

Aprendendo algoritmos de inteligência artificial no metaverso

Learning artificial intelligence algorithms in the metaverse

Luís Antônio Licks Missel Machado¹
Lucieli Martins Gonçalves Descovi²
Dúlcio Joaquim Antonio Timóteo³
Rafael Leonardo Vivian⁴
Maria Luiza Recena Menezes⁵
Arthur Silva Araújo⁶
Vinicius Lunkes Cezar⁷
Rosa Maria Vicari⁸

Resumo

Instituições de diversos países estão propondo incluir a Inteligência Artificial nos currículos em todos os níveis de ensino. No entanto, poucos resultados de suas aplicações práticas são encontrados na literatura. O objetivo deste artigo é apresentar os resultados do desenvolvimento e teste de um objeto de aprendizagem para o ensino do conceito de algoritmos para alunos do ensino fundamental. Para tal, foi desenvolvido um objeto de aprendizagem em metaverso para ensino de algoritmo. Cinquenta e dois alunos do ensino fundamental foram organizados em grupos de controle e experimental. Com base em análises comparativas dos resultados, utilizando o ganho normalizado na aprendizagem de Richard

¹ Doutorando em Informática na Educação na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGIE/UFRGS). Mestre em Economia pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos). Professor de Economia, Direito Financeiro, Direito Tributário e de Instituições de Direito Público e Privado nas Faculdades Integradas de Taquara (Faccat), onde também leciona na Especialização em Direito Público: Direito Administrativo e Constitucional Contemporâneo. Também é professor-convidado de Planejamento Tributário na Pós-graduação do SESCON/RS. E-mail: luismachado@faccat.br

² Doutoranda em Informática na Educação na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGIE/UFRGS). Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Luterana do Brasil (Ulbra). Professora nos cursos de Graduação e Especialização das Faculdades Integradas de Taquara (Faccat). E-mail: lucielidescovi@faccat.br

³ Mestre em Física pela Universidade Eduardo Mondlane (UEM/Moçambique). Professor da Universidade Eduardo Mondlane (UEM) e do Ministério de Educação e Desenvolvimento Humano de Moçambique. E-mail: djatimoteo@gmail.com

⁴ Doutorando em Informática na Educação na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGIE/UFRGS). Pesquisador no Núcleo de Tecnologia Digital aplicada à Educação da UFRGS (NUTED/UFRGS). Mestre em Ciência da Computação pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Professor de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico (dedicação exclusiva - DIII 3) na área de Informática/Programação de Sistemas no Instituto Federal Catarinense (IFC). E-mail: rafael.vivian@ifc.edu.br

⁵ Doutoranda na Universidade de Halmstad (HH/Suécia). Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGEE/UFRGS). E-mail: malui.rm@gmail.com

⁶ Doutorando em Informática na Educação na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGIE/UFRGS). Mestre em Educação e Novas Tecnologias pelo Centro Universitário Internacional (PPGENT/UNINTER). E-mail: arthuraraujoaraujo1@gmail.com

⁷ Doutorando em Informática na Educação na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGIE/UFRGS). Mestre em Informática na Educação pelo Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS). Ouvidor e Encarregado pelo Tratamento de Dados (DPO) e Gestor da Segurança da Informação e Comunicação na Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA). E-mail: viniciusc@ufcspa.edu.br

⁸ Pós-Doutora em Cognitive Science pela Universidade de Leeds (Leeds/Inglaterra) e pela na Universidade Joseph Université Joseph Fourier (Grenoble/França). Doutora em Engenharia Eletrotécnica e Computadores pela Universidade de Coimbra (UC/Portugal). Professora Titular do Instituto de Informática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (INF/UFRGS). Coordenadora da Cátedra UNESCO em Tecnologias de Comunicação e Informação na Educação. E-mail: rosa@inf.ufrgs.br

Hake, pode-se inferir que o grupo experimental teve melhoria significativa no seu aprendizado sobre algoritmos em relação ao grupo de controle.

