

ComFAPOO: Método de Ensino de Programação Orientada à Objetos Baseado em Aprendizagem Significativa e Computação Física

ComFAPOO: Method of Object-Oriented Programming Teaching Based on Meaningful Learning and Physical Computing

Humberto Augusto Piovesana Zanetti
Centro Estadual de Educação
Tecnológica Paula Souza (CEETEPS)
ORCID:0000-0001-6108-148X
humberto.zanetti@fatec.sp.gov.br

Marcos Augusto Francisco Borges
Universidade Estadual de
Campinas (UNICAMP)
ORCID: 0000-0003-3580-5178
maborges@unicamp.br

Ivan Luiz Marques Ricarte
Universidade Estadual de
Campinas (UNICAMP)
ORCID: 0000-0003-4832-9318
ricarte@unicamp.br

Resumo

Um das maiores dificuldades dos alunos iniciantes em Programação Orientada a Objetos é o exercício de abstração, algo necessário para a compreensão dos conceitos mais fundamentais. Embora esse paradigma seja ministrado há décadas, ainda é um desafio para o professor encontrar ferramentas e métodos para amparar suas práticas de ensino que sejam efetivas e motivadoras para o aluno. Tendo em vista essa necessidade, este artigo apresenta um método de ensino de programação baseado na teoria da Aprendizagem Significativa e nos recursos da Computação Física, incluindo uma análise de sua aplicação em oficinas de ensino de Programação Orientada a Objetos. O método ComFAPOO (Computação Física para Aprendizagem de Programação Orientada a Objetos) busca auxiliar nas principais dificuldades de alunos iniciantes no ensino paradigma orientado a objetos. A principal estratégia do método é propor uma transição gradual de modelos concretos (componentes eletrônicos) para modelos mais abstratos (código-fonte), que possam interagir por meio da programação, elucidando conceitos abstratos em representações mais tangíveis e representativas. Foram realizadas oficinas com 80 alunos de ensino técnico e superior e os resultados qualitativos e quantitativos dessa aplicação apontam para a efetividade do método e sua viabilidade como instrumento didático no auxílio na compreensão de conceitos fundamentais da Programação Orientada a Objetos.

Palavras-Chave: Ensino de Programação Orientada a Objetos; Aprendizagem Significativa; Computação Física; Abstração

Abstract

One of the most recurrent difficulties for students in Object-Oriented Programming is abstraction, being necessary to understand the most fundamental concepts. Although the paradigm has been taught for decades, it is still a challenge for teachers to find tools and methods to support their teaching practices that are effective and motivating for the student. This article presents a programming teaching method based on the theory of Meaningful Learning and on Physical Computing resources, including an analysis of its application in Object Oriented Programming teaching workshops. The ComFAPOO (Physical Computing for Learning Object-Oriented Programming – “Computação Física para Aprendizagem de Programação Orientada a Objetos”) method is a teaching strategy and teaching materials that aims to help with the main difficulties of beginning students in the object-oriented paradigm learning. The main strategy of the method is to propose a gradual transition from concrete models (electronic components) to more abstract models (source code), which can interact through programming, elucidating abstract concepts into more tangible and representative representations. Workshops were held with 80 technical instruction education and higher education students, and the qualitative and quantitative results of this application point to the effectiveness of the method and its viability as a didactic tool in helping to understand fundamental concepts of Object-Oriented Programming.

Keywords: Object-Oriented Programming Learning; Meaningful Learning; Physical Computing; Abstraction.

1 Introdução

Pesquisas que discutem desafios para ensinar Programação Orientada a Objetos (POO) não são recentes (Knudsen & Madsen, 1988; Korson & McGregor, 1990; Kölling, 1999). Disciplinas que abordam o paradigma muitas vezes são as que trazem maior taxa de reprovação ou de evasão em cursos profissionais, como em nível técnico e superior (Piva Jr & Freitas, 2010). O paradigma POO frequentemente é apresentado após disciplinas fundamentais de programação, como Algoritmos ou Lógica de Programação e, com isso, alunos que tenham dificuldades oriundas dessas disciplinas se veem diante de uma nova visão de desenvolvimento de programas, podendo aumentar ainda mais as dificuldades e dúvidas.

Um grande impacto que ocorre com iniciantes em POO é a atividade de abstração que é necessária desde o primeiro contato com o paradigma. Or-Bach e Lavy (2004) indicam que a capacidade de abstrair é importante em qualquer atividade que envolva programação, especialmente em POO, pois toda a arquitetura do código-fonte é baseada em abstrações. É fundamental que, desde o início de uma disciplina de POO, o aluno tenha a capacidade de abstração para entender os conceitos mais fundamentais, como por exemplo, a relação entre classe e objeto (Eckerdal & Thuné, 2005).

Decker e Hirshfield (1994) apontam um problema com forte impacto para os iniciantes em POO, que é a troca do paradigma estruturado para o novo paradigma. Os alunos podem carregar dificuldades e dúvidas nas disciplinas iniciais de Algoritmos, que podem ser intensificadas com o ensino de POO. Mesmo para os alunos experientes em programação, o novo paradigma traz novos desafios.

Alunos iniciantes têm dificuldades em entender conceitos básicos da POO e suas aplicações em classes e objetos, pois, muitas vezes, não encontram relações com o mundo real ou com a realidade em que vivem (Yan, 2009). O ensino tradicional, diretamente explorando o código-fonte e seus editores com base de texto, sem antes entender ou interagir com o objeto que irá representar, pode não ser atrativo para o estudante, pois em seu dia a dia, eles interagem com interfaces mais tangíveis (como mouse ou tela do celular) e por meio de interfaces gráficas (Corral et al., 2014).

Apesar de um amplo conjunto de trabalhos voltados ao ensino de programação do paradigma POO, esta pesquisa identificou que poucos destes trabalhos utilizam recurso da CF com o objetivo de amparar o exercício de abstração, em especial nos conceitos fundamentais do paradigma. As pesquisas que se amparam nas premissas da teoria da AS no ensino de POO, com o objetivo de apresentar o conteúdo de forma gradual e focalizando nas relações dos conceitos, não fazem o alinhamento com o ferramental da CF, que pode ser base tanto para representações iniciais de conceitos quanto para demonstrar as relações entre eles.

Assim sendo, este trabalho tem como objetivo desenvolver um método de ensino que, por meio dos recursos da CF, possa promover uma aprendizagem de POO seguindo as bases fundamentais da AS, de uma maneira sistemática e organizada, que possa ser reproduzida e conduzida por educadores em práticas didáticas. Tendo em vista a demanda por soluções que visam prover novas formas de ensino de POO, motivando o aluno e amparando o exercício de abstração, o presente trabalho apresenta o método ComFAPOO (**Com**putação **F**ísica para **A**prendizagem de **P**rogramação **O**rientada a **O**bjetos) e uma análise de sua aplicação junto a alunos de ensino técnico e superior. Com a aplicação do método por meio de práticas didáticas (*workshops*), foi possível buscar evidências experimentais da eficácia do ComFAPOO, assim como identificar oportunidades para melhorias futuras.

O ComFAPOO é baseado em três pilares: premissas da teoria da Aprendizagem Significativa (AS), recursos da Computação Física (CF) e o processo instrucional do modelo *Concreteness Fading* (CoFa). O método proporciona a construção de correlações entre conceitos fundamentais da POO, além de estimular e ajudar no exercício de abstração. Para a validação dessa eficácia foram realizadas, por meio de questionários definidos pelo método, duas análises quantitativas, sendo uma referente à percepção dos alunos com relação ao conhecimento adquirido e outra para verificar a percepção de motivação e satisfação na adoção do ComFAPOO. Também foram aplicados questionários com respostas dissertativas abertas, buscando identificar aspectos negativos e positivos no método.

Este artigo está organizado em seis seções, incluindo esta Introdução. A Seção 2 apresenta uma breve fundamentação teórica sobre as principais bases conceituais do método ComFAPOO. A Seção 3 apresenta e discute alguns trabalhos relacionados à temática desta pesquisa. A Seção 4 descreve o método ComFAPOO, apresentando suas etapas e ilustrando com exemplos de atividades que o compõem. A Seção 5, por sua vez, apresenta como foi feita a aplicação de um *workshop* junto a alunos de nível médio e superior. Na Seção 6 são discutidos os resultados obtidos com a aplicação do método. Por fim, na Seção 7, são feitas as considerações finais e descritas as contribuições e limitações deste trabalho.

2 Fundamentação teórica

Nesta seção serão apresentadas brevemente as bases do método ComFAPOO: a teoria da AS, que visa conduzir o aprendizado do aluno por meio de significado e correlações de conceitos; a CF, que proporciona os recursos para tornar tangíveis e programáveis objetos concretos; CoFa, um processo instrucional de apresentação de conceitos de forma gradativas, partindo dos meios concretos para suas representações mais abstratas.

2.1 A teoria da Aprendizagem Significativa (AS)

A teoria da AS, desenvolvida por David Ausubel, apoia-se na aprendizagem por meio de materiais e conceitos que sejam potencialmente relevantes e significativos aos alunos. Ausubel (2003) afirma que o que determina se o conteúdo é significativo ou não é a percepção particular do aluno, por meio de conhecimento prévios, ou até mesmo questões sociais. Cabe ao educador prover recursos que possam ter o potencial significativo e que possam ser relevantes para a construção do conhecimento.

Segundo Novak (2002), a AS depende de uma estrutura organizada de conceitos que, facilmente, possam se relacionar com conceitos previamente apresentados ou adquiridos. Deve haver uma interação entre os conceitos novos e os conhecimentos já adquiridos pelos alunos, interação essa que seja especificamente relevante na estrutura cognitiva do aprendiz (Moreira, 2006). A teoria da AS não é um processo que pode ser diretamente aplicado em uma prática de ensino, mas fornece diretrizes que podem conduzir o educador a aplicar técnicas e instrumentos para promovê-la, para dar condições para que essa aprendizagem ocorra (Moreira, 2003).

A AS é uma proposta que contrapõe uma aprendizagem “mecânica”. A *aprendizagem mecânica* é aquela em que o aprendizado não prioriza os significados pessoais e a relação de novos conceitos com anteriores. O novo conhecimento é armazenado de maneira arbitrária (sem relação previamente definida) e literal pelo indivíduo, que pode até ser capaz de reproduzir esse conhecimento que, de fato, não tem significado para ele (Moreira, 2006). Segundo Moreira (2003), ao contrário da aprendizagem mecânica, a AS privilegia a interação entre conhecimentos

existentes e novos, sendo conduzidos por meio de uma *linguagem*, ou seja, um mecanismo que leve esse conjunto de conhecimentos até o alcance do aluno.

O conhecimento prévio relevante e específico, existente na estrutura cognitiva do sujeito e que permite dar significado a um novo conhecimento, é chamado de ideia-âncora ou *subsunçor*¹. O conceito de “ancoragem” é a organização e a integração de um novo conhecimento na estrutura mental já existente. Durante esse processo, os novos conhecimentos ganham significado, ganhando maior estabilidade cognitiva (Moreira, 2010). O educador desempenha o papel daquele que não apenas expõe o novo conhecimento, mas que também estimula a correlação e motiva o aluno a participar do processo. Segundo Moreira e Mansini (2001), a AS pressupõe: a) que o conteúdo a ser aprendido seja potencialmente significante para o aluno, sendo relacionável à sua estrutura de conhecimento; b) que o aluno esteja disposto a relacionar o novo conhecimento à sua estrutura cognitiva.

O processo de assimilação, defendido pela AS, é chamado também de processo de “*subsunção*”, por meio do *princípio de assimilação*. (Moreira & Mansini, 2001; Ausubel, 2003). Esse princípio descreve a visão de Ausubel para a organização e assimilação do novo conhecimento na estrutura cognitiva do sujeito. Na visão da AS, a aprendizagem deve ser feita de forma gradativa, com os conceitos sendo assimilados pelos aprendizes após serem apresentados, desenvolvidos e correlacionados por meio de interações.

Ausubel (2003) defende que a assimilação de conceitos é facilitada quando os elementos mais gerais são apresentados logo no início e, depois, progressivamente diferenciados, em detalhes e especificidade. Esse processo é definido como *diferenciação progressiva*, com as ideias mais gerais e mais inclusivas (menos complexas e com melhor assimilação) são apresentadas primeiro e depois desenvolvidas e incorporadas em novos contextos ou relacionadas com outras. Essa integração de conceitos deve fazer parte da estratégia e material instrucional do professor, sempre deixando claro quais são similaridades com demais conceitos e como eles se correlacionam. Essa etapa de integração de conceitos é chamada de *reconciliação integrativa* (Moreira & Mansini, 2001). Moreira e Mansini (2001) descrevem esses conceitos da seguinte forma:

- *diferenciação progressiva*: processo pelo qual o material instrucional deve ser preparado para que as ideias mais gerais e com maior potencial de assimilação sejam apresentadas antes, para que depois sejam progressivamente diferenciadas. Essa diferenciação pode ser por meio de detalhamento específico ou conexões com outros conceitos;
- *reconciliação integrativa*: processo pelo qual o material didático deve explorar a relação das ideias e conceitos apresentados, apontar similaridades e diferenças entre eles, reconciliando as divergências entre eles. Nessa etapa, o objetivo é integrar todos os conceitos, definindo suas relações e contribuições para estrutura do conhecimento em geral.

A Figura 1 apresenta uma representação esquemática do modelo hierárquico de *diferenciação progressiva* (em vermelho) e de *reconciliação integrativa* (em azul).

Segundo Ausubel (2003) e Moreira e Mansini (2001), a *diferenciação progressiva* é um princípio que deve ser levado em consideração no momento de desenvolver e programar o conteúdo que será apresentado ao aluno, como os conceitos e ideias mais gerais e inclusivas sendo apresentadas primeiro. A organização do conteúdo na mente de um indivíduo se apresenta como

¹ Para esse artigo serão utilizados os termos “*subsunçor*” e “*subsunçores*”, que são mais recorrentes na literatura em torno da teoria da Aprendizagem Significativa.

uma estrutura hierárquica, cuja os conceitos mais simples e menos abstratos se encontram no topo, e incorporam novos conhecimentos menos inclusivos e mais diferenciados.

