



Universidade Estadual de Feira de Santana
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação

O Desenvolvimento do Pensamento Computacional na Perspectiva dos Fundamentos Teóricos de Aprendizagem: Um Estudo Sistemático da Literatura

Julian Mubarack Garcia

Feira de Santana

2022



Universidade Estadual de Feira de Santana
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação

Julian Mubarack Garcia

**O Desenvolvimento do Pensamento Computacional na
Perspectiva dos Fundamentos Teóricos de
Aprendizagem: Um Estudo Sistemático da Literatura**

Dissertação apresentada à Universidade
Estadual de Feira de Santana como parte
dos requisitos para a obtenção do título de
Mestre em Ciência da Computação.

Orientador: Roberto Almeida Bittencourt

Feira de Santana

2022

Ficha Catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteadó - UEFS

G199

Garcia, Julian Mubarak

O desenvolvimento do pensamento computacional na perspectiva dos fundamentos teóricos de aprendizagem: um estudo sistemático da literatura / Julian Mubarak Garcia. – 2022.

88 f.: il.

Orientador: Roberto Almeida Bittencourt.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação, Feira de Santana, 2022.

1. Pensamento computacional. 2. Mapeamento sistemático - literatura. 3. Educação – computação. I. Título. II. Bittencourt, Roberto Almeida, orient. III. Universidade Estadual de Feira de Santana.

CDU 004.4:376

Julian Mubarack Garcia

O Desenvolvimento do Pensamento Computacional na Perspectiva dos Fundamentos Teóricos de Aprendizagem: Um Estudo Sistemático da Literatura

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Feira de Santana como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Feira de Santana, 14 de setembro de 2022

BANCA EXAMINADORA



Roberto Almeida Bittencourt (Orientador(a))
Universidade Estadual de Feira de Santana



David Moisés Barreto dos Santos
Universidade Estadual de Feira de Santana



Claudia Pinto Pereira
Universidade Estadual de Feira de Santana

Abstract

There is a growing offer of computational thinking (CT) for students in K-12 education due to the potential that the mastery of CT skills brings to students and professionals in the 21st century. As CT teaching spreads around the world, teachers and researchers in the field of computing education are increasingly concerned about the effectiveness of the teaching process and also of student learning. However, in this context, various proposed interventions tend to be more concerned with the technologies and languages used in the process than with the theoretical foundations behind the proposed approaches. Therefore, it is important to develop a systemic view of how the theoretical foundations of learning have impacted the act of teaching and learning CT. Therefore, this work aims to carry out a systematic mapping study (SMS) on the use of theoretical foundations of learning in the context of computational thinking in K-12 education. The steps of the SMS were: definition of the protocol based on research questions, definition of databases and a search string, selection of primary studies and extraction of information from these studies, ending with a systematic map in the light of theoretical foundations described in the studies. For this research, the ACM Digital Library and Scopus were chosen and, after search and selection, 116 works were selected. The definition of a classification scheme for the SMS allowed producing a quantitative view of this sample that is described in this work through frequency diagrams and cross-reference tables presented in the form of bubble diagrams, in addition to a brief qualitative discussion of selected articles. Finally, results present scientific evidence of a relative gap in the use of theoretical foundations for CT learning. On the other hand, results also depict the most popular theoretical foundations and their interrelationships with various aspects related to CT learning.

Keywords: systematic mapping study, computational thinking, theory, computing education, K-12 education.

Resumo

Há uma oferta crescente de formação em pensamento computacional (PC) para estudantes da educação básica devido ao potencial que o domínio de competências em PC traz para a formação de estudantes e profissionais do Século XXI. Conforme o ensino do PC se dissemina pelo mundo, é crescente a preocupação de professores e pesquisadores da área da educação em computação com a eficácia do processo de ensino e também da aprendizagem dos estudantes. Entretanto, neste contexto, muitas intervenções e formações propostas costumam se preocupar mais com as tecnologias e linguagens usadas no processo do que com os fundamentos teóricos por trás das abordagens propostas. Sendo assim, faz-se necessária uma visão sistêmica de como os fundamentos teóricos de aprendizagem têm impactado no ato de ensinar e aprender PC. Assim, este trabalho objetivou realizar um mapeamento sistemático da literatura (MSL) das evidências sobre a utilização dos fundamentos teóricos de aprendizagem no contexto da formação em pensamento computacional na educação básica. As etapas do mapeamento sistemático proposta foram: definição do protocolo a partir de questões de pesquisa, definição de bases de dados e de uma string de busca, seleção de estudos primários e extração de informação destes estudos, encerrando com um mapa sistemático à luz dos fundamentos teóricos de aprendizagem referenciados nos trabalhos. Para esta pesquisa, foram escolhidas a base ACM Digital Library e a Scopus e, a partir da busca e seleção, foram selecionados 116 trabalhos. A definição de um esquema de classificação para a temática permitiu uma visão quantitativa desta amostra que é descrita neste trabalho a partir de diagramas de frequência e tabelas de referência cruzada apresentadas sob a forma de diagramas de bolhas, além de uma breve discussão qualitativa de artigos selecionados. Este trabalho apresenta evidências científicas de uma relativa carência no uso de fundamentos teóricos para a aprendizagem de PC, destacando, porém, os fundamentos mais populares e suas interrelações com diversos aspectos relacionados à aprendizagem de PC.

Palavras-chave: mapeamento sistemático, pensamento computacional, teoria, educação em computação, educação básica.

Prefácio

Esta dissertação de mestrado foi submetida à Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

A dissertação foi desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PGCC), tendo como orientador o Prof. Dr. **Roberto Almeida Bittencourt**.

Esta pesquisa foi parcialmente financiada pela FAPESB.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PGCC) da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) pela oportunidade formativa, bem como, à sua qualificada equipe de professores pelo aprendizado e partilha de saberes.

Um agradecimento especial ao meu orientador Prof. Dr. Roberto Almeida Bittencourt pelas referências, apoio e estímulo na condução do trabalho e convivência.

Aos membros da banca de defesa, Prof^a. Dra. Claudia Pinto Pereira e Prof. Dr. David Moisés Barreto dos Santos pelas contribuições e olhares atentos ao trabalho e suas potencialidades.

À estudante de graduação Laís Lara Costa Baptista da UEFS pelas contribuições ao processo de pesquisa.

Aos meus amados pais Marco Aurélio Garcia (*in memoriam*) e Doris Rejane Garcia pela caminhada da vida.

A minha esposa Rosineide Pereira Mubarack Garcia e ao meu filho Arthur Pereira Mubarack Garcia, minha querida e sempre presente família.

Sumário

Abstract	i
Resumo	ii
Prefácio	iii
Agradecimentos	iv
Alinhamento com a Linha de Pesquisa	vii
Produções Bibliográficas, Produções Técnicas e Premiações	viii
Lista de Tabelas	ix
Lista de Figuras	x
1 Introdução	1
1.1 Objetivos	5
2 Fundamentação Teórica	6
2.1 Pensamento Computacional	6
2.2 Fundamentos Teóricos de Aprendizagem	8
2.3 Mapeamento Sistemático de Literatura (MSL)	11
2.4 Trabalhos Relacionados	12
3 Metodologia	14
3.1 Objetivo	14
3.2 Questões de Pesquisa	15
3.3 Estratégias de Busca	15
3.4 Critérios de Inclusão e Exclusão	17
3.5 Busca de Publicações	17
3.6 Seleção de Publicações	18
3.7 Extração de Dados	19
3.7.1 Estrutura para classificação	20
3.8 Mapa Sistemático	22

4	Resultados e Discussão	25
4.1	Panorama Global: ano, local e país de publicação	25
4.2	Etapas Escolares Referenciadas	27
4.3	Fundamentos Teóricos Referenciados	29
4.4	Taxonomias de aprendizagem referenciadas	31
4.5	Conceitos e Habilidades de PC Referenciados	32
4.6	Contextos Metodológicos dos Estudos	35
4.7	Profundidade dos Estudos	36
4.8	Foco e Natureza dos Estudos	37
4.9	Ferramentas Utilizadas nos Estudos	40
4.10	Fundamentos teóricos por conceito do PC	42
4.11	Fundamentos teóricos por habilidade do PC	43
4.12	Fundamentos teóricos por contexto metodológico	45
4.13	Fundamentos teóricos por ferramenta	47
4.14	Fundamentos teóricos por etapa escolar	48
4.15	Considerações Finais	49
5	Conclusões	53
5.1	Trabalhos Futuros	55
	Referências	56
A	Trabalhos Seleccionados no MSL	64

Alinhamento com a Linha de Pesquisa

Linha de Pesquisa: Software e Sistemas Computacionais

Esta dissertação trata da temática de pensamento computacional, no contexto da temática mais ampla de pesquisa de educação em computação, que, por sua vez, faz parte da linha de pesquisa de Software e Sistemas Computacionais. Ao aprender pensamento computacional, estudantes desenvolvem habilidades para lidar com situações do mundo real em que podem resolver problemas da forma como profissionais de computação resolvem problemas de software e sistemas computacionais.

Produções Bibliográficas, Produções Técnicas e Premiações

Garcia, J. M., & Bittencourt, R. A. (2022). Um Mapeamento Sistemático da Literatura sobre Pensamento Computacional na Perspectiva dos Fundamentos Teóricos de Aprendizagem. *Artigo completo submetido para publicação*, 1-12.

Lista de Tabelas

2.1	Habilidades do pensamento computacional baseadas em Selby e Wo- ollard	8
3.1	Categorias para a classificação dos estudos.	21

Lista de Figuras

2.1	Framework para o Pensamento Computacional de Brennan e Resnick	7
2.2	Etapas do Mapeamento Sistemático de Literatura conforme Petersen	11
3.1	Distribuição de publicações por base	18
3.2	Fluxograma do processo do MSL	19
3.3	Distribuição de publicações por profundidade selecionadas para a investigação qualitativa	24
4.1	Estudos por ano	26
4.2	Estudos por veículo	27
4.3	Estudos por país	28
4.4	Estudos por etapa escolar	29
4.5	Estudos por fundamento teórico referenciado	30
4.6	Estudos por taxonomia referenciada	32
4.7	Estudos por conceito de PC referenciado	33
4.8	Estudos por habilidade de PC referenciada	34
4.9	Estudos por contexto metodológico referenciado	35
4.10	Estudos por profundidade da abordagem	36
4.11	Estudos por foco da pesquisa	37
4.12	Estudos por natureza da pesquisa	38
4.13	Estudos por ferramenta utilizada	41
4.14	Quantificação de estudos das teorias de aprendizagem por conceito do PC	42
4.15	Quantificação de estudos dos fundamentos teóricos por habilidade do PC	44
4.16	Quantificação de estudos dos fundamentos teóricos por contexto metodológico	46
4.17	Quantificação de estudos dos fundamentos teóricos por ferramenta utilizada	51
4.18	Quantificação de estudos dos fundamentos teóricos por etapa escolar	52

Capítulo 1

Introdução

A Computação impacta a vida das pessoas em diversas áreas do conhecimento e, neste cenário, a educação escolar deve acompanhar esta evolução. As infraestruturas tecnológicas de informação nos ambientes escolares e o uso delas propriamente dito potencializam o processo de ensino e aprendizagem, além da própria gestão escolar.

Nesse contexto de uso da Computação, considera-se uma nova perspectiva formativa, relacionada à forma de pensar, levando a competências e habilidades cognitivas para a solução dos mais variados problemas (Wing, 2006). Surge o pensamento computacional (PC), impactado pelo uso das tecnologias da informação.

O pensamento computacional, da tradução da expressão inglesa *Computational Thinking*, é um conjunto de habilidades baseado na prática de profissionais de Ciência da Computação. O termo foi popularizado por Jeanette Wing no ano de 2006 através de um artigo publicado na revista *Communications of the ACM*, onde ela argumentou que o modo como os cientistas da Computação pensam é útil para outros contextos (Wing, 2006). Wing alavancou discussões sobre a educação em Computação nas escolas do mundo todo, entendendo o PC como um processo metodológico para resolução de problemas, projeto de sistemas e compreensão do comportamento humano norteado por perspectivas fundamentais da Ciência da Computação. O PC ainda pode ser visto como um processo para o reconhecimento de aspectos computacionais no dia-a-dia das pessoas aplicando-se técnicas da Ciência da Computação para compreender e raciocinar sobre os sistemas e processos naturais e artificiais, segundo Snyder (2012).

Segundo Nunes (2011), os conceitos básicos da Computação que são trabalhados pelo PC possuem caráter transversal às demais ciências, possibilitando a formação de cidadãos mais capazes de viver em um mundo globalizado. Além disso, de acordo com Blikstein (2008), o desenvolvimento do PC traz competências e habilidades aos seres humanos essenciais para a cidadania. O PC é uma habilidade que qualquer pessoa deveria saber, independente de sua área de conhecimento ou atividade profissional, assim como saber ler, escrever e calcular (Brackmann, 2017).

O PC se dá através de um raciocínio lógico e formal, através do trabalho de certos conceitos (Brennan e Resnick, 2012), conferindo um conjunto de habilidades (Selby e Woollard, 2013), como a abstração, decomposição, identificação de padrões, paralelismo, dentre outras, necessárias para a vida e a educação no Século 21 (Demo, 2008). Novos desafios são impostos pelo estilo da sociedade e economia intensivas de conhecimento e informação, alavancados pelas novas tecnologias de informação e comunicação (TICs).

No processo de ensino e aprendizagem, o ensino é a mobilização dos diversos saberes do educador e subsidia a formação de uma espécie de reservatório do qual o professor se abastece para responder às exigências do ensino, segundo Gauthier (1998). As boas práticas pedagógicas no ato de ensinar substanciam ao aluno o aprender e, neste sentido, muitas das explicações para o fracasso da aprendizagem são, em parte, apenas explicações para o fracasso do ensino (Bushell, 1973).

A aprendizagem é um processo contínuo e que pode acontecer a qualquer momento. Aprender é algo amplo que leva as pessoas à construção do conhecimento e modifica significativamente o ser de acordo com as suas experiências individuais. Logo, o aprender tem relação com as estruturas mentais e ambientais.

Desta forma, colocada a natureza da aprendizagem, o ensino do PC não deve basear-se somente no empirismo e sim considerar os diversos fundamentos teóricos que existem e pretendem explicar como acontece o processo da aprendizagem de um indivíduo, como ele aprende algo.

No ensino de Computação, segundo Santos et al. (2018), parece haver uma falta de preocupação com os fundamentos pedagógicos que podem comprometer os resultados dos esforços para o ensino do PC. Percebe-se que há uma preocupação intensa com a forma de como a Computação é apresentada para atrair a atenção do aluno, mas há pouca preocupação se a abordagem usada é eficaz para o aprendiz.

Nesse contexto, existem diversas teorias clássicas, com suas concepções, que são iniciativas para organizar e sistematizar o que se conhece sobre a aprendizagem humana. Neste trabalho, recorreu-se a expoentes como Vygotsky, Piaget, Papert, Ausubel, Skinner e Wallon, citando-se aqui alguns nomes importantes que deixaram significativo legado para a temática.

Lev Vygotsky traz o sociointeracionismo, onde o desenvolvimento se produz sobretudo nas vivências das diferenças, em um ambiente social e historicamente localizado (Vygotsky et al., 2008), ressaltando a importância das interações sociais no processo de aprendizagem (Neto et al., 1998).

Já Jean Piaget, com base na sua epistemologia genética do desenvolvimento, traz o construtivismo, no qual o conhecimento é construído pela interação do aluno com o mundo que o cerca, com os objetos, com pouca ênfase à interação social (Freitas e Lara, 2010). A teoria piagetiana prega que o ser humano não nasce com o sistema cognitivo pronto e o constrói mediante relações com o meio físico e social, através de ações do próprio sujeito (Osti, 2009).

As teorias neopiagetianas para o desenvolvimento cognitivo criticam e se baseiam na teoria do desenvolvimento cognitivo de Jean Piaget, trazendo novas concepções sobre habilidades cognitivas, como a Teoria da Habilidade (Fischer, 1980). As abordagens neopiagetianas têm fornecido subsídios bastante promissores para o desenvolvimento de metodologias de ensino e aprendizagem, além de contribuir para a progressão na compreensão sobre a evolução do conhecimento humano em estágios mais avançados do desenvolvimento cognitivo.

O construcionismo de Seymour Papert concebe os computadores como instrumentos para, além de trabalhar, também pensar, enfatizando que a interação com o computador para a resolução de problemas oportuniza a construção do conhecimento (Papert, 1986). Contrapondo-se ao construcionismo, Papert também aborda o instrucionismo que faz referência ao aperfeiçoamento das instruções, automatizadas, no qual o computador apenas é utilizado para transmitir os conteúdos, utilizado mais para ensinar do que para aprender (Papert, 1994).

David Ausubel concebe a aprendizagem significativa, que realça o conhecimento prévio, isto é, aquilo que o aluno já sabe, como fator que mais influencia a aprendizagem dos alunos (Ausubel et al., 1980). Para ele a aprendizagem de um conjunto de conceitos é a recepção deste conjunto conceitual por meio da estrutura cognitiva do indivíduo, com os elementos que daí advêm, como a necessidade de reorganização dessa estrutura, bem como da própria informação.

A teoria comportamentalista ou behaviorista enxerga que a aprendizagem ocorre em função da mudança no comportamento manifesto, observável, desconsiderando aspectos internos do aprendiz que ocorrem na sua mente durante o processo de aprendizagem (Oliveira, 2007).

A abordagem cognitivista, que se contrapõe ao comportamentalismo, tem como proposta a análise da mente, o ato de conhecer. O cognitivismo preocupa-se com o processo de compreensão, transformação, armazenamento e utilização das informações (Moreira e Massoni, 2015).

Henri Wallon privilegia as relações intrínsecas entre a afetividade e a inteligência humana (Wallon, 1975). A teoria Walloniana aborda a importância da afetividade para o desenvolvimento da criança, colocando-a como imprescindível para o desenvolvimento da personalidade do indivíduo, privilegiando a relação entre os domínios afetivo e cognitivo.

Outro fundamento teórico pertinente à aprendizagem é a teoria do fluxo de Mihaly Csikszentmihalyi que ressalta o “estado de fluxo” como sendo uma circunstância no qual o indivíduo, ao realizar uma atividade de forma concentrada, perde a noção de tempo, sente alegria, satisfação e atinge a sensação de bem-estar (Csikszentmihalyi, 1990).

Por fim as taxonomias de aprendizagem permitem a classificação das habilidades do indivíduo, trazendo os resultados da aprendizagem, podendo servir de apoio estratégico para projetos educacionais. As classificações expressadas pelas taxonomias dos

objetivos educacionais proposta por Bloom et al. (1956) e de identificação de patamares de formalização do pensamento, conhecida por SOLO (do inglês, *Structure of observed learning outcome*) e proposta por Biggs e Collis (2014), são exemplos de taxonomias de aprendizagem.

Vários destes fundamentos teóricos, através das concepções que abordam, têm potencial para serem usados para apoiar a aprendizagem do PC, para o concreto desenvolvimento das habilidades e competências intrínsecas. Visam a aprendizagem do indivíduo e estão baseados em sólidos conceitos da Pedagogia, a qual tem a educação como seu objeto de estudo e foco no processo de ensino e aprendizagem de qualquer assunto, independente da área de conhecimento.

Por outro lado, há uma grande quantidade de trabalhos acadêmicos na área de pensamento computacional na escola que não mencionam suas bases teóricas ou fazem menção a algum fundamento teórico de aprendizagem específico. Pelo valor destas bases teóricas, faz sentido levantamentos, balanços e análises críticas, buscando agregar o conhecimento de pesquisas acadêmicas já realizadas utilizando estas bases científicas, colocando em evidência os temas e assuntos salientados. Isto permite conhecer melhor o que está sendo feito para o desenvolvimento do PC na escola a partir da perspectiva dos fundamentos teóricos de aprendizagem. O conhecimento destes trabalhos de PC com sólida base teórica e conferida por outros pesquisadores pode contribuir para mudar as práticas de ensino de PC, obtendo maior eficácia na aprendizagem.

Uma forma de catalogar estes trabalhos sobre o ensino de PC seria um estudo de Mapeamento Sistemático de Literatura (MSL). Para Petersen et al. (2008) este método sistemático permite a criação de um esquema de classificação, consolidando evidências científicas a partir de uma seleção de estudos primários que existem para um determinado campo ou área de conhecimento. É uma investigação que tem como objetivo a identificação das informações e correlações existentes nos estudos, apoiando a descoberta de lacunas existentes na área pesquisada. Um MSL permite esquematizar uma certa área de interesse, possibilitando que os dados quantifiquem as publicações ou trabalhos por meio de categorias.

Vale, portanto, investigar se existem trabalhos que relacionam concretamente os fundamentos teóricos de aprendizagem com as práticas de ensino do pensamento computacional. Existem estudos na área da educação em PC que fazem mapeamentos sistemáticos sobre o ensino do PC no ensino fundamental, porém com restrita referência aos fundamentos teóricos, sendo mais enfatizadas as ferramentas para o desenvolvimento do PC como Scratch, Lego MindStorms, Alice, App Inventor, linguagens de programação como Python e C, e abordagens sobre a avaliação de PC (Santos et al., 2018; de Araujo et al., 2016). O mapeamento sistemático de Werlich et al. (2018) apresenta ferramentas para o desenvolvimento do PC e avaliação deste desenvolvimento, porém com poucas referências ao embasamento nos fundamentos teóricos de aprendizagem.

Zanetti et al. (2016) fazem uma revisão sistemática de literatura com ênfase no en-

sino de programação de computadores utilizando o PC, destacando-se as práticas pedagógicas, entretanto sem referências a possíveis fundamentos teóricos. Em outra revisão sistemática, Carvalho et al. (2017) objetivam destacar os principais objetos de aprendizagem para o desenvolvimento do PC, todavia sem fazer considerações sobre possíveis fundamentos teóricos utilizados. Bordini et al. (2016) trazem uma série de projetos na área de PC, descrevendo, através de um mapeamento, as estratégias de ensino de PC para o ensino fundamental e médio no Brasil, sendo considerados estudos que tiveram resultados oriundos de aplicações práticas a estudantes do ensino básico. Evidencia-se que, na maioria das vezes, as abordagens adotadas utilizavam algoritmos e programação seguida da abordagem desconectada ou desplugada para o ensino do PC, com fundamentação teórica sobre aprendizagem muito superficial.

Assim sendo, evidencia-se uma lacuna a ser preenchida em relação a como os fundamentos teóricos para a aprendizagem são utilizados para fomentar intervenções para o desenvolvimento concreto do pensamento computacional.

1.1 Objetivos

Esta pesquisa tem o propósito de investigar os fundamentos teóricos de aprendizagem que apoiam o desenvolvimento do pensamento computacional a partir de um mapeamento sistemático de literatura.

Nesta perspectiva, o estudo proposto tem a finalidade de trazer uma visão mais ampla sobre as abordagens teóricas envolvendo teorias e taxonomias utilizadas no ensino do PC que fomentam a aprendizagem dos estudantes em relação aos conceitos e habilidades do PC, subsidiando melhores práticas na educação em Ciência da Computação.

Em vista deste objetivo, esta dissertação procura responder às seguintes questões de pesquisa:

1. Quais são os fundamentos teóricos de aprendizagem mais e menos utilizados para apoiar os trabalhos de fomento ao desenvolvimento do pensamento computacional na educação básica?
2. Como os fundamentos teóricos de aprendizagem são associados aos conceitos de pensamento computacional?
3. Como os fundamentos teóricos de aprendizagem são associados às habilidades de pensamento computacional?
4. Quais os contextos metodológicos mais utilizados em função dos fundamentos teóricos de aprendizagem?
5. Quais os fundamentos teóricos de aprendizagem mais utilizados por etapa escolar?
6. Quais as ferramentas mais utilizadas em associação com os fundamentos teóricos de aprendizagem?

Capítulo 2

Fundamentação Teórica

Este capítulo apresenta os principais conceitos necessários para a compreensão desta dissertação, sendo estes relacionados às competências desenvolvidas pelo pensamento computacional, através de conceitos e habilidades, e aos fundamentos teóricos de aprendizagem que envolvem teorias e taxonomias de aprendizagem.

2.1 Pensamento Computacional

O pensamento ou o pensar trazem alguns conceitos importantes para esta reflexão inicial. O ato de pensar nos remete a um processo mental que pode ser voluntário ou involuntário. O ato de pensar é uma atividade intelectual, propiciando atividades cognitivas, o que vem a permitir a aquisição de conhecimento. Segundo Vygotsky et al. (2008), o pensamento é interdependente da linguagem pois, quando pensamos, utilizamos uma língua, em nosso caso, a portuguesa.

Na Ciência da Computação, na década de 1950, surge o termo pensamento algorítmico. Essa palavra tem origem formativa na justaposição das palavras pensamento e algoritmo. A palavra algoritmo tem sua origem no matemático persa Al-Khwarizmi, que originou as palavras algoritmo e algarismo, descrevendo um processo para se chegar a um resultado.

A palavra pensamento computacional (PC), do inglês *computational thinking*, foi utilizada em 1990 por Seymour Papert em sua obra “Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas” (Papert, 1990). O termo volta a receber atenção da comunidade em 2006 quando Jeannette M. Wing publicou um artigo na revista “Communications of the ACM”, tornando-se este uma referência sobre a definição de pensamento computacional, popularizando o termo (Wing, 2006).

A expressão envolve a resolução de problemas, o projeto de sistemas e a compreensão do comportamento humano a partir dos conceitos fundamentais da Ciência da Computação (Wing, 2006). Logo, o termo não se refere a um computador pensante,

pois aí teríamos algo relacionado à inteligência artificial, e sim de uma técnica de pensar a ser usada pelos seres humanos com base nas técnicas computacionais.

É caracterizado por Wing como habilidade intelectual básica para o ser humano, como ler, falar, escrever e fazer operações aritméticas. Traz a capacidade de resolução de problemas, projeto de sistemas e a compreensão do comportamento humano através de pensamentos recursivos e processamentos paralelos, permitindo diminuir a complexidade de tarefas através da abstração e decomposição. De acordo com Brennan e Resnick (2012), as competências do PC para os alunos são colocados em três dimensões: 1. conceitos computacionais, 2. práticas computacionais e 3. perspectivas computacionais. A Figura 2.1 ilustra o detalhamento destas dimensões.

