

Integração entre Pensamento Computacional e Inteligência Artificial: uma Revisão Sistemática de Literatura*

André Luis Macedo Caruso¹, Simone André da Costa Cavalheiro¹

¹Programa de Pós Graduação em Computação

Centro de Desenvolvimento Tecnológico

Universidade Federal de Pelotas

Rua Gomes Carneiro, 1 - CEP 96010-610 - Pelotas - RS - Brasil

{andre.caruso, simone.costa}@inf.ufpel.edu.br

Abstract. *The Fourth Industrial Revolution has been causing profound changes in 21st century society. In order to respond to the new challenges, governments around the world are trying to reformulate curricula and recognize the importance of teaching the fundamentals of computing from the early grades. Inserted in these foundations, two themes have stood out: the development of Computational Thinking and the introduction of the principles of Artificial Intelligence. This study aims to investigate the aspects of integration between these two important phenomena, Computational Thinking and Artificial Intelligence, through a Systematic Literature Review.*

Resumo. *A Quarta Revolução Industrial vem provocando profundas mudanças na sociedade do Século XXI. A fim de dar uma resposta aos desafios que se apresentam, os governos mundiais tentam reformular currículos e reconhecem a importância do ensino dos fundamentos da Computação desde as séries iniciais. Inserido nesses fundamentos, dois temas tem se destacado: o desenvolvimento do Pensamento Computacional e a introdução dos princípios da Inteligência Artificial. Este estudo tem como objetivo investigar quais são os aspectos de integração entre esses dois importantes fenômenos, Pensamento Computacional e Inteligência Artificial, por meio de uma Revisão Sistemática de Literatura.*

1. Introdução

A sociedade humana vem sofrendo profundas mudanças no século XXI, sobretudo a partir do fenômeno chamado de Quarta Revolução Industrial, impulsionada por diversos fatores tecnológicos, dentre os quais destacam-se: “acesso móvel e ubíquo à Internet, novos sensores pequenos, baratos e capazes de capturar dados constantemente, além dos grandes desenvolvimentos da Inteligência Artificial (IA)” [Schwab 2016, p. 12].

Por sua vez, as escolas devem responder a essas mudanças, devendo formar e preparar os cidadãos para atuar num mercado de trabalho competitivo e que exige o conhecimento tecnológico. Com esse objetivo, governos tem buscado atualizar os currículos

*O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Projeto realizado com o apoio da PREC e PRPPG / UFPel.

escolares, a fim de preparar os jovens para lidar com os novos desafios. Uma iniciativa que tem ganhado popularidade é a inclusão do desenvolvimento do Pensamento Computacional (PC), termo popularizado por Wing (2006) que se refere a uma metodologia fundamentada na Ciência da Computação, capaz de desenvolver uma série de competências relacionadas a resolução de problemas, tais como argumentação, análise crítica e trabalho cooperativo, que são úteis às pessoas de todas as áreas.

Zeng (2013), por sua vez, argumenta que é importante não só trabalhar o PC na escola, mas também o que chama de *AI Thinking*, ou Pensamento para IA (PIA), conjunto de habilidades necessárias para a compreensão da IA pelos alunos. Efetivamente a IA, especialmente os algoritmos de Aprendizado de Máquina (AM), já são parte da vida das pessoas através de aplicações que vão desde a detecção de câncer a partir de imagens, até melhores motores de busca, filtros de SPAM e mecanismos de reconhecimento de voz conforme Raschka e Mirjalili (2019, p. 2).

Segundo Wong (2020) um estudo da empresa Tencent, gigante chinesa da área de tecnologia, estimou haver trezentos mil engenheiros de IA no mundo, ainda que a demanda já estivesse na casa dos milhões. O autor acrescenta que esta enorme diferença entre disponibilidade e demanda de profissionais na área é uma das grandes razões pelas quais é importante familiarizar as crianças aos conceitos da IA desde cedo, uma vez que o mercado de trabalho cada vez mais exigirá tais habilidades.