Palavras-chaves: Computação; Inteligência Artificial; Metaverso; Ensino Fundamental; Algoritmos.

Abstract

Institutions in several countries are proposing to include Artificial Intelligence in school curriculum at all levels of education. However, few results of its practical applications are found in the literature. The objective of this article is to present the results of the development and testing of a learning object for the teaching of the concept of algorithms to elementary school students. To this end, a metaverse learning object was developed for teaching algorithms. Fifty-two elementary school students were organized into control and experimental groups. Based on comparative analyses of the results, using the normalized gain in learning of Richard Hake, it can be inferred that the experimental group had a significant improvement in its learning about algorithms compared to the control group.

Keywords: Computation; Artificial intelligence; Metaverse; Digital Culture; Algorithms

1. Introdução

A Inteligência Artificial (IA) é parte da Computação, mas poderia não ser assim. Desde o seu surgimento, em 1958, a ideia reuniu uma equipe multidisciplinar que, além de engenheiros, era composta por psicólogos e filósofos. Essas pessoas tinham um objetivo comum: utilizar as máquinas para realizar tarefas simbólicas. Até então, os computadores eram utilizados para cálculos (MCCARTHY, 1988).

Sendo assim, a IA vai além das perspectivas baseadas em lógica e algoritmos, enfatizando aspectos tais como: usar bases de conhecimento e bases de casos (nem sempre estruturados) para contextualizar a resolução de problemas; e raciocinar por padrões permitindo o processamento de semânticas e contextos (RUSSEL; NORVIG, 2020).

Nesse sentido, a IA utiliza tanto dados como algoritmos para gerar conhecimento, raciocinando e resolvendo problemas que envolvem a falta de dados. Logo, as soluções apresentadas por sistemas de IA podem ser incompletas, ou até incorretas. Assim, em IA, não se costuma falar em soluções, mas sim em previsões. As previsões carregam um certo grau de incerteza, pois essa característica está ligada ao fato de os sistemas de IA aprenderem com os dados. Isso apresenta uma das principais diferenças entre a IA e a Computação: o ciclo de vida de um sistema de IA, se difere da computação.

A IA trata das ideias básicas por trás do aprendizado de máquina e da computação cognitiva (baseada no conhecimento). Além das estruturas gerais, a IA também pode incluir o que ela tem a oferecer em relação à resolução de problemas genéricos: um conjunto de representações e os mecanismos de raciocínio correspondentes. As representações correspondem ao tratamento dos dados. Os dados podem ser agrupados em conjuntos (clusters) para representar um determinado padrão. Por exemplo, o conjunto de imagens que representam um gato. Esses dados são utilizados toda a vez que o programa precisa reconhecer (classificar) um elemento como sendo do animal. O conjunto de dados que representam positivamente um gato pode crescer à medida que novas imagens de gatos são apresentadas ao sistema (OH, 2020).

O raciocínio utilizado predominantemente pela IA é o reconhecimento de padrões. Assim, juntando dados e raciocínio, a IA produz uma previsão: é um gato, não é um gato, ou pode ser um gato, mas pode também ser um rato, apontando um fator de previsibilidade. A partir do reconhecimento sobre o que a IA pode oferecer para todas as disciplinas, sem ensinar aos estudantes as técnicas específicas para a resolução de problemas ou habilidades de programação, o “Pensamento em IA”, termo inspirado no “Pensamento Computacional” (WING, 2013), pode tornar-se parte integrante da educação em Computação, tanto para o “Pensamento em IA” desconectado quanto conectado.

Aprender sobre IA envolve o aumento do conhecimento e das habilidades em IA de estudantes desde o ensino fundamental, incluindo o ensino médio até o superior (MIAO et al., 2021). Embora apenas um pequeno número de estudantes possa querer ou precisar aprender IA para se tornarem designers ou desenvolvedores, sugere-se que todos os cidadãos sejam incentivados e apoiados para atingir um certo nível de conhecimentos, habilidades e valores sobre o desenvolvimento, a implementação e o uso de tecnologias de IA (HOLMES et al., 2022).