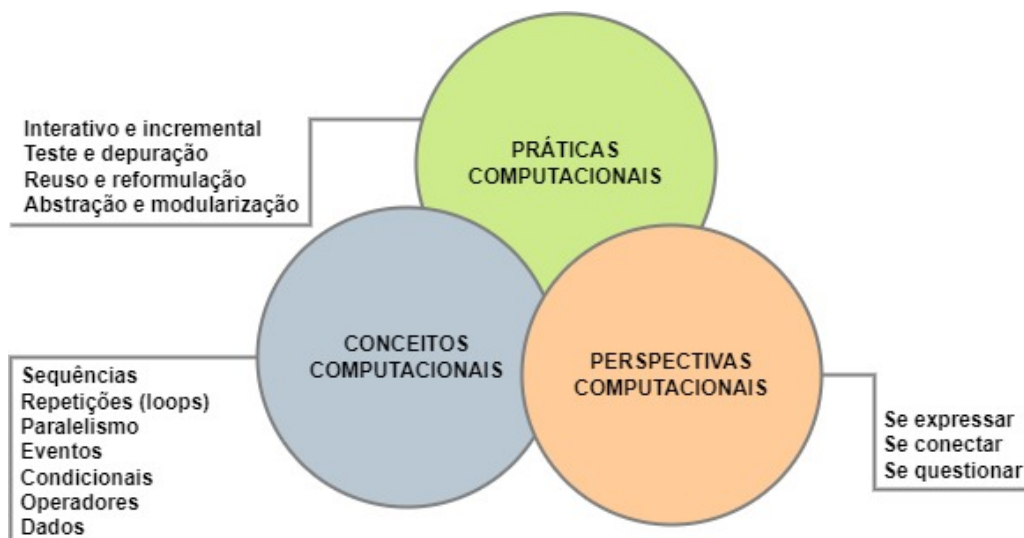


Figura 2.1: Framework para o Pensamento Computacional de Brennan e Resnick

Ainda Selby e Woollard (2013) trazem considerações sobre as habilidades decorrentes do PC como a abstração, decomposição, o pensamento algorítmico, a avaliação e a generalização, destacando-se a avaliação, que seria a comparação de opções para a escolha de recursos para serem utilizados na resolução de problemas, e a generalização, que seria a capacidade de agregar padrões reconhecidamente comuns e utilizá-los na resolução de problemas similares. A Tabela 2.1 traz as habilidades referenciais.

Para apoiar a aprendizagem e a avaliação do PC, Grover e Pea (2013) citam as seguintes definições; as abstrações e generalizações de padrões, incluso aí os modelos e simulações, o processamento sistemático de informações, os sistemas de símbolos e representações, noções algorítmicas de fluxo de controle, decomposição estruturada de problemas, a chamada modularização, o pensamento iterativo, recursivo e paralelo, a lógica condicional; a eficiência e as restrições de desempenho e, por fim, a depuração e detecção sistemática de erros.

Tabela 2.1: Habilidades do pensamento computacional baseadas em Selby e Woolard

Habilidade	Competência
Abstração	Lidar com a complexidade removendo os detalhes desnecessários.
Algoritmo	Identificar os processos e sequência de eventos.
Decomposição	Decompor artefatos, processos ou sistemas em suas partes básicas.
Generalização	Identificar padrões e compartilhar com artefatos, processos ou sistemas.
Análise lógica	Interpretar e aplicar a lógica booleana.
Avaliação	Avaliar sistematicamente, através de critérios e heurísticas, fazendo julgamentos de valor comprovado.

2.2 Fundamentos Teóricos de Aprendizagem

Uma série de estudos existem sobre a aprendizagem, suas concepções em muitas teorias chamadas também de correntes epistemológicas (Neves e Damiani, 2006), em virtude do caráter investigativo sobre a natureza do conhecimento. Sendo assim, faremos uma breve discussão sobre as teorias clássicas selecionadas para esta pesquisa.

Os princípios da abordagem sociointeracionista foram desenvolvidos por Lev Vygotsky (1993), um clássico do pensamento pedagógico. Sua teoria deixou várias heranças, entre elas, a interação social, a linguagem como ferramenta cultural, a importância dos recursos naturais do ambiente e a interação docente-discente.

A interação entre um ambiente geo-histórico e sociocultural com os indivíduos propicia à criança a capacidade de desenvolver sua capacidade linguística, em qualidade e quantidade, impulsionando posteriormente os avanços em seu desenvolvimento de pensamento, conseqüentemente em sua percepção, atenção e memória, conforme Vygotsky (1993). Outro conceito trazido por Vygotsky é o da zona de desenvolvimento proximal (ZDP), que é um conceito que define a distância entre o nível de desenvolvimento real, determinado pela capacidade de resolver um problema individualmente, e o nível de desenvolvimento potencial cognitivo, determinado através da resolução de um problema pela interação social, sob orientação de pessoas mais capazes (Vygotsky e Cole, 1978).

O processo de aprendizagem ocorre na interação, não como sendo resultado dela (Vygotsky, 1998). Constitui o próprio processo de aprender. Desta forma, ressalta-se a importância de trabalhar em pares ou em grupos em relação à aprendizagem comunicativa, pois segundo Vygotsky (1998), a criança tem a capacidade de fazer sozinha o que no passado ela fez com a assistência de alguém. Nas interações, os alunos passam por aspectos emocionais, intelectuais e sociais e, desta forma, sistematizam o conhecimento.

Outra teoria é a cognitivista de Jean Piaget, que explica o desenvolvimento do cognitivo do ser humano (Piaget et al., 1967). A convicção de Piaget era de que o desenvolvimento precede a aprendizagem. A aprendizagem não acontece de forma passiva pelo aluno, cabendo ao professor a tarefa de criar possibilidades enquanto sujeito mediador da aprendizagem e promover situações-problema que permitam o conflito e consequente avanço cognitivo de cada aluno na sua individualidade, promovendo o desenvolvimento das estruturas de pensamento, raciocínio lógico, julgamento e argumentação.

Para Piaget, a criança tem a chamada zona de desenvolvimento real fundamentada na sua independência de realizar tarefas considerando a sua idade mental. O foco da aprendizagem não está no professor e sim no aluno. Este desenvolvimento da construção do cognitivo fundamenta o construtivismo de Piaget, o qual é construído ativamente pelo aluno via interação com objetos (Piaget et al., 1967).

A teoria do desenvolvimento cognitivo de Piaget é criticada por neopiagetianos, apontando de que a teoria dos estágios do desenvolvimento cognitivo não contempla a variabilidade presente nas pessoas, sendo necessárias novas concepções sobre habilidades cognitivas. Nesse sentido, (Fischer, 1980) apresenta a Teoria da Habilidade, na qual o processo construtivo do conhecimento se dá pelo desenvolvimento de habilidades específicas contextualizadas, considerando o Princípio da Especificidade de Domínio. A teoria de Fischer fornece subsídios bastante promissores para o desenvolvimento de metodologias de ensino-aprendizagem, além de contribuir para a progressão na compreensão sobre a evolução do conhecimento humano em estágios mais avançados do desenvolvimento cognitivo.

O construcionismo parte do construtivismo de Piaget, que olha a criança como uma construtora das suas estruturas cognitivas, em interação com o mundo. Seymour Papert (2008), sem pretender negar o valor da instrução em si mesma, mas reconhecendo que cada ato de ensino priva uma oportunidade de descoberta, sugere que a atitude construcionista seja minimalista: que tente obter o máximo de aprendizagem a partir de um mínimo de ensino. Mas alertando que essa atitude minimalista quanto ao ensino de pouco vale, se todo o resto ficar como estava. A meta teórica é a utilização de meios fortes de aprendizagem, apoiados nas próprias construções de mundo do aprendiz, promovendo estruturas intelectuais no indivíduo.

Por outro lado, Papert classifica o uso educacional típico do computador pela filosofia instrucionista (Papert, 1994), que se fundamenta no princípio de que a ação de ensinar é fortemente relacionada com a transmissão de informação, a instrução ao aluno, buscando o seu aperfeiçoamento. Segundo Valente (2008), esta abordagem pedagógica, tendo o computador como suporte, implica que o aluno, através da máquina, possa adquirir conceitos sobre praticamente qualquer domínio, através da utilização de softwares específicos que auxiliam este processo.

Para David Ausubel (1973), com sua teoria da aprendizagem significativa, a aprendizagem é uma organização que integra o material de ensino à estrutura cognitiva

por intermédio de uma estrutura hierárquica de conceitos que ancoram novos conceitos adquiridos. Segundo Ausubel et al. (1980), a aprendizagem significativa ocorre quando se pressupõe a disposição por parte do aluno em relacionar o material a ser aprendido de modo substantivo e não arbitrário à sua estrutura cognitiva, a presença de ideias relevantes na estrutura cognitiva do aluno e a um material potencialmente significativo.

No viés da psicologia, encontra-se o comportamentalismo ou o behaviorismo, cujo objeto de estudo é o comportamento humano. De acordo com a Teoria Behaviorista de Skinner (1969), do ponto de vista da psicologia comportamental, para que seja possível contribuir com as práticas de ensino, faz-se necessário estudar o comportamento humano por meio de uma análise experimental para que sejam identificados princípios do comportamento que permitam a proposição e aplicação de práticas de ensino eficientes e eficazes. Para o fisiologista Ivan Pavlov, que criou a teoria do comportamento e foi referência para Skinner, tudo que aprendemos é explicado através do modo em que os estímulos, ambientais e internos, produzem as respostas (Skinner, 2007).

Já o cognitivismo nasce da proposição de que o conhecimento é construído, de que a ênfase está no ato de conhecer, na cognição do aprendiz (Moreira e Massoni, 2015). A psicologia cognitiva tem o foco nos “processos centrais” do indivíduo, tais como: organização do conhecimento, processamento de informações, estilos de pensamento e comportamentos associados à tomada de decisões, aspectos esses que dificilmente são observáveis (Mizukami, 1986). Por este viés, as emoções são consideradas articuladas com o conhecimento e a aprendizagem é entendida como algo para além do ambiente do aluno, das pessoas ou de fatores externos (Mizukami, 1986).

Segundo Mihaly Csikszentmihalyi (1990), a sua Teoria do Fluxo (*Flow Theory*) explica que quando os indivíduos apresentam estados mentais ótimos, ocorre a felicidade. Estes estados são caracterizados pela circunstância de concentração total, onde o indivíduo nem percebe o passar do tempo e tem uma motivação para executar determinada tarefa e, nestas condições, pode atingir o chamado estado de “fluxo”. Neste ponto é necessário equilibrar a dificuldade das tarefas a serem executadas com as habilidades do indivíduo.

Neste contexto de fundamentos teóricos, é importante ressaltar as taxonomias de aprendizagem. A palavra taxonomia vem do grego (*taxis*=ordenação e *nomos*=norma), ou seja, nos conduz a um sistema de classificação. Benjamin Bloom e um grupo de pesquisadores, dedicaram-se ao estudo da psicologia e à tarefa de classificar os objetivos educacionais para desenvolverem um método para a organização da aprendizagem (Bloom et al., 1964). A taxonomia dos objetivos de aprendizagem conhecida como taxonomia de Bloom é um sistema hierárquico onde são identificados três domínios; o cognitivo, o afetivo e o psicomotor.

Outra taxonomia, a SOLO (*Structure of Observed Learning Outcomes*) foi desenvolvida pelos pesquisadores Biggs e Collis (1982), tendo potencial para ser aplicada

na educação em geral, fornecendo aporte teórico e prático para a construção de ferramentas e estratégias para os processos de ensino e aprendizagem, descrevendo as respostas que um aluno pode oferecer para uma tarefa. É um meio de classificar os resultados da aprendizagem em termos de complexidade, permitindo avaliar o trabalho dos alunos em termos de qualidade.

2.3 Mapeamento Sistemático de Literatura (MSL)

Mapeamento Sistemático de Literatura (MSL) é uma metodologia de pesquisa bibliográfica que descreve um processo de investigação baseado em evidências, similar a uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL). Para Kitchenham e Charters (2007) a RSL tem objetivo de estabelecer um estado de evidência além de categorizações, buscando identificar práticas com base em evidências empíricas, buscando responder a questões mais específicas. O MSL não tem este objetivo pois não há profundidade suficiente sobre os estudos, sendo o objetivo principal a classificação da literatura conforme esquemas, fazendo agregações, realizando análises temáticas selecionadas, buscando responder questões mais amplas (Petersen et al., 2008). Ambas procuram identificar, selecionar, avaliar os materiais produzidos sobre um tema de pesquisa, buscando responder a questões de pesquisa bem como identificar lacunas no conhecimento.

As etapas necessárias para um MSL são: definir as questões de pesquisa, definir critérios de busca, seleção de estudos primários, extração dos dados, sumarização, agregações e interpretações de resultados. O MSL é considerado um estudo secundário tendo em vista que busca estabelecer conclusões sobre estudos primários, que são os originais de pesquisas. A Figura 2.2 mostra o modelo de referência com as etapas para o processo de MSL. Os mapeamentos sistemáticos constituem uma forma de

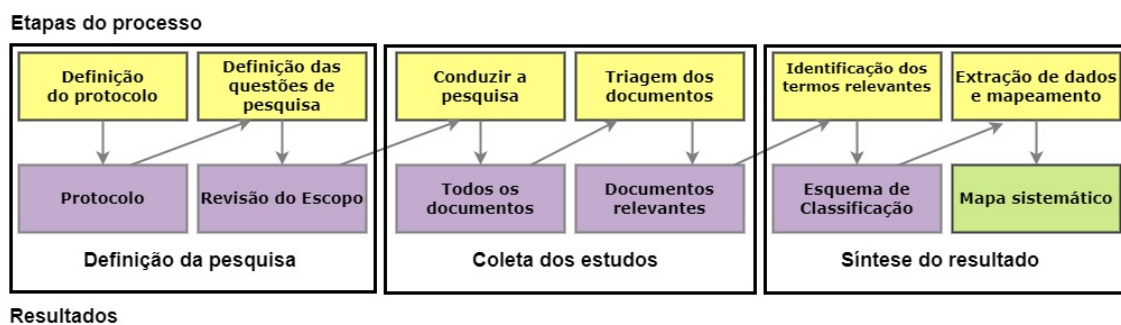


Figura 2.2: Etapas do Mapeamento Sistemático de Literatura conforme Petersen

avaliação de pesquisas relevantes sobre uma questão de pesquisa, tópico ou interesse de pesquisa (Petersen et al., 2008). Eles também podem analisar um conjunto menor de materiais quando têm objetivos mais específicos, com certo aprofundamento sobre a temática.

Em princípio, o processo inicia com a definição das questões de pesquisa que constituem a essência do MSL, pois elas nortearão as buscas dos documentos relevantes em bases científicas eletrônicas com o objetivo de responder à questão central do estudo. Para estas buscas, é definida uma *string* de busca que constitui uma proposição, que declara um filtro lógico a ser aplicado sobre mecanismos de busca de publicações científicas. Após a aplicação desta *string* de busca nos buscadores, o resultado é submetido a critérios de inclusão e exclusão de estudos, consecutivamente e conforme a quantidade de critérios estabelecida, a fim de que se estabeleça uma população de estudos mais relevantes para a pesquisa. Posteriormente, os estudos selecionados serão lidos integralmente para a extração de dados. Por fim, apresenta-se a interpretação dos resultados decorrentes do MSL com ênfase na questão central.

Estes estudos podem ser facilmente replicados devido ao rigor da condução sistemática do MSL, possuindo formas similares, segundo Budgen et al. (2008), com pequenas variações adaptativas conforme o contexto estudado.

Para Petersen et al. (2015), os estudos de mapeamento sistemático da literatura são projetados para dar uma visão geral de uma área de pesquisa através da classificação e contagem de contribuições em relação às categorias dessa classificação, sendo utilizados estruturar uma área de pesquisa,

2.4 Trabalhos Relacionados

Estudos recentes relacionam o interesse pela educação em Ciência da Computação com ênfase na aprendizagem do pensamento computacional (PC), nas ferramentas de fomento ao PC, através de estudos de métodos para eficácia do processo em si. Já os estudos sobre fundamentos teóricos são mais comuns no contexto mais amplo de educação em Computação do que no de PC.

Szabo et al. (2019) buscaram identificar e examinar na literatura existente as teorias de aprendizagem no domínio do ensino em Ciência da Computação, identificando formas de organizar essas áreas de pesquisa. O grupo teve como objetivo demonstrar as relações entre estas áreas de conhecimento produzindo uma tabela periódica, um arranjo visual, com representações gráficas das teorias de aprendizagem, seus agrupamentos de relacionamentos, para auxiliar os pesquisadores na compreensão de como e onde uma teoria é utilizada na educação em Computação, gerando, assim, um guia de interesse para a comunidade.

Malmi et al. (2019), a partir de uma seleção substancial de literatura de pesquisa em educação em Computação, identificam construtos teóricos de aprendizagem, constatando o desenvolvimento de teorias de aprendizagem específicas para a Ciência da Computação, complementando as teorias gerais de aprendizagem, buscando construir uma melhor compreensão teórica de como os estudantes aprendem conceitos e processos de Computação, elencando uma série de novas condições e construções teóricas na área da aprendizagem, comportamento para a aprendizagem e orientação

de estudos. A partir de uma análise de literatura publicada entre 2005 e 2015, de um conjunto de 516 estudos, ressalta-se que 91% deles não fazem referência a construtos teóricos para a aprendizagem, porém salientam que foram identificados 65 novos construtos teóricos. O objetivo do estudo foi de identificar o desenvolvimento de teorias que se concentram na construção mais profunda de percepções sobre o complexo mundo do ensino e aprendizagem de conceitos e processos computacionais.

Santos et al. (2018) descrevem uma pesquisa através de um mapeamento sistemático que analisou uma diversidade de experiências e estudos sobre iniciativas para o ensino e pesquisa do PC e da programação na educação básica brasileira. Em um conjunto de 338 estudos primários selecionados, publicados de 2001 a 2016, percebeu-se que, apesar de várias experiências, o Brasil ainda precisa fazer progresso em relação à qualidade e profundidade do processo de ensino e aprendizagem de Computação no ensino fundamental e médio. Evidencia-se que existe uma preocupação significativa em como a Computação é apresentada para ser atrativa, destacando-se metodologias de ensino que utilizam jogos, robótica e linguagens como o Scratch, mas há pouca preocupação se a abordagem utilizada é eficaz para o aprendizado, sendo ressaltada uma despreocupação com fundamentos pedagógicos.

Kalelioglu et al. (2016) fazem uma revisão sistemática de pesquisas com intuito de trazer definições abrangentes sobre o PC a fim de definir metas de aprendizagem para o desenvolvimento dos alunos, utilizando a própria estrutura do pensamento computacional, a fim de utilizá-la como roteiro para ensinar e aprender sobre ele. O estudo traz uma seção sobre as abordagens teóricas de aprendizagem, ressaltando que apenas 20 dos 125 artigos selecionados fazem referência a tais fundamentos.

Assim, fica constatado que, apesar de inúmeros trabalhos agregadores sobre PC, inclusive mapeamentos sistemáticos e revisões de literatura que relatam experiências com pensamento computacional e utilizam ferramentas de ensino para aprendizagem, o cenário carece de revisões que de fato centrem suas questões na aplicação mais profunda das teorias de aprendizagem para o desenvolvimento do PC.

Capítulo 3

Metodologia

Para este estudo com base em evidências científicas, foi seguido um processo de Mapeamento Sistemático de Literatura (MSL). A metodologia utilizou métodos mistos, com abordagem quali-quantitativa, sendo a investigação quantitativa realizada a partir da seleção e extração de dados dos artigos, e a investigação qualitativa a partir da descrição de exemplares dos artigos selecionados para ilustrar as classificações realizadas.

É importante manter o rigor processual e metodológico do MSL para garantir a qualidade deste, aumentando a legitimidade das descobertas e a relevância para a prática (Cruzes e Dybå, 2010).

O paradigma desta pesquisa seguiu a linha do pragmatismo, pois tem interesse não só no que é de fato, mas no que deveria ser. Sendo assim, buscou a compreensão para auxiliar futuramente na solução de problemas.

3.1 Objetivo

Esta investigação teve o objetivo de investigar os fundamentos teóricos de aprendizagem, com ênfase em teorias e taxonomias, que alicerçaram o desenvolvimento do pensamento computacional na educação básica, sob a ótica de conceitos e habilidades, trazendo uma visão mais ampla das interrelações entre teoria e PC. Para esse propósito, fez-se um estudo secundário de mapeamento sistemático de literatura, que foi realizado sobre estudos primários identificados em bases de publicações científicas.

Segundo Petersen et al. (2008), o MSL possui três fases principais: planejamento do mapeamento, condução do mapeamento e o relato final. Este tipo de investigação utiliza uma metodologia bem definida para identificação, análise e identificação de evidências disponíveis a respeito de uma questão de pesquisa particular de maneira imparcial e reproduzível (Petersen et al., 2015).

A análise dos resultados teve como objetivo apresentar as frequências de publicações para cada categoria e isso possibilitou observar quais categorias foram mais ou menos enfatizadas em pesquisas anteriores e, desta forma, foi possível a identificação de lacunas, trazendo novas possibilidades para pesquisas futuras.

3.2 Questões de Pesquisa

A seguir, são descritas as questões de pesquisa que norteiam esta investigação:

1. Quais são os fundamentos teóricos de aprendizagem mais e menos utilizados para apoiar os trabalhos de fomento ao desenvolvimento do pensamento computacional na educação básica?
2. Como os fundamentos teóricos de aprendizagem são associados aos conceitos de pensamento computacional?
3. Como os fundamentos teóricos de aprendizagem são associados às habilidades de pensamento computacional?
4. Quais os contextos metodológicos mais utilizados em função dos fundamentos teóricos de aprendizagem?
5. Quais os fundamentos teóricos de aprendizagem mais utilizados por etapa escolar?
6. Quais as ferramentas mais utilizadas em associação com os fundamentos teóricos de aprendizagem?

3.3 Estratégias de Busca

A busca de publicações nas bases bibliográficas foi realizada em dois momentos distintos. No primeiro momento, a busca de publicações foi na base digital ACM Digital Library¹ e, em um segundo momento, foi realizada uma busca adicional na base Scopus², que constitui uma grande indexadora de conteúdo científico no mundo, especialmente na área de Computação e educação. A base Scopus indexa as publicações da Elsevier, Springer, ACM e IEEE.

A *string* de busca, que foi submetida ao mecanismo de busca das bases digitais, é uma proposição lógica que contém as palavras-chave sobre o tema pesquisado e operadores lógicos que juntos estabelecem um filtro para seleção dos estudos. Até se chegar à *string* final, uma série de nove refinamentos na mesma foram necessários para que ela permitisse a busca de estudos primários relevantes à investigação.

¹<https://dl.acm.org>

²<https://www.scopus.com>

As palavras-chave foram colocadas na língua inglesa em virtude da maior abrangência de publicações neste idioma, o que geraria uma população mais significativa para o estudo.

A primeira palavra da *string*, composta, é “*computational thinking*” (pensamento computacional), sendo esta de presença essencial nos estudos buscados. Além dela, a palavra *learning* (aprendizagem) também é fundamental. Assim sendo, teríamos a *string* de busca: **“computational thinking” AND learning**. Porém, submetendo esta *string*, o retorno da quantidade de artigos seria muito grande. Como nos interessa pesquisar sobre as teorias de aprendizagem, teríamos que estabelecer também este filtro na nossa *string*. A palavra *theory* (teoria) e termos correlatos neste contexto, *conception* (concepção) e *model* (modelo), foram então utilizadas. Mas, considerando que estas palavras podem estar sendo referenciadas no seu plural, as palavras *theories*, *conceptions* e *models* foram também utilizadas, se estabelecendo a seguinte *string*: **“computational thinking” AND (“learning theory” OR “learning theories” OR “learning conception” OR “learning conceptions” OR “learning model” OR “learning models”)**. Como é interesse desta pesquisa de investigar o uso das teorias de aprendizagem para o ensino do PC na educação básica e não na educação superior (*higher education*), acrescentou-se o estágio escolar de interesse. Para o ensino fundamental I, o estágio “*elementary school*”, para o ensino fundamental II, o estágio “*middle school*”, e para o ensino secundário, o estágio “*high school*”, além do termo “K-12” que designa os ensinos primário e secundário. Sendo assim, após os refinamentos da *string* de busca a ser utilizada no indexador, considerando as palavras-chaves do contexto desta investigação, chegou-se à seguinte proposição lógica:

```
"computational thinking" AND
("learning theory" OR "learning theories" OR
"learning conception" OR "learning conceptions" OR
"learning model" OR "learning models") AND
("elementary school" OR "middle school" OR
"high school" OR "K-12")
```

Todavia, ao submeter a proposição, foi observada a possibilidade de não só se utilizar os termos referentes às teorias de aprendizagem genericamente mas também os nomes dos teóricos e das teorias específicas e de interesse, objetivando um retorno mais alinhado e representativo à pesquisa. Desta forma, considerou-se importantes iniciativas clássicas para organizar e sistematizar o que se conhece sobre a aprendizagem humana, sendo escolhidas as teorias cognitivista, construtivista, construcionista, behaviorista e aprendizagem significativa. Os teóricos expoentes considerados foram Piaget, Papert, Ausubel, Vygotsky e Skinner. Assim, chegou-se a esta nova proposição lógica:

```
"computational thinking" AND
("learning theory" OR "learning theories" OR
"learning conception" OR "learning conceptions" OR
```

```
"learning model" OR "learning models" OR  
piaget OR papert OR ausubel OR vygotsky OR skinner OR  
cognitivism OR constructivism OR constructionism OR  
behaviorism OR "meaningful learning" ) AND  
("elementary school" OR "middle school" OR "high school" OR "K-12")
```

3.4 Critérios de Inclusão e Exclusão

Para o processo de seleção dos estudos do MSL, foram definidos os seguintes critérios de inclusão:

1. Artigo publicado nos últimos seis anos, de 2016 até 2021;
2. Estudo primário;
3. Artigo apresenta conteúdo que aborda o desenvolvimento de PC com referências às teorias de aprendizagem.

Os critérios de exclusão definidos foram:

1. Artigo duplicado;
2. Artigo não está em inglês;
3. Estudo secundário ou terciário;
4. Tese ou dissertação;
5. Artigo não tem foco em PC;
6. Artigo não traz referências às teorias de aprendizagem;
7. É um livro;
8. Artigo resumido com até duas páginas.

3.5 Busca de Publicações

A busca por publicações se deu em dois momentos distintos. O primeiro momento da busca pelas publicações foi em 15 de maio de 2021, nos Laboratórios de Engenharia de Computação – LABOTEC III da UEFS – Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Na ocasião, foi feita a busca na base ACM Digital Library (ACM DL), através da execução da *string* de busca com o retorno de 439 publicações. Foi observado que 10 publicações eram duplicadas, 27 publicações estavam indisponíveis para *download* e que oito publicações estavam inacessíveis por causa do nome muito extenso do arquivo. Em decorrência disso, houve um corte de 45 publicações, reduzindo a amostra desta base para 394 publicações.