Além da necessidade premente de preparar as crianças para o futuro mundo do trabalho elas interagem de forma natural com assistentes virtuais, como Amazon Alexa e Apple Siri, confiando e julgando que estes sejam mais inteligentes do que realmente são, o que pode constituir um risco à sua privacidade, conforme Druga (2018), havendo ainda o perigo da transformação das crianças em verdadeiros produtos em uma prateleira, uma vez que o modelo de negócio de muitas empresas de tecnologia se baseia na coleta de dados dos usuários para anúncios direcionados, por vezes com estratégias eticamente questionáveis. O destaque recebido pelo PC e a IA de acordo com Guarda e Pinto (2020), Bobsin et al. (2020) e Camada e Durães (2020), respectivamente, denota que a inserção destes temas na formação de crianças e jovens é cada vez mais essencial. Esta pesquisa busca investigar quais são as integrações que estão sendo propostas entre essas duas áreas. Para isso realizou-se uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL), técnica que “procura minimizar erros sistemáticos e aleatórios buscando definir claramente o procedimento a ser adotado na condução do levantamento do estado da arte de um tópico de pesquisa” [JAQUES et al. 2020, p. 4].

Este artigo está organizado como segue. A seção 2 introduz o referencial teórico. Na seção 3, é descrito o planejamento e a execução da RSL, incluindo as questões de pesquisa, critérios de exclusão, definição da *string* de busca e bases de dados pesquisadas. A seção 4.1 discorre sobre os resultados obtidos, respondendo às questões de pesquisa. Finalmente, a seção 4 apresenta as considerações finais.

2. Referencial teórico

2.1. Pensamento Computacional

Sendo um tema de estudo emergente, o PC ainda não tem uma definição de consenso conforme Kalelioglu et al. (2016): PC “são os processos de pensamento envolvidos em

formular problemas e suas soluções para que estas sejam representadas de forma que possam ser efetivamente conduzidas por um agente de processamento da informação” [Wing 2011].

Por sua vez, segundo entidades ligadas à informática na educação e à Computação, a Sociedade Internacional de Tecnologia em Educação e a Associação de Professores de Ciência da Computação [CSTA e ISTE 2011], PC é um processo de formulação de soluções de problemas de modo que possam ser resolvidos por um computador. Além disso são destacadas outras características desejáveis como: organização e análise lógica dos dados, bem como a representação dos mesmos a partir de abstrações.

Quanto às abordagens adotadas a fim de desenvolver o PC nas escolas várias tem-se destacado, conforme Moreno-Leon et al. (2018) e Chiazese et al. (2019), dentre elas: experimentos e oficinas de robótica, programação a partir de linguagens baseadas em blocos como Scratch e atividades com jogos digitais, além das chamadas atividades desplugadas, as quais baseiam-se em dinâmicas com material concreto, sem a utilização de tecnologia.

2.2. Inteligência Artificial e Pensamento em IA

A IA segundo McCarthy (2004) é: “a ciência e a engenharia de fazer-se máquinas inteligentes, especialmente programas de computador inteligentes”. Para Haenlein e Kaplan (2019), desde seu surgimento nos anos 1950, a área de pesquisa vinha sendo vista como obscura e de pouca aplicação prática. Porém, em algum ponto dos anos 2010, fatores tecnológicos impulsionaram a chamada grande explosão da IA, que pode ser atribuída à popularização das Placas aceleradoras 3D, ou GPUs, e à grande quantidade de dados, que passa a ficar disponível para serem coletados e analisados a partir da Internet, compondo o chamado Big Data de acordo com Morris et al. (2017). Tais fatores permitiram a rápida evolução dos algoritmos de AM.

Conforme Raschka (2019, p. 1-7), grande parte das aplicações de IA presentes no nosso dia a dia são baseadas em AM: assistentes de voz, filtros de *spam*, diagnóstico por imagem, carros autônomos, traduções automáticas, sistemas de recomendação de filmes, dentre outros. Estas aplicações dependem de algoritmos que são formulados para se auto ajustarem, buscando regras e relações dentro de um conjunto de dados, para a realização de previsões acuradas sobre os mesmos dados.

De acordo com Zeng (2013), a IA, hoje ubíqua e indispensável na vida das pessoas, tornou-se um dos pilares da sociedade moderna. Para o autor PC e PIA estão intimamente entrelaçados, e conceitos do primeiro como abstração e heurísticas para a solução de problemas, são aplicados diretamente no segundo. O autor cita como habilidades importantes para o PIA: aplicação de bases de conhecimento para solução de problemas, processamento de semânticas e contextos, além da capacidade de lidar-se com dados não estruturados, entre outras.