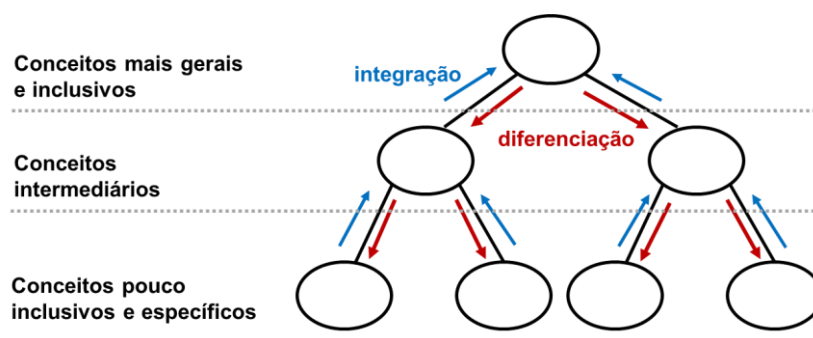


Figura 1: Modelo hierárquico da *diferenciação progressiva e reconciliação integradora*, adaptado de Moreira e Mansini (2001)

Essas relações entre esses novos conhecimentos e conceitos com conhecimento e conceitos prévios devem ser exploradas durante a didática aplicada. Não só os aspectos comuns e complementares que esses conceitos têm, mas também suas diferenças e aplicações. Esse processo de *reconciliação integrativa* é essencial para a composição da estrutura cognitiva do aluno e juntamente com a *diferenciação progressiva* são princípios programáticos da organização da matéria e conteúdo a ser ensinado, levando à consolidação do conhecimento (Moreira, 2006).

Seguindo esses princípios, na prática, a programação de um conteúdo didático se dá por uma série de organizadores hierarquizados, apresentados de forma ordenada e encadeada, com conceitos iniciais levando a novos, e a relação entre eles sendo clara aos alunos. Esses organizadores são elementos que apresentam um conceito, podendo ser qualquer objeto didático. Segundo Moreira e Mansini (2001), cada organizador fornece uma “ancoragem” para um novo organizador, criando uma sequência lógica e inclusiva de novos conceitos. Essa prática tem como objetivo impedir que haja o isolamento de conceitos, ou seja, sempre um conceito terá um elo com o que o precede, ou será a âncora para o posterior.

2.2 A Computação Física (CF) e suas aplicações

A utilização da CF combina a utilização de recursos de *hardware* (baseado em eletrônica) e a dinâmica da programação de *software*, envolvendo aspectos ligados à Engenharia e Ciência da Computação, para criar artefatos (Desportes, 2018). O termo “computação física” foi usado pela primeira vez por O’Sullivan e Igoe (2004), e referia-se a utilizar componentes físicos que pudessem ser controlados por programação. Brasileiro (2013) afirma que projetos com CF “[...] utilizam entradas e saídas de sensores e atuadores para dialogar com ambientes físicos, especialmente protótipos que interagem com componentes eletrônicos de percepções visuais, sonoras e táteis”. Hartmann et al. (2005) apresentam um diagrama que ilustra toda a estrutura essencial de uma interface física de comunicação com o usuário, como mostra a Figura 2.

O ferramental da CF é voltado principalmente para o público que não possui conhecimentos técnicos avançados, muitas vezes podendo ser iniciantes tanto em eletrônica quanto em programação. Projetos usando CF podem ser feitos por alunos de diversas áreas de conhecimento, como designers e artistas, para criar interatividade em obras artísticas, ou *hobbyistas*, pessoas que eventualmente desejam criar algo automatizado (Mellis et al., 2007; Brasileiro, 2013).

Um dos principais objetivos da CF é criar um diálogo entre o mundo físico e o mundo virtual, por meio de interfaces que possam ser facilitadas para pessoas leigas tecnicamente. Plataformas *open-source*, como a *Arduino*, proporcionam meios de programação e prototipagem

com componentes eletrônicos, deixando oculta toda a complexidade de se trabalhar com um meio microcontrolado (Mellis et al., 2007). Esse aspecto é um atrativo para o uso dessas plataformas em aplicações educacionais, podendo engajar o aluno para atuar com programação e eletrônica, promovendo a proatividade e criatividade (Desportes, 2018).

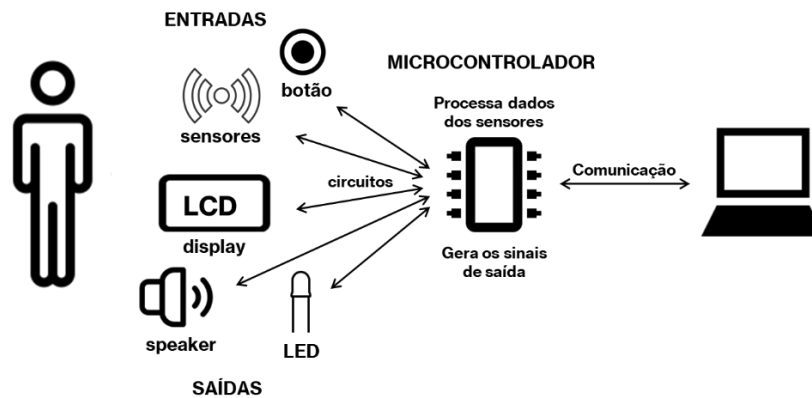


Figura 2: Componentes de uma interface física de comunicação com usuário, adaptado de Hartmann et al. (2005)

A característica tangível dos recursos da CF favorece a interatividade e a compreensão de vários aspectos relacionados com a programação. Przybilla e Romeike (2017) afirmam que a tangibilidade é um aspecto que faz com que os alunos se envolvam na atividade didática e mostrem mais autonomia na execução de projetos. A utilização de recursos físicos auxilia na compreensão da relação do código-fonte e a sua aplicação, pois o objeto concreto reage (ou não) ao que foi programado, fazendo com que o aluno identifique se o conceito aplicado na programação está coerente ou, em caso de erros, tenha recursos para identificar esses erros (Sentance et al., 2017).

2.3 O modelo *Concreteness Fading (CoFa)*

O CoFa é um modelo instrucional no qual as representações se alteram de uma representação mais concreta para uma mais abstrata durante a aprendizagem, objetivando combinar as vantagens de cada tipo de representação e promover a construção de conhecimento através dessa progressão (Jaakola & Veermans, 2018; Suh, Lee & Law, 2020).

O termo “*fading*”, que em uma tradução mais direta seria “desvanecimento” ou “dissipação”, indica essa progressão gradual da representação concreta para a mais abstrata, utilizando ambas as representações para entender os conceitos envolvidos. Essa trajetória de “dissipar” ou “diluir” o conhecimento iniciando pelo objeto concreto possibilita ao aluno ter contato com algo mais representativo, tátil, antes de discutir e apresentar símbolos ou interpretações abstratas. Esse tipo de estratégia é bastante usado no ensino de matemática e física, como defende o trabalho de Bruner (1966), criador do modelo teórico do CoFa.

De acordo com Bruner (1996 apud Fyfe & Nathan, 2019), CoFa é “*uma teoria instrucional que se destina a facilitar as conexões entre várias representações de um conceito de destino ao longo de uma progressão de mais concreto para mais abstrato, com o objetivo de apoiar a transferência do conceito*”. Bruner especifica que essa transição deve ser feita através de múltiplas representações em uma sequência específica, sendo que seu framework inicial proposto contempla três fases consecutivas, através de representações “físicas” (*physical*), “pictográficas” (*pictorial*) e “simbólicas” (*symbolic*).

Jaakkola e Veermans (2020) afirmam que, no CoFa, são usadas múltiplas representações em uma determinada ordem, sendo as representações concretas em primeiro lugar, depois alguma representação que faça uma “conexão” entre o concreto e o mais abstrato e, por fim, modelos e representações mais abstratas. O modelo proposto por Bruner (1996), que sugere essa transição do concreto para o abstrato, pode ser visto na Figura 3.

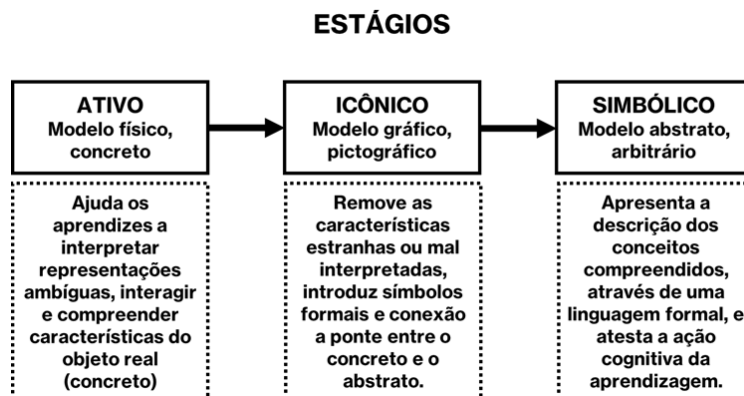


Figura 3: Os estágios do CoFa, adaptado de Fyfe et al. (2014). Fonte: Zanetti e Borges (2021).

3 Trabalhos relacionados à temática da pesquisa

O método ComFAPOO visa apoiar o ensino de fundamentos de POO, de uma maneira efetiva, utilizando recursos da CF e as premissas fundamentais da AS. A busca por trabalhos que utilizam CF e AS para ensino de POO possibilita identificar lacunas e deficiências que não são supridas pelos trabalhos existentes, fazendo com que a ComFAPOO possa trazer inovações e colaborações em torno da temática. No início desta pesquisa, foram realizados alguns mapeamentos sistemáticos da literatura², com o objetivo de identificar as principais aplicações da CF no ensino de programação e buscar por métodos de ensino que se baseiam na AS como diretrizes fundamentais. Foram realizadas consultas nas principais bases de bibliotecas digitais, como *Scopus Elsevier*, *ACM (Association for the Computing Machinery) Digital Library* e *IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) Xplore*, e motores de busca, como Periódicos CAPES e Google Acadêmico, tendo como resultado um conjunto de trabalhos com o objetivo de trazer à luz alguns questionamentos que pudessem contribuir para a construção do método ComFAPOO. Para a discussão apresentada nesta seção, serão apresentados trabalhos que abordem o ensino de POO que tenham como foco o ensino de programação formal, onde a prática com código-fonte seja abordada, ou que utilizem recursos que possam auxiliar o aluno no exercício de abstração.

Entre os trabalhos que utilizam recurso da CF, o de Jang, Lee e Kim (2015) apresenta um estudo de caso com alunos de ensino fundamental, usando Arduino para o ensino de conceitos de POO. Nesse trabalho, foi desenvolvida uma interface de software que auxilia os alunos a entender quais são as características dos objetos eletrônicos envolvidos e utiliza uma linguagem visual de programação. Como resultado dessa pesquisa, foi verificado que o ambiente visual utilizado contribuiu com a compreensão por parte dos alunos no exercício de abstração e assimilação dos conceitos de POO.

A pesquisa de Rubio, Hierro e Pablo (2013) relata o desenvolvimento de um currículo e práticas laboratoriais utilizando Arduino para a ensino introdutório de programação, para alunos

² Alguns publicados, como em Zanetti e Borges (2020).

de Engenharias e Ciência da Computação. Como resultado, foram comparados diferentes grupos de alunos, um usando o currículo proposto e, outro, um método tradicional (sem Arduino). O trabalho mostra que os alunos que participaram do novo currículo tiveram um desempenho melhor, além uma satisfação maior durante as práticas de programação.

Em ambas as pesquisas, a presença de recursos da CF foi um fator relevante e efetivo no ensino de programação, além de ser um elemento motivador para o engajamento do aluno. Em nenhum dos trabalhos mapeados previamente a esta pesquisa foi identificada a utilização de conceitos de POO juntamente com a práticas formais de programação (como código-fonte e diagramas de classe). Mesmo no trabalho de Jang, Lee e Kim (2015), que apresenta uma interface de programação visual, não há uma completa transição do objeto real para seu modelo abstrato (código-fonte), como parte do exercício de abstração.

Corral et al. (2014) desenvolveram uma abordagem de ensino usando um método de *gamificação*, que utiliza blocos táteis com um display de LED, que respondiam (com mensagens, mudança de cores e projeções de imagens) diretamente à programação realizada pelos alunos. Contudo, os blocos, mesmo sendo tácteis, não auxiliam no exercício de abstração, pois servem apenas como uma interface mais lúdica para a programação, não havendo diferenças físicas que possam ser notadas facilmente pelos alunos.

Com relação a pesquisas que explorem práticas de ensino de programação baseadas em premissas da AS, há dois trabalhos que trazem discussões sobre estratégias metodológicas. Buriticá (2013) apresenta uma aplicação de um método de ensino para ensino de paradigmas de programação, incluindo POO, cujo objetivo principal é promover a AS. Buriticá (2014) discute a aplicação de um método de ensino baseado em AS para ensino de programação funcional e estruturada, utilizando as linguagens C/C++.

Berssanette e Francisco (2018) utilizam algumas das bases fundamentais da AS, como a apresentações de *subsunçores* (conceito fundamentais prévios) e a demonstração da inter-relação entre conceitos. Astolfi e Junior (2015) apresentam um relato sobre uma intervenção com alunos de ensino técnico em uma disciplina de programação, onde são apresentados organizadores prévios como recursos didáticos, dando apoio à *diferenciação progressiva* e *reconciliação integrativa*. Em Lima, Diniz e Eliasquevici (2019) também é apresentado um método de ensino de lógica de programação respaldado nos princípios da AS, por meio de um jogo de cartas.

Apenas no trabalho de Buriticá (2013) está presente o ensino de POO de forma mais clara, mas não é o foco principal da pesquisa. Nas demais pesquisas, é explorado o ensino formal de programação, mas apenas em Astolfi e Junior (2015) está presente uma solução que aborde a utilização de *subsunçores* e a progressão do conhecimento. Em nenhum dos trabalhos é vista a adoção de algum processo que possa apoiar a didática nos princípios *diferenciação progressiva* e *reconciliação integrativa*.

4 O método ComFAPOO

O método ComFAPOO apresenta uma proposta para o ensino de conceitos fundamentais de POO, alinhando premissas de aprendizagem definidas pela AS e o ferramental instrucional da CF. Esse método foi desenvolvido para atender a demanda por recursos que pudessem dar melhor amparo ao exercício de abstração necessário na aprendizagem do paradigma orientado a objetos, além de prover uma dinâmica e recursos que pudessem motivar os alunos. O método busca fazer com que o aluno tenha contato com objetos concretos que possam ser controlados por meio de programação, refletindo as ações do “objeto de programação” no objeto concreto, no qual se pode interagir e ver o resultado em tempo real.