O segundo momento, dedicado às buscas de publicações na base Scopus, ocorreu em 26 de outubro de 2021, também nos Laboratórios de Engenharia de Computação

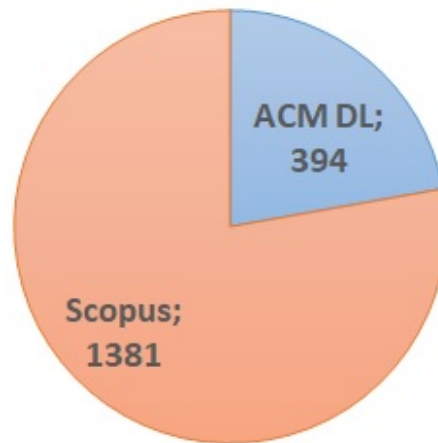


Figura 3.1: Distribuição de publicações por base

da UEFS. Nesta busca, obtiveram-se 1454 publicações. Foi observado que havia 27 publicações duplicadas e 46 publicações inacessíveis. Assim sendo, houve um corte de 73 publicações, reduzindo a amostra desta base para 1381 publicações.

Neste contexto, nossa amostra resultante das buscas ficou com 1775 publicações, como mostra a Figura 3.1 com a distribuição de publicações por base.

3.6 Seleção de Publicações

Na amostra oriunda da base ACM DL, a seleção foi feita através da leitura dos títulos, resumos, palavras-chave e de uma apreciação superficial do texto completo pelo pesquisador principal e por um pesquisador assistente, de forma independente, utilizando os critérios de inclusão e exclusão. Foram 44 publicações aceitas pelo pesquisador principal e 144 publicações aceitas pelo pesquisador assistente.

Neste caso, um desempate foi necessário para resolução das divergências entre as escolhas dos dois pesquisadores, tendo ocorrido 30 aceites coincidentes e 114 divergentes. Foi feita uma reunião entre os pesquisadores para o desempate, levando a uma seleção de 55 publicações da base ACM Digital Library.

A seleção das publicações oriundas da base Scopus ocorreu usando o mesmo modo de leitura e critérios de inclusão e exclusão pelos quais as publicações da ACM DL foram selecionadas, levando a uma seleção de 132 publicações.

Observa-se que, dos 1893 estudos (439 da ACM DL e 1454 da Scopus) do total original, após as remoções, leituras, rejeições e aceites, conforme os critérios definidos, foram selecionados 187 estudos para compor a amostra para a fase de extração. Na Figura 3.2, é ilustrado o fluxograma do MSL que já integra os procedimentos envolvendo as duas bases.

A gestão do processo de MSL foi realizada com o auxílio do software gratuito StArt,

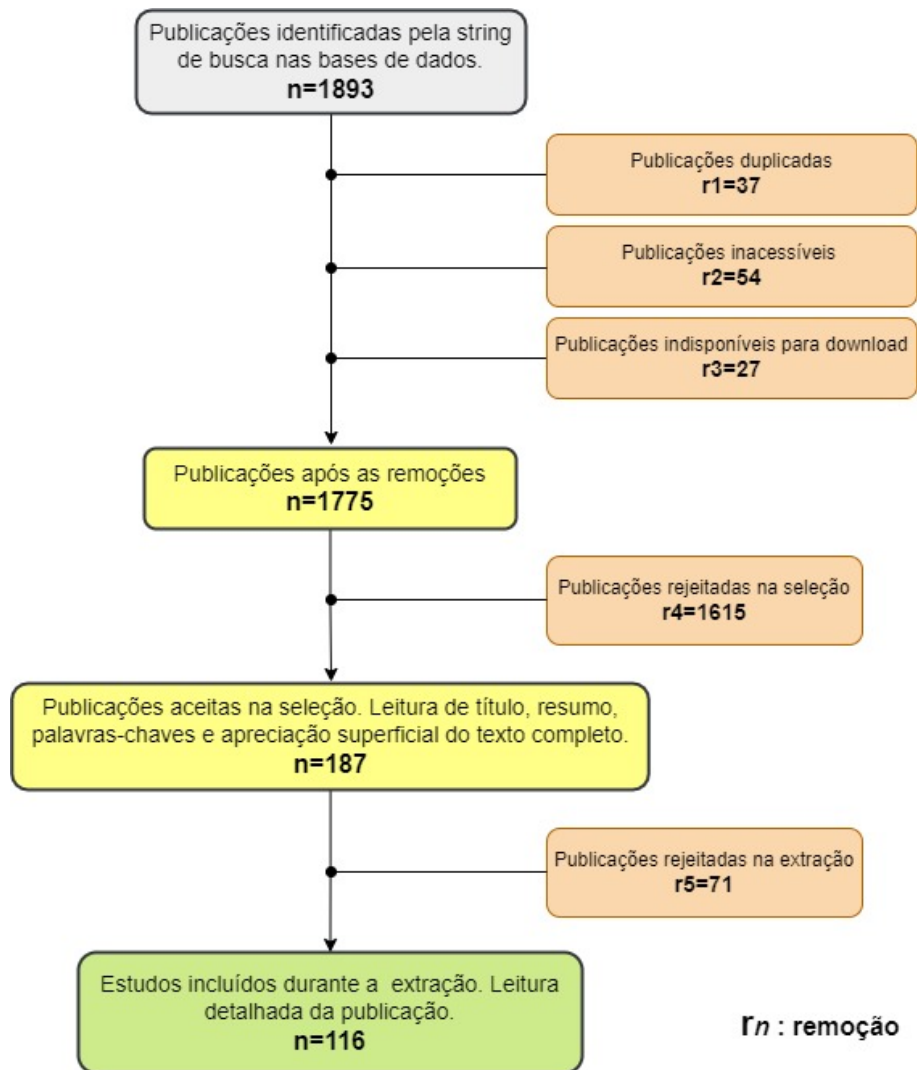


Figura 3.2: Fluxograma do processo do MSL

do Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

3.7 Extração de Dados

Nesta fase, foi feita uma leitura detalhada do texto integral das 187 publicações incluídos na fase de seleção, reapplicando os critérios de inclusão e exclusão, gerando uma amostra final com 116 publicações conforme mostrado na Figura 3.2. Estes estudos, à medida em que eram aceitos nesta fase de extração, tinham os dados de interesse para a pesquisa extraídos, os quais eram lançados em um formulário de extração de dados no software StArt, sendo construído assim um repositório de dados para as análises da etapa seguinte da pesquisa.

3.7.1 Estrutura para classificação

Em vista do propósito desta investigação, alguns eixos de interesse foram considerados essenciais e subsidiaram as sumarizações, classificações, agregações e a interpretação dos resultados. Para tanto, foi definida uma estrutura para a extração dos dados, implementada como um formulário na ferramenta StArt, cujas categorias são apresentadas na Tabela 3.1. Ressalte-se que as categorias de Tipo de veículo, Veículo, Profundidade do artigo e Natureza do artigo foram de escolha única enquanto as demais foram de múltipla escolha. Esta estrutura foi remodelada conforme a evolução da pesquisa em virtude do surgimento de novos elementos de interesse durante as leituras e releituras dos estudos.

Algumas categorias de interesse, tidas como **essenciais** no contexto desta pesquisa, são apresentadas na Tabela 3.1 nas categorias numeradas de 4 a 8. Estas categorias são: **Fundamentos teóricos de aprendizagem, Taxonomias de aprendizagem, Etapas escolares, Conceitos de PC** conforme Brennan e Resnick (2012) e as **Habilidades de PC** conforme (Selby e Woollard, 2013). Ressalte-se que as taxonomias de aprendizagem também são fundamentos teóricos de aprendizagem, mas por uma questão de enfoque conceitual, foram colocadas em categorias distintas na tabela.

Os fundamentos teóricos de interesse para esta pesquisa, em princípio, foram: **o sociointeracionismo, o construtivismo, o construcionismo, o instrucionismo, a aprendizagem significativa, o behaviorismo, cognitivismo, conectivismo, teoria neopiagetiana e teoria do fluxo**. A escolha por tais fundamentos deveu-se ao fato de serem expoentes clássicos na pedagogia. Salienta-se que a teoria do fluxo foi identificada durante as leituras dos estudos da amostra inicial e decidiu-se inseri-la na estrutura classificatória devido à sua relação com a aprendizagem.

As taxonomias consideradas de interesse para esta pesquisa foram de **Bloom, Solo, Bepalko, Matrix, Abstract Transition, Marzano & Kendall, Ennis, Engajamento e Neobloomiana**. Não estava previsto que as taxonomias fizessem parte da estrutura para a classificação de estudos. Entretanto, estas taxonomias foram identificadas nas leituras dos estudos da amostra inicial e, dada a sua relação com a aprendizagem, decidiu-se inseri-las na referida estrutura.

Para as competências em PC, foram consideradas as dimensões dos conceitos e habilidades de PC como categorias de interesse. Para os conceitos de PC, foram considerados os estabelecidos pelo *framework* de Brennan e Resnick (2012), que são: **sequências, loops, eventos, paralelismo, condicionais, operadores e dados**. Para as habilidades de PC, foram consideradas as definidas por Selby e Woollard (2013), que são: **Abstração, Decomposição, Pensamento algorítmico, Avaliação, Generalização**.

Além das categorias consideradas essenciais, outras classificações foram importantes para ampliar a caracterização dos estudos da amostra.

O **contexto metodológico** do estudo trata do domínio em que se insere o conteúdo de PC para proporcionar uma compreensão mais significativa ao estudante e motivá-lo,

Tabela 3.1: Categorias para a classificação dos estudos.

No.	Descrição	Tipos
1	Tipo de veículo	Evento, Periódico
2	Veículo	Siglas dos veículos
3	País	Estados Unidos, Suíça, Brasil, dentre outros
4	Etapa escolar	Pré-escola, Ensino Fundamental I, Ensino Fundamental II, Ensino Médio
5	Fundamento teórico de aprendizagem	Sociointeracionismo, Construtivismo, Construcionismo, Instrucionismo, Aprendizagem Significativa, Behaviorismo, Cognitivismo, Conectivismo, Neopiagetiana, Teoria do Fluxo
6	Taxonomia de aprendizagem	Bloom, Solo, Belpalko, Matrix, Abstract Transition, Marzano e Kendal, Ennis, Engajamento, Neobloomiana
7	Conceito de PC	Sequências, Loops, Eventos, Paralelismo, Condicionais, Operadores, Dados
8	Habilidade de PC	Abstração, Decomposição, Pensamento Algorítmico, Avaliação, Generalização
9	Contexto metodológico	Tradicional, Robótica, Jogos, Hardware, Desplugada, Animações ou Histórias
10	Foco da pesquisa	Desenvolvimento, Proposta de mudança, Discussão teórica, Formação de professores
11	Profundidade da abordagem	Superficial, Mediana, Forte
12	Natureza do artigo	Artigo de opinião, Estudo de Caso, Experimento/Quase Experimento, Pesquisa-Ação, Proposta de Solução, Relato de Experiência
13	Ferramenta	Agent Cubes, Scratch, App Inventor, Alice, Kodu, Blockly, Code.org, Arduino, Lego, CS Unplugged, Open Roberta, Micro:bit, GreenFoot, Logo, La Playa, NetLogo, NetTango, Pseudo Code, Python, Outras

tendo sido utilizadas as seguintes categorias: tradicional, robótica, jogos, hardware, desplugada, animações e histórias (Santos et al., 2018).

O **foco** da pesquisa caracteriza se a pesquisa foi centrada no desenvolvimento de tecnologias ou descobertas, ou se foi uma intervenção a partir de estudos dos sujeitos (estudantes ou professores), dos instrumentos e dos procedimentos que deverão ser utilizados para a superação de problemas, ou se foi uma discussão teórica.

A **profundidade da abordagem** foi estabelecida conforme o ponto de vista desta investigação e, para isso, foram definidas algumas regras. Se o estudo fosse considerado **superficial**, é por que ele poderia até tratar de forma satisfatória das competências em PC, representado pelas categorias de conceitos e habilidades, o que não era incomum, ou até mesmo tratar satisfatoriamente dos fundamentos teóricos de aprendizagem, entretanto, com vaga discussão conjunta, ocorrendo as vezes uma única ocorrência de palavras que representassem alguma categoria dessas. Se a profundidade do estudo fosse considerada **mediana**, é por que foi apresentada boa discussão envolvendo essas duas categorias de interesse, geralmente dedicando um parágrafo razoável e fazendo algumas referências dessas categorias no corpo da publicação para resgatar relações com o contexto. Por fim, se a profundidade do estudo fosse classificada como **forte**, haviam parágrafos dedicados às discussões abrangentes das categorias dos fundamentos teóricos de aprendizagem, ou seções específicas para este fim, dentro de *frameworks* ou *backgrounds* teóricos do estudo, além do tratamento satisfatório das competências em PC. Também reiteraões dos fundamentos teóricos eram feitas em diferentes contextos da publicação, resgatando conceitos e relações. Os fundamentos teóricos também poderiam estar no resumo ou nas palavras-chave do estudo.

A **natureza** da pesquisa, caracteriza o tipo do estudo realizado, cujas categorias escolhidas foram: artigo de opinião, estudo de caso, experimento/quase Experimento, pesquisa-ação, proposta de solução ou relato de experiência Santos et al. (2018).

As **ferramentas**, plugadas ou desplugadas, que foram utilizadas para apoiar o ensino do PC nos estudos, sendo consideradas as seguintes: Agent Cubes, Scratch, App Inventor, Alice, Kodu, Blockly, Code.org, Arduino, Lego, CS Unplugged, Open Roberta, Micro:bit, GreenFoot, Logo, La Playa, NetLogo, NetTango, Pseudo Code, Python, Outras.

3.8 Mapa Sistemático

O repositório dos dados armazenados no software StArt foi exportado para o Microsoft Excel na forma de uma grande planilha. Nesta planilha, foi aplicado uma série de filtros de dados a fim de se fazer as agregações necessárias para as análises desejadas sob a ótica das questões de pesquisa deste trabalho.

Primeiramente, os resultados quantitativos da pesquisa foram apresentados na forma de histogramas ou diagramas de distribuição de frequências, que foram elaborados

no Excel. Para esta análise de distribuição, foram criadas as seguintes categorias de observação:

1. Panorama global considerando-se ano, local e país da publicação;
2. Etapas escolares referenciadas;
3. Fundamentos teóricos referenciados;
4. Taxonomias de aprendizagem referenciadas;
5. Conceitos e Habilidades em PC Referenciados;
6. Contextos metodológicos dos estudos;
7. Profundidade dos estudos;
8. Foco e natureza dos estudos;
9. Ferramentas utilizadas.

A segunda forma de apresentação dos resultados quantitativos da pesquisa foi através de diagramas de bolhas, que são um tipo de gráfico de dispersão. Estes diagramas utilizam três dimensões de dados que, no caso desta pesquisa, foram as seguintes: a **categoria dos fundamentos teóricos de aprendizagem**, **outra categoria de interesse** e a **frequência do cruzamento** das duas categorias envolvidas, ou seja, as duas dimensões iniciais. Este cruzamento de categorias foi evidenciado por uma bolha cujo tamanho evidencia uma maior ou menor frequência de associação.

Para os cruzamentos importantes para esta pesquisa, a tabela em Excel, com os dados da extração, foi exportada para o Microsoft Access, gerando uma outra tabela sobre a qual foram realizadas consultas de referência cruzada. Esses estudos cruzados, na forma de tabelas, foram exportados para o Excel que, com o aporte do suplemento Microsoft Power Query, foi possível a elaboração dos gráficos de bolhas.

Para esta análise de estudos cruzados foram criadas as seguintes categorias de observação:

1. Fundamentos teóricos por conceito do PC;
2. Fundamentos teóricos por habilidade do PC;
3. Fundamentos teóricos por contexto metodológico;
4. Fundamentos teóricos por ferramenta;
5. Fundamentos teóricos por etapa escolar.

A investigação qualitativa se deu pela análise de artigos que foram selecionados da amostra de estudos desta pesquisa em consonância com as categorias de observação. Com este propósito, os estudos prioritários para entrarem nesta seleção foram os classificados com profundidade forte, depois, os medianos e, por fim, os superficiais. Foram selecionados 34 estudos, distribuídos por profundidade do estudo conforme

mostra a Figura 3.3. A relação dos estudos por profundidade para a investigação qualitativa é a seguinte:

1. **Forte:** Zipitría (2018), Salac et al. (2021a), Fields et al. (2016), van Es e Jeuring (2017), Franklin et al. (2020), Salac et al. (2020), Troiano et al. (2020), Ng e Cui (2021), Mukasheva e Omirzakova (2021), Salac et al. (2021b), Grizioti e Kynigos (2021), Butler e Leahy (2021), Jiang e Wong (2022), Kesler et al. (2022), Morales-Urrutia et al. (2021), Wong e Cheung (2020), Saxena et al. (2020), Rijke et al. (2018), Borges et al. (2017), Pellas e Peroutseas (2016)
2. **Mediano:** Fowler et al. (2016), Kesselbacher e Bollin (2019), Repenning e Basawapatna (2021), Mladenović et al. (2021), Petrie (2022), Monteiro et al. (2021), Piedade et al. (2020), Díaz-Lauzurica e Moreno-Salinas (2019), Chongo et al. (2021) Grover et al. (2019), Sáez-López et al. (2016)
3. **Superficial:** Feldhausen et al. (2018), Merkouris e Chorianopoulos (2018), Clarke-Midura et al. (2021)

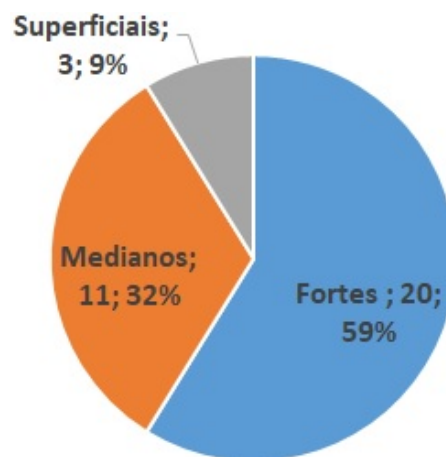


Figura 3.3: Distribuição de publicações por profundidade selecionadas para a investigação qualitativa

Capítulo 4

Resultados e Discussão

Através do MSL, procurou-se identificar se os fundamentos teóricos da aprendizagem são contemplados em estratégias de ensino para o desenvolvimento do PC, quais são estes fundamentos, e como eles são trabalhados no processo de ensino e aprendizagem. O mapeamento conduziu a uma visão sistêmica por intermédio de categorizações, quantificações e conclusões (Petersen et al., 2008). O resultado fornece a outros pesquisadores e educadores um panorama atualizado do aproveitamento destes fundamentos para a promoção do PC.

Desta forma, procedemos com as categorizações dos trabalhos selecionados, relacionadas aos fundamentos teóricos de aprendizagem e às categorias complementares de interesse. A exposição na forma quantitativa foi por intermédio de diagramas de frequência e diagramas de bolhas, um tipo de gráfico de dispersão que permite avaliar as associações, distribuições e padrões existentes entre conjuntos de dados, subsidiadas por análises cruzadas de dados. Por fim, para quase todas as seções de resultados, foi feita uma breve análise qualitativa de estudos selecionados para o propósito em questão.

4.1 Panorama Global: ano, local e país de publicação

Em primeira análise, trazemos uma visão da frequência anual de publicações dos estudos no período de 2016 a 2021, bem como os referidos veículos de publicação (eventos ou periódicos) destes.

Percebe-se que, no período de 2016 (11 estudos, 9,5%) a 2020 (33 estudos, 28,4%), houve um crescimento no número de estudos. Em relação ao ano de 2021 (28 estudos, 24,1%), que contempla somente os primeiros 5 meses deste ano, dado o período em que foram realizadas as buscas nas bases de dados, houve um número expressivo de publicações considerando-se o período analisado. Neste contexto, a linha de tendência acrescentada ao gráfico sugere a propensão ao crescimento das publicações no futuro, como mostrado na Figura 4.1.

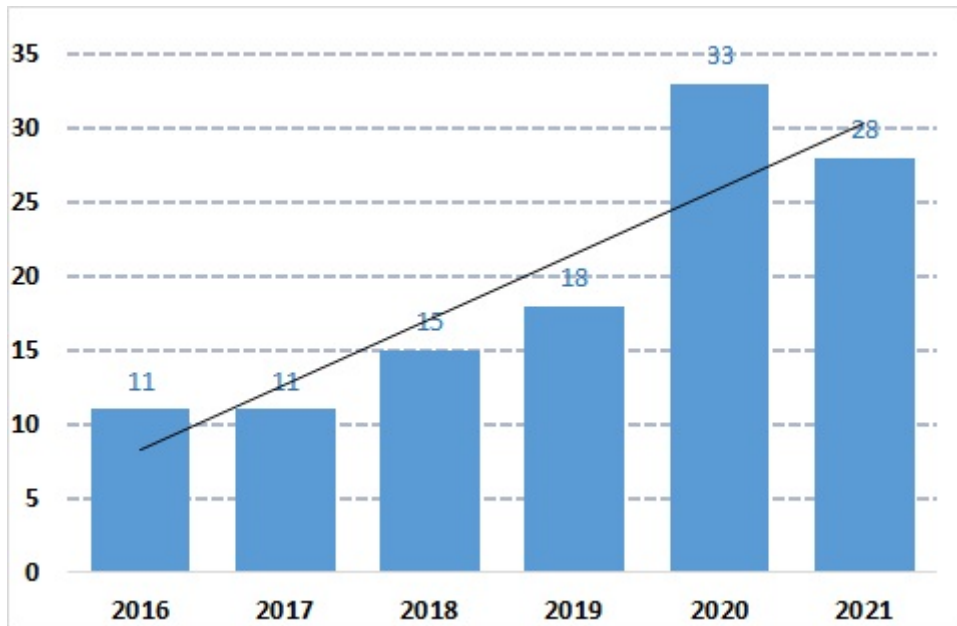


Figura 4.1: Estudos por ano

Considerando a importância da publicação em eventos e periódicos na área de educação em Computação, observamos na Figura 4.2 que o evento SIGCSE TS (*SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education*) teve o maior número de publicações (13 estudos, 11,2% do total), seguido pelo evento ICER (*ACM International Computing Education Research Conference*), com 7 estudos (6,0% do total). O evento ITiCSE (*ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*) e o periódico IE (*Informatics in Education*) tiveram ambos 5 estudos (4,3% do total). Os veículos que tiveram entre duas e quatro publicações são mostrados na Figura 4.2 e representam 33 estudos (28,4% do total). Os demais veículos, que foram considerados não relevantes para esta pesquisa ou que tiveram somente uma publicação, foram classificados como “Outros” e totalizam 53 estudos (45,7% do total), o que é bastante significativo em nossa amostra total da pesquisa. Verifica-se uma grande predominância de publicações em eventos (83 estudos, 71,6% do total) contra os publicados em periódicos (33 estudos, 28,4%).

No cenário global, o país com o maior número de publicações são os Estados Unidos (41 estudos, 35,3%), seguido da Espanha (11 estudos, 9,5%) e da Grécia (10 estudos, 8,6%), conforme apresentado na Figura 4.3. O Brasil, junto com o Chile, Malásia, Israel, Alemanha, França e Dinamarca teve três publicações. Dos 40 países que tiveram publicações no período, 30 são claramente identificados no gráfico apresentado pois possuem duas ou mais publicações e os outros 10 países foram classificados como “Outros”.

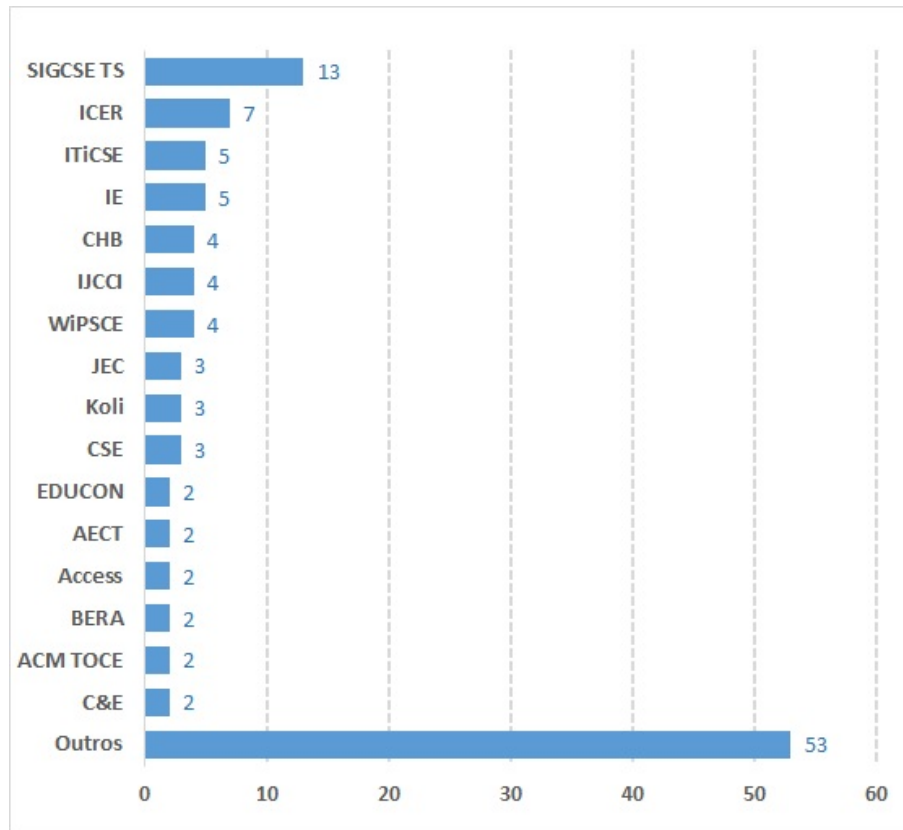


Figura 4.2: Estudos por veículo

4.2 Etapas Escolares Referenciadas

Observamos na Figura 4.4, que a maioria das pesquisas, mais da metade, ocorreu no Ensino Fundamental I (63 estudos, 54,3%) e no Ensino Fundamental II (34 estudos, 29,3%). Com mediana representatividade tivemos o Ensino Médio (15 estudos, 12,9%) e a menor, na Pré-Escola (5 estudos, 4,3%). Alguns estudos não citaram a etapa escolar a que se referiam (13 estudos, 11,2%), sendo classificados como etapa “Não citada” no gráfico apresentado.

Dentre os vários estudos para o Ensino Fundamental I, ressaltamos um estudo quase experimental que dá atenção aos desafios acadêmicos de pessoas em situação de pobreza, multilíngues, deficientes e alunos com proficiência em leitura e matemática abaixo da média esperada em um curso de PC (Salac et al., 2021a). O estudo revelou que a estratégia de aprendizagem metacognitiva TIPP&SEE¹, baseada no construcionismo e utilizando o Scratch, contribuiu para fornecer oportunidades equitativas, refletindo em desempenho semelhante ao de seus pares no desenvolvimento do PC. Ressaltou também que alunos multilíngues não tiveram mudanças muito sensíveis no rendimento no referido estudo.