3. Planejamento e execução da RSL

Esta seção apresenta as questões de pesquisa, os critérios de exclusão considerados, a *string* de busca, as bases pesquisadas e o protocolo utilizado na seleção dos estudos.

Segundo Jaques et al. (2020, p. 3), quando se tem como objetivo a detecção do estado da arte em determinada área de pesquisa, uma RSL é indicada a fim de que se mi-

tingar a possibilidade da introdução de vieses pelos pesquisadores, definindo previamente critérios estritos a respeito dos estudos a serem selecionados.

3.1. Questões de Pesquisa

Esta revisão tem como objetivo responder à questão de pesquisa: Quais são as principais zonas de integração entre PC e IA? Com o intuito de melhor situar os trabalhos selecionados buscamos responder as seguintes questões: (QP1) Qual o objetivo do trabalho? (QP2) Qual foi a proposta apresentada? (QP3) Quais as são as relações que estão sendo estabelecidas entre PC e IA ? (QP4) Quais os conceitos/habilidades do PC considerados? Quais os fundamentos da IA considerados? (QP5) Quais as conclusões/resultados apresentados?

3.2. Critérios de exclusão

Os critérios de exclusão estabelecidos vetaram artigos que: (1) estavam em duplicidade; (2) foram publicados antes de 2017; (3) não estavam disponíveis para *download*; (4) não foram redigidos no idioma Inglês; (5) não eram estudos primários; (6) não foram revisados por pares; (7) eram redundantes, com outro estudo de mesma autoria (neste caso excluiu-se o mais antigo); (8) não possuíam os termos de busca em seu *abstract*; (9) não tratavam da integração entre PC e IA.

A respeito do escopo dos estudos, foram selecionados apenas os primários, ou seja, que não sejam em si mesmos RSLs. Publicações não revisadas por pares como editoriais de revistas e capítulos de livros foram rejeitados. Estudos que disponibilizam apenas o *abstract* foram eliminados, além dos estudos com acesso limitado por *pay wall*, mesmo através do acesso institucional.

Quanto ao critério de exclusão de artigos não escritos na língua Inglesa, segue-se a recomendação de Jaques et.al (2020, p. 10). Os autores sugerem que em RSLs realizadas na área de Informática na Educação, pode-se optar por uma das duas opções: excluir artigos não publicados em Inglês ou então incluir artigos redigidos em qualquer idioma.

3.3. String de busca

No intuito de encontrar-se de uma *string* de busca satisfatória, foram feitos testes combinando “Computational Thinking” com palavras-chave ligadas à IA como “Machine Learning” e “Deep Learning”. Notou-se, entretanto, o retorno de muitos artigos ligados exclusivamente à área de IA. Considerando que a ideia era buscar uma visão ampla dos aspectos a respeito da integração entre PC e IA, optou-se na utilização apenas dos termos: “Computational Thinking” e “Artificial Intelligence”.

Levando em conta que a proposta de um PIA por Zeng (2013) sugere uma integração entre essas áreas, o termo “Artificial Intelligence Thinking” foi incluído como alternativa à “Artificial Intelligence”. Assim, a *string* de busca ficou definida como: (“Computational Thinking”) AND (“Artificial Intelligence” OR “Artificial Intelligence Thinking”).

3.4. Bases de dados

As bases escolhidas para proceder a revisão foram: ACM Digital Library, Ei Compendex, IEEE Xplore, Science@Direct, Scopus, Springerlink, Researchgate e Web of Science. As mesmas foram escolhidas segundo as recomendações de Jaques (2020) como citado em Chen et al. (2010, p. 1).

3.5. Execução

Uma vez que não se encontrou uma outra RSL que investigasse as questões estabelecidas, procedeu-se com a execução desta revisão. Buscou-se pela *string* pré-definida nas bases selecionadas. A Tabela 1 apresenta a quantidade de artigos retornados nas buscas, a quantidade após a aplicação dos critérios de exclusão, a quantidade resultante após a leitura do *abstract* e por fim, a quantidade resultante da leitura completa dos artigos selecionados na etapa anterior, sempre aplicando os critérios estabelecidos.