O ComFAPOO estrutura-se para que sejam apresentadas etapas que envolvem o objeto concreto, que tem como função elucidar todas suas características e ações, depois apresentar modelo mais abstratos, como diagramas de classes e representações gráficas dos objetos para que se realce os aspectos que devem ser abstraídos e, por fim, o modelo mais abstrato, o código-fonte, que especifica todas as características em forma de classe, com seus atributos e métodos.

Para que a utilização de componentes eletrônicos fosse viável, foi adotada a plataforma de prototipagem *Arduino*, consolidada tanto no meio educacional como profissional. Pela adoção dessa plataforma, a linguagem adotada para que fossem desenvolvidos os códigos-fonte foi a linguagem C++, nativa no ambiente padrão do *Arduino*. Na realidade, a programação nativa do *Arduino* baseia-se em comandos que são oriundos de uma classe que possui atributos e métodos que facilitam o desenvolvimento de programas para controle das interfaces do microcontrolador, mas essa classe é implementada em C++ e podem-se agregar todos os recursos da linguagem na programação.

Antes do desenvolvimento dos conteúdos e materiais que compõem o método, foi realizado um mapeamento da literatura para que fosse definido quais conceitos fundamentais relacionado à POO seriam escolhidos. Para isso, buscou-se na literatura trabalhos que discutissem e trouxessem sugestões de quais seriam os “fundamentos da POO”. Com isso, foi adotado a taxonomia proposta por Anderson (2006), que define os seguintes conceitos como fundamentais ao POO: *Abstração*, *Classe*, *Objetos*, *Método*, *Passagem de Mensagem*, *Encapsulamento*, *Herança* e *Polimorfismo*. Mais detalhes sobre esse mapeamento são encontrados no trabalho Zanetti, Borges e Ricarte (2022).

4.1 Embasamento teórico aplicado ao método ComFAPOO

Como anteriormente descrito, o método ComFAPOO foi desenvolvido sobre alguns pilares teóricos. Os princípios de *diferenciação progressiva* e *reconciliação integradora* são as bases fundamentais para o desenvolvimento do conteúdo e sequência didática implementada no método, além do sistema de aplicação de *subsunoçores* e de ancoragem. Para cada uma das práticas propostas, foi desenvolvido um conjunto de material instrucional baseado na apresentação gradativa e incentivando a identificação das correlações que a AS defende. Um exemplo da aplicação da AS em umas das etapas do método é apresentado na Subseção 4.2.

A apresentação gradativa dos conceitos foi proposta para que o aluno pudesse ter o contato inicial com algum objeto concreto antes de fazer o exercício de abstrair sobre ele, podendo interagir e, conseqüentemente, compreender sobre o domínio no qual se insere tal objeto. Para esses objetos reais, foi escolhido o ferramental presente na CF, e para a apresentação gradual do modelo concreto para o mais abstrato, foi aplicado o CoFa.

A adoção de componentes eletrônicos para integrar o ComFAPOO se deu pela possibilidade de poder controlar objetos físicos que possam dar respostas instantâneas por meio de programação, fazendo com que o modelo mais abstrato (o código-fonte) seja o controle do modelo concreto, ajudando na correlação e validando o processo de abstração envolvido. Esse “diálogo” entre o modelo concreto e abstrato fortalece a relação entre o código-fonte e sua aplicação, trazendo mais significado ao ato de programar.

Ainda sobre o processo gradual de apresentação de conceitos, a escolha do modelo instrucional CoFa se deu pela estrutura bem definida de estágios de apresentação, partindo de modelos e objetos concretos, passando por representações mais abstratas, até atingir a concepção objetivada, a mais abstrata. A estrutura apresentada pela CoFa delineou as principais etapas de apresentação dos conteúdos da ComFAPOO, com os componentes eletrônicos compreendendo o estágio *ativo*, os diagramas e representações gráficas, o estágio *icônico*, até alcançar o estágio

simbólico, o código-fonte. Portanto, cada base teórica contribui nos seguintes componentes e atividades do ComFAPOO:

- princípios da teoria da AS: estruturação do encadeamento e apresentação dos conceitos de forma gradual, selecionando quais são os *subsunçores* (conceitos iniciais) e toda a cadeia de conceitos subsequentes e suas relações;
- ferramentas da CF: apresentação de objetos concretos que podem ser controlados via programação, trazendo interações e recursos de visualização e depuração em tempo real;
- o modelo da CoFa: auxilia a apresentação de concretos de forma gradual, do concreto ao abstrato, sendo um suporte para o exercício de abstração necessário para o paradigma orientado a objetos.

4.2 Descrição das etapas

O método ComFAPOO foi estruturado em 4 etapas distintas, que não necessariamente ocorrem sequencialmente, mas delimitam o grupo de tarefas que deve ser feito. Essas quatro etapas são *Concepção*, *Desenvolvimento*, *Aplicação* e *Avaliação* e foram originalmente descritas em Zanetti, Borges e Ricarte (2021). Na Figura 4 são apresentadas as etapas do ComFAPOO.

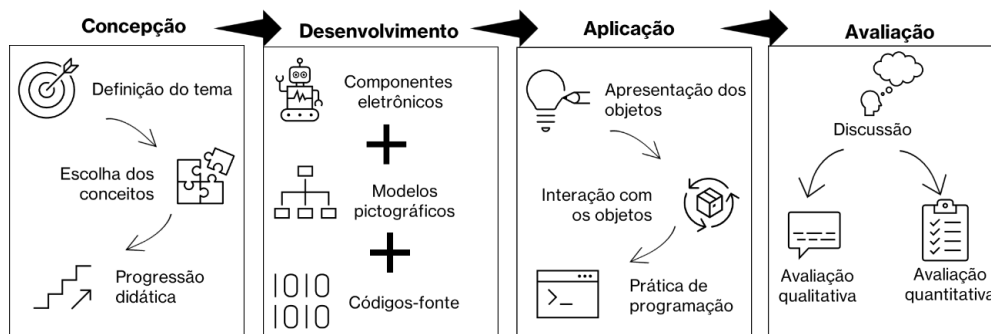


Figura 4: As etapas do método ComFAPOO. Fonte: Zanetti, Borges e Ricarte (2021).

A etapa de *Concepção* tem como principal função elencar quais são os objetivos a serem alcançados em uma determinada prática. Nessa etapa também são definidos os conceitos que serão aplicados e qual é a progressão didática a ser realizada. Essa etapa é feita para cada uma das práticas a serem aplicadas. As atividades que compõem essa etapa são:

- Definição do tema: mapear, definir e compreender quais são os objetivos a serem alcançados com a prática. Esses objetivos são alinhados com os conceitos de POO que serão escolhidos;
- Escolha dos conceitos: escolher quais serão os conceitos relacionados à POO que farão parte da prática, e se eles são complementares ou relacionáveis;
- Progressão didática: mapeamento da sequência em que serão apresentados os conceitos e suas relações.

A etapa de *Concepção* tem uma forte correlação com os princípios fundamentais da AS, em especial a *diferenciação progressiva* e a *reconciliação integradora*. Nessa etapa, o encadeamento dos conceitos e suas relações são definidos e, na etapa seguinte, a de *Desenvolvimento*, são alinhados com o material didático. Na etapa de *Desenvolvimento*, essencialmente, é definido e desenvolvido o material didático a ser aplicado posteriormente. Com o mapeamento dos conceitos, são definidos quais são os objetos concretos (componentes eletrônicos), principalmente os que farão o papel de *subsunçor*. Além de integrar os princípios da AS, nessa etapa as atividades são definidas para atender o modelo proposto pela CoFa, onde são

feitos todos os modelos pictográficos (nível intermediário de abstração) e os exemplos de código-fonte (forma mais abstrata) que são utilizados. Essa etapa é composta pelas seguintes atividades:

- Componentes eletrônicos: seleção dos componentes que serão utilizados, identificando que neles podem ser representados os conceitos de POO definidos para a prática. A escolha do componente ou componentes também segue a diretriz de se tornar o *subsunçor* da tarefa;
- Modelos pictográficos: criação de representações pictográficas que sejam intermediárias entre o modelo concreto e o abstrato (como define o CoFa no estágio *icônico*). O objetivo desses modelos é auxiliar os alunos, mostrando quais são as características e comportamentos do objeto concreto, apoiando o processo de abstração do aluno, ajudando na construção de um modelo mais abstrato (código-fonte);
- Códigos-fonte: representa o estágio simbólico do CoFa, criando exemplos que podem ser apresentados de forma gradativa (trechos de códigos-fonte que são acrescidos de novas funções), correlacionando com os modelos anteriormente apresentados. Esses códigos-fonte devem refletir o comportamento esperado pelo objeto concreto.

A etapa de *Aplicação* compreende as atividades relacionadas à condução da prática em si, seguindo a progressão e recursos definidos nas etapas anteriores. Seguindo também as premissas da AS, a condução deve ser gradual, buscando correlação com os conceitos previamente apresentados. Além de se basear no modelo CoFa, também é primordial seguir o processo de *ancoragem*. As atividades dessa etapa são:

- Apresentação dos objetos: consiste em apresentar os objetos e modelos concretos para que os alunos possam verificar quais são suas características e comportamento, ocultando conceitos técnicos aprofundados;
- Interação com os objetos: realizar uma discussão sobre o objeto apresentado, fazendo associações entre suas características e comportamentos, de uma maneira que seja análoga a atributos e métodos que serão abordados ao longo da prática, fazendo uso dos modelos intermediários (pictográficos);
- Práticas de programação: atividade que tem como objetivo apresentar o modelo mais abstrato, ou seja, o código-fonte, já que houve uma transição, iniciada pela apresentação do modelo concreto. Esse código-fonte pode ser apresentado de forma gradual, explorando poucas linhas de programação, e expandindo até atingir um código que represente os conceitos e controle o objeto concreto de modo esperado.

Exemplos da construção detalhada de parte do material didático e meio de aplicação serão abordados na seção 4.3.

Por fim, a etapa de *Avaliação* realiza uma avaliação sobre o domínio dos conceitos apresentados pelos alunos. Embora essa etapa não se relacione com os pilares teóricos do método ComFAPOO, ela é de grande importância para a validação do método. As avaliações não têm como função apresentar questões que mostrem erros e acertos, mas sim o envolvimento e internalização do conhecimento. Também, por meio das avaliações, é esperado identificar aspectos relacionados à motivação e envolvimento com o método, além de deficiências que podem ser melhoradas em novas aplicações. Essa etapa é composta pelas seguintes atividades:

- Avaliação quantitativa: para o método, é determinada uma avaliação por meio do *Self-Assessment Manikin* (SAM) para uma autoavaliação no aspecto emocional do aluno. Também foi agregado um questionário pré-teste e pós-teste, com o objetivo de identificar se houve melhoria na concepção de conceitos relacionados à POO;

- **Avaliação qualitativa:** são apresentadas aos alunos questões dissertativas abertas para que se possa obter relatos para identificar particularidades sobre o método e experiências individuais, com o objetivo de apontar problemas e indicar possíveis melhorias.

O método ComFAPOO apresenta uma divisão de todo o conteúdo relacionado aos fundamentos de POO em cinco partes. Cada uma dessas partes segue o mesmo processo descrito no exemplo anterior, tanto para o desenvolvimento do material didático como em sua aplicação. Cada uma dessas partes tem como objetivo trabalhar com um ou mais conceitos de POO. Também foi elaborado um roteiro para que a apresentação gradual ocorra entre as partes. As partes são organizadas conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Organização dos conceitos e objetos

Parte	Conceitos abordados	Objetos
1	Abstração, Classe e Objeto	LED e botão
2	Encapsulamento	LED e botão
3	Herança	Sensores de luminosidade e temperatura
4	Polimorfismo	LED e botão
5	Troca de Mensagens	Semáforo (com LED e sensor de luminosidade)

A presente versão do ComFAPOO atende o formato de “oficinas”, ou seja, intervenções didáticas pontuais, que não formam a estrutura curricular de uma disciplina convencional em uma aplicação de um semestre, por exemplo. Para comprovação da efetividade do método foram realizadas oficinas (apresentadas na Seção 5), para que se colocasse em teste a atual versão da ComFAPOO. Com isso, a etapa de *Avaliações* foi desenvolvida para atender, prioritariamente, esta pesquisa, pois as avaliações realizadas têm o objetivo de apresentar resultados que possam ser analisados, tanto para a comprovação do método quanto para apontar possíveis melhorias em versões futuras. As avaliações utilizadas são descritas na seção 4.4. A partir dos dados obtidos nesta pesquisa, próximas versões do ComFAPOO poderão compreender o conteúdo programático que possa ser aplicado durante um semestre letivo em disciplina introdutória de POO, e conseqüentemente, sugerir um novo modelo de avaliação, que seja mais adequado para o novo formato.

4.3 Desenvolvimento do material didático e aplicação

O material didático, desenvolvido nas etapas de *Concepção* e *Desenvolvimento* do ComFAPOO, reflete as bases teóricas fundamentais do método. Com relação à divisão de artefatos a serem apresentados, o modelo CoFa é adotado como guia. Seus estágios, que gradativamente apresentam conceitos passando gradativamente da forma concreta para mais abstratas, apresentam um alinhamento com os princípios de *subsunção*, *diferenciação progressiva* e a *reconciliação integradora*. A Figura 5 mostra um exemplo da aplicação do material didático, seguindo uma apresentação gradativa e o alinhamento do CoFa com a AS.

Como mostra a Figura 5, a distribuição dos passos para a apresentação de todo o material segue os três estágios do CoFa, onde cada estágio possui seus próprios objetivos. No primeiro estágio, o *ativo*, é apresentado o objeto real, e por meio de discussões e interações, deve ser compreendido o que ele faz e iniciando o exercício de abstração. No exemplo ilustrado, é apresentado o objeto LED, mostrando que suas ações são acender, apagar e piscar, e suas propriedades estão relacionadas com seu estado (aceso e apagado) e o pino conectado ao Arduino.

No estágio seguinte, o *icônico*, é realizada a maior parte do processo de abstração. Nesse caso, todas as características do LED serão traduzidas para atributos e métodos, ocorrendo uma transição do modelo mais concreto, para uma menos concreto, mais abstrato. A utilização de diagramas e informações visuais ajudam nessa transição de modelos. Nesse momento também é

importante começar a formalizar uma construção que se aproxime à estrutura do código-fonte (como o uso de um diagrama de classe).