¹TIPP&SEE: mnemônico - *Title, Instructions, Purpose, Play, Sprites, Events, Explore*

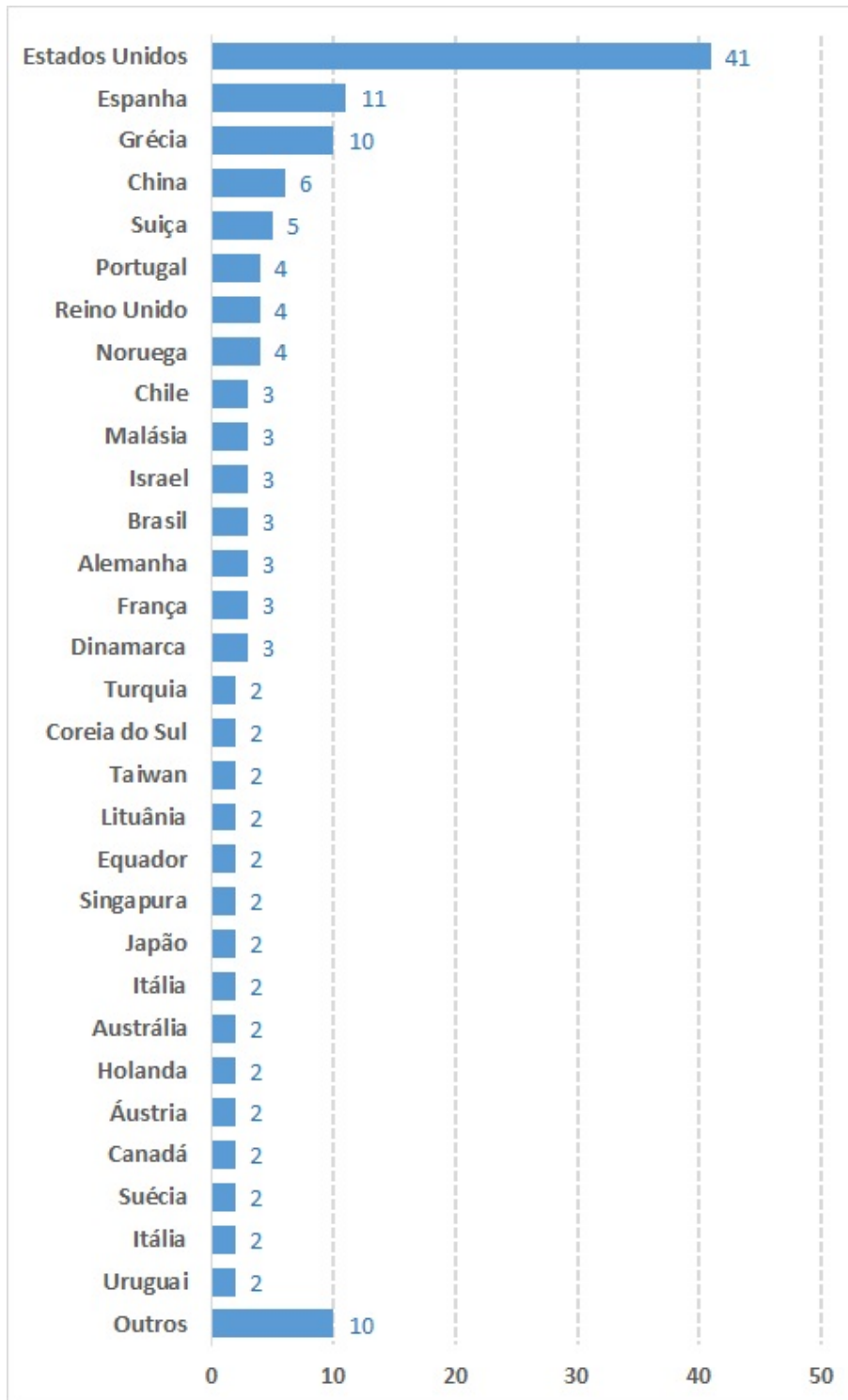


Figura 4.3: Estudos por país

Um outro estudo traz descobertas importantes relativas ao design de jogos desenvolvidos por alunos da 8ª série do Ensino Fundamental (Troiano et al., 2020). Dentro

de uma visão construcionista, traz a criação de artefatos de diversos gêneros de jogos que afetaram de forma distinta o desenvolvimento de habilidades de PC e impactaram as rotinas de programação na ferramenta Scratch.

Na pré-escola, utilizando-se de abordagens desplugadas e plugadas com estudantes de 3 a 6 anos, um estudo enfatizou em atividades os conceitos de PC (Saxena et al., 2020). As atividades envolveram o reconhecimento de padrões, sequenciamento e projeto de algoritmos, segundo a teoria do desenvolvimento cognitivo de Piaget, estimulando o desempenho dos estudantes com atividades envolvendo os blocos Lego e o robô Bee-Bot e criando uma base para o ensino do PC nesta etapa escolar.

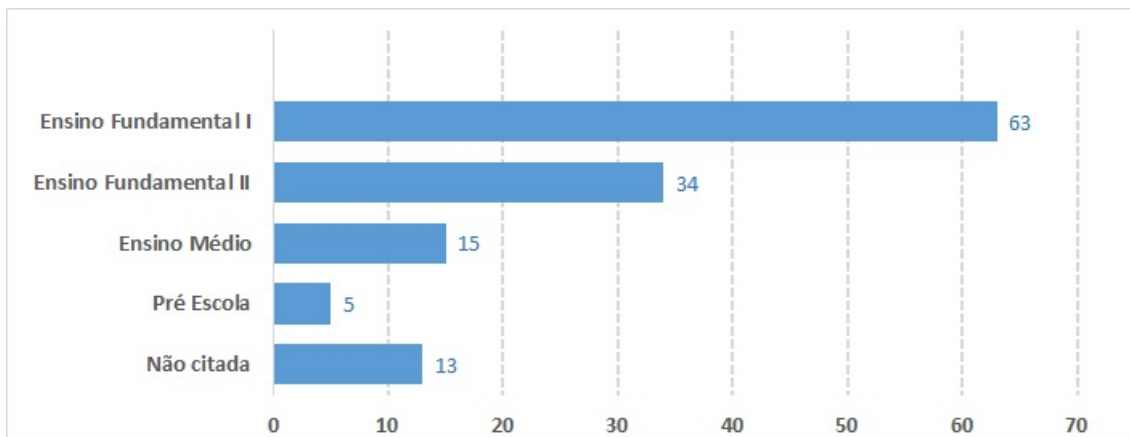


Figura 4.4: Estudos por etapa escolar

4.3 Fundamentos Teóricos Referenciados

Em relação à quantificação dos fundamentos teóricos citados nos estudos, fica evidente que o construcionismo (81 estudos, 69,8%) de Seymour Papert (Papert, 1986) é a teoria mais mencionada, seguido da teoria construtivista (65 estudos, 56,0%) de Jean Piaget (Piaget et al., 1967) e da teoria sociointeracionista (33 estudos, 28,4%) de Lev Vygotsky (Vygotsky et al., 2008), como mostrado na Figura 4.5.

Também observamos que a teoria do estado de fluxo (8 estudos, 6,9%) de Mihaly Csikszentmihalyi (Csikszentmihalyi et al., 2014) teve representatividade e que, apesar de não ser uma teoria de aprendizagem, torna-se relevante para se alcançar a aprendizagem.

As teorias Neopiagetianas (7 estudos, 6,0%) , que trazem novas concepções para as habilidades cognitivas, como a Teoria da Habilidade de Fischer (1980), que complementam a teoria do desenvolvimento cognitivo de Piaget, foram razoavelmente referenciadas nos estudos.

A teoria da aprendizagem significativa (3 estudos, 2,6%), de Ausubel (1973), importante ao fortalecer as relações conceituais entre o conhecimento novo e o existente, foi

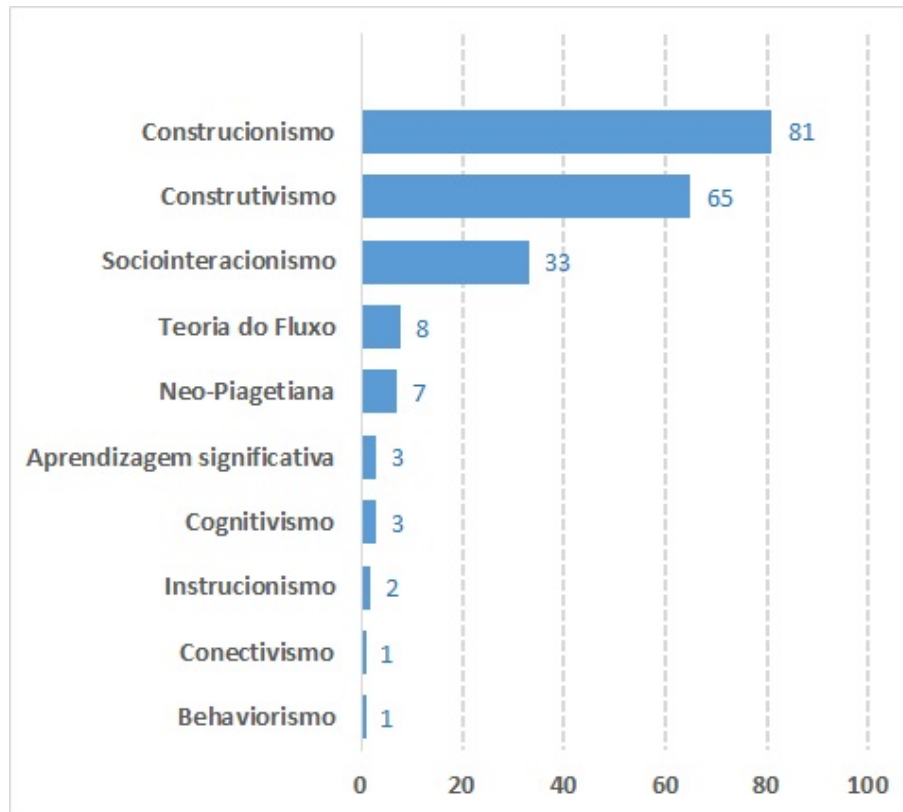


Figura 4.5: Estudos por fundamento teórico referenciado

pouco abordada. As teorias menos referenciadas foram o instrucionismo (2 estudos, 1,7%), o conectivismo (1 estudo, 0,9%) e o behaviorismo (1 estudo, 0,9%).

Um dos estudos traz uma análise sobre os artefatos digitais elaborados por alunos de 11 a 13 anos da 5ª e 6ª séries do ensino fundamental para a resolução de problemas matemáticos, desenvolvendo o PC (Ng e Cui, 2021). Para as atividades foi combinado o uso de uma linguagem de programação baseada em blocos em um ambiente baseado no PC, com objetos físicos através do Arduino. Através de práticas construcionistas, os estudantes criaram artefatos digitais e tangíveis para executarem uma série de ações físicas, evidenciando empiricamente a integração entre recursos da Computação, através do desenvolvimento de conceitos do PC e a resolução de problemas em outras disciplinas.

Já outro estudo enfatiza o ensino do PC com a robótica para alunos do ensino médio com alto grau de apatia ou desmotivação, sendo o processo de ensino e aprendizagem baseado na investigação e resolução de problemas reais e na aprendizagem ativa dos alunos por sua própria experiência (Díaz-Lauzurica e Moreno-Salinas, 2019). O estudo teve foco construtivista, promovendo o esforço e a participação ativa do aluno na assimilação e acomodação para a incorporação de novos conhecimentos aos seus conhecimentos prévios, dando ênfase também na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e no socioconstrutivismo de Vygostky, ressaltando a zona

do desenvolvimento proximal. Os desafios foram planejados conforme as habilidades dos alunos para manter um alto nível de satisfação baseando-se na teoria do Estado de Fluxo. Inicialmente, foram feitas entrevistas para identificar estilos e perfis de aprendizagem, seguido por um treinamento motivacional em raciocínio computacional com o Blockly Games e, por fim, aulas experimentais utilizando software no kit Lego MindStorms EV3. Demonstrou-se que o uso de ferramentas motivadoras em conjunto com uma pedagogia adequada trouxe melhoras qualitativas no desenvolvimento do PC neste público.

Em outro estudo, foi feito um experimento em 2020 com 137 alunos entre 10 e 12 anos do Ensino Fundamental, para descobrir se a integração de uma abordagem *mindfulness* para ensinar programação para crianças pode ser benéfico para aumentar os níveis de aprendizagem (Morales-Urrutia et al., 2021). Criou-se dois grupos, um com a abordagem *mindfulness* (atenção plena) e outro sem, de controle. Foi utilizado um companheiro de aprendizagem chamado Alcodey, fundamentado no construcionismo social que mescla o construcionismo de Papert com o sociointeracionismo de Vygotsky, enfatizando o cenário social, perante o qual o estudante cria seus artefatos e recebe apoio emocional e motivacional conforme suas interações. O experimento revelou que a utilização da abordagem *mindfulness* foi benéfica para a aprendizagem, satisfação e motivação dos alunos.

Outra pesquisa traz um estudo quase experimental com alunos da quarta série durante os anos de 2018 e 2019, com idades entre 9 e 10 anos, que explorou as relações entre o ensino de Computação e as habilidades de leitura e matemática, comparando os resultados nestas disciplinas (Salac et al., 2021b). Foram criados dois grupos de alunos: um que recebeu instruções de PC utilizando o Scratch e outro pareado que não recebeu, sendo que foi feita uma análise separada dos alunos com desvantagens econômicas, baixa proficiência em inglês e deficiência. Com base nas teorias neopiagetianas, os alunos desenvolveriam seus conhecimentos e habilidades existentes, seja do indivíduo ou do ambiente, à medida que aprendem novos conceitos e habilidades em outras disciplinas. Houve melhorias no desempenho em matemática em todos os grupos exceto nos alunos com deficiência, e o desempenho em leitura não foi associado às instruções em PC.

4.4 Taxonomias de aprendizagem referenciadas

Considerando que 33 estudos (28,4%) fizeram alguma referência às taxonomias de aprendizagem, evidenciamos que a taxonomia de Bloom (Bloom et al., 1964) foi a mais referenciada (16 estudos, 13,8%) seguida pela taxonomia SOLO (7 estudos, 6,0%) (Biggs e Collis, 1982). As demais taxonomias abordadas estiveram presentes em um ou dois artigos conforme a Figura 4.6.

Um estudo traz uma análise de artefatos produzidos no Scratch por 184 alunos com idades entre 9 e 10 anos do Ensino Fundamental buscando diferenças expressivas da aprendizagem com foco nos objetivos educacionais (Franklin et al., 2020).

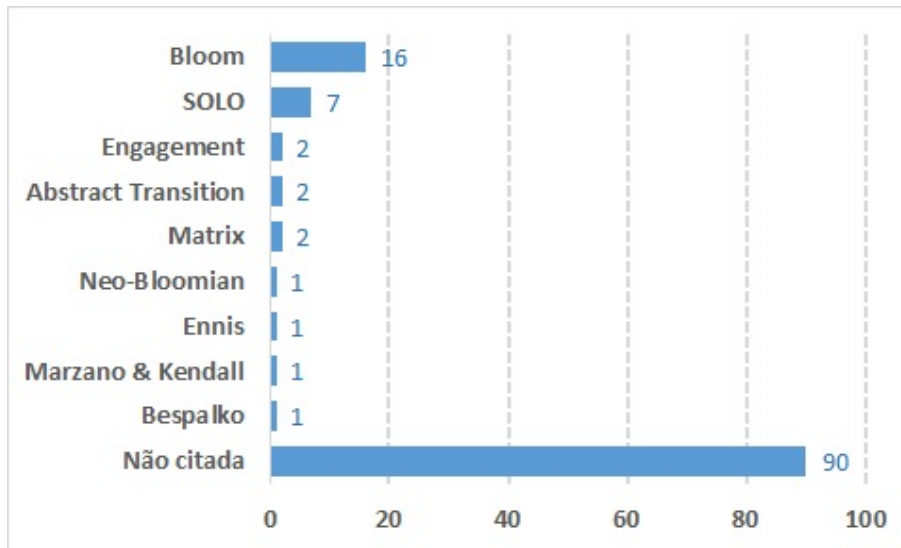


Figura 4.6: Estudos por taxonomia referenciada

O enquadramento teórico do estudo se baseia nas seguintes fontes: a zona do desenvolvimento proximal de Vygotsky, a estratégia metacognitiva de aprendizagem TIPP&SEE, a taxonomia de aprendizagem de Bloom e a taxonomia *Matrix*, que constitui uma adaptação à taxonomia de Bloom que trouxe maior ênfase a duas dimensões; a compreensão e a interpretação dos artefatos elaborados pelos alunos.

Já em outro estudo realizado de 2018 a 2020 com 102 alunos da 4^a e 5^a séries do ensino fundamental, utilizando o Scratch, teve como objetivo avaliar o nível do PC, aferindo as habilidades cognitivas no processo de aprendizagem (Mukasheva e Omirzakova, 2021). Os autores escolheram como ferramentas metodológicas as taxonomias educacionais de Bloom, SOLO e Bespalko. A taxonomia de Bloom foi escolhida como base para organizar as habilidades de programação dos alunos com ênfase no nível das habilidades cognitivas, descrevendo características qualitativas de componentes estruturais do pensamento computacional para cada nível de seu desenvolvimento. Já a metodologia de avaliação do desenvolvimento do PC seguiu a taxonomia de Bespalko.

4.5 Conceitos e Habilidades de PC Referenciados

Em relação à abordagem do PC nos estudos desta pesquisa, enfatizamos os conceitos de PC conforme Brennan e Resnick (2012) e as habilidades de PC conforme (Selby e Woollard, 2013).

Fica demonstrado pela Figura 4.7 que os três conceitos mais citados, em ordem, foram: **loops** ou estruturas de repetição (88 estudos, 75,9%), **sequências** (87 estudos, 75,0%) e **condicionais** (79 estudos, 79%). Ainda analisando o gráfico citado, os conceitos menos abordados foram, em ordem, **operadores** (29 estudos, 25,0%),

paralelismo (40 estudos, 34,5%) e **eventos**(53 estudos, 45,7%). Em nossa amostra, seis estudos (5,2%) não abordaram conceitos do PC.

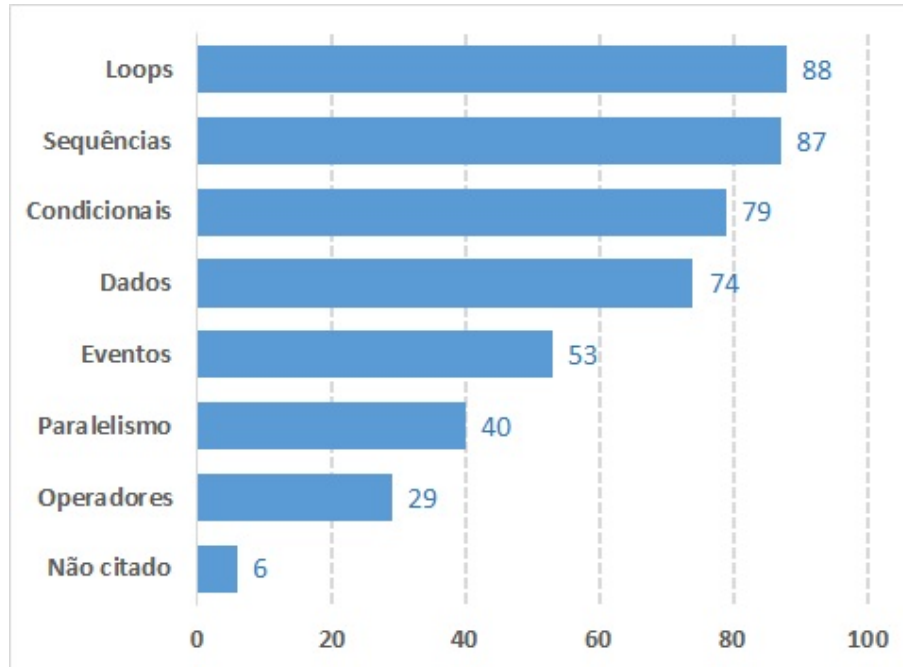


Figura 4.7: Estudos por conceito de PC referenciado

Um estudo experimental utilizando o Scratch com 184 alunos da 4ª série do Ensino Fundamental, com idades entre 9 e 10 anos, avalia o desempenho dos alunos através da estratégia metacognitiva TIPP&SEE com foco introdutório nos conceitos do PC de eventos, sequências e loops (Salac et al., 2020). Nesta abordagem construcionista, foi constatado que os alunos que utilizaram a estratégia metacognitiva superaram os que não a utilizaram, demonstrando uma compreensão mais elaborada sobre sequências e eventos, assim como na avaliação de loops. Entretanto, os alunos demonstraram fragilidades em paralelismo e estruturas de repetição aninhadas.

Um segundo estudo descreve duas intervenções, elaboradas para faixas etárias diferentes e focadas no PC que foram realizadas de 2016 a 2017 com 214 alunos do 5º ao 8º anos do Ensino Fundamental com foco nos paradigmas da educação construtivista e construcionista (Feldhausen et al., 2018). As atividades envolveram a Computação desplugada e a construção de algoritmos simples no ambiente Scratch, relacionando termos da programação a conceitos familiares, descrevendo claramente os processos de pensamento que um programador usaria para concluir uma tarefa, permitindo ao aluno a experimentação de conceitos de algoritmo, loops, paralelização e controle, além da construção do próprio conhecimento. Percebeu-se ganhos significativos na autoeficácia na programação de computadores mas não na resolução de problemas do cotidiano com as conceitos e habilidades do PC.

As habilidades de PC mais abordadas foram a **abstração** (60 estudos, 51,7%) e a

decomposição (45 estudos, 38,8%), como aparece na Figura 4.8. As habilidades de **avaliação** (15 estudos, 12,9%) e **generalização** (22 estudos, 19,0%) foram as que tiveram menos abordagens. Observamos que o conceito de **pensamento algorítmico**, apesar de ser uma estrutura básica bastante utilizada para o desenvolvimento do PC, foi explicitamente abordado em 38 estudos (32,8%). Ressalta-se que 47 estudos (40,5%) não fizeram menção às habilidades do PC.

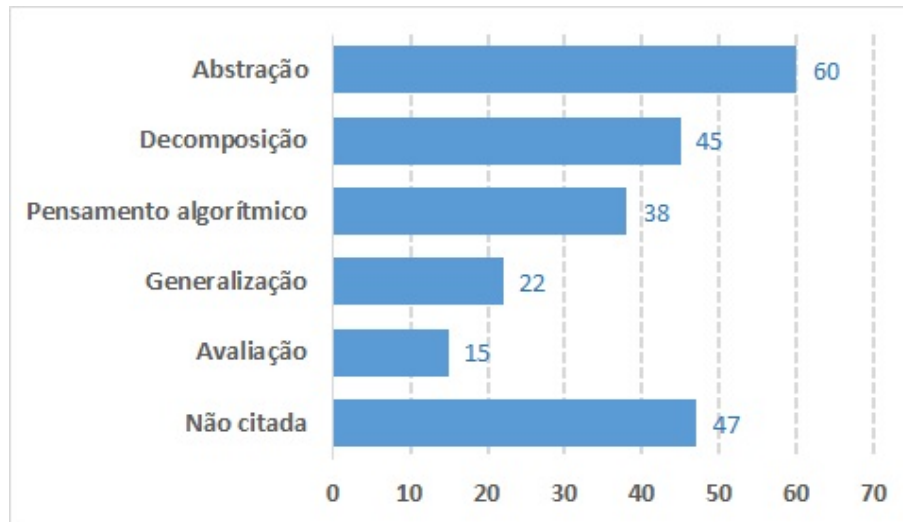


Figura 4.8: Estudos por habilidade de PC referenciada

Um estudo fez uma pesquisa envolvendo 89 professores do Ensino Fundamental e Médio que busca identificar de que forma as estratégias pedagógicas construtivistas e instrutivistas refletem-se nos artefatos elaborados pelos alunos (Kesler et al., 2022). As tarefas foram realizadas utilizando a programação visual com o Scratch, onde foram experimentadas as habilidades do PC de abstração, decomposição, pensamento algorítmico, avaliação e a generalização. O estudo evidenciou que as estratégias construtivistas como o incentivo à aprendizagem por experiência, aprendizagem entre pares e participação ativa do aluno no processo de aprendizagem deram resultados melhores que com os professores com perspectivas instrutivistas, com reflexo no nível das atividades e aprendizagem dos alunos na programação dos artefatos.

Uma outra pesquisa traz um estudo de caso que aborda o uso do pensamento formal em atividades de pensamento computacional em um projeto de fabricação digital (Borges et al., 2017). Foi feito um workshop gratuito durante 15 semanas, com encontros semanais de três horas, com jovens com idade superior a 14 anos. Foram usadas as ferramentas impressora 3D, cortador a laser, cortador de vinil e kits Arduino. Utilizando a abordagem de desenvolvimento cognitivo de Jean Piaget, pontos de interseção entre o pensamento formal e o PC são apresentados pelas habilidades de generalização, decomposição, manipulação de dados, avaliação contínua e algoritmos, evidenciando-se a contribuição do PC no desenvolvimento do pensamento formal dos participantes.

4.6 Contextos Metodológicos dos Estudos

Em relação aos contextos metodológicos mais utilizados pelos estudos oriundos da seleção desta pesquisa, fica evidenciado, conforme a Figura 4.9, que o contexto tradicional (58 estudos, 50,0%), aportado por ambientes gráficos de programação, ainda é o mais utilizado, seguido por jogos (41 estudos, 35,3%), seja pela utilização de jogos prontos ou pelo desenvolvimento de jogos. A robótica (28 estudos, 24,1%) e a Computação desplugada (27 estudos, 23,3%), que não utiliza ambientes computacionais, aparecem com o mesmo número de estudos. Os contextos com menos ocorrências para o desenvolvimento das atividades para o PC foram os que envolvem os componentes de hardware (10 estudos, 8,6%) e as animações ou histórias (11 estudos, 9,5%).