Bases	Artigos retornados	Aplicação dos CE	Leitura Abstract	Leitura Artigo
ACM	3	2	2	1
Ei Compendex	24	14	4	0
IEEE	2	1	1	1
Science@Direct	3	2	1	0
Scopus	22	8	7	7
Springerlink	101	101	9	0
Researchgate	30	27	3	3
Web of Science	24	18	5	1
Total	209	173	32	13

Tabela 1. Número de artigos antes e depois dos critérios de exclusão aplicados

A fim de facilitar o processo de classificação dos artigos, utilizou-se a ferramenta Parsif.al¹, a qual é específica para a condução de RSLs e oferece recursos para planejamento, condução e extração de dados. Esta pesquisa foi conduzida nos meses de maio a julho do ano de 2021.

Quanto à importação dos resultados retornados, as bases ACM Digital Library, Ei Compendex, IEEE Xplore, Science@Direct, Scopus e Web of Science oferecem o *download* dos dados em formato Bibtex, que pode ser diretamente importado na ferramenta Parsif.al. A base Springerlink oferece apenas a opção do *download* no formato CSV, que precisou ser convertido para ser importado na ferramenta. Já a Researchgate não permite que os resultados sejam salvos em nenhum formato e foi necessário compilá-los manualmente.

É importante fazer a ressalva que as bases de dados: Ei Compendex, Science@Direct e Scopus têm uma redundância parcial em seu conteúdo um vez que pertencem à mesma empresa, retornando muitos resultados duplicados, os quais foram excluídos pelo critério de exclusão 1. Outrossim, a base Springerlink retornou um grande número de ocorrências, porém nenhuma foi aceita após submetida aos CEs.

4. Resultados

Nesta seção são respondidas as questões de pesquisa à luz dos autores dos estudos selecionados pelo protocolo da RSL.

¹<https://parsif.al/>

4.1. Áreas de convergência entre PC e IA

Após a leitura e fichamento dos estudos, buscou-se identificar em que contexto as áreas estão sendo co-relacionadas, detectando-se três categorias: Ensino do PC amparado por IA (EPC), Ensino de IA a partir das habilidades do PC (EPI), Avaliação do PC a partir da IA (APC). Os estudos selecionados e suas respectivas áreas estão listados na Tabela 2.

EPC	EIA	APC
[Estevez et al. 2019]	[Shih 2019]	[Allsop 2019]
[Gadanidis 2017]	[Van Brummelen et al. 2019]	[Luca e Chen 2021]
[Lin et al. 2021]	[Williams et al. 2019]	[Mustafaraj et al. 2018]
[Rodríguez-García et al. 2020]		
[Silapachote e Srisuphab 2017]		
[Vico et al. 2019]		
[Yu e Chen 2018]		

Tabela 2. Estudos selecionados por categoria

4.2. Objetivos e Propostas Apresentadas

Na categoria EPC, quatro trabalhos [Lin et al. 2021, Rodríguez-García et al. 2020, Silapachote e Srisuphab 2017, Vico et al. 2019] propõem alternativas para o desenvolvimento do PC por meio de problemas, recursos ou técnicas da IA. Lin et al. analisam o impacto do uso da Realidade Aumentada e da “IA das Coisas” no ensino do PC, por meio da solução de problemas em cenários onde eles usualmente ocorrem. Rodríguez-García et al. (2020) e Silapachote e Srisuphab (2017) introduzem, respectivamente, crianças e estudantes de graduação dos cursos de Engenharia e Ciência da Computação ao PC por meio da IA. Enquanto o primeiro utiliza a biblioteca LearningML, composta de blocos Scratch com recursos para aplicação de técnicas de IA (como aprendizado de máquina), o segundo foca em desafios e problemas lógicos que podem ser resolvidos com conceitos da IA como classificação, predição e geração. Já Vico et al. (2019) investigam a viabilidade de introduzir crianças ao PC, relacionando fundamentos da IA, como heurísticas, a conceitos do PC, como solução de problemas e abstração. Para isso, é sugerido um currículo que envolve conceitos computacionais desde os mais básicos (como seleção e repetição) até os mais complexos (como programação orientada a objetos e algoritmos para IA). Por sua vez, Yu e Chen (2018) analisam o currículo de informática equivalente ao nível médio das escolas chinesas e apresentam um *framework* para inclusão do ensino de IA, a fim de complementar seu currículo que já contempla o PC. E Gadanidis (2017) investiga a integração do PC com as áreas da IA e da Educação Matemática e propõe um modelo teórico baseado em Vygotsky que integra o ensino das três áreas, dando ênfase às interações sociais. Já Estevez et al. (2019) focam na conscientização e no pensamento crítico a respeito do impacto da IA na vida cotidiana. Os autores propõem a criação de um roteiro para um *workshop* onde os alunos aplicam habilidades do PC como pensamento algorítmico e lógico, a fim de realizar experimentos com técnicas de IA, como o AM. Williams et al. (2019), Van Brummelen et al. (2019) e Shih (2019) preocupam-se com a integração dos fundamentos da IA no desenvolvimento do PC. Para isso, no primeiro trabalho são propostas atividades que utilizam um robô social para introduzir aprendizagem de máquina e geração de conteúdo. No segundo propõe-se a extensão do *framework* proposto por Brennan e Resnick (2012), que objetiva a desenvolver habilidades do PC, para