Contudo, o letramento em IA não deve limitar-se apenas a aspectos tecnológicos; é fundamental incluir a dimensão humana da IA em relação ao seu impacto nos indivíduos, seja na cognição humana, na privacidade e assim por diante (HOLMES, BIALIK; FADEL, 2019). É necessário estar atento à ética na educação para a IA, visto que essa habilidade é nova e fundamental para as gerações atuais.

Dentro desse contexto, o objetivo deste artigo é apresentar os resultados do desenvolvimento e teste de um objeto de aprendizagem (OA) para o ensino do conceito de algoritmos de IA em nível básico (letramento em algoritmos) para alunos do ensino fundamental utilizando-se de uma experiência em metaverso.

O presente artigo está organizado da seguinte forma, além da introdução: a Seção 2 com referencial teórico a respeito da IA e do metaverso como ferramenta de ensino; a Seção 3 apresenta o objeto de aprendizagem desenvolvido; a Seção 4 trata da metodologia aplicada na pesquisa; a Seção 5 descreve os resultados; e, finalmente, a Seção 6 faz as considerações finais.

2. Referencial teórico

Miao (2022) refere-se ao aprendizado sobre IA como Letramento em IA, o qual inclui: compreensão e letramento sobre algoritmos (não exatamente programação) e letramento de dados. O letramento em algoritmos contempla atividades focadas em entender como os algoritmos de IA encontram padrões e conexões nos dados e quais algoritmos podem ser usados para a interação humano-computador.

A possibilidade de se ensinar IA a partir do Pensamento Computacional (PC) segundo Vicari et al (2022) pode ser baseada no “Pensamento com a IA” e no “Pensamento sobre a IA”. Pensar com a IA significa utilizar a IA para resolver problemas de diversas disciplinas com ou sem o uso de máquinas, e pensar sobre a IA envolve o debate dos limites e potencialidades da IA, bem como decidir qual IA queremos como seres humanos.

O Pensamento Computacional é um conjunto de habilidades necessárias para compreender, analisar, definir, modelar, resolver, comparar e automatizar problemas e soluções de forma metódica e sistemática através do desenvolvimento da capacidade de criar e adaptar algoritmos. Utiliza-se de fundamentos da computação para alavancar e aprimorar a aprendizagem e o pensamento criativo e crítico em diversas áreas do conhecimento (BRACKMANN, 2017). Esse conjunto de habilidades, conforme citados pelos autores, supõe adaptação do algoritmo na busca da solução. Nesse sentido, formatou-se o OA da presente pesquisa assumindo as características de saber dividir um problema observado, compreender os subproblemas envolvidos, representar a ideia de como se pretende obter solução, e definição de passos de como alcançá-la, como poderá ser constatado na Seção 4.

Já o “letramento em dados” aborda o entendimento sobre o processo da IA que envolve a coleta, a limpeza, a manipulação e a análise de dados. Essas habilidades podem ajudar os estudantes a entender, usar e desenvolver a IA de forma crítica e ética. Assim, a compreensão sobre os aspectos da IA pode ajudar os estudantes a melhorar suas habilidades para trabalhar em equipes mistas compostas por humanos e máquinas, que estão resolvendo problemas comuns ou tomando decisões.

Ao abordar a dimensão humana do letramento em IA, é possível que as pessoas aprendam o que significa viver com a IA e como obter melhores resultados dessa tecnologia, ao mesmo tempo em que são protegidos de quaisquer influências indevidas em suas ações ou na dignidade humana (HOLMES et al., 2022).

Assim, ao serem letrados em IA da mesma forma que são alfabetizados em matemática, os estudantes podem entender se a IA com a qual estão envolvidos, consciente ou inconscientemente, oferece um tratamento justo. Além disso, ao considerar o letramento em IA, é importante avaliar os impactos sociais da tecnologia, examinando-a a partir de seus objetivos econômicos, políticos e o contexto social (PARSON et al., 2019).