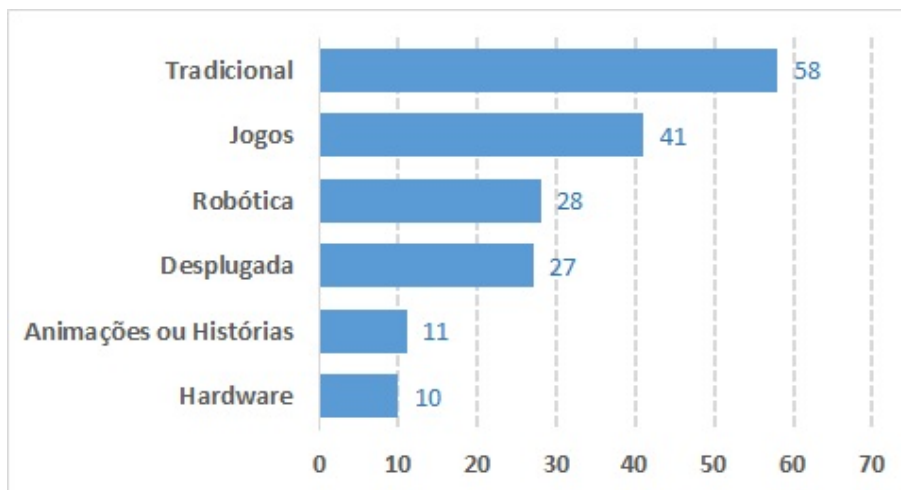


Figura 4.9: Estudos por contexto metodológico referenciado

Um estudo investigou durante dois anos o entendimento sobre PC de 51 professores em formação do Ensino Fundamental I, que não tinham conhecimento prévio em PC ou programação de computadores, na conclusão de uma especialização em aprendizagem digital (Butler e Leahy, 2021). Para trabalhar as habilidades do PC foram utilizadas as ferramentas Scratch, para criação de histórias e jogos, e o Lego WeDo para programação de robôs, além de envolver turmas com crianças de 10 e 11 anos, da 4^a e 5^a séries do Ensino Fundamental I nas atividades. Os resultados destacaram fortes compreensões do PC e sua relação com o construcionismo, evidenciando que a visão construcionista é tanto uma habilidade para aprender como uma forma de aprender.

Em outro estudo, examinou-se com base em princípios matemáticos, o apoio preliminar e conceitual que esta disciplina poderia propiciar à aprendizagem de conceitos introdutórios de programação em turmas da 6^a, 7^a e 8^a séries do Ensino Fundamental II (Grover et al., 2019). A abordagem construtivista dá ênfase ao conceito integralizador denominado VELA (Variáveis, Expressões, Loops e Abstração) fazendo

correlações com a matemática através de quatro atividades digitais e uma desplugada para então fazerem atividades no Scratch através de construções básicas. A abordagem constata uma melhora na compreensão e aprendizagem dos conceitos trabalhados.

4.7 Profundidade dos Estudos

Conforme os critérios metodológicos desta pesquisa, 53 estudos (46,9%), a maioria, foram classificados com profundidade mediana, conforme mostrado na Figura 4.10. Foram considerados superficiais na abordagem, 37 estudos (32,7%) e fortes, 26 estudos (23,0%), demonstrando espaço para aprofundamentos da temática desta pesquisa.

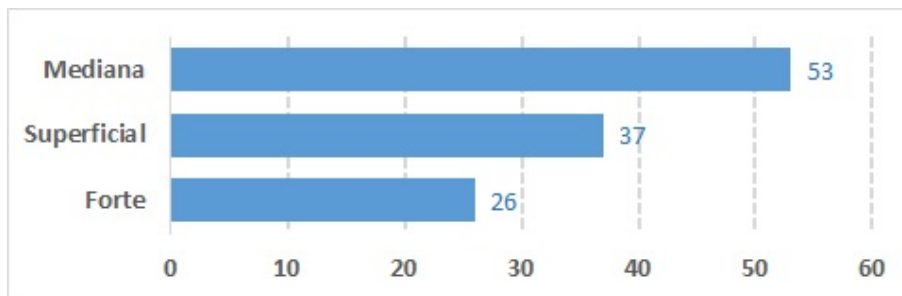


Figura 4.10: Estudos por profundidade da abordagem

Um artigo classificado como mediano para esta pesquisa traz evidências sobre os benefícios pedagógicos dos eventos *game jams* para jovens aprendizes, trazendo boas relações com o desenvolvimento do PC para a execução das atividades porém razoáveis relações com os fundamentos teóricos de aprendizagem (Fowler et al., 2016). Em uma seção da publicação sobre o ambiente de estudo, em um parágrafo, a abordagem sociointeracionista é apresentada, e a abordagem conectivista, citada devido às relações criadas nos *games* em rede, é mencionada uma vez em outro parágrafo da seção, consistindo desta forma a abordagem nos fundamentos teóricos da aprendizagem no estudo.

Outro artigo, considerado com profundidade superficial para esta pesquisa, relata uma proposta de mudança da qual participaram 26 alunos do Ensino Fundamental II, com idades entre 14 e 15 anos, em cinemática, utilizando robôs para desenvolver conceitos do PC (Merkouris e Chorianopoulos, 2018). As plataformas utilizadas foram o App Inventor Classic, para sessões que envolveram tecnologia móvel, e o Scratch 2 para sessões que envolveram interação corporal, além de Lego MindStorms 3. Os resultados sugerem que a incorporação da robótica pode servir como uma abordagem inovadora para expandir o aprendizado dos alunos em PC e STEM². O estudo traz uma aceitável abordagem do PC em relação aos conceitos, entretanto,

²STEM: *Science, Technology, Engineering and Math*

em relação aos fundamentos teóricos de aprendizagem, apenas uma referência ao construcionismo como teoria utilizada para avaliação dos resultados da aprendizagem, sem profundidade.

Um estudo considerado forte por esta pesquisa foi uma proposta de mudança que explora a percepção de 358 alunos da 4^a, 5^a e 6^a séries do Ensino Fundamental sobre o desenvolvimento de habilidades do Século 21 através do PC (Wong e Cheung, 2020). O currículo proposto especificava 14 aulas, cada uma com 35 minutos, utilizando o Microsoft Kodu e Scratch. Com base no construcionismo, fortemente referenciado, os alunos criaram artefatos digitais na forma de projetos de jogos utilizando o Microsoft Kodu ou o Scratch, a depender da sua série. Os resultados mostraram que os alunos perceberam o impacto significativo do PC em suas competências de aprendizagem relacionadas às habilidades do Século 21. A publicação traz um *framework* teórico dedicado ao construcionismo e ao PC, resgatando a teoria quando descreve sobre a proposta de mudança, trazendo citações no resumo do artigo além de referenciar a Papert e ao “construcionismo” nas palavras-chave da publicação.

4.8 Foco e Natureza dos Estudos

A Figura 4.11 traz a quantificação de estudos por foco da pesquisa, onde fica claro que a maior parte das pesquisas está voltada para o desenvolvimento do PC (76 estudos, 65,5%). Os estudos que focam em propostas de mudança (14 estudos, 12,1%), discussões teóricas (13 estudos, 11,2%) e formação de professores (13 estudos, 11,2%) representam 34,5% da amostra da pesquisa.

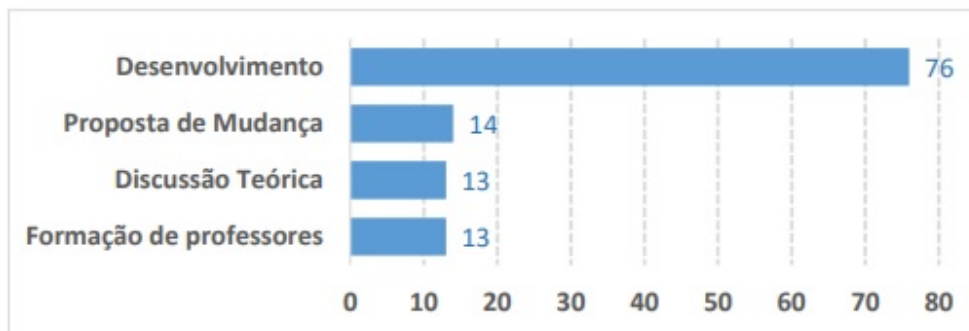


Figura 4.11: Estudos por foco da pesquisa

Um trabalho traz uma abordagem para o desenvolvimento do PC através de práticas com alunos do Ensino Médio durante dois anos, com idades entre 14 e 15 anos (Griioti e Kynigos, 2021). As práticas computacionais desenvolvidas através de jogos construcionistas enfatizaram habilidades de abstração, decomposição e reconhecimento de padrões, por meio de manipulações colaborativas e compartilhamento de artefatos digitais.

Uma proposta de mudança investigou se existem diferenças no desenvolvimento do PC considerando o gênero e a idade de alunos entre 9 e 13 anos de idade (Jiang e

Wong, 2022). O trabalho foi guiado pelo construcionismo, considerando-se a teoria do desenvolvimento cognitivo de Piaget, realizando atividades com o Barefoot Computing Project, Code.org além de exercícios desplugados para o desenvolvimento específico dos conceitos de condicionais, operadores lógicos e reconhecimento de padrões e da habilidade de generalização. O estudo evidencia a progressão no desenvolvimento do PC independente do gênero dos alunos.

Outro trabalho com foco em uma proposta de mudança traz uma investigação que durou dois anos sobre o entendimento de um grupo sobre o PC durante um curso de especialização (Butler e Leahy, 2021). Foram 51 professores do Ensino Fundamental I sem conhecimentos prévios em PC. As atividades para desenvolver as habilidades do PC utilizaram as ferramentas Scratch, para criação de histórias e jogos, e o Lego WeDo para programação de robôs, além de envolver turmas com crianças de 10 e 11 anos do Ensino Fundamental I. Os resultados destacaram significativas compreensões do PC e do construcionismo por parte dos professores.

Uma discussão teórica, com base em um estudo empírico, debate sobre a definição de PC trazendo distinções entre pensamento algorítmico e o PC (Zipitriá, 2018). Considerando a Teoria da Epistemologia Genética de Piaget, a autora estende a mesma com a percepção de como os processos de pensamento e métodos envolvidos nos casos em que o sujeito deve instruir uma ação para um computador diferem daqueles em que o sujeito instrui outro sujeito, ou realiza a ação por si mesmo.

Quanto à natureza dos estudos, os estudos de caso (72 estudos, 62,1%) foram predominantes, seguido pelos estudos experimentais ou quase experimentais (33 estudos, 28,4%) como pode ser observado na Figura 4.12. Estas duas naturezas concentram 90,5% dos estudos da amostra desta pesquisa. Estudos com natureza de relato de experiência, proposta de solução, artigo de opinião e pesquisa-ação, somam 11 estudos (9,5%).

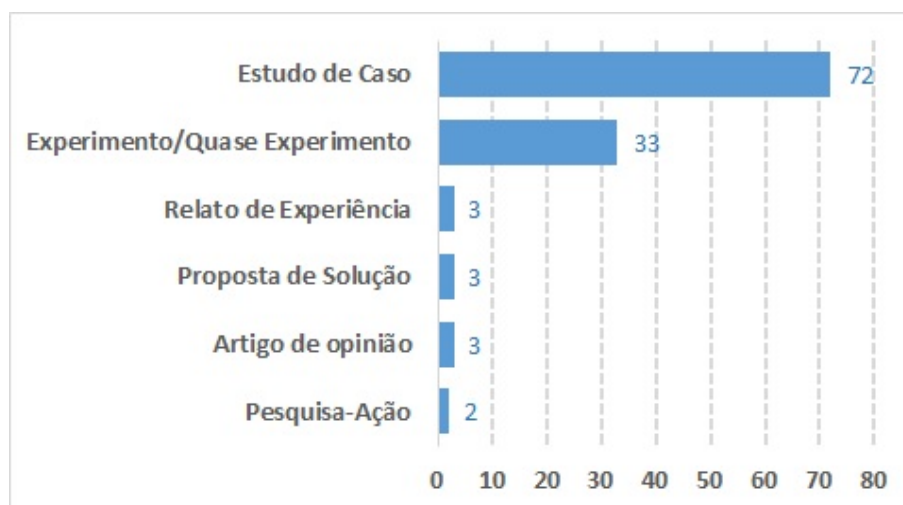


Figura 4.12: Estudos por natureza da pesquisa

Um artigo examinou, através de um estudo de caso realizado em 2020 na Nova Zelândia, de que maneira o PC daria suporte aos resultados de aprendizagem na composição musical algorítmica na plataforma Sonic Pi (Petrie, 2022). Participaram do estudo 22 alunos voluntários com idades entre 11 e 12 anos do 8º ano de uma escola de Ensino Fundamental II, através de encontros que tiveram um total de 54 horas. A análise do estudo considerou as etapas do desenvolvimento cognitivo dos programadores novatos bem como o aprender fazendo, com abordagens construtivistas e construcionistas. Cada composição musical dos alunos foi avaliada tanto para a programação como para a música, enfatizando os conceitos e habilidades computacionais trabalhados. O estudo, com abordagem de métodos mistos, evidencia um avanço na compreensão de como o PC apoia os resultados da aprendizagem interdisciplinar.

Um estudo experimental com 184 alunos do 4º ano do Ensino Fundamental, com idades entre 9 e 10 anos, busca saber como a estratégia de aprendizagem metacognitiva TIPP&SEE influencia o aprendizado do aluno sobre conceitos introdutórios de PC: eventos, loops e sequências (Salac et al., 2020). Para a pesquisa foram criados dois grupos: um utilizando o TIPP&SEE, com 96 alunos, e outro de controle, com 88 alunos, que utilizou somente a estratégia de Usar-Modificar-Criar. Os alunos participaram de um curso sobre o PC que durou cinco meses e foi ministrado por 15 professores, escolhidos aleatoriamente para o grupo TIPP&SEE ou para o grupo de controle. Ficou evidenciado, através de uma análise qualitativa, que os alunos que utilizaram a estratégia metacognitiva superaram os que não utilizaram, demonstrando uma compreensão mais elaborada sobre os conceitos do PC.

Em outro estudo, foi feito um experimento em 2020 com 137 alunos entre 10 e 12 anos do Ensino Fundamental para descobrir se a integração de uma abordagem *mindfulness*³ para ensinar programação para crianças pode ser benéfico para aumentar os níveis de aprendizagem (Morales-Urrutia et al., 2021). A hipótese central é que a referida integração é benéfica à melhora da aprendizagem, e as variáveis dependentes foram as pontuações em conceitos do PC no pré-teste e pós-teste, os níveis de satisfação e de motivação, e a variável independente foi o uso do *mindfulness*. Foram criados dois grupos, um com a abordagem *mindfulness* e outro sem, de controle. Foi utilizado um companheiro de aprendizagem chamado Alcody, fundamentado no construcionismo social, perante o qual o estudante cria seus artefatos e recebe apoio emocional e motivacional conforme suas interações. O experimento revelou que a utilização da abordagem *mindfulness* foi benéfica para a aprendizagem, satisfação e motivação dos alunos.

Outra pesquisa traz um estudo quase experimental com alunos do 4º ano do Ensino Fundamental I, com idades entre 9 e 10 anos, durante os anos de 2018 e 2019, que explorou as relações entre o ensino de Computação e as habilidades de leitura e matemática, comparando os resultados nestas disciplinas (Salac et al., 2021b). Foi criado um grupo que recebeu instruções de PC e outro pareado que não recebeu as

³*mindfulness*: Atenção plena.

instruções, sendo que foi feita uma análise separada dos alunos com desvantagens econômicas, baixa proficiência em inglês e deficiência. Durante seis meses, uma parte dos alunos participou de um curso introdutório de PC com o Scratch. Com base nas teorias neopiagetianas, os alunos desenvolveriam seus conhecimentos e habilidades existentes, seja do indivíduo ou do ambiente, à medida que aprendem novos conceitos e habilidades em outras disciplinas. A pesquisa exploratória revela que houve melhorias no desempenho em matemática exceto nos alunos com deficiência, e o desempenho em leitura não foi associado às instruções em PC.

4.9 Ferramentas Utilizadas nos Estudos

A ferramenta com a maior frequência de utilização para o desenvolvimento do PC foi o Scratch (66 estudos, 56,9%) conforme mostrado na Figura 4.13. Em segundo lugar vem a utilização da Computação desplugada (24 estudos, 20,7%), enfatizando que em alguns estudos o desenvolvimento de atividades se deu tanto com o uso da Computação plugada como da desplugada. Também merecem destaque o uso de Lego (15 estudos, 12,9%) e componentes Arduino (14 estudos, 12,1%). A classificação Lego abrange Lego Blocks, Lego MindStorms, Lego WeDo, Lego Bricks, Lego League e Lego EV3. Destacamos o uso das linguagens Logo (7 estudos, 6,0%) e Python (7 estudos, 6,0%) para o fomento ao PC, além da utilização de pseudocódigos (3 estudos, 2,6%). No uso da robótica educacional, além do uso de ferramentas como o Lego Mindstorms e Arduino, aparece o uso do Micro:bit (5 estudos, 4,3%). A classificação “Outras” (29 estudos, 25,0%) abrange ferramentas que não foram identificadas ou que foram referenciadas por somente um estudo.

Um artigo já citado na seção sobre profundidade das pesquisas relata um trabalho com alunos do Ensino Fundamental II em cinemática, utilizando robôs para desenvolver conceitos do PC (Merkouris e Chorianopoulos, 2018). As plataformas utilizadas foram o App Inventor Classic, para sessões que envolveram tecnologia móvel, e o Scratch 2 para sessões que envolveram interação corporal, além de Lego MindStorms 3. O estudo sugere que a incorporação da robótica pode servir como uma abordagem inovadora para expandir o aprendizado dos alunos em CT e STEM.

Outro estudo examinou, com base em princípios da matemática dinâmica, o apoio preliminar e conceitual que esta disciplina poderia propiciar à aprendizagem de conceitos introdutórios de programação em turmas do 6^a a 8^a anos do Ensino Fundamental II (Grover et al., 2019). Utilizando abordagem mista, inicialmente com Computação desplugada e depois com Computação plugada utilizando o Scratch, uma série de atividades construtivistas foram desenvolvidas com foco nos conceitos de variáveis, expressões e loops, revelando ganhos significativos de aprendizagem.

Em uma outra investigação, é feita uma análise sobre os artefatos digitais elaborados por alunos da 5^a e 6^a séries do Ensino Fundamental I para a resolução de problemas matemáticos através do PC (Ng e Cui, 2021). As atividades construcionistas utilizaram a ferramenta Scratch integrada com dispositivos Arduino. O estudo evidenciou

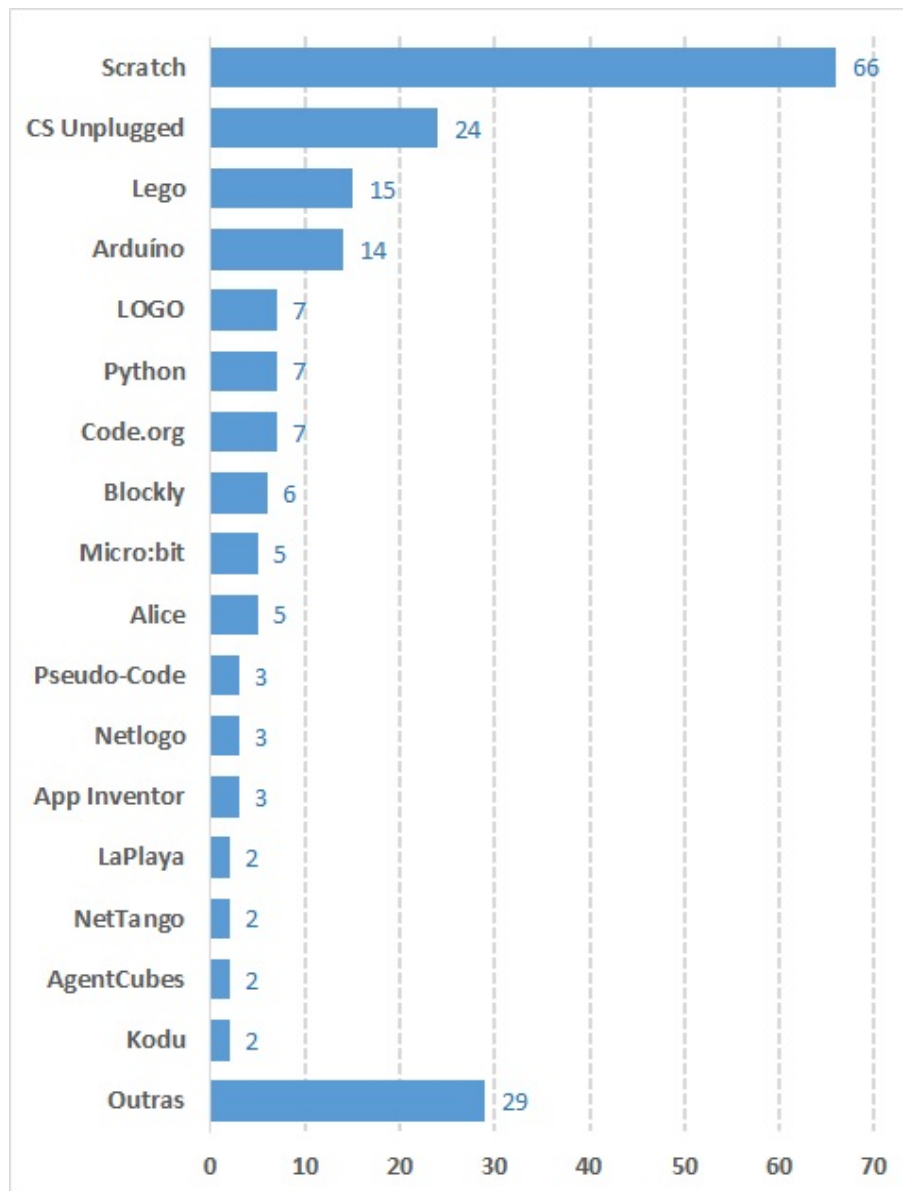


Figura 4.13: Estudos por ferramenta utilizada

empiricamente e qualitativamente o desenvolvimento de conceitos computacionais e práticas de resolução de problemas matemáticos, revelando que a integração entre o PC e a disciplina também promove os recursos da Computação.

Em uma outra pesquisa, são apresentados os resultados de um estudo com 54 professores do Ensino Fundamental em formação, na qual as *affordances* das ferramentas tiveram consequências profundas no desenvolvimento do PC (Repenning e Basawapatna, 2021). Os professores participaram do desafio da ampulheta, apoiado por atividades que envolveram a criação de animações com Scratch, figuras geométricas com Logo e simulações com o AgentCubes, experimentando as atividades em mais

de uma ferramenta de programação, podendo compará-las. Ficou evidenciado que as *affordances* das ferramentas podem ter profundas consequências no PC.

4.10 Fundamentos teóricos por conceito do PC

Através da análise cruzada apresentada no gráfico de dispersão na Figura 4.14, fica evidente que os conceitos de loops (63 estudos, 54,3%) e sequências (63 estudos, 54,3%) foram os mais abordados por estudos que referenciaram o construcionismo. O conceito de sequência (49 estudos, 42,2%) foi o mais abordado em estudos que referenciavam o construtivismo. Os três conceitos mais trabalhados em estudos com referências sociointeracionistas foram as sequências (25 estudos, 21,6%), os loops (25 estudos, 21,6%) e as condicionais (20 estudos, 17,2%). Menos abordada, a aprendizagem significativa esteve referenciada em estudos cujos conceitos mais abordados foram as condicionais, os dados e loops, estando cada um destes conceitos presentes em 3 estudos (2,6%).

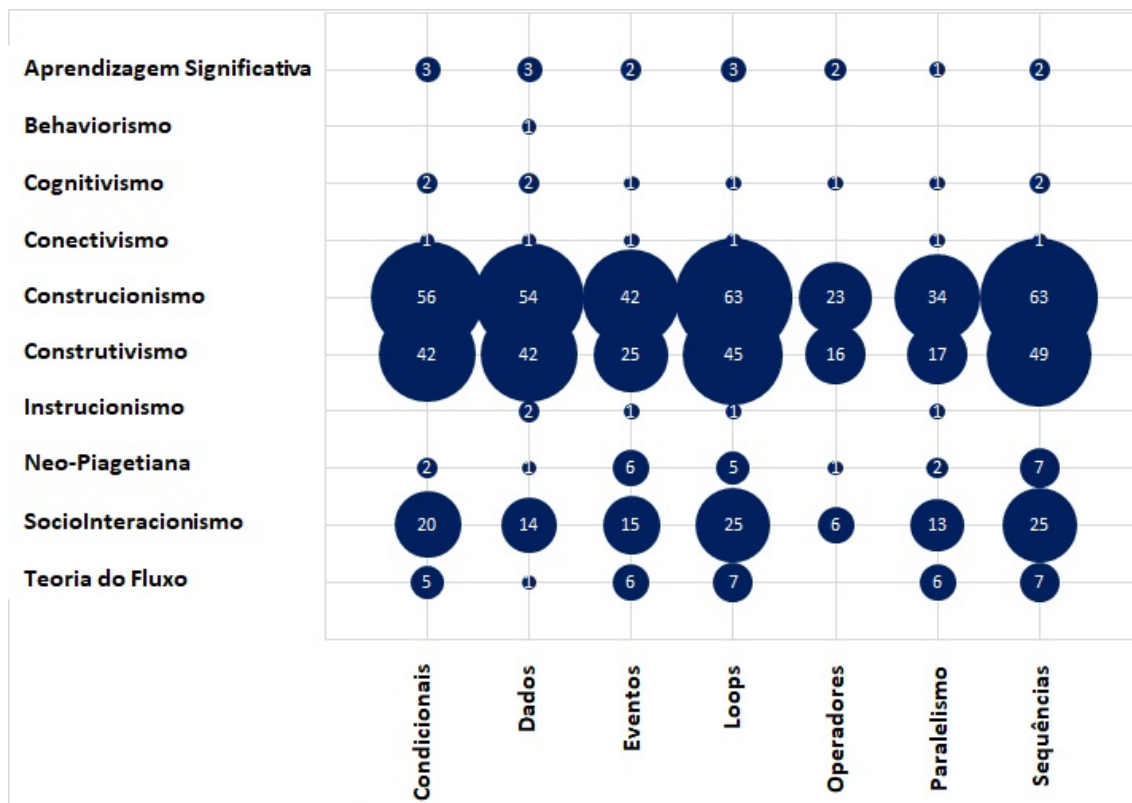


Figura 4.14: Quantificação de estudos das teorias de aprendizagem por conceito do PC

Um estudo quase experimental deu atenção a estudantes do Ensino Fundamental I com desafios acadêmicos e investigou se a estratégia metacognitiva TIPP&SEE apoia estes alunos no desenvolvimento do PC em um curso (Salac et al., 2021a). Durante

um semestre, os alunos em situação de pobreza, multilíngues, deficientes e alunos com proficiência em leitura e matemática abaixo da média esperada concluíram um curso de Scratch com três módulos, sendo que cada módulo tratou de um conceito do PC: sequências, eventos e loops. O estudo revelou que as atividades construcionistas utilizando a estratégia de aprendizagem metacognitiva TIPP&SEE buscaram a expressão dos alunos através da produção de artefatos, enfatizando a aprendizagem autogerida e contribuindo para fornecer oportunidades equitativas. O estudo reflete o desempenho dos estudantes semelhante ao de seus pares no desenvolvimento do PC.