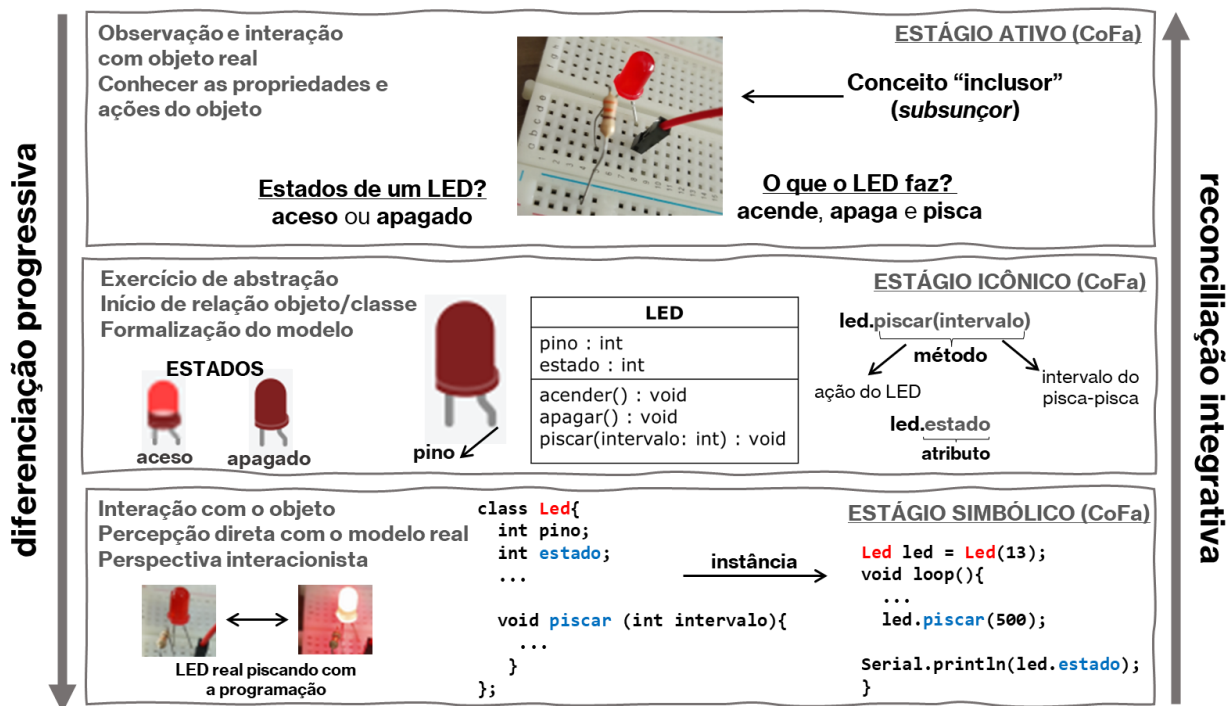


Figura 5: O alinhamento dos princípios da AS com o modelo CoFa

O último estágio, o *simbólico*, apresenta os modelos mais abstratos, os códigos-fontes. Nesse estágio, tudo o que foi abstraído e apresentando até o momento, sofre mais uma transição, agora para o modelo mais abstrato. Essa apresentação do código-fonte pode ocorrer também de forma gradual, fazendo com que a programação controle apenas algumas características. Por exemplo, a classe "Led" pode apenas conter o método construtor e o método "acender" e, instanciando o objeto, fazer com que o LED real acenda. Depois, podem ser adicionados novos recursos, verificando-se gradualmente sua interação com o objeto real, sendo visualizado pelo aluno em tempo real.

Os princípios da *diferenciação progressiva* e da *reconciliação integradora* estão alinhados ao processo. A Figura 6 representa os conceitos de POO e os artefatos didáticos, seus relacionamentos e como eles promovem as premissas da AS durante a prática didática, por meio do recurso de *ancoragem*, mostrando o encadeamento dos conceitos durante a prática. A diferenciação (em vermelho), a partir do modelo mais concreto, ocorre enquanto a transição migra para o mais abstrato, com todo o apoio didático disponível. A integração (em azul) pode ser compreendida como o exercício do aluno reconstruir todo o caminho feito até o código-fonte, quando ele se depara com a programação e o objeto em código-fonte sendo a responsável por controlar o objeto físico. A *reconciliação integrativa* pode ser executada várias vezes, por exemplo, na apresentação gradual do código-fonte.

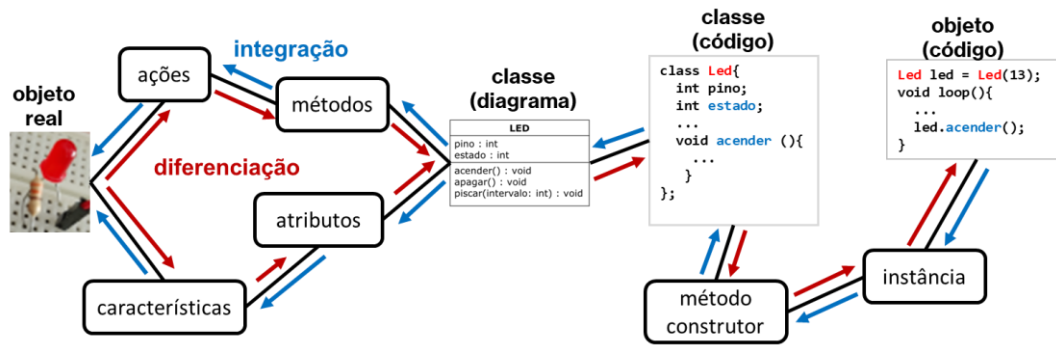


Figura 6: Composição da prática didática por meio de ancoragem.

4.4 Avaliações

O ComFAPOO propõe três avaliações, duas quantitativas e uma qualitativa, para que se possa ter meios de medir a aquisição do conhecimento (por meio de uma percepção pessoal) com o questionário *Questões sobre Percepção dos Conceitos* (QPC), que utiliza uma escala Likert de respostas. Para identificar questões emocionais, foi aplicado o questionário *Questões sobre a Percepção Emocional* (QPE), usando uma escala pictográfica. O questionário *Questões Abertas* (QA), com questões dissertativas, objetiva a coleta de relatos que possam apontar pontos fracos e fortes na aplicação do método.

Na atual versão do método, esta etapa atende, prioritariamente, a validação do método proposto. É previsto que a etapa de *Avaliação* seja reestruturada em novas versões do método, que atendam uma grade curricular no formato de disciplina semestral, como é apresentado na Seção 7.2. Contudo, o questionário QPC pode ser utilizado como um instrumento de avaliação para educadores na versão atual, pois apresenta recurso de validação se a prática realizada teve impacto junto aos alunos. Por sua vez, os questionários QPE e QA objetivam exclusivamente a verificação da efetividade do método.

O questionário QPC foi aplicado antes do início das oficinas (pré-teste) e é formado por 12 questões para serem respondidas por meio da escala Likert, variando de *discordo totalmente* (1) a *concordo totalmente* (5). As questões foram elaboradas com o objetivo de determinar a percepção de domínio e compreensão dos alunos com relação aos conceitos durante as práticas. Esse mesmo questionário foi novamente aplicado após as oficinas (pós-teste), para que houvesse uma comparação da percepção do aluno com o pré-teste. As questões que compõem o QPC são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Questões do conjunto *Questões sobre Percepção de Conceitos* (QPC). Fonte: Zanetti, Borges e Ricarte (2022).

Enunciados	
QPC1. De forma geral, você possui domínio dos conceitos fundamentais de POO (Classe, Objetos, Herança, Polimorfismo e outros).	QPC7. Você compreende o conceito de Encapsulamento e sua aplicação.
QPC2. Você compreende o conceito de Abstração aplicado à POO.	QPC8. Você compreende o conceito de Herança e sua aplicação.
QPC3. Você compreende o conceito de Classe.	QPC9. Você compreende o conceito de Polimorfismo e sua aplicação.
QPC4. Você compreende o conceito e a utilização de Objetos.	QPC10. Você compreende a necessidade de utilização de mais de um Objeto em um programa orientado a objetos.
QPC5. Você compreende o conceito de método construtor.	QPC11. Você compreende a troca de mensagens entre os Objetos.
QPC6. Você compreende o conceito de instância.	QPC12. Você se sente capaz de desenvolver um programa orientado a objetos.

Junto com o questionário QPC de pós-teste, também foi aplicado o questionário QPE, usando uma escala pictográfica SAM, que foi organizada em três aspectos diferentes 1) a *Dinâmica* apresentada durante a oficina; 2) o ato de *Programar/codificar* durante as práticas e; 3) os *Recursos* utilizados durante a oficina. Segundo Bradley e Lang (1994), o método de avaliação SAM consiste em um sistema baseado em classificação pictográfica (manequins) que representam o aspecto emocional do indivíduo em resposta a um evento. Essas “emoções” são classificadas como *Satisfação* (prazer ou satisfação envolvidos), *Motivação* (engajamento e proatividade) e *Domínio* (controle da situação, autoridade ou sapiência). A Figura 7 mostra os modelos pictográficos utilizados no QPE.

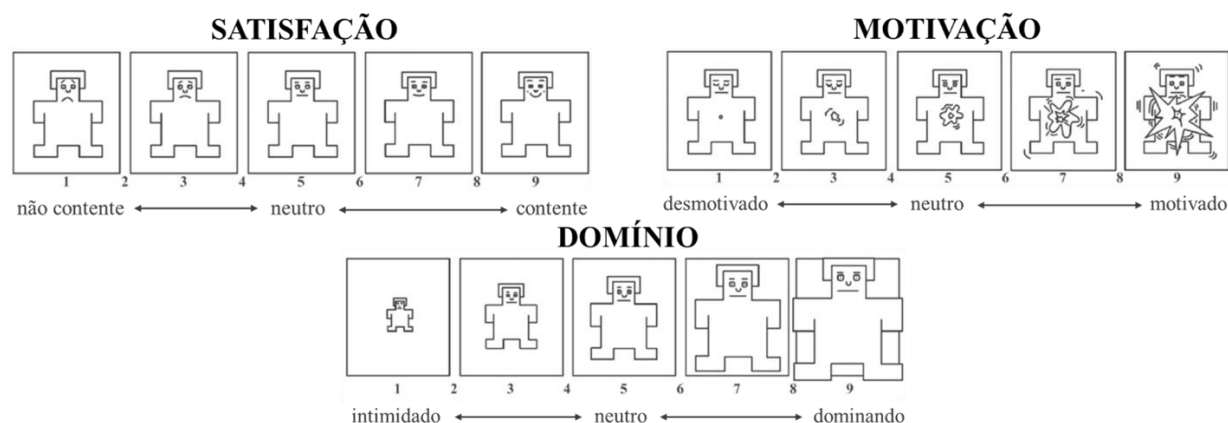


Figura 7: Escala utilizada nos questionários. Adaptado de Soares et al. (2003). Fonte: Zanetti, Borges e Ricarte (2022).

O questionário QPE é composto por nove questões, que estão divididas pelos aspectos Dinâmica, Programar e Recursos, e cada um desses aspectos possui uma questão associada a cada “emoção” (*Satisfação*, *Motivação* e *Domínio*). A Tabela 3 mostra as questões e sua organização.

Tabela 3: Questões do conjunto *Questões sobre Percepção Emocional (QPE)*. Fonte: Zanetti, Borges e Ricarte (2022).

	Satisfação	Motivação	Domínio
Dinâmica	QPE1. Qual o seu nível de Satisfação com relação à dinâmica utilizada no ComFAPOO?	QPE2. Qual o seu nível de Motivação com relação à dinâmica do ComFAPOO?	QPE3. Qual o seu nível de Domínio com relação à dinâmica do ComFAPOO?
Programar	QPE4. Qual o seu nível de Satisfação em programar (codificar) durante as práticas do ComFAPOO?	QPE5. Qual o seu nível de Motivação em programar (codificar) durante as práticas do ComFAPOO?	QPE6. Qual o seu nível de Domínio em programar (codificar) durante as práticas do ComFAPOO?
Recursos	QPE7. Qual é seu nível de Satisfação com relação aos materiais utilizados (recursos didáticos) durante as práticas do ComFAPOO?	QPE8. Qual é seu nível de Motivação com relação aos materiais utilizados (recursos didáticos) usados durante as práticas do ComFAPOO?	QPE9. Qual é seu nível de Domínio com relação aos materiais utilizados (recursos didáticos) usados durante as práticas do ComFAPOO?

Por fim, o questionário com questões abertas (QA) compreende oito questões. As seis primeiras questões são sobre a dinâmica e recursos utilizados durante a oficina. As duas últimas questões, mais amplas, se relacionam sobre os aspectos positivos e negativos do método ComFAPOO. As duas questões abertas (QA) consideradas para essa análise são: QA1 – “*Quais foram os pontos positivos do método ComFAPOO?*” e QA2 – “*Quais foram os pontos negativos do método ComFAPOO?*”.

5 Aplicação das oficinas

Nesta seção, é apresentada uma descrição da dinâmica adotada para a realização de oficinas conduzidas para avaliar a efetividade do método e verificar sua adequação para o ensino de conceitos fundamentais em POO. As oficinas ocorreram no período compreendido entre março e maio de 2022, de forma presencial e utilizando as dependências das instituições de ensino dos alunos participantes. Todos os trâmites necessários para a aplicação das oficinas foram avaliados e aprovados pelo comitê de ética vinculado à Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)³.

5.1 Descrição dos participantes

Os participantes compreendem dois níveis de formação profissional distintos, um grupo de alunos de ensino técnico e outro de ensino superior. Os alunos de ensino técnico, no total de 49 indivíduos, com idades variando de 16 a 18 anos, frequentam o curso de Ensino Médio Integrado ao Técnico de Desenvolvimento de Sistemas e o Técnico de Informática, na Escola Técnica Rosa Perrone Scavone da cidade de Itatiba/SP. Os participantes que cursam o ensino superior (total de 31 indivíduos) são alunos dos cursos de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas e do curso Tecnologia em Sistemas Embarcados, da Faculdade de Tecnologia Deputado Ary Fossen, localizada na cidade de Jundiaí/SP, com idades que variam entre 18 e 66 anos.

Todos os alunos tiveram contato prévio com o paradigma POO, em disciplinas regulares em seus respectivos cursos. Outro fator comum entre esses grupos foi que, até o semestre letivo anterior ao que foi aplicado as oficinas, todos os cursos estavam em regime de educação à distância, devido à pandemia de Covid-19. Todos os indivíduos tiveram pelo menos dois semestres letivos nessa modalidade de ensino, retornando ao ensino presencial a partir do primeiro semestre. Na seção de considerações finais deste artigo são apresentadas algumas discussões sobre esse cenário e as consequências para a validade desta pesquisa.