Ainda, nesta mesma linha podemos citar os trabalhos de Vicari et al. (2022), o qual apresenta um guia curricular para a introdução do ensino da IA no ensino médio. As propostas do Massachusetts Institute of Technology (MIT), para o K12 (AI4K12)⁹, apresentam planos de aula, atividades e um manual para o professor. Os manuais produzidos pelo governo da Coreia do Sul para o ensino médio, entre outros.

Compreendido o campo conceitual da aprendizagem de IA e sua relação com a compreensão sobre algoritmos, entende-se que a utilização do ambiente virtual 2D/3D metaverso se apresenta como uma possibilidade de introdução ao conteúdo a estudantes de nível básico. Nesse sentido, a utilização do metaverso para a educação não é novo, podendo-se citar, por exemplo, o relato de Bailey e Moar (2003), que reportaram experimento precursor com crianças (7 a 11 anos) que foram capazes, mesmo com pouco treinamento, de povoar espaços na plataforma Active Worlds, criando objetos e avatares.

Lin et al. (2022) apontam que o metaverso é um framework abrangendo variedade de recursos digitais futuristas, apresentando benefícios, como interação,

⁹ Disponível em: <https://ai4k12.org>

autenticidade e portabilidade. O ambiente virtual, conforme experimento de Elfakki et al. (2023), tem servido de meio educativo até mesmo para melhorar habilidades cognitivas de alunos com dificuldades de aprendizagem, como dislexia, discalculia e TDAH, utilizando-se das características e facilidades proporcionadas pela interação no metaverso.

Por fim, outro exemplo relevante de uso do metaverso para a educação, como traz Taruco et al. (2000), é o projeto ARCA (Ambiente de Realidade Virtual Cooperativo de Aprendizagem), desenvolvendo um laboratório de estudo sobre a produção de alimentos.

Sendo assim, buscou-se implementar um Objeto Educacional em uma plataforma de realidade virtual, CoSpaces.Edu, para o ensino e compreensão em nível básico do raciocínio de algoritmo no âmbito da IA.

3. Objeto de aprendizagem desenvolvido

Para desenvolver o objeto de aprendizagem (OA) foi utilizado o CoSpaces Edu¹⁰, o qual permite criar ambientes em 3D. Essa plataforma de realidade virtual é baseada na web e possui versão gratuita (com recursos limitados) e paga. A programação é realizada por meio de blocos, permitindo a utilização por usuários leigos ou com pouco conhecimento.

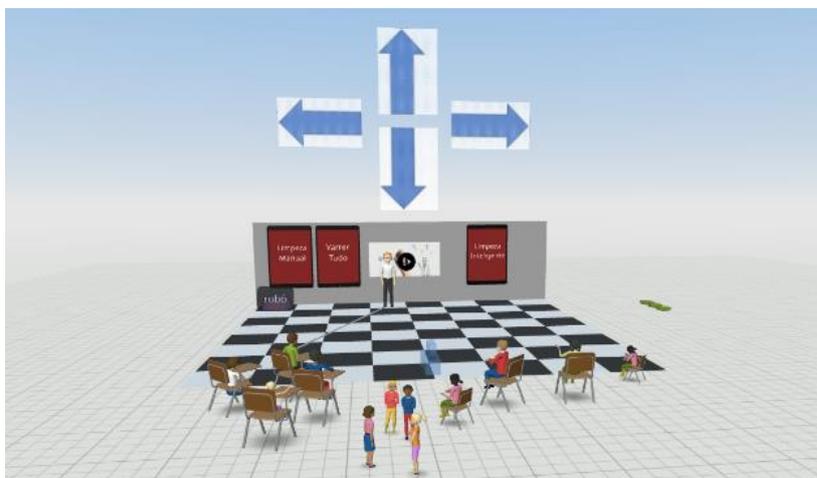
Além disso, nesse ambiente é possível trabalhar em projetos colaborativos, integrando multimídia como imagem, áudio, vídeo e modelos 3D. A biblioteca apresenta objetos que podem ser adicionados ao projeto e, também, é possível a combinação de conteúdo.