Outro estudo traz uma investigação a partir de um quase experimento com 49 alunos do 6º ano do Ensino Fundamental I sobre os efeitos de BPL (*Block-Based Programming Languages*) através de MakeCode para Micro:bit como mediador de conceitos de programação para TBPL (*Text Block-Based Programming Languages*) através de Python (Mladenović et al., 2021). Foram utilizados os métodos de aprendizagem por transferência (Dann et al., 2012) nomeados *hugging*, onde o professor cria uma situação de incentivo para que os alunos façam as conexões conceituais sozinhos entre os ambientes de programação, e o método *bridging*, onde o professor ajuda os alunos preenchendo a lacuna entre os dois contextos da aprendizagem através de uma conexão direta de conceitos entre os dois ambientes. O estudo foi fundamentado na teoria do desenvolvimento cognitivo de Piaget e teve como ênfase os conceitos de sequência, condicionais e principalmente o de loops. Os resultados apresentados confirmam que a BPL MakeCode para micro:bit pode ser usada com sucesso como uma transferência mediada para a compreensão de conceitos de programação para a TBPL Python. A transferência mediada teve um efeito mais significativo para o conceito de loops, sendo o mais complexo dos três conceitos trabalhados. O método de transferência *bridging* foi mais eficaz no grupo experimental do que no de controle.

4.11 Fundamentos teóricos por habilidade do PC

A habilidade de abstração foi a mais abordada, estando mais presente em estudos que referenciam o construcionismo (38 estudos, 32,8%) e o construtivismo (38 estudos, 32,8%), seguindo pelo sociointeracionismo (19 estudos, 16,4%) como demonstrado na Figura 4.15. A segunda habilidade mais abordada é a decomposição, estando presente em estudos que referenciam o construcionismo (30 estudos, 25,9%), o construtivismo (28 estudos, 24,1%) e o sociointeracionismo (12 estudos, 10,3%). As habilidades de avaliação e generalização foram as menos abordadas, estando ambas mais presentes em estudos que referenciam o construcionismo em 11 estudos (9,5%) e 16 estudos (13,8%) do total de estudos, respectivamente.

Um estudo empírico com 200 alunos do Ensino Fundamental I com idades entre 6 e 12 anos investigou que habilidades do PC devem ser trabalhadas conforme a idade e como os alunos percebem e vivenciam o PC (Rijke et al., 2018). Neste estudo, enfatizaram-se as habilidades de abstração e decomposição, com foco no objetivo

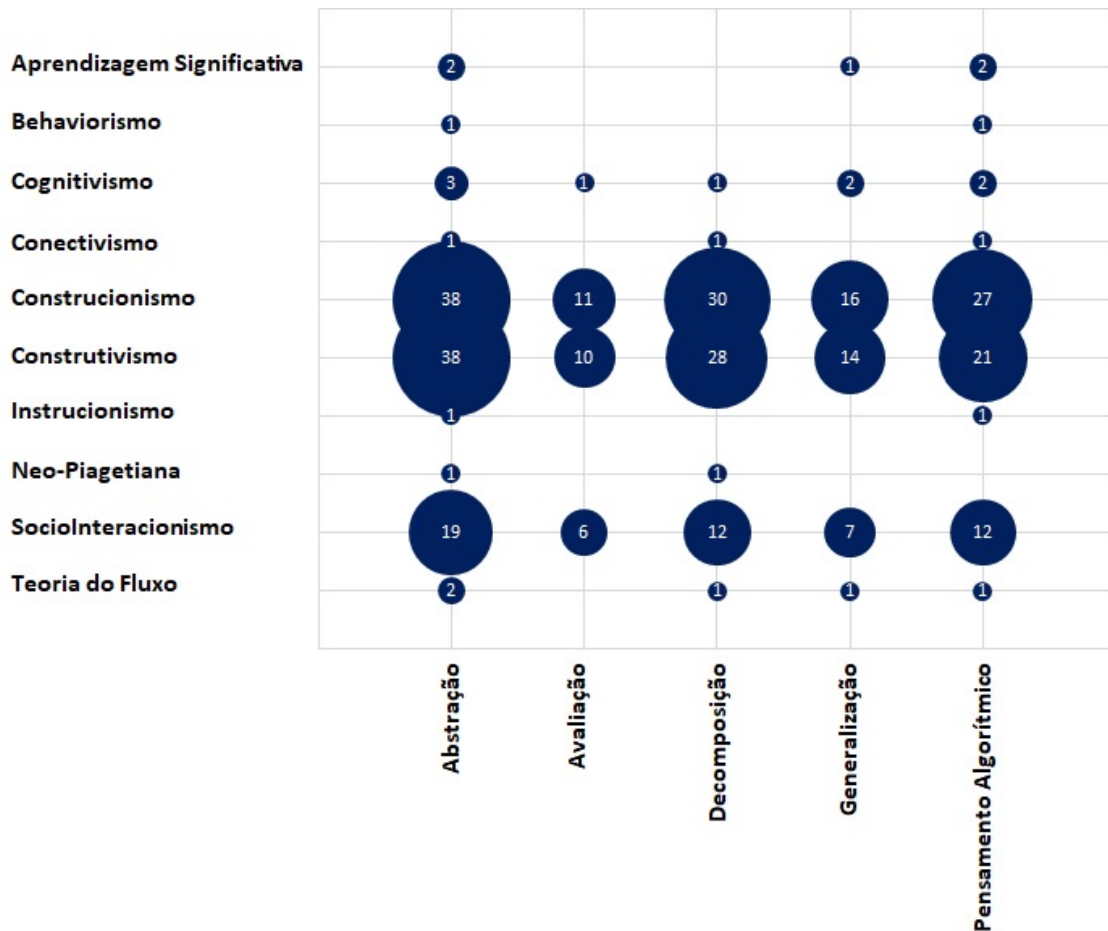


Figura 4.15: Quantificação de estudos dos fundamentos teóricos por habilidade do PC

de analisar nos alunos a dificuldade percebida (Ribeiro e Yarnal, 2010), a carga cognitiva (Sweller, 1994) e o fluxo, através de atividades desplugadas. Aportado pelas teoria do fluxo de Csikszentmihalyi e teoria do desenvolvimento cognitivo de Piaget, o estudo fornece uma indicação da idade mínima para desenvolvimento das habilidades estudadas. Foi observado que os alunos gradualmente se tornam mais habilidosos em tarefas de abstração à medida que envelhecem, com as mulheres seguindo um desenvolvimento mais acentuado do que os homens após os 9,5 anos de idade.

Outro estudo, analisou três tipos de abordagem de ensino em um estudo quase experimental com 85 alunos com 16 anos de idade e buscou identificar se o módulo de PC em química é eficaz (Chongo et al., 2021). Foram estabelecidos três grupos para a pesquisa; um usando PC plugado, com o uso do Scratch, outro usando PC plugado e desplugado e um de controle com abordagem de ensino convencional. Foram trabalhados cinco habilidades de PC: abstração, generalização, decomposição, pensamento algorítmico e avaliação integradas ao ensino. Apoiado por estratégias de

aprendizagem baseada em problemas (PBL) e aprendizagem baseada em investigação (IBL), o estudo foi guiado pelas teorias construcionista de Papert, construtivista de Piaget, com referência à teoria do desenvolvimento cognitivo, e também ressalta o socioconstrutivismo de Vygotsky pela interação ativa dos alunos. A pesquisa evidencia que os alunos expostos a estratégias de ensino e aprendizagem de PC integradas por meio da estratégia plugada tiveram resultados mais eficazes para a aprendizagem do tópico de eletroquímica do que uma combinação da Computação plugada e desplugada.

4.12 Fundamentos teóricos por contexto metodológico

No contexto metodológico tradicional, o construcionismo (45 estudos, 38,8%) e o construtivismo (27 estudos, 23,3%) são as teorias mais utilizadas conforme a Figura 4.16. Os estudos que mais abordaram o contexto da Computação desplugada foram os que referenciaram o construtivismo (22 estudos, 19,0%). O sociointeracionismo foi mais referenciado em estudos que abordavam o contexto tradicional (13 estudos, 11,2%) e de jogos (12 estudos, 10,3%).

Um estudo investiga a compreensão das trajetórias de aprendizagem de 64 crianças com idades de 10 a 13 anos durante um acampamento de verão utilizando Scratch *on-line* a partir de um *big data* construído durante o processo (Fields et al., 2016). Foram 30 horas de atividades para a realização de projetos criativos durante cinco dias, destacando os conceitos de inicialização, eventos e paralelismo. Foram coletados 32.465 instantâneos dos código dos projetos em formato baseado em texto para a construção do *big data* da pesquisa que foi combinado a uma análise qualitativa aprofundada a fim de obter *insights* sobre o aprendizado baseado no construcionismo. O estudo traz uma possibilidade para medição de conceitos de programação de computadores ao longo do tempo, por meio de uma análise microgenética da programação, de projetos em um ambiente construcionista aberto.

Outro estudo refere-se a uma proposta de mudança como o objetivo de avaliar o uso da linguagem de programação visual Scratch na prática de sala de aula através da Computação criativa, com jogos e animações, analisando os resultados e atitudes de 107 alunos do Ensino Fundamental do 5º ao 6º anos em cinco escolas diferentes (Sáez-López et al., 2016). O estudo quase experimental implementou a estratégia DBR (*Design-Based Research*) de Anderson e Shattuck (2012) que envolve múltiplas iterações colaborativas. A pesquisa possui um *framework* teórico pautado na aprendizagem significativa (Ausubel, 1973) e na aprendizagem prévia, além disso, reforça as interações sociais em ambientes de aprendizagem na perspectiva das teorias socioculturais e construtivistas (Vygotsky e Cole, 1978). O estudo evidencia, a partir da Computação criativa, os benefícios do uso da programação em contexto educacional além do mero conhecimento de programação, trazendo resultados que mostram melhorias estatisticamente significativas na compreensão dos conceitos e práticas computacionais.

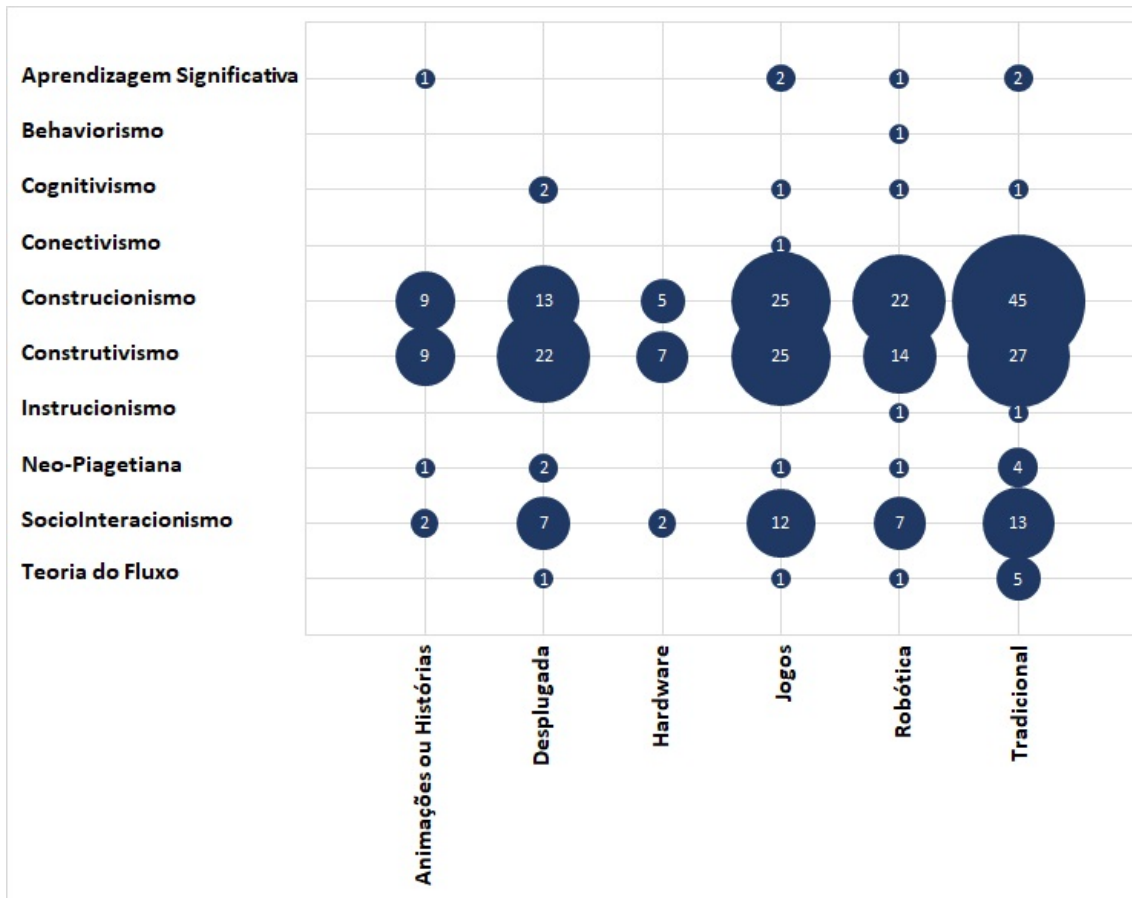


Figura 4.16: Quantificação de estudos dos fundamentos teóricos por contexto metodológico

Outro estudo se concentra na introdução de três abordagens à Computação na Pré-Escola, com crianças de 3 a 6 anos de idade, mais especificamente, pensamento computacional, programação e robótica, em uma perspectiva transcurricular (Monteiro et al., 2021). O estudo de caso apresentado descreve parcialmente como diferentes abordagens da Computação podem ser integradas na educação infantil e fundamental. A pesquisa enfatizou a codificação como letramento, ressaltando que, assim como a alfabetização, a codificação envolve fazer, criar e não apenas pensar, referenciando a estrutura do construcionismo de Papert, além de destacar que o nível de envolvimento das crianças está intimamente relacionado ao conceito de zona de desenvolvimento proximal de Vygotsky. Os participantes experimentaram atividades plugadas e desplugadas, com o Scratch Junior e dois robôs, sendo um deles programado com blocos tangíveis para o desenvolvimento de habilidades computacionais. Este trabalho traz resultados que propõem um mapa de conteúdos, métodos e objetivos de aprendizagem através dos quais as abordagens à Computação podem ser integradas no currículo pré-escolar, ademais da promoção de conhecimentos e competências transversais.

4.13 Fundamentos teóricos por ferramenta

As ferramentas que mais referenciaram o construcionismo foram; em primeiro lugar, Scratch (53 estudos, 45,7%); em segundo lugar, a Computação desplugada (13 estudos, 11,2%); em terceiro lugar, Lego (12 estudos, 10,3%); e em seguida, os componentes Arduino (10 estudos, 8,6%), o Code.org (6 estudos, 5,2%), a linguagem Logo (6 estudos, 5,2%) e a linguagem Python (5 estudos, 4,3%), conforme a Figura 4.17. O construtivismo foi referenciado em estudos que abordaram, em primeiro lugar, Scratch (29,3%, 116 estudos); em segundo lugar, a Computação desplugada (17,2%, 116 estudos); e, em seguida, as ferramentas Lego (8,6%, 116 estudos), Arduino (6,9%, 116 estudos) e a linguagem Python (5,2%, 116 estudos). Algumas teorias tiveram menos representação nos estudos porém são importantes teorias de aprendizagem no contexto pedagógico, de modo que foram abordadas em publicações que referenciaram Scratch, sendo elas as teorias do fluxo (6 estudos, 5,2%), as neopiagetianas (5 estudos, 4,3%) e a aprendizagem significativa (2 estudos, 1,7%).

Um estudo já citado na seção de fundamentos teóricos por contexto metodológico, investiga a compreensão das trajetórias de aprendizagem de 64 crianças com idades de 10 a 13 anos durante um acampamento de verão utilizando o Scratch *on-line* a partir de um *big data* construído durante o processo (Fields et al., 2016). Nas atividades, foram trabalhados alguns conceitos de PC através de projetos criativos e foram coletados dados para compor o *big data* para uma análise aprofundada a fim de obter *insights* sobre o aprendizado baseado no construcionismo. O estudo traz uma possibilidade para medição de conceitos de programação de computadores, por meio de uma análise microgenética da programação, de projetos em um ambiente construcionista aberto.

O estudo quase experimental de Chongo et al. (2021) analisou abordagens de ensino com 85 alunos com 16 anos de idade e buscou identificar se o módulo de PC em química é eficaz. Os grupos utilizaram PC plugado com Scratch, PC desplugado e a abordagem de ensino convencional. O trabalho foi guiado pelo construtivismo, construcionismo e pelo socioconstrutivismo, sendo trabalhadas as habilidades do PC de abstração, generalização, decomposição, pensamento algorítmico e avaliação. Fica evidenciado o melhor suporte ao desenvolvimento na disciplina através da Computação plugada.

Franklin et al. (2020) trazem em seu estudo uma análise de artefatos produzidos no Scratch por 184 alunos com idades entre 9 e 10 anos do Ensino Fundamental, buscando diferenças expressivas da aprendizagem com foco nos objetivos educacionais. O enquadramento teórico do estudo se baseia na zona do desenvolvimento proximal de Vygotsky, na estratégia metacognitiva de aprendizagem TIPP&SEE e nas taxonomias de aprendizagem de Bloom e a de *Matrix*.

O trabalho de Kesselbacher e Bollin (2019) introduz uma abordagem de análise de aprendizagem para medir e avaliar as sequências de programação de alunos que programam em Scratch com o objetivo de identificar alunos que precisam de apoio

com base em métricas de sequência de programação e padrões recorrentes. O estudo envolveu quatro grupos de estudantes do Ensino Fundamental e Ensino Médio resolvendo testes de programação. Considerou-se o desenvolvimento de habilidades de programação de programadores iniciantes segundo Lister (2016), que descreve a capacidade do novato em rastrear mentalmente e raciocinar sobre o código de programação com base nos estágios do desenvolvimento cognitivo neopiagetiano. Durante as atividades, um *framework* de análise de aprendizado baseado na IDE monitora a programação e detecta os comportamentos que envolvem loops e condicionais, registra estas sequências de programação e isso propicia o apoio para a aprendizagem individual do aluno na conclusão das atividades.

Um estudo de caso de Piedade et al. (2020) teve como objetivo analisar como 26 professores de informática em formação projetam cenários de aprendizagem com robótica para ensinar fundamentos de programação e promover habilidades de PC. Conceberam-se cenários de aprendizagem planejados com o apoio de teorias de aprendizagem construcionistas e construtivistas, particularmente usando as abordagens de aprendizagem baseada em problemas, baseada em projetos e baseada em desafios, utilizando as estruturas robóticas m-Bot, Lego NTX, Zowi, Dash&Dot, Anprino e Codey Rocky. O resultado aponta para as *affordances* e possibilidades do uso de cenários de aprendizagem com robótica para ensinar fundamentos de programação e promover habilidades de PC, bem como um caminho interessante para promover a aplicação de conteúdos das demais áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Áreas de Matemática (STEAM).

4.14 Fundamentos teóricos por etapa escolar

No gráfico da Figura 4.18, fica evidenciado que, no Ensino Fundamental I, somente a teoria cognitivista não foi referenciada nos estudos, sendo o construcionismo (45 estudos, 38,8%), o construtivismo (37 estudos, 31,9%) e o sociointeracionismo (20 estudos, 17,2%) os mais presentes nesta ordem nos estudos desta etapa escolar. No ensino médio, a teoria mais referenciada foi o construcionismo (11 estudos, 9,5%). O construtivismo foi a teoria mais referenciada na pré-escola (4 estudos, 3,4%), etapa que teve a menor quantidade de estudos.

Uma pesquisa explora quadros de referência e mudanças de quadro de referência entre 16 crianças pequenas em fase pré-escolar com idades entre 5 e 6 anos (Clarke-Midura et al., 2021). Os quadros de referência referem-se à maneira de como um indivíduo se percebe no espaço e à conexão entre o mapeamento espacial mental e as ações físicas, sendo citadas as categorias de egocêntricos e aloecêntricos. Foi projetada uma série de tarefas de PC com um brinquedo de codificação de robô, o Fisher-Price Code-a-pillar, e foram coletados dados de vídeos das crianças realizando as tarefas. A Teoria do Desenvolvimento Cognitivo de Piaget foi referenciada, estando as crianças participantes no estado pré-operatório e já começando a aplicar o pensamento simbólico ao raciocínio sendo materiais tangíveis importantes para esta fase. A pesquisa sugere que a codificação desconectada e baseada em tangíveis

contribui para o desenvolvimento da teoria em torno dos quadros de referência que dão conta da imprecisão das crianças pequenas, buscando a compreensão de como a precisão espacial afeta a forma de como elas aprendem a codificar.

Outro estudo traz o projeto de duas abordagens para ensinar programação para 129 alunos do 5º e 6º ano do Ensino Fundamental com idades entre 9 e 12 anos de duas escolas (van Es e Jeurig, 2017). Uma abordagem usa o modelo instrucional 4C/ID (*four-component instructional design*) de Van Merriënboer e Kester (2014), e outra usa o construcionismo, ambas baseadas no construtivismo. O experimento foi realizado com encontros semanais com duração de uma a duas horas, a depender da escola, e teve duração de três a cinco semanas com atividades utilizando o Scratch. O estudo revela que uma diferença significativa entre as duas abordagens foi encontrada em uma das escolas, favorecendo a abordagem 4C/ID e, na outra escola, não houve diferença significativa.

Um estudo de caso apresenta as opiniões de 56 alunos voluntários com idades entre 14 e 15 anos do Ensino Médio sobre sua participação e engajamento em um ambiente 3D multiusuário, utilizando o Second Life em combinação com o ambiente de programação bidimensional (2D) do Scratch4SL (*Scratch for Second Life*) em um curso (Pellas e Peroutseas, 2016). O estudo teve duração de seis semanas, teve 18 horas de exercícios e foi guiado pela teoria construcionista de Papert, valorizando quando os alunos estão ativamente envolvidos. Em um ambiente 3D semelhante a um jogo, os participantes utilizavam suas habilidades de PC em tarefas colaborativas de programação baseada em problemas, através da troca de ideias na criação de objetos. O estudo identificou um efeito positivo na participação dos alunos através da colaboração, contribuindo positivamente para o envolvimento e participação no curso de programação.

4.15 Considerações Finais

A metodologia do MSL utilizada por esta investigação gerou um corte sobre os 1895 estudos iniciais, resultando em 116 estudos para a amostra final desta pesquisa, o que reflete uma carência de cuidado com a temática investigada.

À luz dos estudos relacionados à temática desta pesquisa, trazidos na fundamentação teórica desta dissertação, vale contrapor as evidências trazidas por esta investigação. Este diálogo com a literatura traz contribuições no sentido da compreensão das evidências ou da falta delas nas práticas de ensino do PC considerando-se os fundamentos teóricos de aprendizagem enfatizados nesta investigação.

Em um estudo de mapeamento sistemático enfatiza-se iniciativas acadêmicas para a promoção do PC por etapa escolar, destacando os contextos metodológicos, as ferramentas utilizadas e o tipo de estudo realizado (Santos et al., 2018). Os autores ressaltam que parece haver uma falta de preocupação com os fundamentos pedagógicos que podem comprometer os resultados desses esforços.

Outro estudo faz um levantamento substancial de literatura do período de 2005 a 2015, identificando construtos teóricos para a aprendizagem de conceitos e processos em Computação, entretanto, faltam fundamentos teóricos pedagógicos, referências a teóricos clássicos, confrontando estes aos construtos encontrados (Malmi et al., 2019).

Kalelioglu et al. (2016) traz um revisão sistemática de literatura com a intenção de criar um arcabouço geral sobre a noção de PC a partir de escopos e conceitos identificados em artigos com intenção de embasar o ensino e a avaliação do PC. Os próprios autores citam que há uma carência das bases teóricas da aprendizagem e poucos estudos explicam como ensiná-lo.

O estudo de Werlich et al. (2018) defende em verificar e estimular o raciocínio lógico dos estudantes através de ferramentas clássicas utilizadas para este fim mas em nenhum momento há uma referência se quer aos fundamentos teóricos de aprendizagem que levem a este êxito do referido raciocínio.

Esta investigação enfatiza as práticas de ensino do PC, com o objetivo de desenvolver competências traduzidas nos conceitos e habilidades referenciadas, apoiadas efetivamente por referenciais teóricos de aprendizagem, traduzidos nas teorias clássicas e axiomas selecionados. Traz um recorte da amostra final com 34 estudos considerados com profundidade representativa para a discussão, subsidiando uma análise qualitativa além de, de certa forma, contribuir com referenciais práticos para a promoção do PC na perspectiva das fundamentações teóricas pautadas.

Entretanto, o estudo confirma a falta de embasamento teórico-pedagógico em parcela significativa dos estudos lidos, inclusive nos estudos de MSL e RSL relacionados a esta investigação.

A abordagem construcionista preconizada por Papert foi significativamente dominante nos estudos, possivelmente por que a relação deste cientista da tecnologia educativa com a Computação é muito forte. Vale citar a ferramenta Scratch que foi fortemente influenciada por ele e que foi a mais utilizada nas práticas identificadas por esta investigação. Sua relação em essência com o construtivismo de Piaget proporciona mais respaldo teórico à abordagem. Neste contexto, percebeu-se um domínio dos fundamentos pedagógicos clássicos muito restrito nos estudos selecionados, o que demonstra a necessidade de ampliação do trato pedagógico.

É possível que as demais teorias de aprendizagem e axiomas não foram mais utilizados por desconhecimento do pesquisador ou falta de interesse em pedagogia para alicerçar atividades de ensino em Computação.

Trazer à tona para a área da educação em Ciência da Computação os principais fundamentos da pedagogia que dão aporte à aprendizagem do aluno é essencial do ponto de vista de se trazer mais profundidade e qualidade científica nas abordagens visando uma maior eficácia do processo de ensino e aprendizagem.