5.2 A dinâmica durante a oficina

As oficinas ocorreram de forma presencial nos laboratórios localizado nas dependências da Escola Técnica Rosa Perrone Scavone e Faculdade Deputado Ary Fossen, durante o período letivo e horários de aula. O início da oficina foi por meio da aplicação do questionário pré-teste, com as QPCs, descritas na Seção 4.4., sendo disponibilizadas via a plataforma *Google Forms*. Também ocorreu a apresentação do repositório, hospedado na plataforma *GitHub*⁴, contendo o material didático que foi utilizado durante todas as práticas. A Figura 8 mostra alguns exemplos de telas (*prints*) do repositório com o material didático.



Figura 8: Exemplos de telas do repositório do GitHub.

³ Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) de número 29622720.8.0000.5404.

⁴ Repositório disponível em <<https://github.com/humbertozanetti/comfapoo>>.

Seguindo todas as diretrizes do método ComFAPOO, foram realizadas as cinco práticas, utilizando *kits* didáticos contendo placas Arduino e componentes eletrônicos, disponibilizados pelas instituições de ensino. Durante as práticas os alunos faziam as montagens (previamente disponibilizadas), verificavam, por meio da exposição do professor, algumas interações que mostravam o comportamento e as características dos componentes eletrônicos, e executavam trechos de código-fonte para que eles pudessem ver o resultado em suas próprias montagens.

Após o término da última parte da oficina, foi submetido um novo questionário (pós-teste), com os mesmos itens avaliados antes do início oficina. Também foi aplicado um questionário de avaliação, com as QPEs, usando o método de avaliação SAM, para uma análise complementar sobre o método ComFAPOO. A Figura 9 apresenta algumas imagens dos participantes durante o andamento das oficinas.

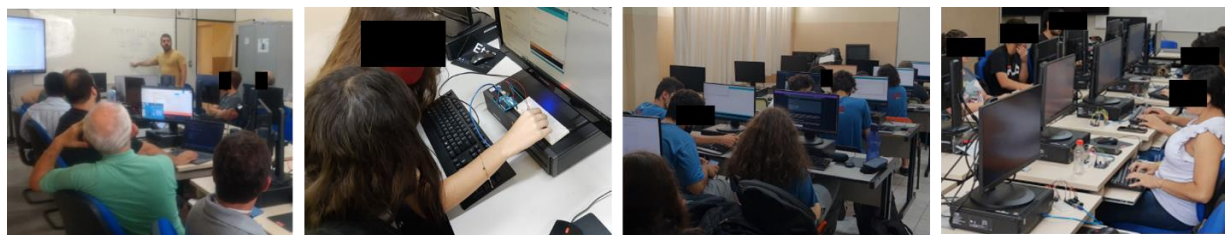


Figura 9: Participantes durante as oficinas.

6 Análise dos resultados

Nesta seção será apresentada uma análise dos resultados obtidos nas oficinas descritas na Seção 5, utilizando o método ComFAPOO. Para a análise serão destacados três agrupamentos diferentes: grupo **TODOS**, contendo todos os participantes sem distinção entre cursos de ensino técnico e superior; o grupo **ET**, com os participantes dos cursos de ensino técnico e; grupo **ES**, com os indivíduos dos cursos de ensino superior. Essa distinção entre esses grupos objetiva a comparação em aspectos que são convergentes entre esses agrupamentos e para identificar diferenças que possam surgir em cada um dos grupos.

A avaliação sobre as QPCs objetiva a verificação da efetividade do ComFAPOO como um método que possa auxiliar a compreensão de conceitos relacionados à POO, trazendo evidências que possam contribuir com o desenvolvimento do próprio método e possivelmente indicar falhas. A análise sobre as QPEs vem como um instrumento auxiliar para que se identifiquem aspectos emotivos e aceitação sobre a utilização do método, permitindo que seja percebido se os instrumentos e didática escolhidos no desenvolvimento do método podem ser melhorados ou alterados para uma maior aceitação na sua adoção junto a um grupo de alunos.

6.1 Análise das *Questões sobre a Percepção dos Conceitos (QPC)*

A análise sobre as QPCs foi por meio de questionários que utilizam uma escala Likert de concordância, com os valores podendo variar de 1 a 5. Para evidenciar a efetividade do método ComFAPOO foi realizado o teste *t* para cada uma das QPC, para evidenciar a diferença entre as amostras das respostas antes da aplicação do método (pré-teste) e após a aplicação do método (pós-teste). Para isso foi proposta a seguinte hipótese nula:

- H_0 : não existe diferença na percepção da compreensão dos conceitos avaliados pelas QPCs após a aplicação do método ComFAPOO ($H_0: \mu_1 = \mu_2$).

Para contrapor a hipótese nula, a hipótese alternativa se apresenta como:

- H_1 : existe diferença na percepção dos conceitos avaliados pelas QPCs após a aplicação do método ComFAPOO ($H_1: \mu_1 \neq \mu_2$).

O nível de significância adotado foi de 5% ($\alpha = 0.05$) e em todos dos grupos (TODOS, ET e ES) e em todas as QPCs (QPC1 até QPC12) o resultado do **valor p** (*p-value*) foi menor que .001 (*p-value* < .001), assim rejeitando a hipótese nula H_0 . Para uma análise gráfica, foi adotado o diagrama de caixa (*boxplot*), para que se possa verificar a variação dos dados entre pré-teste e pós-teste. A diferença na dispersão dos quartis torna possível evidenciar não somente a concentração de valores, mas também a diferença entre as amostras.

A Figura 10 ilustra a análise gráfica feita para o grupo TODOS. A apresentação dos diagramas de caixa está organizada entre pré-teste (Pré), à esquerda, e pós-teste (Pós), à direita, de cada uma das QPC. Em todos os gráficos de todos os grupos, é possível observar que há uma diferença significativa nas distribuições das QPCs com relação aos quartis de Pré e Pós, sendo notável a diferença entre as amostras e a melhor percepção conceitos por parte dos integrantes. Também se nota que em todas as QPCs a mediana dos grupos Pós está entre os valores 4 (*concordo parcialmente*) e 5 (*concordo totalmente*). A Figura 11 apresenta os diagramas do grupo ET. Assim como evidenciado no agrupamento TODOS, também é notório a diferença amostral entre Pré e Pós no grupo ET, além da melhoria da percepção por parte dos indivíduos. Essa constatação também pode-se aplicar para o grupo ES, como mostra a Figura 12.

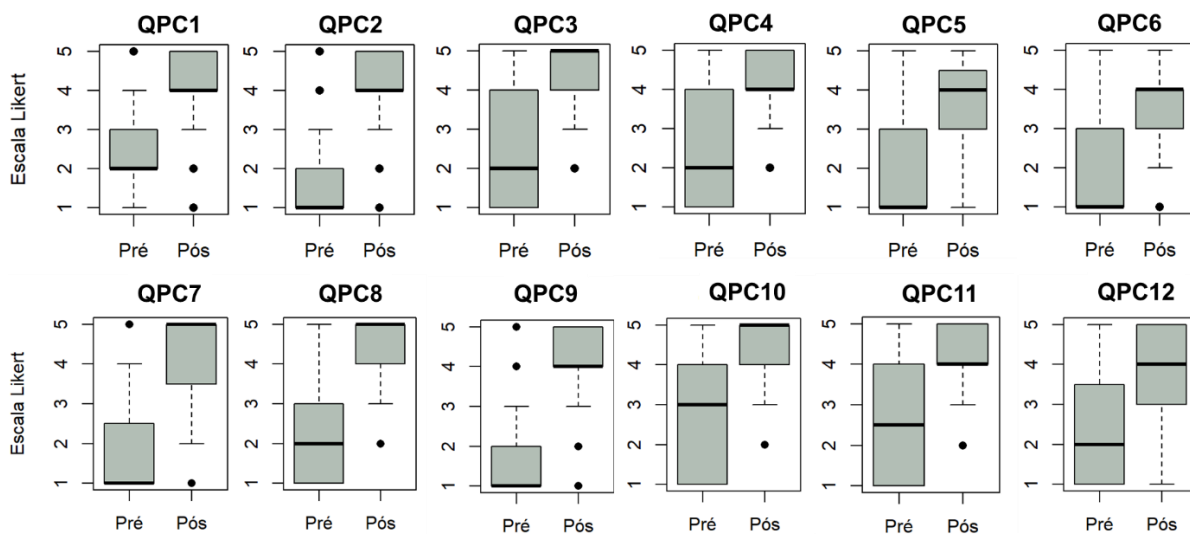


Figura 10: Diagramas de caixa para o grupo TODOS.

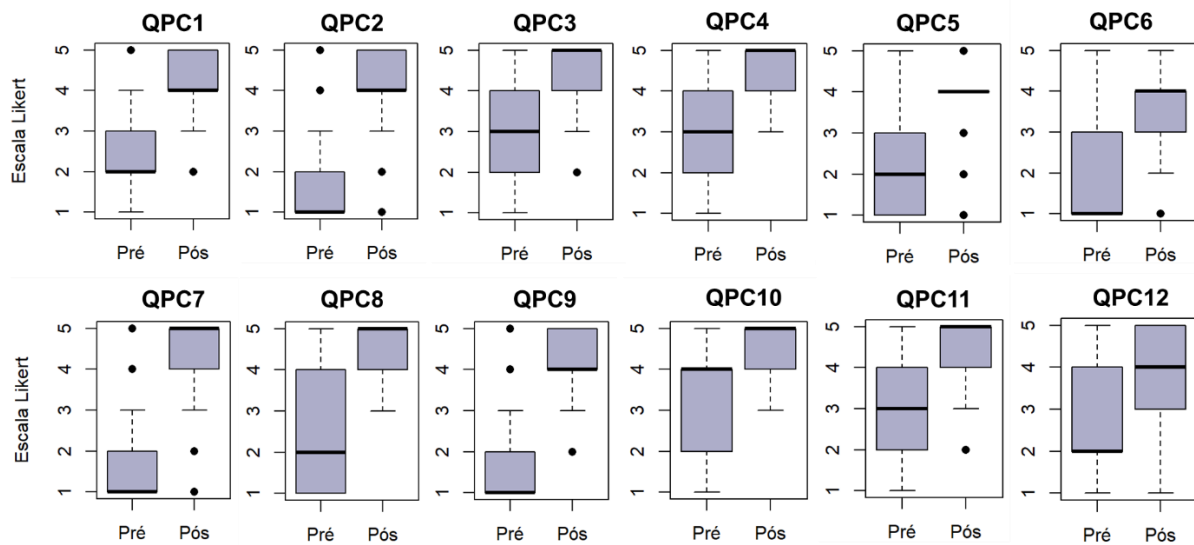


Figura 11: Diagramas de caixa para o grupo ET.

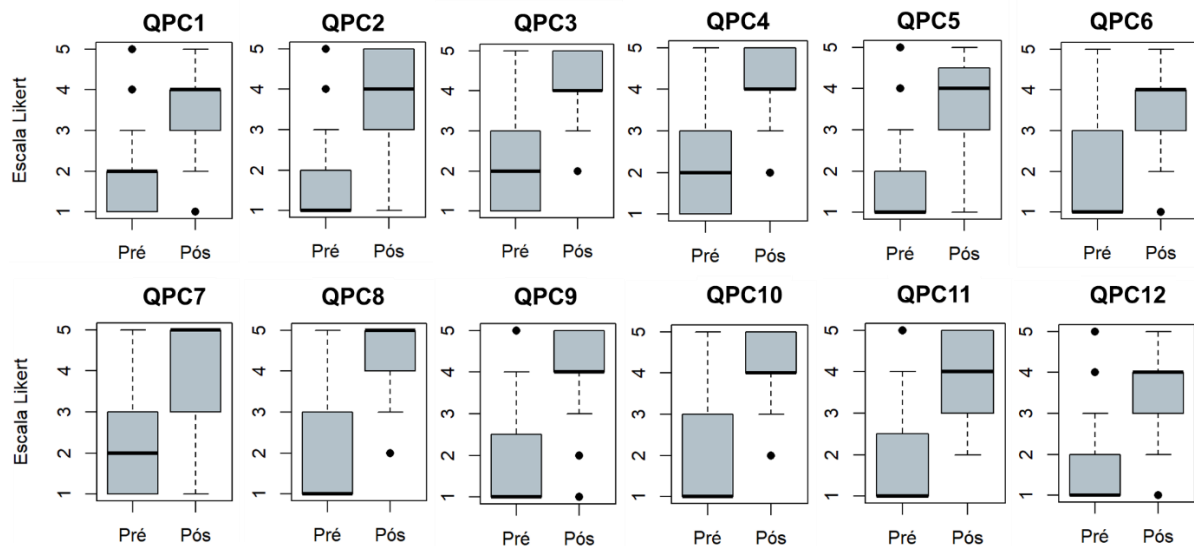


Figura 12: Diagramas de caixa para o grupo ES.

A Figura 13 apresenta dois gráficos de barras com a dispersão das respostas do grupo TODOS, sendo, à esquerda, o gráfico correspondente ao pré-teste e, à direita, o pós-teste. Assim como apontava os diagramas de caixa, há grande presença de *discordo totalmente*, *discordo parcialmente* e *indiferente* no pré-teste. No pós-teste é possível notar uma maior presença de avaliações *concordo parcialmente* e *concordo totalmente*. Questões relacionadas à conceitos que necessitam maior habilidade de abstração, como Classe (QPC3), Objeto (QPC4), Herança (QPC8) e Polimorfismo (QPC9), estão entre as com melhores desempenhos na avaliação pós-teste. Questões que envolvem componentes de aplicação prática, como método construtor (QPC5) e instância (QPC6), estão entre as piores avaliações, mesmo apresentando uma evolução em comparação ao pré-teste. A QPC1, questão mais abrangente sobre o conhecimento geral sobre o paradigma POO apresenta notável evolução com quase 80% de suas respostas sendo *concordo totalmente* ou *concordo parcialmente*.