incluir a promoção de habilidades relacionadas à IA. Já o terceiro propõe um aplicativo para a introdução dos fundamentos de IA, embasado no PC e na teoria de aprendizagem de Kolb (1984).

Os trabalhos na categoria APC focam na avaliação do PC. Allsop (2019) por meio de oficinas de criação de games que contam com ferramentas de avaliação que se utilizam de técnicas da IA. Mustafaraj et al. (2018) através da depuração de programas em linguagem natural, oferecendo um sistema de IA capaz de analisar as resenhas que descrevem os problemas encontrados. Por sua vez, Luca e Chen (2021) utilizam recursos da IA para interpretar e comentar códigos de alunos escrito na linguagem VIPLE, indicando possíveis erros e sugestões de soluções.

4.3. Relações Estabelecidas entre o PC e a IA

Diversos autores concordam que as habilidades e competências do PC são facilitadoras para o aprendizado de IA: [Yu e Chen 2018, Lin et al. 2021, Shih 2019, Rodríguez-García et al. 2020]. Neste sentido, Rodríguez-García et al. (2020) propõem o PC como *framework* para introdução dos princípios da IA.

Por sua vez, Estevez et al. (2019) e Van Brummelen et al. (2019) indicam a introdução dos fundamentos da IA como parte do PC. Inclusive Van Brummelen sugere adicionar habilidades da IA em um *framework* proposto para o desenvolvimento do PC.

Silapachote e Srisuphab (2017) destacam o alinhamento de problemas de IA com o PC e Gadanidis (2017) colocam a abstração como alicerce das duas áreas. Tanto Vico et al. (2019) quanto Williams et al. (2019) defendem que a IA e o PC devem ser inseridos nos currículos escolares para desenvolver as competências necessárias para o mercado de trabalho atual.

Já Mustafaraj et al. (2018) e Luca e Chen (2021) utilizam ferramentas e técnicas da IA para propor métodos de avaliação para o PC.

4.4. Conceitos do PC e Fundamentos da IA Considerados

A Tabela 3 identifica os conceitos/ habilidades do PC considerados em cada trabalho. Pode-se observar que a habilidade do Pensamento Algorítmico (PA) é a mais frequente, sendo citada em dez estudos, seguida da Abstração (AB) e Pensamento Lógico (PL), com seis ocorrências cada. Em seguida vem Solução de Problemas (SP) com quatro ocorrências, Decomposição (DC) com três e finalmente Depuração (DP) com duas.

A Tabela 4 relaciona os fundamentos de IA considerados nos artigos analisados. Pode-se observar que o conceito mais citado é o Aprendizado de Máquina, sendo destacado em todos os estudos com exceção de Silapachote e Srisuphab (2017) que aplicam atividades desplugadas envolvendo PC e IA através de heurísticas.