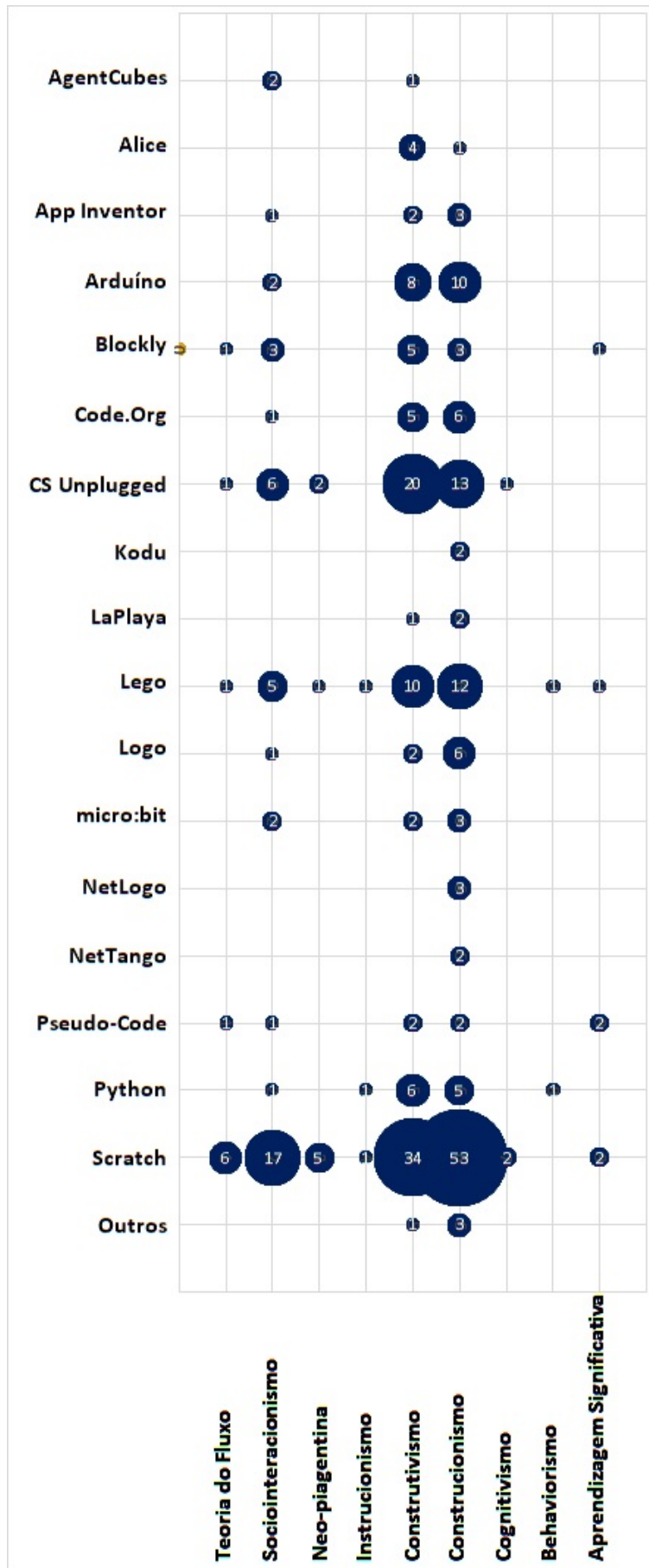


Figura 4.17: Quantificação de estudos dos fundamentos teóricos por ferramenta utilizada

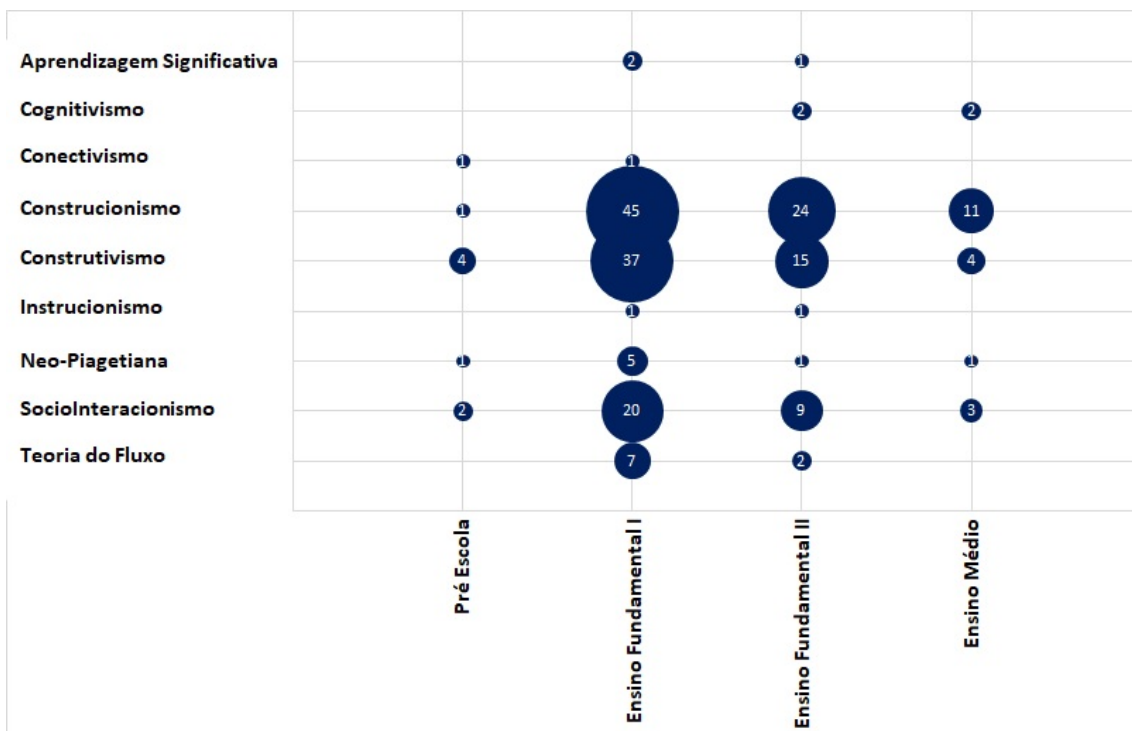


Figura 4.18: Quantificação de estudos dos fundamentos teóricos por etapa escolar

Capítulo 5

Conclusões

Esta dissertação teve como finalidade investigar os fundamentos teóricos da aprendizagem que fornecem aporte ao desenvolvimento do pensamento computacional (PC) na educação básica. Para isso, buscou-se sintetizar informações a partir de um mapeamento sistemático de literatura (MSL), provendo uma visão geral dos estudos existentes que trouxessem associações entre estas categorias de interesse.

O fator motivador para esta investigação foram os superficiais debates no meio do ensino em Computação embasados em fundamentos teóricos da aprendizagem do PC. Para o MSL, foram selecionados 116 estudos científicos com anos de publicação entre 2016 e 2021, a partir de uma amostra inicial de 1895 estudos identificados no processo de mapeamento.

Neste panorama, foi identificado como a produção científica trata esta associação através de classificações realizadas nos trabalhos selecionados. A distribuição através dos anos de publicações sugere a ascendência de interesse pelo assunto em pauta.

A pesquisa permitiu apontar tópicos de interesse que foram bem averiguados nos estudos, envolvendo os fundamentos teóricos da aprendizagem como as teorias e taxonomias, e o PC caracterizado pelos conceitos e pelas habilidades inerentes. Entretanto, o estudo também indicou lacunas de pesquisa que podem constituir oportunidades para estudos futuros.

Pode-se concluir que parte substancial dos estudos remete ao fundamento teórico construcionista de Papert, envolvendo os conceitos de loops e sequências, ambos com a mesma frequência (63 estudos, 54,3%). O fundamento construtivista de Piaget é o segundo mais referenciado em trabalhos através dos conceitos de sequências (49 estudos, 42,2%) e loops (45 estudos, 38,9%). Também com representação significativa, destacou-se o sociointeracionismo de Vygotsky, referenciado em estudos que também trabalharam principalmente os conceitos de loops e sequências, ambos com a mesma frequência (25 estudos, 21,6%).

Em relação às habilidades do PC, a mais enfatizada foi a de abstração com estudos fundamentados teoricamente nas teorias construcionista e construtivista ambas com

38 estudos (32,8%). A habilidade de decomposição foi a segunda mais referenciada, sendo os estudos fundamentados nas teorias construcionista (30 estudos, 25,9%) e construtivista (28 estudos, 24,1%).

As taxonomias de aprendizagem mais populares foram as de Bloom (16 estudos, 13,8%) e a SOLO (7 estudos, 6,0%).

Em relação ao contexto metodológico, o mais utilizado foi o tradicional (58 estudos, 50,0%), cujos estudos tiveram fundamentos no construcionismo (45 estudos, 38,8%) e no construtivismo (27 estudos, 23,3%). O segundo contexto mais popular foi o de jogos (41 estudos, 35,3%), cujos estudos tiveram fundamentos no construcionismo e no construtivismo, ambos com 25 estudos, 21,6%).

Uma série de ferramentas para o desenvolvimento dos estudos foram identificadas, mas a mais utilizada foi o ambiente Scratch (66 estudos, 56,9%), considerando suas variantes. A segunda mais popular foi a Computação desplugada (24 estudos, 20,7%), ressaltando que não era incomum o uso misto de ferramentas.

As etapas escolares com maior cobertura pelos estudos foram o Ensino Fundamental I (63 estudos, 54,4%) e o Ensino Fundamental II (34 estudos, 29,3%). A natureza mais comum dos estudos foi o estudo de caso (72 estudos, 62,0%) seguido por experimentos ou quase-experimentos (33 estudos, 28,4%). O foco dominante dos estudos foi o desenvolvimento do PC (76 estudos, 65,5%). Finalmente, foram considerados 26 estudos com profundidade classificada como forte para esta pesquisa (22,4%).

Uma série de análises cruzadas, entre os fundamentos teóricos abordados pelos estudos com alguma categoria de interesse, foram realizadas e ilustradas através de gráficos de bolhas. Estes gráficos não trouxeram expressivas revelações, pois os fundamentos teóricos mais discutidos nos estudos desta pesquisa, como o construcionismo, o construtivismo e o sociointeracionismo, foram explicitamente evidenciados através da maior consistência do tamanho das bolhas em certas áreas dos gráficos, sendo isso algo dedutível ou esperado.

Esta investigação traz evidências científicas para o ensino em Ciência da Computação no sentido de desenvolver o PC amparado por fundamentos teóricos de aprendizagem, maximizando as referências teóricas nesta área. Os resultados, apoiados sob uma estrutura através de um esquema de classificação dos estudos do MSL, são capazes de sugerir pesquisas futuras e fornecer um guia para situar adequadamente novas atividades de pesquisa.

Este trabalho traz, do MSL, informações e correlações entre as categorias de interesse e permite também estabelecer lacunas na área (Wohlin et al., 2012). Sendo assim, ressalte-se que somente três estudos abordaram a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, que traz importantes contribuições cognitivistas e construtivistas, bem como simplesmente sete estudos sobre as teorias neopiagetianas que complementam os paradigma do desenvolvimento cognitivo de Piaget. Outro fundamento é a teoria do fluxo de Csikszentmihalyi que destaca o estado pleno de satisfação e teve oito estudos neste MSL. A afetividade, embora trabalhada por Vygotsky na sua

teoria sociointeracionista, não foi tratada em nenhum estudo à luz da teoria psicogenética de Wallon (1975), ou teoria da afetividade, que traz contribuições relevantes à educação em relação cognição e afetividade.

O fato de 1895 artigos terem sido selecionados nos mecanismos de busca nas bases científicas de acordo com o protocolo deste MSL e, ao final dos cortes do processo, ser gerada uma amostra para extração com apenas 116 estudos, também reflete um carência de cuidados com fundamentos teóricos na área pesquisada.

5.1 Trabalhos Futuros

As lacunas apontadas remetem a possibilidades para pesquisas futuras. Como esta pesquisa traz um MSL e, com isso, uma coleção de artigos de base, o uso do método *Snowballing*, citado por (Biernacki e Waldorf, 1981)), traz novas possibilidades para a inclusão de novas publicações e, com isso, podendo levar a novos indicadores e resultados.

Outra possibilidade de trabalho futuro seria uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) a partir deste MSL, fazendo uso de uma metassíntese que daria aporte à interpretação dos resultados o que traria uma análise qualitativa mais consistente. Segundo Matheus (2009), uma metassíntese qualitativa é a integração interpretativa de achados qualitativos, que corresponde à síntese interpretativa dos dados da pesquisa. Estas sínteses permitem produzir novas interpretações dos resultados das produções acadêmicas, salientando que estas interpretações vão além da soma das partes, sendo inferências que representam o todo investigado, colocando uma nova luz sobre produções prévias a partir de questões de pesquisa levantadas pelo pesquisador.

Talvez seja relevante ainda um aprofundamento sobre outros eixos teóricos como as taxonomias de aprendizagem enquanto instrumentos de apoio ao desenvolvimento de conceitos e habilidades do PC.

É possível também chegar à construção de um modelo transversal onde se sobressaíam os fundamentos teóricos, ou uma parte deles, com os conceitos e habilidades do PC com referenciais de práticas e métodos aplicáveis, norteados o ensino em Computação, objetivando a eficácia na aprendizagem.

Referências

- Anderson, T. e Shattuck, J. (2012). Design-based research: A decade of progress in education research? *Educational researcher*, 41(1):16–25.
- Ausubel, D. P. (1973). Algunos aspectos psicológicos de la estructura del conocimiento. *Elam, S.(Comp.) La educación y la estructura del conocimiento. Investigaciones sobre el proceso de aprendizaje y la naturaleza de las disciplinas que integran el currículum. Ed. El Ateneo. Buenos Aires. Págs, 211:239.*
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., e Hanesian, H. (1980). *Psicología educacional*. Interamericana.
- Biernacki, P. e Waldorf, D. (1981). Snowball sampling: Problems and techniques of chain referral sampling. *Sociological methods & research*, 10(2):141–163.
- Biggs, J. e Collis, K. (1982). Origin and description of the solo taxonomy. *Evaluating the quality of learning: The SOLO Taxonomy. New York: Academic Press Inc*, páginas 17–30.
- Biggs, J. B. e Collis, K. F. (2014). *Evaluating the quality of learning: The SOLO taxonomy (Structure of the Observed Learning Outcome)*. Academic Press.
- Blikstein, P. (2008). O pensamento computacional e a reinvenção do computador na educação. *Education & Courses*.
- Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E., Hill, W. H., e Krathwohl, D. R. (1956). Handbook i: cognitive domain. *New York: David McKay*.
- Bloom, B. S., of College, C., e Examiners, U. (1964). *Taxonomy of educational objectives*, volume 2. Longmans, Green New York.
- Bordini, A., Avila, C. M. O., Weisshahn, Y., da Cunha, M. M., da Costa Cavalheiro, S. A., Foss, L., Aguiar, M. S., e Reiser, R. H. S. (2016). Computação na educação básica no brasil: o estado da arte. *Revista de Informática Teórica e Aplicada*, 23(2):210–238.
- Borges, K. S., de Menezes, C. S., e da Cruz Fagundes, L. (2017). The use of computational thinking in digital fabrication projects a case study from the cognitive

- perspective. In *2017 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, páginas 1–6. IEEE.
- Brackmann, C. P. (2017). Desenvolvimento do pensamento computacional através de atividades desplugadas na educação básica.
- Brennan, K. e Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking.
- Budgen, D., Turner, M., Brereton, P., e Kitchenham, B. A. (2008). Using mapping studies in software engineering. In *PPIG*, volume 8, páginas 195–204.
- Bushell, D. (1973). *Classroom behavior: A little book for teachers*. Prentice Hall.
- Butler, D. e Leahy, M. (2021). Developing preservice teachers' understanding of computational thinking: A constructionist approach. *British Journal of Educational Technology*, 52(3):1060–1077.
- Carvalho, J., Netto, J. F., e Almeida, T. (2017). Revisao sistemática de literatura sobre pensamento computacional por meio de objetos de aprendizagem. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 28, página 223.
- Chongo, S., Osman, K., e Nayan, N. A. (2021). Impact of the plugged-in and unplugged chemistry computational thinking modules on achievement in chemistry. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(4).
- Clarke-Midura, J., Kozlowski, J. S., Shumway, J. F., e Lee, V. R. (2021). How young children engage in and shift between reference frames when playing with coding toys. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 28:100250.
- Cruzes, D. S. e Dybå, T. (2010). Synthesizing evidence in software engineering research. In *Proceedings of the 2010 ACM-IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement*, páginas 1–10.
- Csikszentmihalyi, M., Abuhamdeh, S., e Nakamura, J. (2014). Flow. In *Flow and the foundations of positive psychology*, páginas 227–238. Springer.
- Czikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience*. New York: Harper & Row.
- Dann, W., Cosgrove, D., Slater, D., Culyba, D., e Cooper, S. (2012). Mediated transfer: Alice 3 to java. In *Proceedings of the 43rd ACM technical symposium on Computer Science Education*, páginas 141–146.
- de Araujo, A. L. S. O., Andrade, W. L., e Guerrero, D. D. S. (2016). A systematic mapping study on assessing computational thinking abilities. In *2016 IEEE frontiers in education conference (FIE)*, páginas 1–9. IEEE.

- Demo, P. (2008). Habilidades do século xxi. *Boletim Técnico do SENAC*, 34(2):4–15.
- Díaz-Lauzurica, B. e Moreno-Salinas, D. (2019). Computational thinking and robotics: A teaching experience in compulsory secondary education with students with high degree of apathy and demotivation. *Sustainability*, 11(18):5109.
- Feldhausen, R., Weese, J. L., e Bean, N. H. (2018). Increasing student self-efficacy in computational thinking via stem outreach programs. In *Proceedings of the 49th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, páginas 302–307.
- Fields, D. A., Quirke, L., Amely, J., e Maughan, J. (2016). Combining big data and thick data analyses for understanding youth learning trajectories in a summer coding camp. In *Proceedings of the 47th ACM technical symposium on computing science education*, páginas 150–155.
- Fischer, K. W. (1980). A theory of cognitive development: The control and construction of hierarchies of skills. *Psychological review*, 87(6):477.
- Fowler, A., Pirker, J., Pollock, I., de Paula, B. C., Echeveste, M. E., e Gómez, M. J. (2016). Understanding the benefits of game jams: Exploring the potential for engaging young learners in stem. In *Proceedings of the 2016 ITiCSE working group reports*, páginas 119–135.
- Franklin, D., Salac, J., Crenshaw, Z., Turimella, S., Klain, Z., Anaya, M., e Thomas, C. (2020). Exploring student behavior using the tipp&see learning strategy. In *Proceedings of the 2020 ACM Conference on International Computing Education Research*, páginas 91–101.
- Freitas, U. e Lara, M. L. (2010). A evolução do jogo simbólico na criança. *Ciências & Cognição*, 15(3):145–163.
- Gauthier, C. (1998). Por uma teoria da pedagogia: pesquisas contemporâneas sobre o saber docente. Unijuí.
- Grizioti, M. e Kynigos, C. (2021). Code the mime: A 3d programmable charades game for computational thinking in malt2. *British Journal of Educational Technology*, 52(3):1004–1023.
- Grover, S., Jackiw, N., e Lundh, P. (2019). Concepts before coding: Non-programming interactives to advance learning of introductory programming concepts in middle school. *Computer Science Education*, 29(2-3):106–135.
- Grover, S. e Pea, R. (2013). Computational thinking in k–12: A review of the state of the field. *Educational researcher*, 42(1):38–43.
- Jiang, S. e Wong, G. K. (2022). Exploring age and gender differences of computational thinkers in primary school: A developmental perspective. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(1):60–75.

- Kalelioglu, F., Gulbahar, Y., e Kukul, V. (2016). A framework for computational thinking based on a systematic research review.
- Kesler, A., Shamir-Inbal, T., e Blau, I. (2022). Active learning by visual programming: Pedagogical perspectives of instructivist and constructivist code teachers and their implications on actual teaching strategies and students' programming artifacts. *Journal of Educational Computing Research*, 60(1):28–55.
- Kesselbacher, M. e Bollin, A. (2019). Discriminating programming strategies in scratch: Making the difference between novice and experienced programmers. In *Proceedings of the 14th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, páginas 1–10.
- Kitchenham, B. e Charters, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering.
- Lister, R. (2016). Toward a developmental epistemology of computer programming. In *Proceedings of the 11th workshop in primary and secondary computing education*, páginas 5–16.
- Malmi, L., Sheard, J., Kinnunen, P., e Sinclair, J. (2019). Computing education theories: what are they and how are they used? In *Proceedings of the 2019 ACM Conference on International Computing Education Research*, páginas 187–197.
- Matheus, M. C. C. (2009). Metassíntese qualitativa: desenvolvimento e contribuições para a prática baseada em evidências. *Acta paulista de enfermagem*, 22(SPE1):543–545.
- Merkouris, A. e Chorlianopoulos, K. (2018). Programming touch and full-body interaction with a remotely controlled robot in a secondary education stem course. In *Proceedings of the 22nd Pan-Hellenic Conference on Informatics*, páginas 225–229.
- Mizukami, M. d. G. N. (1986). Ensino: as abordagens do processo.
- Mladenović, M., Žanko, Ž., e Granić, A. (2021). Mediated transfer: From text to blocks and back. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 29:100279.
- Monteiro, A. F., Miranda-Pinto, M., e Osório, A. J. (2021). Coding as literacy in preschool: A case study. *Education Sciences*, 11(5):198.
- Morales-Urrutia, E. K., Ocaña, J. M., Pérez-Marín, D., e Pizarro, C. (2021). Can mindfulness help primary education students to learn how to program with an emotional learning companion? *IEEE Access*, 9:6642–6660.
- Moreira, M. A. e Massoni, N. T. (2015). Interfaces entre teorias de aprendizagem e ensino de ciências/física.

- Mukasheva, M. e Omirzakova, A. (2021). Computational thinking assessment at primary school in the context of learning programming. *World Journal on Educational Technology: Current Issues*, 13(3):336–353.
- Neto, C., Barreto, L. S. M., e Afeche, S. C. (1998). A formação social da mente vygotski, ls 153.65-v631 psicologia e pedagogia o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. *Psicologia*, 153:V631.
- Neves, R. d. A. e Damiani, M. F. (2006). Vygotsky e as teorias da aprendizagem.
- Ng, O.-L. e Cui, Z. (2021). Examining primary students' mathematical problem-solving in a programming context: towards computationally enhanced mathematics education. *ZDM–Mathematics Education*, 53(4):847–860.
- Nunes, D. J. (2011). Ciência da computação na educação básica. *Jornal da Ciência*, 9(09).
- Oliveira, J. (2007). Psicologia da educação–1. ^o volume. *Aprendizagem–Aluno*. Porto: Legis Editora.
- Osti, A. (2009). Concepções sobre desenvolvimento e aprendizagem segundo a psicogênese piagetiana. *Revista de Educação*, 12(13).
- Papert, S. (1986). *Constructionism: A new opportunity for elementary science education*. Massachusetts Institute of Technology, Media Laboratory, Epistemology and
- Papert, S. (1990). Children, computers and powerful ideas.
- Papert, S. (1994). A máquina das crianças. *Porto Alegre: Artmed*, 17.
- Papert, S. (2008). Seymour. *A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática*. Porto Alegre: Artmed.
- Pellas, N. e Peroutseas, E. (2016). Gaming in second life via scratch4sl: Engaging high school students in programming courses. *Journal of Educational Computing Research*, 54(1):108–143.
- Petersen, K., Feldt, R., Mujtaba, S., e Mattsson, M. (2008). Systematic mapping studies in software engineering. In *12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE) 12*, páginas 1–10.
- Petersen, K., Vakkalanka, S., e Kuzniarz, L. (2015). Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. *Information and software technology*, 64:1–18.
- Petrie, C. (2022). Interdisciplinary computational thinking with music and programming: a case study on algorithmic music composition with sonic pi. *Computer Science Education*, 32(2):260–282.

- Piaget, J., Apostel, L., de Beauregard, O. C., e Desanti, J.-T. (1967). *Logique et connaissance scientifique*, volume 22. Gallimard Paris.
- Piedade, J., Dorotea, N., Pedro, A., e Matos, J. F. (2020). On teaching programming fundamentals and computational thinking with educational robotics: A didactic experience with pre-service teachers. *Education Sciences*, 10(9):214.
- Repenning, A. e Basawapatna, A. (2021). Smacking screws with hammers: Experiencing affordances of block-based programming through the hourglass challenge. In *Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, páginas 267–273.
- Ribeiro, N. F. e Yarnal, C. M. (2010). The perceived difficulty assessment questionnaire (pdaq): Methodology and applications for leisure educators and practitioners. *Schole: A Journal of Leisure Studies and Recreation Education*, 25(1):111–115.
- Rijke, W. J., Bollen, L., Eysink, T. H., e Tolboom, J. L. (2018). Computational thinking in primary school: An examination of abstraction and decomposition in different age groups. *Informatics in education*, 17(1):77–92.
- Sáez-López, J.-M., Román-González, M., e Vázquez-Cano, E. (2016). Visual programming languages integrated across the curriculum in elementary school: A two year case study using “scratch” in five schools. *Computers & Education*, 97:129–141.
- Salac, J., Thomas, C., Butler, C., e Franklin, D. (2021a). Supporting diverse learners in k-8 computational thinking with tipp&see.
- Salac, J., Thomas, C., Butler, C., e Franklin, D. (2021b). Understanding the link between computer science instruction and reading & math performance. In *Proceedings of the 26th ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education V. 1*, páginas 408–414.
- Salac, J., Thomas, C., Butler, C., Sanchez, A., e Franklin, D. (2020). Tipp&see: a learning strategy to guide students through use-modify scratch activities. In *Proceedings of the 51st ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, páginas 79–85.
- Santos, P. S., Araujo, L. G. J., e Bittencourt, R. A. (2018). A mapping study of computational thinking and programming in brazilian k-12 education. In *2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, páginas 1–8. IEEE.
- Saxena, A., Lo, C. K., Hew, K. F., e Wong, G. K. W. (2020). Designing unplugged and plugged activities to cultivate computational thinking: An exploratory study in early childhood education. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 29(1):55–66.

- Selby, C. e Woollard, J. (2013). Computational thinking: the developing definition.
- Skinner, B. F. (1969). Utopia as an experimental culture. Appleton-Century-Crofts.
- Skinner, B. F. (2007). Seleção por conseqüências. *Revista Brasileira de Terapia Comportamental e Cognitiva*, 9(1):129–137.
- Snyder, L. (2012). Status update: High school cs internationally. *Acm Inroads*, 3(2):82–85.
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and instruction*, 4(4):295–312.
- Szabo, C., Falkner, N., Petersen, A., Bort, H., Connolly, C., Cunningham, K., Donaldson, P., Hellas, A., Robinson, J., e Sheard, J. (2019). A periodic table of computing education learning theories. In *Proceedings of the 2019 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, páginas 269–270.
- Troiano, G. M., Chen, Q., Alba, Á. V., Robles, G., Smith, G., Cassidy, M., Tucker-Raymond, E., Puttick, G., e Hartevelde, C. (2020). Exploring how game genre in student-designed games influences computational thinking development. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, páginas 1–17.
- Valente, J. A. (2008). Diferentes usos do computador na educação. *Em aberto*, 12(57).
- van Es, N. e Jeurig, J. (2017). Designing and comparing two scratch-based teaching approaches for students aged 10–12 years. In *Proceedings of the 17th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*, páginas 178–182.
- Van Merriënboer, J. J. e Kester, L. (2014). The four-component instructional design model: Multimedia principles in environments for complex learning.
- Vygotsky, L. (1993). Semenovich. pensamento e linguagem. *Tradução Jefferson Luiz Camargo. São Paulo: Martins Fontes.*
- Vygotsky, L. S. (1998). A formação da mente.
- Vygotsky, L. S. e Cole, M. (1978). *Mind in society: Development of higher psychological processes.* Harvard university press.
- Vygotsky, L. S. et al. (2008). *Pensamento e linguagem*, volume 4. Martins Fontes São Paulo.
- Wallon, H. (1975). Fundamentos metafísicos ou fundamentos dialéticos da psicologia. _____. *Objectivos e métodos da psicologia. Lisboa: Estampa*, páginas 173–188.