Nesse sentido, o objeto de aprendizagem desenvolvido¹¹ apresenta uma sala de aula virtual constituída por um professor e estudantes, além de um robô para a limpeza da sala. A Figura 1 apresenta a tela inicial do OA desenvolvido (Figura 1).

¹⁰ Disponível em: <https://cospaces.io>

¹¹ Disponível em: <https://edu.cospaces.io/LZJ-FLE>

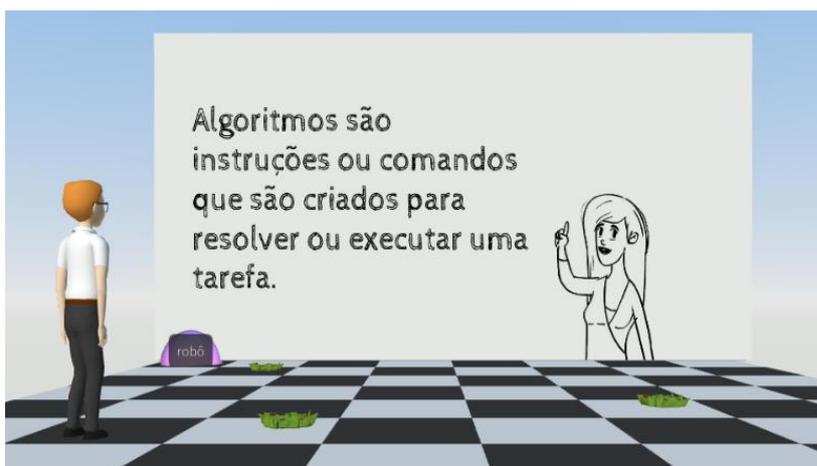
Figura 1 - Tela inicial do objeto de aprendizagem



Fonte: captura de tela realizada no protótipo dos pesquisadores (2023)

Durante a interação com este OA, primeiramente, o usuário assiste um vídeo que apresenta o conceito sobre algoritmo, conforme pode ser visto da Figura 2. Na sequência, é possível escolher três opções para executar a limpeza da sala: a) limpeza manual; b) varrer tudo; e 3) limpeza inteligente. O avatar do professor dialoga com os alunos através de texto escrito e narrado, e soicita que escolham uma das opções, que são clicar em um dos botões disponíveis que indica qual a opção de limpeza escolhido.

Figura 2 - Vídeo sobre os conceitos de algoritmos



Fonte: captura de tela realizada no protótipo dos pesquisadores (2023)

A limpeza 'manual' permite ao estudante movimentar o robô para limpar a sala de aula escolhendo o caminho que desejar com auxílio do mouse. Já a opção chamada 'varrer tudo' opera a limpeza automaticamente percorrendo toda a área da

sala, ou seja, é a mais lenta. Cabe referir que essa opção de limpeza ocorre automaticamente através da animação por coblock, que é a programação própria da plataforma Cospaces, e que é ativada a partir do clique que o aluno pode fazer com o mouse em cima da figura do robô. Essas interações são estimuladas através de diálogo escrito e narrado na tela, onde o avatar do professor sugere aos alunos que efetuem essa interação com o mouse. Por fim, a 'limpeza inteligente' executa automaticamente a limpeza de forma mais rápida, por percorrer o caminho mais curto para coletar todos os lixos no chão. Após o término de cada alternativa de limpeza, os estudantes recebem informações do professor virtual que interage apresentando os conceitos apresentados de forma lúdica.

Essas animações e movimentos são demonstrativos práticos do que o avatar do professor ensina. São conceitos básicos que posteriormente são relacionados ao entendimento sobre o que são algoritmos. Não há apresentação da programação e dos algoritmos de funcionamento do robô especificamente.