4.5. Resultados das Integrações

De forma geral, os autores [Lin et al. 2021, Silapachote e Srisuphab 2017, Vico et al. 2019] destacam a viabilidade da introdução da IA associada ao PC e relatam a obtenção de resultados positivos. Lin et al. (2021) observam que atividades envolvendo IA da Coisas tiveram impacto positivo no aprendizado do PC, estimulando a criatividade, o pensamento lógico e a solução de problemas. Já o uso da realidade aumentada não resultou em efeitos significativos. Silapachote e Srisuphab (2017) notaram

	AB	DC	DP	PA	PL	SP
[Allsop 2019]				x		
[Estevez et al. 2019]				x		
[Gadanidis 2017]	x					x
[Lin et al. 2021]					x	x
[Luca e Chen 2021]	x	x	x	x	x	x
[Mustafaraj et al. 2018]				x	x	
[Rodríguez-García et al. 2020]	x		x	x		
[Shih 2019]	x	x		x		
[Silapachote e Srisuphab 2017]	x			x	x	
[Van Brummelen et al. 2019]				x		
[Vico et al. 2019]	x	x		x		
[Williams et al. 2019]				x	x	
[Yu e Chen 2018]					x	x
Total	6	3	2	10	6	4

Tabela 3. Estudos e conceitos/habilidades do PC considerados

	AM	Heurísticas
[Allsop 2019]	x	
[Estevez et al. 2019]	x	
[Gadanidis 2017]	x	
[Lin et al. 2021]	x	
[Luca e Chen 2021]	x	
[Mustafaraj et al. 2018]	x	
[Rodríguez-García et al. 2020]	x	
[Shih 2019]	x	
[Silapachote e Srisuphab 2017]		x
[Van Brummelen et al. 2019]	x	
[Vico et al. 2019]	x	
[Williams et al. 2019]	x	
[Yu e Chen 2018]	x	
Total	13	1

Tabela 4. Estudos e fundamentos da IA abordados

que, com o uso da IA como elemento motivador, houve um aumento significativo nas notas, comparando com resultados que se utilizaram de outras abordagens de resolução de problemas. Vico et al. reforçam a viabilidade da introdução da programação desde a pré-escola, desde que as tarefas sejam planejadas conforme a faixa etária.

Gadanidis (2017) aponta abstração, modelagem e ação como fatores comuns entre PC, IA e Educação Matemática. E Estevez et al. (2019), a partir da aplicação de pesquisas qualitativa e quantitativa, observou uma melhora na compreensão e no pensamento crítico a respeito da IA.

De acordo com Rodríguez-García et al. (2020), projetos de programação aplicando IA parecem ser uma ferramenta poderosa no desenvolvimento do PC. A partir da análise estatística das respostas de questionários aplicados antes e depois da participação dos alunos nos *workshops* com a LearningML, houve uma melhora significativa na apren-

dizagem dos conceitos a respeito da IA. Por sua vez, Yu e Chen (2018) afirmam que o novo *framework* proposto para ensino de IA é superior ao adotado nas escolas até então, contemplando a área de forma mais abrangente.

Já os trabalhos com o foco no ensino da IA [Shih 2019, Van Brummelen et al. 2019, Williams et al. 2019], embora não tenham resultados de experimentos que sejam conclusivos, relatam terem observado uma boa compreensão dos alunos nos conceitos abordados. Van Brummelen et al. (2019) destacam a viabilidade do uso do Scratch para o desenvolvimento de habilidades em programação com IA, complementando as habilidades desenvolvidas com o PC e Williams et al. (2019) relatam que a interação das crianças com o robô social foi um facilitador para a compreensão dos conceitos de IA.

Os estudos na categoria voltada a avaliação do PC com recursos da IA [Allsop 2019, Mustafaraj et al. 2018, Luca e Chen 2021] precisariam de experimentos de maior escala para fins de validação. No entanto, Allsop (2019) destaca que as ferramentas de avaliação utilizadas auxiliaram no acompanhamento do desenvolvimento do PC. Por sua vez, Mustafaraj et al. (2018) concluem que seu modelo de IA treinado com fins de análise textual revelou-se bastante preciso ao indicar as melhores soluções. E Luca e Chen descrevem que, além das notas, os *feedbacks* e *insights* retornados pela ferramenta proposta para avaliação de códigos VIPLE auxiliaram os alunos na criação dos programas.