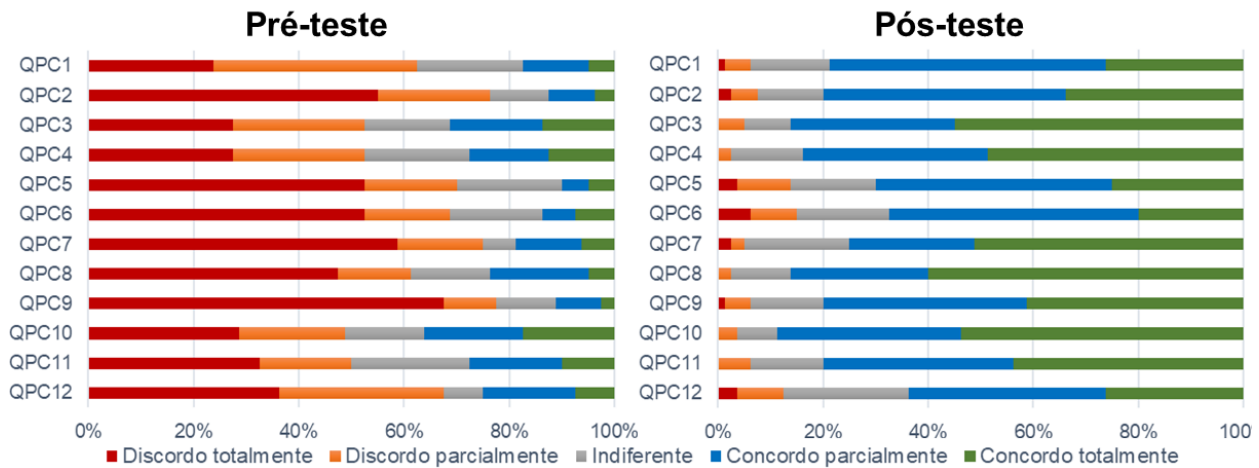


Figura 13: Distribuição das respostas das QPCs no grupo TODOS.

Para uma análise mais abrangente, o mesmo gráfico foi feito para os grupos ET e ES, a fim de identificar particularidades entre os grupos. A Figura 14 apresenta a dispersão das respostas do grupo ET. Em algumas questões no pós-teste (QPC4, QPC8 e QPC10), não se identifica nenhuma avaliação *discordo totalmente* ou *discordo parcialmente*. As QPC5 e QPC6, relacionadas aos conceitos de método construtor e instância, assim como na análise geral, se mostram com as piores avaliações, mesmo assim indicam melhoria significativa quando se compara ao pré-teste. A QPC4, relacionada ao conceito de Objeto, que teve a pior avaliação no pré-teste, no pós-teste apresenta a melhor avaliação. As percepções sobre os conceitos de Encapsulamento, Herança, Polimorfismo, uso de mais de um Objeto e troca de mensagens (QPC7, QPC8, QPC9, QPC10 e QPC11, respectivamente) estão entre as mais bem avaliadas.

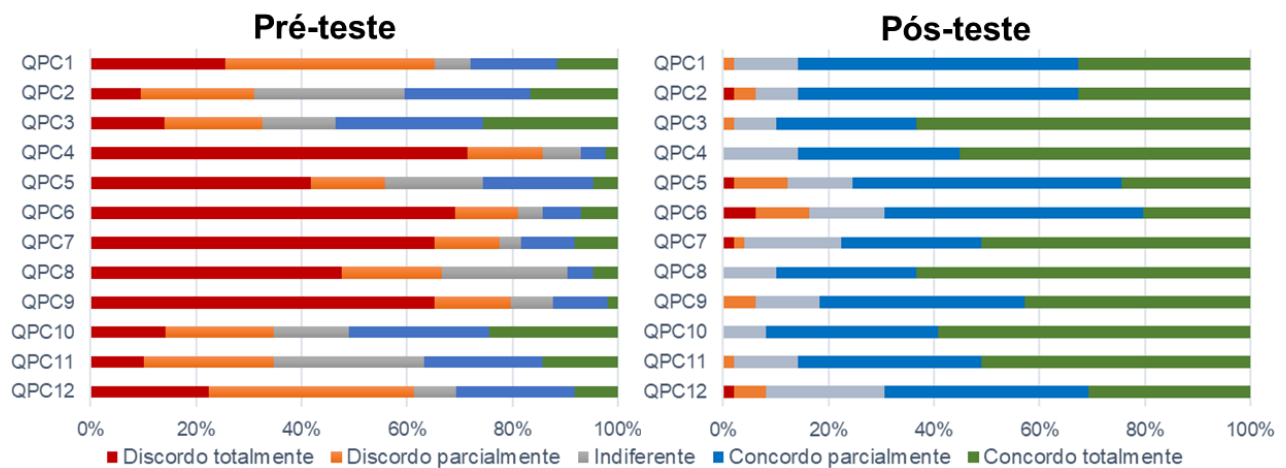


Figura 14: Distribuição das respostas das QPCs no grupo ET.

No grupo ES as avaliações positivas também estão presentes, como nas análises anteriores. No pré-teste, esse grupo apresentou piores avaliações que o grupo ET. Nesse grupo, as questões QPC3, QPC4, QPC7, QPC8, QPC9, QPC10 e QPC11 foram as que tiveram melhores avaliações no pós-teste, assim como foi verificado no grupo anterior. Em uma visão geral, é possível notar que no pós-teste esse grupo apresenta avaliações similares o grupo ET. A Figura 15 apresenta os gráficos de pré-teste e pós-teste do grupo ES.

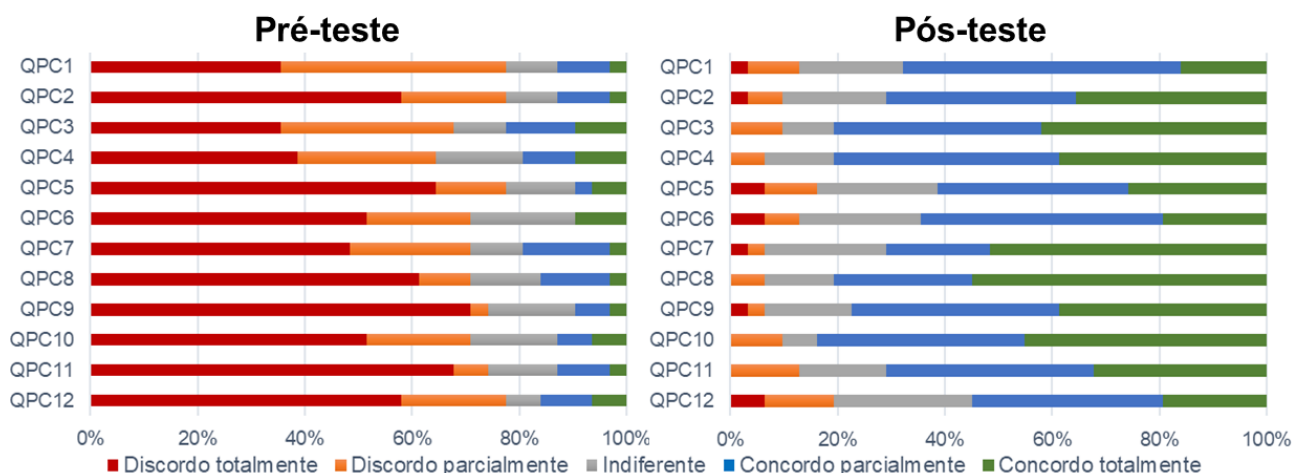


Figura 15: Distribuição das respostas das QPCs no grupo ES.

As diferenças entre os grupos ET e ES não demonstram que houve efeitos muito discrepantes entre os grupos, principalmente se observado os resultados no pós-teste. Esse fato pode ser visto intuitivamente por meios das representações gráficas, mas para uma comprovação, foi realizado *teste t* em todas as QPCs dos grupos ET em comparação às do grupo ES. Todos os testes com cada QPC resultaram em *p-value* > .05, demonstrando que não houve diferença significativa entre os grupos no pós-teste.

6.2 Análise das Questões sobre a Percepção Emocional (QPE)

Com relação análise sobre as QPEs, também será seguida a divisão entre grupo TODOS (todos os integrantes), ET (apenas os alunos do ensino técnico) e ES (apenas os alunos de ensino superior). As tabelas contendo a distribuição das respostas (valores da escala SAM) de cada grupo estão organizadas com o objetivo de distinguir cada um dos diferentes aspectos a serem analisados (*Dinâmica*, *Programar* e *Recursos*) e cada questão será sinalizada com uma identificação correspondente a (S)atisfação, (M)otivação ou (D)omínio. A última linha de cada tabela mostra a mediana de cada uma das QPEs, para indicar uma tendência central de cada questão.

A Tabela 4 mostra as respostas do grupo TODOS (total de 80 indivíduos) com relação ao questionário SAM atribuído. É exibido, além da quantidade de valores correspondente à escala SAM, a porcentagem correspondente ao total de respostas. Com relação ao aspecto da *Dinâmica*, é apresentada uma avaliação positiva em todos os aspectos de *Satisfação*, *Motivação* e *Domínio*. Nota-se que a QPE3 teve maiores incidências em de valores 5 e 6 com relação às demais questões. Sobre o questionamento da atividade de *Programar*, mesmo com uma mediana de mesmo valor nos grupos de resposta, é possível notar que as QPE4, QPE5 e QPE6 tiveram maior incidência de notas 5 e 6 que as questões relacionadas à *Dinâmica*. As questões sobre *Recursos* tiveram um sutil aumento de avaliações positivas (mostrado pelas medianas e porcentagens), com uma incidência maior de notas 8 e 9.

Tabela 4: Respostas do grupo TODOS às Questões sobre a Percepção Emocional (QPE).

Escala SAM	Dinâmica			Programar			Recursos		
	QPE1 (S)	QPE2 (M)	QPE3 (D)	QPE4 (S)	QPE5 (M)	QPE6 (D)	QPE7 (S)	QPE8 (M)	QPE9 (D)
1	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (1,3%)	1 (1,3%)	1 (1,3%)	0 (0,0%)	0 (0%)	1 (1,3%)
2	0 (0,0%)	2 (2,5%)	2 (2,5%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (1,3%)	0 (0,0%)	0 (0%)	1 (1,3%)
3	0 (0,0%)	1 (1,3%)	1 (1,3%)	0 (0,0%)	1 (1,3%)	3 (3,8%)	0 (0,0%)	1 (1,3%)	1 (1,3%)
4	1 (1,3%)	1 (1,3%)	1 (1,3%)	4 (5,0%)	1 (1,3%)	2 (2,5%)	0 (0,0%)	1 (1,3%)	1 (1,3%)

Continua na próxima página.

Continuação da página anterior.

Escala SAM	Dinâmica			Programar			Recursos		
	QPE1 (S)	QPE2 (M)	QPE3 (D)	QPE4 (S)	QPE5 (M)	QPE6 (D)	QPE7 (S)	QPE8 (M)	QPE9 (D)
5	3 (3,8%)	3 (3,8%)	6 (7,5%)	7 (8,8%)	8 (10,0%)	10 (12,5%)	3 (3,8%)	5 (6,3%)	5 (6,3%)
6	1 (1,3%)	11 (13,8%)	16 (20,0%)	9 (11,3%)	12 (15,0%)	17 (21,3%)	5 (6,3%)	3 (3,8%)	8 (10,0%)
7	20 (25,0%)	11 (13,8%)	25 (31,3%)	15 (18,8%)	11 (13,8%)	19 (23,8%)	8 (10,0%)	17 (21,3%)	19 (23,8%)
8	18 (22,5%)	28 (35,0%)	19 (23,8%)	19 (23,8%)	24 (30,0%)	19 (23,8%)	15 (13,8%)	14 (17,5%)	26 (32,5%)
9	37(46,3%)	23 (28,8%)	10 (12,5%)	25 (31,3%)	22 (27,5%)	8 (10,0%)	49 (61,5%)	39 (48,8%)	18 (22,5%)
Mediana	8	8	7	8	8	7	9	8	8

A distribuição das respostas do grupo ET (total de 49 indivíduos) é apresentada na Tabela 5. Com relação aos valores das medianas obtidas em todas as QPEs, esse grupo possui valores iguais ao grupo TODOS. Em *Dinâmica*, mesmo a maior concentração em respostas 7 ou superior, a QPE3, relacionada a *Domínio* teve a pior avaliação, assim como no grupo TODOS. Com relação às questões sobre *Programar*, esse grupo teve uma maior dispersão entre as notas a partir de 5 quando comparado a TODOS. As avaliações sobre *Recursos* se mostraram mais positivas em relação a de *Dinâmica* e *Programar*, sendo a QPE7 sendo a mais bem avaliada, com a maior parte das respostas sendo o valor 9 (assim como em TODOS).

Tabela 5: Respostas do grupo ET às *Questões sobre a Percepção Emocional (QPE)*.

Escala SAM	Dinâmica			Programar			Recursos		
	QPE1 (S)	QPE2 (M)	QPE3 (D)	QPE4 (S)	QPE5 (M)	QPE6 (D)	QPE7 (S)	QPE8 (M)	QPE9 (D)
1	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (2,0%)	1 (2,0%)	1 (2,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (2,0%)
2	0 (0,0%)	2 (4,1%)	1 (2,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
3	0 (0,0%)	1 (2,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (2,0%)	2 (4,1%)	0 (0,0%)	1 (2,0%)	1 (2,0%)
4	1 (2,0%)	1 (2,0%)	1 (2,0%)	3 (6,1%)	1 (2,0%)	2 (4,1%)	0 (0,0%)	1 (2,0%)	0 (0,0%)
5	2 (4,1%)	3 (6,1%)	5 (10,2%)	5 (10,2%)	6 (12,2%)	8 (16,3%)	3 (6,1%)	4 (8,2%)	3 (6,1%)
6	1 (2,0%)	8 (16,3%)	9 (18,4%)	5 (10,2%)	7 (14,3%)	7 (14,3%)	4 (8,2%)	3 (6,1%)	4 (8,2%)
7	11 (22,4%)	8 (16,3%)	16 (32,7%)	8 (16,3%)	8 (16,3%)	13 (26,5%)	3 (6,1%)	11 (22,4%)	12 (24,5%)
8	14 (28,6%)	16 (32,7%)	13 (26,5%)	13 (26,5%)	12 (24,5%)	12 (24,5%)	8 (16,3%)	8 (16,3%)	19 (38,8%)
9	20 (40,8%)	10 (20,4%)	4 (8,2%)	14 (28,6%)	13 (26,5%)	4 (8,2%)	31 (63,3%)	21 (42,9%)	9 (18,4%)
Mediana	8	8	7	8	8	7	9	8	8

Na Tabela 6, pode-se observar a distribuição das respostas do grupo ES (total de 31 indivíduos), que, no geral, apresenta uma melhor avaliação em *Dinâmica* e *Recursos* (como mostra as medianas), e em *Programar*, segue a tendência dos demais grupos. A QPE1 teve uma grande concentração de avaliações 9, sendo a mais bem avaliada com relação a todos os outros grupos. A QPE3, assim nos demais grupos, foi a que teve a pior avaliação em *Dinâmica*. Em *Programar* esse grupo segue o mesmo padrão dos demais tendo em vista suas medianas, sendo que a QPE6 foi a pior avaliada, com 32,3% de valores 6, a maior concentração abaixo de 7 encontrada nesta análise. Em *Recursos*, a questão QPE8 apresenta uma sutil melhora com relação aos demais grupos.