4. Metodologia

A metodologia de investigação utilizada neste estudo consistiu em uma abordagem quantitativa, com o objetivo de comparar duas estratégias de ensino-aprendizagem apresentadas a dois grupos de alunos: o grupo controle e o grupo experimental. O grupo controle foi composto por 26 alunos e recebeu uma aula de forma tradicional, acompanhada por um texto de leitura para o aprendizado do pensamento computacional sobre o que é um algoritmo e quais são os componentes constituintes de um algoritmo.

Já o grupo experimental também foi composto por 26 alunos e abordou-se o mesmo tema, mas utilizando um OA desenvolvido pelos autores da pesquisa, na plataforma CoSpaces Edu. Os alunos participantes frequentavam o 8º ano do ensino fundamental de uma escola pública municipal do Vale do Paranhana, no ano de 2023. Antes das aulas, os dois grupos foram pré-testados através de um questionário composto por 10 questões.

Após a aula, ambos os grupos foram testados novamente para verificar a evolução dos alunos. Os resultados do pré e pós-teste dos dois grupos foram comparados para verificar a existência de diferenças entre as médias das respostas

satisfatórias dos estudantes. Além disso, o ganho de aprendizagem de Hake (HAKE, 1998) foi calculado para verificar o nível de ganho que cada grupo alcançou.

Os testes foram realizados utilizando a plataforma do ambiente virtual CoSpaces Edu, aplicando recursos multimídias para programar a IA. A atividade de ensino e aprendizagem tem como objetivo apresentar o conceito do funcionamento de algoritmos. O material utilizado, implementação CoSpaces Edu e instruções de uso, foram armazenadas na forma de um objeto de aprendizagem, no repositório da ferramenta.

As questões apresentadas aos alunos tinham como objetivo verificar a relação do conceito de algoritmo e sua aplicação em situações práticas do cotidiano, envolvendo a melhor sequência de movimentos para reduzir o tempo de limpeza de um ambiente doméstico (Quadro 1).

Quadro 1 - Questionário sobre Pensamento Computacional

ID	Questão	Pilar do Pensamento Computacional
1	Como o problema de limpeza da cozinha de sua casa pode ser dividido em partes menores para alcançar a solução?	Divisão do problema
2A	O lixo da cozinha da sua casa pode ser reciclável?	Características dos subproblemas
2B	Existe lixo orgânico?	
2C	Qual a quantidade de lixo?	
2D	Onde o lixo pode ser descartado?	
2E	Qual é o tamanho da cozinha da sua casa?	
2F	Quais materiais ou ferramentas são necessárias para a limpeza?	
3A	Após dividir e reconhecer características comuns sobre o problema exposto, há algum dado ou elemento que não são necessários para atingir a solução?	Representação da ideia para resolver o problema
3B	Como representar a ideia da solução por meio de um mapa mental?	
4	Qual é a ordem e quais são os passos necessários para realizar a limpeza da cozinha da sua casa?	Definição dos passos

Fonte: elaborado pelos autores (2023).

Cabe referir que durante a experimentação não foram abordados os conceitos do pensamento computacional em si. Os pilares do pensamento computacional demonstrados no Quadro 1 foram apenas utilizados como um guia na elaboração do questionário aplicado aos alunos, sendo que o objetivo da investigação foi o de testar

se houve um ganho significativo de aprendizagem dentro desses conceitos em geral, e não especificamente, além de se tratar de um nível básico e introdutório.

5. Resultados

A aplicação do experimento iniciou com o pré-teste com duração de 30 minutos ao grupo de controle. Posteriormente, foi apresentado, durante 30 minutos, um texto de quatro páginas explicando os conceitos básicos de algoritmos juntamente com uma explanação conceitual básica dos professores aplicadores do experimento. Em seguida, foi aplicado o mesmo questionário como pós-teste, com duração de 30 minutos, de maneira a ser demonstrável a alteração do número de respostas satisfatórias ao questionário (Tabela 1).