5. Considerações finais

Esta pesquisa foi realizada com o intuito de se identificar as abordagens de integração entre as áreas do PC e da IA. Os estudos selecionados sugerem haver três grandes categorias principais:

- Ensino de PC com IA como recurso a ser explorado (EPC);
- Ensino de IA utilizando-se do PC como base para o aprendizado (EIA);
- Aplicação da IA como ferramenta para avaliação do desenvolvimento do PC (APC).

Na categoria EPC, os estudos selecionados apontam a importância de se abordar conceitos de IA em atividades de PC, como elemento motivador, mas também para o desenvolvimento de habilidades como abstração e pensamento algorítmico.

Já os estudos reunidos na categoria EIA, apontam o PC como condição essencial ao se introduzir os alunos aos conceitos básicos de IA, destacando que a abstração, o pensamento lógico, entre outras habilidades tradicionalmente trabalhadas no PC, fornecem as competências mínimas que os estudantes precisam ao realizar experimentos com IA, sob pena de serem levados apenas pela novidade e excitação trazida pela tecnologia, sem contudo terem elementos para refletir e conectar o que foi aprendido à suas realidades de vida.

Por fim, a aplicação da IA como ferramenta para avaliação do desenvolvimento do PC pode vir a ser uma poderosa aliada dos professores que pretendem trabalhar o PC, pois tem potencial de fornecer *feedback* imediato, além de diagnósticos e sugestões de habilidades e competências a serem aprofundadas de forma personalizada e independente.

As três áreas detectadas não são completamente isoladas, e convergem em vários aspectos, conforme Gadanidis (2017), Silapachote e Srisuphab (2017), Van Brummelen et al. (2019) e Williams et al. (2019), que sugerem que a integração entre PC e IA pode produzir uma interessante sinergia para a construção do conhecimento tanto do PC quanto da IA, salientando que os próprios algoritmos, nos quais se baseia a IA, dependem intrinsecamente do PC. Logo, para compreender o funcionamento da primeira, mesmo que superficialmente, é preciso ter noções do segundo. De maneira complementar, a IA é um tópico altamente motivador a ser utilizado nas práticas de ensino do PC em sala de aula, sobretudo para as crianças e jovens.

Diante dos resultados observados, uma proposta metodológica para integração das duas áreas no desenvolvimento de competências essenciais no nível básico será investigada.

Referências

- Allsop, Y. (2019). Assessing computational thinking process using a multiple evaluation approach. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 19:30–55.
- Bobsin, R., Nunes, N., Kologeski, A., e Bona, A. (2020). O pensamento computacional presente na resolução de problemas investigativos de matemática na escola básica. In *Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 1473–1482, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Brennan, K. e Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. *Studies in Computational Intelligence*.
- Camada, M. e Durães, G. (2020). Ensino da inteligência artificial na educação básica: um novo horizonte para as pesquisas brasileiras. In *Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 1553–1562, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Chen, L., Babar, M. A., e Zhang, H. (2010). Towards an evidence-based understanding of electronic data sources. In *EASE'10: Proceedings of the 14th international conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*. BCS Learning and Development Ltd.
- Chiassese, G., Arrigo, M., Chifari, A., Lonati, V., e Tosto, C. (2019). Educational robotics in primary school: Measuring the development of computational thinking skills with the bebras tasks. *Informatics*, 6(4).
- CSTA e ISTE (2011). Operational definition of computational thinking. *Report*, page 1.
- Druga, S. (2018). GROWING UP WITH AI Cognimates: from coding to teaching machines. *MIT Sloan School of Management*, pages 1–113.
- Estevez, J., Garate, G., e Grana, M. (2019). Gentle Introduction to Artificial Intelligence for High-School Students Using Scratch. *IEEE Access*, 7:179027–179036.
- Gadanidis, G. (2017). Artificial intelligence, computational thinking, and mathematics education. *International Journal of Information and Learning Technology*, 34(2):133–139.
- Guarda, G. e Pinto, S. (2020). Dimensões do pensamento computacional: conceitos, práticas e novas perspectivas. In *Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 1463–1472, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.