Tabela 6: Respostas do grupo ES às *Questões sobre a Percepção Emocional (QPE)*.

Escala SAM	Dinâmica			Programar			Recursos		
	QPE1 (S)	QPE2 (M)	QPE3 (D)	QPE4 (S)	QPE5 (M)	QPE6 (D)	QPE7 (S)	QPE8 (M)	QPE9 (D)
1	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
2	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (3,2%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (3,2%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (3,2%)
3	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (3,2%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (3,2%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
4	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (3,2%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (3,2%)
5	1 (3,2%)	0 (0,0%)	1 (3,2%)	2 (6,5%)	2 (6,5%)	2 (6,5%)	0 (0,0%)	1 (3,2%)	2 (6,5%)

Continua na próxima página.

Continuação da página anterior.

Escala SAM	Dinâmica			Programar			Recursos		
	QPE1 (S)	QPE2 (M)	QPE3 (D)	QPE4 (S)	QPE5 (M)	QPE6 (D)	QPE7 (S)	QPE8 (M)	QPE9 (D)
6	0 (0,0%)	3 (9,7%)	7 (22,6%)	4 (12,9%)	5 (16,1%)	10 (32,3%)	1 (3,2%)	0 (0,0%)	4 (12,9%)
7	9 (29,0%)	3 (9,7%)	9 (29,0%)	7 (22,6%)	3 (9,7%)	6 (19,4%)	5 (16,1%)	6 (19,4%)	7 (22,6%)
8	4 (12,9%)	12 (38,7%)	6 (19,4%)	6 (19,4%)	12 (38,7%)	7 (22,6%)	7 (22,6%)	6 (19,4%)	7 (22,6%)
9	17 (54,8%)	13 (41,9%)	6 (19,4%)	11 (35,5%)	9 (29,0%)	4 (12,9%)	18 (58,1%)	18 (58,1%)	9 (29,0%)
Mediana	9	8	7	8	8	7	9	9	8

Em todas as análises dos grupos, é possível notar uma avaliação positiva por parte dos integrantes, com todas as QPEs em todos os grupos com a maior concentração de respostas com os valores 7 ou superior. A QPE3, questão com a pior avaliação em todos as análises, aponta que talvez possa haver melhorias a serem aplicadas à dinâmica adotada nas oficinas. A QPE6, que obteve esteve com a mediana mais baixa em todos os grupos (em especial no grupo ES), sinaliza que o ato de programar ainda pode ser complexo para o público participante, indicando que também pode ser revisto como apresentar os exemplos de código-fonte e a condução da programação durante as práticas.

Em uma visão geral, a avaliação se apresenta como positiva, em todos os agrupamentos e em todas as questões sobre *Dinâmica*, *Programar* e *Recursos*. Em *Recursos*, encontram-se as questões com a maior concentração de avaliações de valor 9 acima de 50%, indicando que a escolha pelos recursos didáticos do ComFAPOO pode ter sido o que mais agradou aos participantes.

6.3 Análise qualitativa sobre os relatos dos participantes

Ao final do questionário com as QPEs, foi aplicado um questionário com perguntas dissertativas, com o objetivo de capturar relatos que apontem aspectos que possam contribuir com a melhoria do método, tanto com apontamentos negativos, quanto positivos. Com a QA1 a intenção foi a de identificar, de maneira objetiva e direta, características que foram bem aceitas durante a prática ou que denotem aspectos positivos relacionados a componentes do ComFAPOO. Para análise das respostas dessa questão, abaixo seguem relatos que apontam aspectos sobre a dinâmica desenvolvida e os materiais disponibilizados:

“Muito prática, simples de entender e ilustrações que ajudam muito.”

“Interatividade, dinamismo e compreensão facilitada.”

“Fácil compreensão do assunto por meio de uma metodologia simples, dividindo o workshop em várias partes, com a explicação detalhada, imagens, exemplos de códigos e também a execução prática no arduino.”

“Os objetos concretos que auxiliaram no aprendizado, as páginas no GitHub com a explicação dos conceitos apresentados e a metodologia prática.”

“A aula foi bem dinâmica, acredito que é necessário ter essas experiências para o aprendizado.”

“Tivemos uma boa explicação sobre todo o assunto e utilizamos materiais físicos que deixaram a aula mais dinâmica porque podíamos ver o resultado na hora.”

“Entender de forma prática os conceitos de POO, Utilização de componentes eletrônicos, Didática bem simples e fácil entendimento”

Os relatos acima mostram que houve uma aceitação positiva com relação à dinâmica da oficina, assim como o material oferecido e os recursos utilizados. Um ponto que também surgiu nos relatos foi a percepção da apresentação dos conceitos de forma gradativa, como o esperado com a abordagem essencial da AS. Destacam-se os seguintes relatos sobre esse aspecto:

“A fácil introdução aos conteúdos, tudo explicado de maneira bem gradativa.”

“A apresentação gradativa dos conceitos.”

“A forma gradativa da exposição é bastante interessante.”

“Primeiramente fiquei assustado com os componentes, mas gradativamente fui entendendo como cada um funciona e por fim, compreendi cada função.”

Nessa QA1, a maior incidência de relatos ficou por conta do uso de objetos físicos (referenciados pelos alunos também como objetos “reais” e “concretos” nos relatos). Nota-se que esse foi um dos principais fatores favoreceram a aceitação positiva do método por parte dos participantes. A interação com o objeto físico programável e a resposta em tempo real que ele fornece, se destacou na maioria dos relatos. Entre os relatos, se destacam:

“Os principais pontos positivos da metodologia ComFAPOO são a aprendizagem com objetos [...]”

“O uso de objetos reais”

“O uso de objetos físicos mostrou mais claramente como a metodologia se aplica e acontece.”

“Unir objetos reais aos códigos tornou mais fácil o aprendizado.”

“Verificar os resultados do código fisicamente e a velocidade de aprendizado”

“A utilização de objetos reais para compreender a POO.”

“Fácil compreensão, o uso de objetos reais, a parte prática que era testar no próprio material, e imersão do assunto.”

“A presença de objetos concretos e a explicação dos conceitos abstratos foi bem simples de entender.”

“Conceitos aplicados com exemplos, a metodologia prática e a solução de um problema “real” (semáforo).”

“observar o objeto concreto juntamente a parte teórica da aplicação.”

A QA2, que teve como objetivo apresentar possíveis problemas com relação ao método e dinâmica das oficinas, tiveram a maior concentração de relatos negativos em dois aspectos. O primeiro está relacionado ao tempo dedicado à apresentação do conteúdo e condução das práticas didáticas. Nota-se uma insatisfação na questão do tempo dedicado à condução da oficina, como exemplifica os seguintes relatos:

“Achei que passamos muito rápido pela estrutura das classes, e o uso comum dos conceitos não ficou tão claro.”

“O conteúdo foi passado rápido.”

“Mais tempo para poder aplicar um projeto diferente dos propostos”

O outro aspecto negativo mais presente entre as respostas diz respeito da disposição dos códigos-fontes já prontos para teste e sua complexidade. No material disponível para os participantes, havia exemplos de códigos-fonte para que pudessem executar e verificar seu funcionamento junto aos componentes eletrônicos. Alguns relatos que destacam esse aspecto:

“os códigos ajudou bastante porem eram complicados.”

“Algumas partes do conteúdo não ficaram tão claras. Acredito que partes com código mais longos deveriam ser melhor explicada.”

“A utilização do “copiar e colar” atrapalhou um pouco na compreensão da linguagem em si, mas isso não impediu de aprender o conceito de POO. Acredito que essa medida foi tomada por conta da falta de tempo que tivemos.”

“a utilização do código fonte já pronto, poderíamos fazer a linha a linha”

Os relatos extraídos pela QA1 apontam que de maneira geral a estrutura do método, que privilegia a exposição gradativa de conceitos e o reforço de suas relações para compor a linha

condutivo à aquisição de conhecimento, foi bem aceita. Também há evidências que a transição entre os modelos concretos, migrando para modelos mais abstratos foi notado e reconhecido como uma estratégia válida. Ainda com a QA1, a maior evidência identificada por meio dos relatos foi a notória aceitação positiva pela adoção de objetos reais que possam ser controlados pelo código-fonte. A presença desses objetos reais, mesmo que alguns participantes tenham se sentido desafiados no início da prática, se mostrou como um recurso didático que agregou dinamismo e interativa para a prática, sendo um fator positivo para o método.

A QA2 mostrou apontou algumas deficiências do método e fatores que podem ser melhorados em trabalhos futuros. O tempo de cada aplicação e de toda a oficina poderia ser revisto, para contemplar mais conteúdo, exemplos e atividade, pois em alguns relatos fica explícito que esse é um fator que poderia agregar aspectos positivos se fosse revisto. Com relação ao problema sobre os códigos-fonte disponibilizados durante a oficina, os relatos mostram que também poderia haver um retrabalho, para talvez, alguma redefinição de exemplos mais simples para mais complexos, ou uma apresentação mais cadenciada desse código-fonte, iniciando com poucas linhas e comandos, e expandindo junto com os participantes.

7 Considerações finais

Esta seção apresenta as discussões finais sobre as contribuições, limitações e trabalhos futuros a partir desta pesquisa. Este trabalho teve como objetivo apresentar o método ComFAPOO e analisá-lo como um instrumento adequado ao seu propósito e que possa colaborar com o ensino de POO, por meio de sua aplicação em oficinas didáticas. Também apresenta um método de apresentação gradual de conceitos e que utiliza recursos potencialmente motivadores que que podem ajudar os alunos no exercício de abstração.

7.1 Limitações da pesquisa

Apesar de avaliações positivas e perceptível evolução na aquisição de conhecimento por parte dos participantes, alguns aspectos devem ser levados em consideração sobre os resultados obtidos.

Como descrito anteriormente neste artigo, todos os participantes são alunos que estiveram sob o ensino à distância durante, pelo menos, 2 semestres do curso, devido à pandemia de Covid-19, nos semestres anteriores às oficinas conduzidas. Com isso, algumas deficiências na aprendizagem de conceitos fundamentais de programação e, conseqüentemente, de POO podem ter sido intensificadas devido à ausência de atividades laboratoriais (recorrente desde o início de curso dessa área), devido à falta de experiência com esse modelo de ensino à distância ou até mesmo dificuldades de acesso à plataforma de estudo e equipamento para acompanhamento adequado das aulas. Esse cenário pode ter tido grande influência no questionário apresentado no início das oficinas, levando os participantes a darem avaliações mais baixas sobre o seu próprio conhecimento em POO. Essa baixa avaliação pode ter sido reflexo de não apenas deficiência na aprendizagem, mas também por falta de confiança em afirmar conhecimento em algo que pouco praticaram durante o curso. Com isso, a análise que mostra clara diferença encontrada entre pré-teste e pós-teste pode ser fragilizada e, conseqüentemente, questionada.

Outra limitação diz respeito ao perfil dos participantes das atividades de análise, todos alunos de cursos de formação profissional, técnico ou superior. A aceitação positiva do método ComFAPOO aponta para sua efetividade como instrumento didático, mas carece de novas aplicações, com grupos de perfis diferentes, para que se possa trazer novos resultados.

7.2 Trabalhos futuros

Entre os principais trabalhos futuros, pretende-se aplicar o método em novos grupos para testes e utilizar grupos de controle, para sanar fragilidades e limitações, supracitadas neste texto. Essas novas aplicações, além de poder validar os resultados positivos obtidos nesta pesquisa, poderão contribuir com o amadurecimento do método e dar base para análises mais criteriosas.

Outras premissas e ferramentas atreladas à AS podem ser incorporadas em novas versões do ComFAPOO. Por exemplo, a utilização de mapas conceituais para que possam ser usados recursos de composição e hierarquia da estrutura do conhecimento a ser apresentado junto à prática. A expansão de novas práticas também será cogitada, para que mais conceitos relacionados à POO possam ser incorporados, possivelmente cobrindo uma ementa completa de disciplina fundamental sobre esse paradigma de programação.

Devido às respostas positivas sobre os recursos utilizados, espera-se adotar novos construtos, mais complexos, que possam representar os objetos concretos a serem manipulados, como, por exemplo, robôs móveis e cenários compostos por vários componentes eletrônicos. A expansão desses construtos mais complexos, além de trazer uma demanda por práticas mais completas de programação, como o uso de mais objetos em um mesmo sistema ou princípios de práticas de projeto de software, podem favorecer mais o aspecto motivacional do método ComFAPOO.

7.3 Contribuições

O método ComFAPOO apresenta uma solução baseada em premissas fundamentais da AS e do modelo CoFa, comumente atrelados a métodos e práticas de ensino de ciências básicas e ao público de formação fundamental. Uma das contribuições que o método descrito neste trabalho apresenta é a construção de um material instrucional e dinâmica de apresentação do conteúdo que favorecem a construção do conhecimento do aluno no ensino de POO. Para o processo de apresentação gradual, que objetivasse a amparar o exercício de abstração, a adoção do modelo CoFa estrutura a forma de apresentação do conteúdo, por meio de modelos concretos, e migrando para modelos mais abstratos, como diagramas e código-fonte.

A adoção do ferramental da CF possibilitou que houvesse a interação desses objetos concretos com um modelo mais abstrato, a programação por meio do código-fonte. A utilização desses objetos concretos, no primeiro momento, ofereceu um recurso com o qual é possível verificar as características e ações inicialmente descritas, quando transportadas para um modelo mais abstrato (o código-fonte). Muitas vezes, em sala de aula, o professor tem dificuldade para estimular a capacidade de abstração de seu aluno, pela escassez de ferramentas que possam refletir na programação o comportamento de um objeto no mundo real. Do ponto de visto prático, umas das contribuições é o desenvolvimento de material didático como produto, podendo ser aplicado em oficinas com um público-alvo de mesmo perfil.

