Strauss and J. Corbin. 1998. Basics of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory. *2nd ed.* SAGE Publications, London.
- [24] J. Börstler, L. Kuzniarz, C. Alphonse, B. Sanders and M. Smialek. 2012. Teaching software modeling in computing curricula. In *Proceedings of the 17th Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITICSE'12)*. ACM, Haifa, Israel, 39-50. DOI: <https://doi.org/10.1145/2426636.2426640>
- [25] S. Moisan and J-P Rigault. 2010. Teaching object-oriented modeling and UML to various audiences. *International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems (MODELS 2009)*. SPRINGER, 40-54. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-12261-3_5
- [26] A. Gemino and Y. Wand. 2004. A framework for empirical evaluation of conceptual modeling techniques. *Requirements Engineering*. SPRINGER, v. 9, 248-260. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00766-004-0204-6>
- [27] N. Baghaei, A. Mitrovic and W. Irwin. 2007. Supporting collaborative learning and problem-solving in a constraint-based CSCL environment for UML class diagrams. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, v. 2, n. 2, 159-190. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11412-007-9018-0>
- [28] D. Boberic-Krsticev, and D. Tesendic. 2013. Experience in teaching OOAD to various students. *Informatics in Education*, v. 12, n. 1, 43-58.
- [29] G. Scanniello and U. Erra. 2014. Distributed modeling of use case diagrams with a method based on think-pair-square: Results from two controlled experiments. *Journal of Visual Languages & Computing*. ELSEVIER v. 25, n°. 4, 494-517. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jvlc.2014.03.002>
- [30] W. Silva, I. Steinmacher and T. Conte. 2017. Mapeamento Sistemático da Literatura sobre as dificuldades relacionadas ao Ensino de Diagramas da UML. TR-USES-2017-019. Disponível em: <http://uses.icomp.ufam.edu.br/relatorios-tecnicos/>.
- [31] M. Mishbaudain and M. Alshayeb. 2017. An integrated metamodel-based approach to software model refactoring. *Journal of Software & Systems Modeling*. SPRINGER, 1-38. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10270-017-0628-3>
- [32] A. Cockburn, 2001. Writing Effective Use Cases, Vol. 1, Addison-Wesley, Boston.
- [33] W. Silva, B. Gadelha, I. Steinmacher and T. Conte. 2018. Relatório Técnico com os artefatos do estudo sobre realizar práticas de modelagem individual e em grupo. TR-USES-2017-009. Disponível em: <http://uses.icomp.ufam.edu.br/relatorios-tecnicos/>.
- [34] M. Granda, N. Condori-Fernández, T. Vos and O. Pastor. 2015. What do we know about the defect types detected in conceptual models? *9th International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS)*. IEEE, Athens, Greece, 88-99. DOI: <https://doi.org/10.1109/RCIS.2015.7128867>
- [35] Ana L. Medeiros, L. Fernandes, T. Batista and L. Minora. 2007. Requisitos e Arquitetura de Software Orientada a Aspectos: Uma Integração Sinérgica. *XXI Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software (SBES 2007)*, João Pessoa, Paraíba, Brazil, 199-215.
- [36] W. Silva, I. Steinmacher and T. Conte. 2017. Is it Better to Learn from Problems or Erroneous Examples? *The 30th IEEE Conference on Software Engineering Education and Training (CSE&T 2017)*. IEEE, Savannah, GA, USA, 222- 231. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/CSE&T.2017.42>
- [37] H. Kozirolek, and V. Firus. 2005. Empirical evaluation of model-based performance prediction methods in software development. In *Quality of Software Architectures and Software Quality*, pp. 188-202.
- [38] C. Wöhlin, P. Runeson, M. Höst, M. C. Ohlsson, B. Regnell, and A. Wesslén. 2012. Experimentation in software engineering, Springer Science & Business Media. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-29044-2>