- Werlich, C., Kemczinski, A., e Gasparini, I. (2018). Pensamento computacional no ensino fundamental: um mapeamento sistemático. In *XXIII Congreso Internacional de Informática Educativa*, páginas 375–384.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3):33–35.
- Wohlin, C., Runeson, P., Höst, M., Ohlsson, M. C., Regnell, B., e Wesslén, A. (2012). *Experimentation in software engineering*. Springer Science & Business Media.
- Wong, G. K.-W. e Cheung, H.-Y. (2020). Exploring children’s perceptions of developing twenty-first century skills through computational thinking and programming. *Interactive Learning Environments*, 28(4):438–450.
- Zanetti, H., Borges, M., e Ricarte, I. (2016). Pensamento computacional no ensino de programação: uma revisão sistemática da literatura brasileira. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 27, página 21.
- Zipitúa, S. d. R. (2018). Piaget and computational thinking. In *Proceedings of the 7th Computer Science Education Research Conference*, páginas 44–50.

Apêndice A

Trabalhos Seleccionados no MSJ

1. Reppenning, A., Lamprou, A., & Basawapatna, A. (2021, March). Computing Effect Sizes of a Science-first-then-didactics Computational Thinking Module for Preservice Elementary School Teachers. In Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education (pp. 274-280).
2. Zipitría, S. D. R. (2018, October). Piaget and computational thinking. In Proceedings of the 7th Computer Science Education Research Conference (pp. 44-50).
3. Feldhausen, R., Weese, J. L., & Bean, N. H. (2018, February). Increasing student self-efficacy in computational thinking via STEM outreach programs. In Proceedings of the 49th ACM Technical Symposium on Computer Science Education (pp. 302-307).
4. Chiprianov, V., & Gallon, L. (2016, July). Introducing computational thinking to k-5 in a French context. In Proceedings of the 2016 acm conference on innovation and technology in computer science education (pp. 112-117).
5. Tsarava, K., Leifheit, L., Ninaus, M., Román-González, M., Butz, M. V., Golle, J., ... & Moeller, K. (2019, October). Cognitive correlates of computational thinking: Evaluation of a blended unplugged/plugged-in course. In Proceedings of the 14th Workshop in Primary and Secondary Computing Education (pp. 1-9).
6. Niemelä, P., Partanen, T., Harsu, M., Leppänen, L., & Ihanola, P. (2017, November). Computational thinking as an emergent learning trajectory of mathematics. In Proceedings of the 17th Koli Calling international conference on computing education research (pp. 70-79).
7. Salac, J., Thomas, C., Butler, C., & Franklin, D. (2021, March). Supporting diverse learners in k-8 computational thinking with tipp&see. In Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education (pp. 246-252).
8. Fields, D. A., Quirke, L., Amely, J., & Maughan, J. (2016, February). Combining big data and thick data analyses for understanding youth learning trajectories in a summer coding camp. In Proceedings of the 47th ACM technical symposium on computing science education (pp. 150-155).
9. Fowler, A., Pirker, J., Pollock, I., de Paula, B. C., Echeveste, M. E., & Gómez, M. J. (2016). Understanding the benefits of game jams: Exploring the potential for engaging young learners in STEM. In Proceedings of the 2016 ITiCSE working group reports (pp. 119-135).
10. Kesselbacher, M., & Bollin, A. (2019, October). Discriminating programming strategies in scratch: Making the difference between novice and experienced programmers. In Proceedings of the 14th Workshop in Primary and Secondary Computing Education (pp. 1-10).

11. Weintrop, D., Hansen, A. K., Harlow, D. B., & Franklin, D. (2018, August). Starting from Scratch: Outcomes of early computer science learning experiences and implications for what comes next. In Proceedings of the 2018 ACM conference on international computing education research (pp. 142-150).
12. Merkouris, A., Chorianopoulos, K., & Kameas, A. (2017). Teaching programming in secondary education through embodied computing platforms: Robotics and wearables. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 17(2), 1-22.
13. Papavlasopoulou, S., Sharma, K., Giannakos, M., & Jaccheri, L. (2017, June). Using eye-tracking to unveil differences between kids and teens in coding activities. In proceedings of the 2017 conference on interaction design and children (pp. 171-181).
14. Zhu, K., Ma, X., Wong, G. K. W., & Huen, J. M. H. (2016, June). How different input and output modalities support coding as a problem-solving process for children. In Proceedings of the the 15th international conference on interaction design and children (pp. 238-245).
15. van Es, N., & Jeuring, J. (2017, November). Designing and comparing two scratch-based teaching approaches for students aged 10–12 years. In Proceedings of the 17th Koli Calling International Conference on Computing Education Research (pp. 178-182).
16. Vacca, R. (2019, June). Exploring the Intersection of Emotional Literacy and Computational Modeling Using Scratch. In Proceedings of the 2019 on Designing Interactive Systems Conference (pp. 849-858).
17. Aslan, U., LaGrassa, N., Horn, M., & Wilensky, U. (2020, June). Phenomenological Programming: a novel approach to designing domain specific programming environments for science learning. In Proceedings of the Interaction Design and Children Conference (pp. 299-310).
18. Statter, D., & Armoni, M. (2020). Teaching abstraction in computer science to 7th grade students. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 20(1), 1-37.
19. Hamlen, K., Sridhar, N., Bievenue, L., Jackson, D. K., & Lalwani, A. (2018, February). Effects of teacher training in a computer science principles curriculum on teacher and student skills, confidence, and beliefs. In Proceedings of the 49th ACM technical symposium on computer science education (pp. 741-746).
20. Franklin, D., Salac, J., Crenshaw, Z., Turimella, S., Klain, Z., Anaya, M., & Thomas, C. (2020, August). Exploring student behavior using the TIPP&SEE learning strategy. In Proceedings of the 2020 ACM Conference on International Computing Education Research (pp. 91-101).

21. Franklin, D., Salac, J., Thomas, C., Sekou, Z., & Krause, S. (2020, February). Eliciting student Scratch script understandings via Scratch Charades. In Proceedings of the 51st ACM Technical Symposium on Computer Science Education (pp. 780-786).
22. Whyte, R., Ainsworth, S., & Medwell, J. (2019, July). Designing for Integrated K-5 Computing and Literacy through Story-making Activities. In Proceedings of the 2019 ACM Conference on International Computing Education Research (pp. 167-175).
23. Reppenning, A., & Basawapatna, A. (2021, March). Smacking Screws with Hammers: Experiencing Affordances of Block-based Programming through the Hourglass Challenge. In Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education (pp. 267-273).
24. Hansen, A. K., Iveland, A., Carlin, C., Harlow, D. B., & Franklin, D. (2016, June). User-centered design in block-based programming: Developmental & pedagogical considerations for children. In Proceedings of the The 15th International Conference on Interaction Design and Children (pp. 147-156).
25. Lytle, N., Catete, V., Isvik, A., Boulden, D., Dong, Y., Wiebe, E., & Barnes, T. (2019, October). From 'Use' to 'Choose' Scaffolding CT Curricula and Exploring Student Choices while Programming (Practical Report). In Proceedings of the 14th Workshop in Primary and Secondary Computing Education (pp. 1-6).
26. Franklin, D., Coenraad, M., Palmer, J., Eater, D., Zipp, A., Anaya, M., ... & Weintrop, D. (2020, August). An Analysis of Use-Modify-Create Pedagogical Approach's Success in Balancing Structure and Student Agency. In Proceedings of the 2020 ACM Conference on International Computing Education Research (pp. 14-24).
27. Merkouris, A., & Chorianopoulos, K. (2018, November). Programming touch and full-body interaction with a remotely controlled robot in a secondary education STEM course. In Proceedings of the 22nd Pan-Hellenic Conference on Informatics (pp. 225-229).
28. Salac, J., Thomas, C., Butler, C., Sanchez, A., & Franklin, D. (2020, February). TIPP&SEE: a learning strategy to guide students through use-modify Scratch activities. In Proceedings of the 51st ACM Technical Symposium on Computer Science Education (pp. 79-85).
29. Franklin, D., Weintrop, D., Palmer, J., Coenraad, M., Cobian, M., Beck, K., ... & Crenshaw, Z. (2020, February). Scratch Encore: The design and pilot of a culturally-relevant intermediate Scratch curriculum. In Proceedings of the 51st ACM technical symposium on computer science education (pp. 794-800).
30. Salac, J., Thomas, C., Twarek, B., Marsland, W., & Franklin, D. (2020, February). Comprehending code: Understanding the relationship between reading and math proficiency, and 4th-grade cs learning outcomes. In Proceedings

-
- of the 51st ACM Technical Symposium on Computer Science Education (pp. 268-274).
31. Rich, K. M., Binkowski, T. A., Strickland, C., & Franklin, D. (2018, August). Decomposition: A K-8 computational thinking learning trajectory. In Proceedings of the 2018 ACM conference on international computing education research (pp. 124-132).
 32. Troiano, G. M., Chen, Q., Alba, Á. V., Robles, G., Smith, G., Cassidy, M., ... & Hartevelde, C. (2020, April). Exploring how game genre in student-designed games influences computational thinking development. In Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 1-17).
 33. He, Z., Wu, X., Wang, Q., & Huang, C. (2021). Developing eighth-grade students' computational thinking with critical reflection. *Sustainability*, 13(20), 11192.
 34. Quevedo Gutiérrez, E., & Zapatera Llinares, A. (2021). Assessment of scratch programming language as a didactic tool to teach functions. *Education Sciences*, 11(9), 499.
 35. Mladenović, M., Žanko, Ž., & Granić, A. (2021). Mediated transfer: From text to blocks and back. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 29, 100279.
 36. Videnovik, M., Vlahu-Gjorgievska, E., & Trajkovik, V. (2021). To code or not to code: Introducing coding in primary schools. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(5), 1132-1145.
 37. Dorotea, N., Piedade, J., & Pedro, A. (2021). Mapping K-12 computer science teacher's interest, self-confidence, and knowledge about the use of educational robotics to teach. *Education Sciences*, 11(8), 443.
 38. Ng, O. L., & Cui, Z. (2021). Examining primary students' mathematical problem-solving in a programming context: towards computationally enhanced mathematics education. *ZDM—Mathematics Education*, 53(4), 847-860.
 39. Mukasheva, M., & Omirzakova, A. (2021). Computational Thinking Assessment at Primary School in the Context of Learning Programming. *World Journal on Educational Technology: Current Issues*, 13(3), 336-353.
 40. Salac, J., Thomas, C., Butler, C., & Franklin, D. (2021, June). Understanding the Link between Computer Science Instruction and Reading & Math Performance. In Proceedings of the 26th ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education V. 1 (pp. 408-414).
 41. Boulden, D. C., Rachmatullah, A., Hinckle, M., Bounajim, D., Mott, B., Boyer, K. E., ... & Wiebe, E. (2021, June). Supporting Students' Computer Science Learning with a Game-based Learning Environment that Integrates a

-
- Use-Modify-Create Scaffolding Framework. In Proceedings of the 26th ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education V. 1 (pp. 129-135).
42. Stefanidi, E., Korozi, M., Leonidis, A., Arampatzis, D., Antona, M., & Papagiannakis, G. (2021, June). When Children Program Intelligent Environments: Lessons Learned from a Serious AR Game. In *Interaction Design and Children* (pp. 375-386).
 43. Clarke-Midura, J., Kozlowski, J. S., Shumway, J. F., & Lee, V. R. (2021). How young children engage in and shift between reference frames when playing with coding toys. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 28, 100250.
 44. Grizioti, M., & Kynigos, C. (2021). Code the mime: A 3D programmable charades game for computational thinking in MaLT2. *British Journal of Educational Technology*, 52(3), 1004-1023.
 45. Butler, D., & Leahy, M. (2021). Developing preservice teachers' understanding of computational thinking: A constructionist approach. *British Journal of Educational Technology*, 52(3), 1060-1077.
 46. Salac, J., Thomas, C., Butler, C., & Franklin, D. (2021, March). Supporting diverse learners in k-8 computational thinking with tipp&see. In Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education (pp. 246-252).
 47. Dagiene, V., Hromkovic, J., & Lacher, R. (2021). Designing informatics curriculum for K-12 education: From Concepts to Implementations. *Informatics in Education*, 20(3), 333-360.
 48. Jiang, S., & Wong, G. K. (2022). Exploring age and gender differences of computational thinkers in primary school: A developmental perspective. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(1), 60-75.
 49. Petrie, C. G. (2019). Interdisciplinary computational thinking with music and programming: a case study on algorithmic music composition with Sonic Pi.
 50. Kesler, A., Shamir-Inbal, T., & Blau, I. (2022). Active learning by visual programming: Pedagogical perspectives of instructivist and constructivist code teachers and their implications on actual teaching strategies and students' programming artifacts. *Journal of Educational Computing Research*, 60(1), 28-55.
 51. Monteiro, A. F., Miranda-Pinto, M., & Osório, A. J. (2021). Coding as literacy in preschool: A case study. *Education Sciences*, 11(5), 198.
 52. Chongo, S., Osman, K., & Nayan, N. A. (2021). Impact of the Plugged-In and Unplugged Chemistry Computational Thinking Modules on Achievement in Chemistry. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(4).

-
53. Morales-Urrutia, E. K., Ocaña, J. M., Pérez-Marín, D., & Pizarro, C. (2021). Can mindfulness help Primary Education students to learn how to program with an emotional learning companion?. *IEEE Access*, 9, 6642-6660.
 54. Cano, S., Naranjo, J. S., Henao, C., Rusu, C., & Albiol-Pérez, S. (2020). Serious game as support for the development of computational thinking for children with hearing impairment. *Applied Sciences*, 11(1), 115.
 55. Juškevičienė, A., Stupurienė, G., & Jevsikova, T. (2021). Computational thinking development through physical computing activities in STEAM education. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(1), 175-190.
 56. Terzopoulos, G., Satratzemi, M., & Tsompanoudi, D. (2019, October). Educational mobile applications on computational thinking and programming for children under 8 years old. In *Interactive Mobile communication, technologies and learning* (pp. 527-538). Springer, Cham.
 57. Seralidou, E., & Douligeris, C. (2021). Learning programming by creating games through the use of structured activities in secondary education in Greece. *Education and Information Technologies*, 26(1), 859-898.
 58. Voon, X. P., Wong, S. L., Wong, L. H., Khambari, M. N. M., & Abdullah, S. I. S. S. (2020). Effects of computational thinking competencies on scientific argumentation learning among secondary school students.
 59. Lin, S. Y., Chien, S. Y., Hsiao, C. L., Hsia, C. H., & Chao, K. M. (2020). Enhancing computational thinking capability of preschool children by game-based smart toys. *Electronic Commerce Research and Applications*, 44, 101011.
 60. Chiocciariello, A., Bottino, R., Panesi, S., & Freina, L. (2020, October). Longitudinal approach for introducing programming in Italian primary school. In *Proceedings of the 15th Workshop on Primary and Secondary Computing Education* (pp. 1-6).
 61. Piedade, J., Dorotea, N., Pedro, A., & Matos, J. F. (2020). On teaching programming fundamentals and computational thinking with educational robotics: A didactic experience with pre-service teachers. *Education Sciences*, 10(9), 214.
 62. Israel-Fishelson, R., & HersHKovitz, A. (2020). Persistence in a game-based learning environment: The case of elementary school students learning computational thinking. *Journal of Educational Computing Research*, 58(5), 891-918.
 63. Franklin, D., Salac, J., Crenshaw, Z., Turimella, S., Klain, Z., Anaya, M., & Thomas, C. (2020, August). Exploring student behavior using the TIPP&SEE learning strategy. In *Proceedings of the 2020 ACM Conference on International Computing Education Research* (pp. 91-101).

-
64. Anuar, N. H., Mohamad, F. S., & Minoi, J. L. (2020). Contextualising computational thinking: A case study in remote rural sarawak borneo. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 19(8), 98-116.
 65. Larraza-Mendiluze, E., Arbelaitz, O., Arruarte, A., Lukas, J. F., & Garay-Vitoria, N. (2019). JolasMATIKA: An experience for teaching and learning computing topics from university to primary education. *IEEE Transactions on Education*, 63(3), 136-143.
 66. Pearl, H., Arrants, S., Swanson, H., & Trninic, D. (2020, June). The AL Goldberg machine: a virtual environment for engaging learners in algorithmic practices. In *Proceedings of the 2020 ACM Interaction Design and Children Conference: Extended Abstracts* (pp. 211-216).
 67. Aslan, U., LaGrassa, N., Horn, M., & Wilensky, U. (2020, June). Phenomenological Programming: a novel approach to designing domain specific programming environments for science learning. In *Proceedings of the Interaction Design and Children Conference* (pp. 299-310).
 68. Wong, G. K. W., & Cheung, H. Y. (2020). Exploring children's perceptions of developing twenty-first century skills through computational thinking and programming. *Interactive Learning Environments*, 28(4), 438-450.
 69. Ardito, G., Czerkawski, B., & Scollins, L. (2020). Learning computational thinking together: Effects of gender differences in collaborative middle school robotics program. *TechTrends*, 64(3), 373-387.
 70. Papavlasopoulou, S., Sharma, K., & Giannakos, M. N. (2020). Coding activities for children: Coupling eye-tracking with qualitative data to investigate gender differences. *Computers in Human Behavior*, 105, 105939.
 71. Luo, F., Antonenko, P. D., & Davis, E. C. (2020). Exploring the evolution of two girls' conceptions and practices in computational thinking in science. *Computers & Education*, 146, 103759.
 72. Salac, J., Thomas, C., Butler, C., Sanchez, A., & Franklin, D. (2020, February). TIPP&SEE: a learning strategy to guide students through use-modify Scratch activities. In *Proceedings of the 51st ACM Technical Symposium on Computer Science Education* (pp. 79-85).
 73. Salac, J., Thomas, C., Twarek, B., Marsland, W., & Franklin, D. (2020, February). Comprehending code: Understanding the relationship between reading and math proficiency, and 4th-grade cs learning outcomes. In *Proceedings of the 51st ACM Technical Symposium on Computer Science Education* (pp. 268-274).
 74. Saxena, A., Lo, C. K., Hew, K. F., & Wong, G. K. W. (2020). Designing unplugged and plugged activities to cultivate computational thinking: An exploratory study in early childhood education. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 29(1), 55-66.

-
75. Rehmat, A. P., Ehsan, H., & Cardella, M. E. (2020). Instructional strategies to promote computational thinking for young learners. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 36(1), 46-62.
 76. Brady, C., Gresalfi, M., Steinberg, S., & Knowe, M. (2020). Debugging for art's sake: Beginning programmers' debugging activity in an expressive coding context.
 77. Min, S. H., & Kim, M. K. (2020). Developing children's computational thinking through physical computing lessons. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 13(2), 183-198.
 78. Moschella, M., & Basso, D. (2020). Computational Thinking, spatial and logical skills. An investigation at primary school. *Ricerche di Pedagogia e Didattica. Journal of Theories and Research in Education*, 15(2), 69-89.
 79. da Rosa, S., Viera, M., & García-Garland, J. (2020, September). A case of teaching practice founded on a theoretical model. In *International Conference on Informatics in Schools: Situation, Evolution, and Perspectives* (pp. 146-157). Springer, Cham.
 80. Lai, C. F., Jeng, Y. L., & Huang, S. B. (2020). Improving programming skills: the use of learning style theory and the instant response supplement tool. *Library Hi Tech*.
 81. Caeli, E. N., & Yadav, A. (2020). Unplugged approaches to computational thinking: A historical perspective. *TechTrends*, 64(1), 29-36.
 82. Liebe, C., & Camp, T. (2019, November). An Examination of Abstraction in K-12 Computer Science Education. In *Proceedings of the 19th Koli Calling International Conference on Computing Education Research* (pp. 1-9).
 83. Miller, J. (2019). STEM education in the primary years to support mathematical thinking: Using coding to identify mathematical structures and patterns. *Zdm*, 51(6), 915-927.
 84. Papavlasopoulou, S., Giannakos, M. N., & Jaccheri, L. (2019). Exploring children's learning experience in constructionism-based coding activities through design-based research. *Computers in Human Behavior*, 99, 415-427.
 85. Díaz-Lauzurica, B., & Moreno-Salinas, D. (2019). Computational thinking and robotics: A teaching experience in compulsory secondary education with students with high degree of apathy and demotivation. *Sustainability*, 11(18), 5109.
 86. Carlborg, N., Tyrén, M., Heath, C., & Eriksson, E. (2019). The scope of autonomy when teaching computational thinking in primary school. *International journal of child-computer interaction*, 21, 130-139.
 87. Curasma, R. P., Jara, N. J., Curasma, H. P., & Ornetta, V. C. (2019, August). Assessment of Computational Thinking in regular basic education: case IETP

-
- “José Obrero”. In 2019 IEEE XXVI International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing (INTERCON) (pp. 1-4). IEEE.
88. Vega, J., & Cañas, J. M. (2019). PyBoKids: an innovative python-based educational framework using real and simulated arduino robots. *Electronics*, 8(8), 899.
 89. Grover, S., Jackiw, N., & Lundh, P. (2019). Concepts before coding: Non-programming interactives to advance learning of introductory programming concepts in middle school. *Computer Science Education*, 29(2-3), 106-135.
 90. Troiano, G. M., Snodgrass, S., Argımak, E., Robles, G., Smith, G., Cassidy, M., ... & Harteveld, C. (2019, June). Is my game OK Dr. Scratch? Exploring programming and computational thinking development via metrics in student-designed serious games for STEM. In *Proceedings of the 18th ACM international conference on interaction design and children* (pp. 208-219).
 91. Kawada, K., Okamoto, K., Tamai, T., & Ohnishi, Y. (2019). A Study on Developmentally Appropriate Programming Education Learning Materials for Lower-Elementary School Students. *Journal of Robotics and Mechatronics*, 31(3), 441-451.
 92. Soleimani, A., Herro, D., & Green, K. E. (2019). CyberPLAYce—A tangible, interactive learning tool fostering children’s computational thinking through storytelling. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 20, 9-23.
 93. Ketenci, T., Calandra, B., Margulieux, L., & Cohen, J. (2019). The relationship between learner characteristics and student outcomes in a middle school computing course: An exploratory analysis using structural equation modeling. *Journal of Research on Technology in Education*, 51(1), 63-76.
 94. Csizmadia, A., Standl, B., & Waite, J. (2019). Integrating the constructionist learning theory with computational thinking classroom activities. *Informatics in Education*, 18(1), 41-67.
 95. Rich, K. M., Binkowski, T. A., Strickland, C., & Franklin, D. (2018, August). Decomposition: A K-8 computational thinking learning trajectory. In *Proceedings of the 2018 ACM conference on international computing education research* (pp. 124-132).
 96. Papavlasopoulou, S., Giannakos, M. N., & Jaccheri, L. (2018, April). Discovering children’s competences in coding through the analysis of Scratch projects. In 2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) (pp. 1127-1133). IEEE.
 97. Chytas, C., Diethelm, I., & Tsilingiris, A. (2018, April). Learning programming through design: An analysis of parametric design projects in digital fabrication labs and an online makerspace. In 2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) (pp. 1978-1987). IEEE.

-
98. Marcelino, M. J., Pessoa, T., Vieira, C., Salvador, T., & Mendes, A. J. (2018). Learning computational thinking and scratch at distance. *Computers in Human Behavior*, 80, 470-477.
 99. Molins-Ruano, P., Gonzalez-Sacristan, C., & Garcia-Saura, C. (2018). Phogo: A low cost, free and “maker” revisit to logo. *Computers in Human Behavior*, 80, 428-440.
 100. Kynigos, C., & Grizioti, M. (2018). Programming approaches to computational thinking: Integrating Turtle geometry, dynamic manipulation and 3D Space. *Informatics in Education*, 17(2), 321-340.
 101. Juškevičienė, A., & Dagienė, V. (2018). Computational thinking relationship with digital competence. *Informatics in Education*, 17(2), 265-284.
 102. Munoz, R., Villarroel, R., Barcelos, T. S., Riquelme, F., Quezada, A., & Bustos-Valenzuela, P. (2018). Developing computational thinking skills in adolescents with autism spectrum disorder through digital game programming. *IEEE Access*, 6, 63880-63889.
 103. Rijke, W. J., Bollen, L., Eysink, T. H., & Tolboom, J. L. (2018). Computational thinking in primary school: An examination of abstraction and decomposition in different age groups. *Informatics in education*, 17(1), 77-92.
 104. Borges, K. S., de Menezes, C. S., & da Cruz Fagundes, L. (2017, October). The use of computational thinking in digital fabrication projects a case study from the cognitive perspective. In *2017 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1-6). IEEE.
 105. Romero, M., Lepage, A., & Lille, B. (2017). Computational thinking development through creative programming in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 14(1), 1-15.
 106. Cetin, I., & Dubinsky, E. (2017). Reflective abstraction in computational thinking. *The Journal of Mathematical Behavior*, 47, 70-80.
 107. Weng, X., & Wong, G. K. (2017, December). Integrating computational thinking into English dialogue learning through graphical programming tool. In *2017 IEEE 6th International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)* (pp. 320-325). IEEE.
 108. Jun, S., Han, S., & Kim, S. (2017). Effect of design-based learning on improving computational thinking. *Behaviour & Information Technology*, 36(1), 43-53.
 109. Weitzel, C. L. (2017, October). Reflective, creative and computational thinking strategies used when students learn through making games. In *Proceedings of the 11th European Conference on Game-Based Learning* (pp. 744-753). Academic Conferences and Publishing International.

110. Rose, S., Habgood, M. J., & Jay, T. (2017). An exploration of the role of visual programming tools in the development of young children's computational thinking. *Electronic journal of e-learning*, 15(4), pp297-309.
111. Chiprianov, V., & Gallon, L. (2016, July). Introducing computational thinking to k-5 in a French context. In *Proceedings of the 2016 acm conference on innovation and technology in computer science education* (pp. 112-117).
112. Sáez-López, J. M., Román-González, M., & Vázquez-Cano, E. (2016). Visual programming languages integrated across the curriculum in elementary school: A two year case study using "Scratch" in five schools. *Computers & Education*, 97, 129-141.
113. Vallance, M. (2016). Advancing computational thinking and knowledge development in a 3D virtual simulation. *Bulletin of the IEEE Technical Committee on Learning Technology*, 18(2), 18-21.
114. Pellas, N., & Peroutseas, E. (2016). Gaming in Second Life via Scratch4SL: Engaging high school students in programming courses. *Journal of Educational Computing Research*, 54(1), 108-143.
115. Cetin, I., & Andrews-Larson, C. (2016). Learning sorting algorithms through visualization construction. *Computer Science Education*, 26(1), 27-43.
116. Atmatzidou, S., & Demetriadis, S. (2016). Advancing students' computational thinking skills through educational robotics: A study on age and gender relevant differences. *Robotics and Autonomous Systems*, 75, 661-670.