Com relação às análises feitas dos questionários apresentados durante a aplicação das oficinas, foi possível constatar o potencial do método ComFAPOO como uma ferramenta que pode contribuir com a aprendizagem de POO. As análises apontam que os aspectos relacionados aos recursos e dinâmica adotados pelo método foram bem recebidos pelos participantes de modo geral. Entretanto, as mesmas análises colaboram para a identificação de melhorias que podem ser avaliadas em novas versões do ComFAPOO. Dentre as melhorias, podem-se incluir: 1) inclusão de novos modelos concretos, mais complexos, que possam abordar mais conceitos de POO; 2) reestruturação do conteúdo programático para que, em vez de oficinas, o método possa ser implantado durante um semestre letivo; e 3) alteração do modelo de avaliação, para que seja adequado à aplicação durante uma disciplina.

No ponto de vista teórico, o método ComFAPOO apresenta uma proposta metodológica para aplicar práticas de ensino de POO, que alinhem princípios da AS e ferramental da CF. Pode-se também ressaltar que a utilização do modelo CoFa colabora com a condução de uma prática baseada em AS, pois fornece um processo bem estruturado para a apresentação gradual de conceitos, partindo de objetos concretos e chegando até objetos mais abstratos, auxiliando o aluno no exercício de abstração e transição gradual de conceitos relacionados à POO.

Artigo Premiado Estendido

Esta publicação é uma versão estendida do 3º melhor artigo do XXX Workshop sobre Educação em Computação (WEI 2022), intitulado “Aplicação de um Método para Ensino de Programação Orientada a Objetos por meio de Aprendizagem Significativa e Computação Física”, DOI: <https://doi.org/10.5753/wei.2022.222953>.

Referências

- Astolfi, G., & Junior, D. L. (2015). Investigação sobre conhecimentos prévios de alunos do curso Técnico em Informática a partir da aplicação de organizadores prévios. *Aprendizagem Significativa. Revista/Meaningful Learning Review*, 15-28. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID85/v5_n3_a2015.pdf>.
- Ausubel, D. P. (2003). *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 1.*
- Berssnette, J. H., & Francisco, A. C. (2018). Proposta de abordagem prática para o ensino de Programação baseada em Ausubel. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE) (Vol. 29, No. 1, p. 398)*. DOI: [10.5753/cbie.sbie.2018.398](https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2018.398). Disponível em: <<http://ojs.sector3.com.br/index.php/sbie/article/view/7996>>.
- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of behavior therapy and experimental psychiatry*, 25(1), 49-59. DOI: [10.1016/0005-7916\(94\)90063-9](https://doi.org/10.1016/0005-7916(94)90063-9). Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0005791694900639?via%3Dihub>>.
- Brazileiro, R. B. (2013). *tAMARINO: uma abordagem visual para prototipagem rápida em computação física/Ricardo Borges Brasileiro (Tese de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco)*. Disponível em: <<https://attena.ufpe.br/handle/123456789/12362>>.
- Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction (Vol. 59)*. Harvard University Press.
- Buriticá, Ó. I. T. (2013). Estrategia metodológica para aproximar los paradigmas funcional, estructurado y orientado a objetos en ingeniería de sistemas a partir de aprendizaje significativo. *Avances Investigación en Ingeniería*, 10(2), 49-63. DOI: [10.26507/rei.v12n23.719](https://doi.org/10.26507/rei.v12n23.719). Disponível em: <<https://revistas.unilivre.edu.co/index.php/avances/article/view/2748> >
- Buriticá, Ó. I. T. (2014). Relaciones de aprendizaje significativo entre dos paradigmas de programación a partir de dos lenguajes de programación. *Tecnura*, 18(41), 91-102. DOI: <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2014.3.a07>. Disponível em: <<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/Tecnura/article/view/7025>>
- Corral, J. M. R., Balcells, A. C., Estévez, A. M., Moreno, G. J., & Ramos, M. J. F. (2014). A game-based approach to the teaching of object-oriented programming languages. *Computers*

- & *Education*, 73, 83-92. DOI: [10.1016/j.compedu.2013.12.013](https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.12.013). Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131513003370>>
- Decker, R., & Hirshfield, S. (1994). The top 10 reasons why object-oriented programming can't be taught in CS 1. *ACM SIGCSE Bulletin*, 26(1), 51-55. DOI: <https://doi.org/10.1145/191033.191054>. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/191033.191054>>.
- Desportes, K. S. (2018). *Physical computing education: Designing for student authorship of values-based learning experiences* (Tese de Doutorado, Georgia Institute of Technology). Disponível em: <<https://smartech.gatech.edu/handle/1853/60292>>.
- Eckerdal, A., & Thuné, M. (2005). Novice Java programmers' conceptions of "object" and "class", and variation theory. *ACM SIGCSE Bulletin*, 37(3), 89-93. DOI: [10.1145/1151954.1067473](https://doi.org/10.1145/1151954.1067473). Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/1151954.1067473>>.
- Fyfe, E. R., McNeil, N. M., Son, J. Y., e Goldstone, R. L. (2014). Concreteness fading in mathematics and science instruction: A systematic review. *Educational psychology review*, 26(1), 9-25
- Fyfe, E. R., & Nathan, M. J. (2019). Making “concreteness fading” more concrete as a theory of instruction for promoting transfer. *Educational Review*, 71(4), 403-422. DOI: [10.1080/00131911.2018.1424116](https://doi.org/10.1080/00131911.2018.1424116). Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00131911.2018.1424116?journalCode=cedr20>>.
- Georgantaki, S., & Retalis, S. (2007). Using educational tools for teaching object oriented design and programming. *Journal of Information Technology Impact*, 7(2), 111-130. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.134.2804&rep=rep1&type=pdf>>.
- Hartmann, B., Klemmer, S. R., Bernstein, M., & Mehta, N. (2005). d. tools: Visually prototyping physical UIs through statecharts. In *in Extended Abstracts of UIST 2005*. Disponível em: <<http://people.csail.mit.edu/msbernst/papers/dtools-uist05.pdf>>.
- Jaakkola, T., & Veermans, K. (2018). Exploring the effects of concreteness fading across grades in elementary school science education. *Instructional Science*, 46(2), 185-207. DOI: [10.1007/s11251-017-9428-y](https://doi.org/10.1007/s11251-017-9428-y). Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11251-017-9428-y>>.
- Jaakkola, T., & Veermans, K. (2020). Learning electric circuit principles in a simulation environment with a single representation versus “concreteness fading” through multiple representations. *Computers & Education*, 148, 103811. DOI: [10.1016/j.compedu.2020.103811](https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103811). Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131520300130>>.
- Jang, Y., Lee, W., & Kim, J. (2015). Assessing the usefulness of object-based programming education using Arduino. *Indian Journal of Science and Technology*, 8, 90. DOI: [10.17485/ijst/2015/v8is1/57701](https://doi.org/10.17485/ijst/2015/v8is1/57701). Disponível em: <<https://indjst.org/articles/assessing-the-usefulness-of-object-based-programming-education-using-arduino>>.
- Knudsen, J. L., & Madsen, O. L. (1988). Teaching object-oriented programming is more than teaching object-oriented programming languages. In *European Conference on Object-Oriented Programming* (pp. 21-40). Springer, Berlin, Heidelberg. DOI: [10.7146/dpb.v17i251.7607](https://doi.org/10.7146/dpb.v17i251.7607). Disponível em: <<https://tidsskrift.dk/daimipb/article/view/7607>>.

- Kölling, M. (1999). The problem of teaching object-oriented programming, Part 1: Languages. *Journal of Object-oriented programming*, 11(8), 8-15. Disponível em: <https://kar.kent.ac.uk/21879/2/the_problem_of_teaching_object-oriented_kolling_1.pdf>
- Korson, T., & McGregor, J. D. (1990). Understanding object-oriented: A unifying paradigm. *Communications of the ACM*, 33(9), 40-60. DOI: [10.1145/83880.84459](https://doi.org/10.1145/83880.84459). Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/83880.84459>>.
- Lima, Á., Diniz, M., & Eliasquevici, M. (2019). Metodologia 7Cs: Uma Nova Proposta de Aprendizagem para a Disciplina Algoritmos. In *Anais do XXVII Workshop sobre Educação em Computação* (pp. 429-443). SBC. DOI: [10.5753/wei.2019.6648](https://doi.org/10.5753/wei.2019.6648). Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/wei/article/view/6648>>.
- Mellis, D., Banzi, M., Cuartielles, D., & Igoe, T. (2007). Arduino: An open electronic prototyping platform. In *Proc. Chi* (Vol. 2007, pp. 1-11). Disponível em: <<https://alumni.media.mit.edu/~mellis/arduino-chi2007-mellis-banzi-cuartielles-igoe.pdf>>.
- Montero, S., Díaz, P., Díez, D., & Aedo, I. (2010). Dual instructional support materials for introductory object-oriented programming: classes vs. objects. In *IEEE EDUCON 2010 Conference* (pp. 1929-1934). IEEE. DOI: [10.1109/educon.2010.5492438](https://doi.org/10.1109/educon.2010.5492438). Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/5492438>>.
- Moreira, M. A., & Masini, E. F. S. (2001). *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel* (2ª ed.). Ed. Centauro.
- Moreira, M. A. (2003). Linguagem e aprendizagem significativa. In *Conferência de encerramento do IV Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Maragogi, AL, Brasil* (Vol. 8). Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/linguagem.pdf>>.
- Moreira, M. A. (2006). Aprendizagem Significativa: da visão clássica à visão crítica (Meaningful learning: from the classical to the critical view). In *Conferência de encerramento do V Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Madrid, Espanha, setembro de 2006*. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/visaoclasicavisaocritica.pdf>>.
- Moreira, M. A. (2010). O que é afinal aprendizagem significativa? Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/oqueefinal.pdf>>.
- Moström, J. E., Boustedt, J., Eckerdal, A., McCartney, R., Sanders, K., Thomas, L., & Zander, C. (2008). Concrete examples of abstraction as manifested in students' transformative experiences. In *Proceedings of the Fourth international Workshop on Computing Education Research* (pp. 125-136). DOI: [10.1145/1404520.1404533](https://doi.org/10.1145/1404520.1404533). Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/1404520.1404533>>.
- Novak, J. D. (2002). Meaningful learning: The essential factor for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. *Science education*, 86(4), 548-571. DOI: [10.1002/sce.10032](https://doi.org/10.1002/sce.10032). Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.10032>>.
- Or-Bach, R., & Lavy, I. (2004). Cognitive activities of abstraction in object orientation: an empirical study. *ACM SIGCSE Bulletin*, 36(2), 82-86. DOI: [10.1145/1024338.1024378](https://doi.org/10.1145/1024338.1024378). Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/1024338.1024378>>.
- O'Sullivan, D., & Igoe, T. (2004). *Physical computing: sensing and controlling the physical world with computers*. Course Technology Press.

- Piva Jr, D., & Freitas, R. L. (2010). Estratégias para melhorar os processos de abstração na disciplina de Algoritmos. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)* (Vol. 1, No. 1). Disponível em: <<http://ojs.sector3.com.br/index.php/sbie/article/view/1464>>.
- Przybylla, M., & Romeike, R. (2017). The nature of physical computing in schools: Findings from three years of practical experience. In *Proceedings of the 17th Koli Calling International Conference on Computing Education Research* (pp. 98-107). DOI: [10.1145/3141880.3141889](https://doi.org/10.1145/3141880.3141889). Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3141880.3141889>>.
- Rubio, M. A., Hierro, C. M., & Pablo, A. P. D. M. (2013). Using Arduino to enhance computer programming courses in science and engineering. In *Proceedings of EDULEARN13 conference* (pp. 1-3). IATED Barcelona, Spain. Disponível em: <<http://wpd.ugr.es/~marubio/wp-content/uploads/2012/03/arduino.pdf>>.
- Sentance, S., Waite, J., Yeomans, L., & MacLeod, E. (2017). Teaching with physical computing devices: the BBC micro: bit initiative. In *Proceedings of the 12th Workshop on Primary and Secondary Computing Education* (pp. 87-96). DOI: [10.1145/3137065.3137083](https://doi.org/10.1145/3137065.3137083). Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3137065.3137083>>.
- Soares, A. P., Pinheiro, A. P., Costa, A., Frade, C. S., Comesaña, M., & Pureza, R. (2013). Affective auditory stimuli: Adaptation of the international affective digitized sounds (IADS-2) for European Portuguese. *Behavior research methods*, 45(4), 1168-1181. DOI: [10.3758/s13428-012-0310-1](https://doi.org/10.3758/s13428-012-0310-1). Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.3758/s13428-012-0310-1>>.
- Suh, S., Lee, M., & Law, E. (2020). How do we design for concreteness fading? survey, general framework, and design dimensions. In *Proceedings of the Interaction Design and Children Conference* (pp. 581-588). DOI: [10.1145/3392063.3394413](https://doi.org/10.1145/3392063.3394413). Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3392063.3394413>>.
- Yan, L. (2009). Teaching object-oriented programming with games. In *2009 Sixth International Conference on Information Technology: New Generations* (pp. 969-974). IEEE. DOI: [10.1109/itng.2009.13](https://doi.org/10.1109/itng.2009.13). Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/5070749>>.
- Zanetti, H. A. P. & Borges, M. A. F. (2020). Ensino de Programação utilizando Computação Física: uma Revisão Sistemática da Literatura. In *Comunicações em Informática*, [S. l.] 4(1), (pp.19-22). DOI: [10.22478/ufpb.2595-0622.2020v4n1.52065](https://doi.org/10.22478/ufpb.2595-0622.2020v4n1.52065).
- Zanetti, H., & Borges, M. (2021). Por que estimular a Aprendizagem Significativa no ensino de Programação Orientada a Objetos?. In *Anais do Simpósio Brasileiro de Educação em Computação*, (pp. 290-295). Porto Alegre: SBC. DOI: [10.5753/educomp.2021.14496](https://doi.org/10.5753/educomp.2021.14496).
- Zanetti, H., Borges, M., & Ricarte, I. (2021). Método de Ensino de Programação Orientada a Objetos Baseada em Computação Física, Aprendizagem Significativa e Concreteness Fading. In: *Challenges 2021, desafios do digital: Livro de atas*. Universidade do Minho. Centro de Competência. (pp.101-107). Disponível em: <<https://www.nonio.uminho.pt/challenges/download/1344/>>.
- Zanetti, H., Borges, M., & Ricarte, I. (2022). Aplicação de um Método para Ensino de Programação Orientada a Objetos por meio de Aprendizagem Significativa e Computação Física. In *Anais do XXX Workshop sobre Educação em Computação*, (pp. 37-48). Porto Alegre: SBC. DOI: [10.5753/wei.2022.222953](https://doi.org/10.5753/wei.2022.222953).