- Haenlein, M. e Kaplan, A. (2019). A brief history of artificial intelligence: On the past, present, and future of artificial intelligence. *California Management Review*, 61(4):5–14. ISBN: 0008125619.
- JQUES, P. A., SIQUEIRA, S., BITTENCOURT, I., e PIMENTEL, M. (2020). Mapeamento sistemático e revisão sistemática da literatura em informática na educação. In *Metodologia de Pesquisa Científica em Informática na Educação: Abordagem Quantitativa (Volume 2)*. MPCEIE.
- Kalelioglu, F., Gulbahar, Y., e Kukul, V. (2016). A framework for computational thinking based on a systematic research review. *Baltic Journal of Modern Computing*, 4:583–596.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning : experience as the source of learning and development*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- Lin, Y. S., Chen, S. Y., Tsai, C. W., e Lai, Y. H. (2021). Exploring Computational Thinking Skills Training Through Augmented Reality and AIoT Learning. *Frontiers in Psychology*, 12(February):1–9.
- Luca, G. D. e Chen, Y. (2021). Explainable Artificial Intelligence for Workflow Verification in Visual IoT / Robotics Programming Language Environment. *Journal of Artificial Intelligence and Technology*, 1(1), 21–27., pages 21–27.
- Mccarthy, J. (2004). What is Artificial Intelligence? *Researchgate*, pages 1–14.
- Moreno-Leon, J., Roman-Gonzalez, M., e Robles, G. (2018). On computational thinking as a universal skill: A review of the latest research on this ability. *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON*, 2018-April:1684–1689.
- Morris, K. C., Schlenoff, C., e Srinivasan, V. (2017). Guest Editorial A Remarkable Resurgence of Artificial Intelligence and Its Impact on Automation and Autonomy. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 14(2):407–409.
- Mustafaraj, E., Umarova, K., Ibrbak, F., e Lee, S. (2018). Task-specific language modeling for selecting peer-written explanations. *Proceedings of the 31st International Florida Artificial Intelligence Research Society Conference, FLAIRS 2018*, pages 433–438.
- Raschka, S. e Mirjalili, V. (2019). *Python Machine Learning - Third Edition*. Expert Insight.
- Rodríguez-García, J. D., Moreno-León, J., Román-González, M., e Robles, G. (2020). LearningML: A tool to foster computational thinking skills through practical artificial intelligence projects. *Revista de Educacion a Distancia*, 20(63).
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum, Geneva.
- Shih, W. C. (2019). Integrating computational thinking into the process of learning artificial intelligence. *ACM International Conference Proceeding Series*, pages 364–368.
- Silapachote, P. e Srisuphab (2017). Teaching and Learning Computational Thinking through Solving Problems in Artificial Intelligence. *IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)*, pages 50–54.

- Van Brummelen, J., Shen, J. H., e Patton, E. W. (2019). The popstar, the poet, and the grinch: Relating artificial intelligence to the computational thinking framework with block-based coding. *Proceedings of International Conference on Computational Thinking Education*, pages 160–161.
- Vico, F., Molina, M., Orden, D., Ortiz, J., García, R., e Masa, J. (2019). a Coding Curriculum for K-12 Education: the Evidence-Based Approach. *EDULEARN19 Proceedings*, 1(September):7102–7106.
- Williams, R., Park, H. W., Oh, L., e Breazeal, C. (2019). Popbots: Designing an artificial intelligence curriculum for early childhood education. *33rd AAAI Conference on Artificial Intelligence, AAAI 2019, 31st Innovative Applications of Artificial Intelligence Conference, IAAI 2019 and the 9th AAAI Symposium on Educational Advances in Artificial Intelligence, EAAI 2019*, pages 9729–9736.
- Wing, J. M. (2006). Explanation-based learning. *Computer Science Handbook, Second Edition*.
- Wing, J. M. (2011). Computational thinking—What and why? *The Link Magazine*.
- Wong, G. K., Ma, X., Dillenbourg, P., e Huen, J. (2020). Broadening artificial intelligence education in K-12: Where to start? *ACM Inroads*, 11(1):20–29.
- Yu, Y. e Chen, Y. (2018). Design and Development of High School Artificial Intelligence Textbook Based on Computational Thinking. *OALib*, 05(09):1–15.
- Zeng, D. (2013). From computational thinking to ai thinking. *IEEE Intelligent Systems*, 28(6):2–4.