Tabela 1 – Respostas do pré e pós-teste do grupo de controle

Questão	n/r	resp/ins	resp/SAT	n/r	resp/ins	resp/SAT
1	2	12	12	0	11	15
2 ^a	3	0	23	1	0	25
2B	2	0	24	0	1	25
2C	3	1	22	0	8	18
2D	1	1	24	0	0	26
2E	1	5	20	0	8	18
2F	2	0	24	0	0	26
3 ^a	6	11	9	4	12	10
3B	7	5	14	2	3	21
4	8	13	5	1	11	14

■ Pré-teste grupo de controle

■ Teste grupo de controle

Fonte: elaborado pelos autores (2023).

As questões deixadas em branco pelos alunos foram tabuladas como “não respondidas” (n/r). Já as questões respondidas foram classificadas como “não satisfatórias” quando em desacordo com o questionado (resp/ins); ou como “satisfatórias” quando minimamente adequadas ao objeto da pergunta (resp/SAT).

Na sequência, foi aplicado o mesmo processo, com o questionário como pré-teste para o grupo experimental, contando com 26 alunos, durante 30 minutos. Em seguida, foi apresentado ao grupo experimental o mesmo texto de quatro páginas, apresentado anteriormente ao grupo de controle, realizando a mesma explanação pelos mesmos professores aplicadores junto à turma, durante 30 minutos.

Todavia, para o grupo experimental, imediatamente após o término da explanação pelos professores, os alunos foram direcionados ao laboratório de

informática da escola. Nesse ambiente havia para cada aluno um computador disponível, com acesso à internet para interagirem no objeto de aprendizagem desenvolvido no CoSpaces Edu. Assim, os estudantes desenvolveram as atividades, acessando e interagindo com a ferramenta durante 30 minutos, como pode ser visto na Figura 3.

Figura 3 - Robô no metaverso



Fonte: arquivo de imagens dos autores (2023)

Por fim, os alunos do grupo experimental voltaram à sala de aula para responder o teste final, durante 30 minutos, semelhante ao anterior pré-teste. A Tabela 2 apresenta os resultados do pré-teste e teste do grupo experimental.

Por fim, os alunos do grupo experimental voltaram à sala de aula para responder o teste final, durante 30 minutos, semelhante ao anterior pré-teste. A Tabela 2 apresenta os resultados do pré-teste e teste do grupo experimental.

Tabela 2 - Respostas dos questionários do grupo experimental

Questão	n/r	resp/ins	resp/SAT	n/r	resp/ins	resp/SAT
1	1	16	9	1	6	19
2A	0	2	24	0	1	25
2B	1	0	25	0	1	25
2C	3	7	15	0	1	25
2D	1	5	20	0	0	26
2E	3	7	16	1	1	24
2F	0	1	25	0	0	26
3A	9	8	9	1	2	23
3B	8	8	10	1	1	24
4	0	17	9	1	1	24

■ Pré-teste grupo de controle

■ Teste grupo de controle

Fonte: elaborado pelos autores (2023).

Com base nesses resultados, foi possível realizar uma análise comparativa para verificar a existência de diferença significativa entre os grupos de controle (grupo que usou somente o texto) e o grupo experimental (o grupo que usou o texto e o recurso CoSpaces Edu).

Para tal, foi realizada a análise Teste-t, presumindo variância equivalente para comparar as médias dos grupos, onde H_0 : não há diferença significativa das médias das respostas satisfatórias; H_A : há diferença significativa nas médias das respostas significativas. O pré-teste obteve os resultados em percentual de respostas satisfatórias apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Percentual de respostas dos grupos de controle e experimental – Pré-teste

Questão	Grupo controle (%)	Grupo experimental (%)
1	46,2	46,2
2 ^a	34,6	34,6
2B	88,5	88,5
2C	92,3	92,3
2D	92,3	92,3
2E	96,2	96,2
2F	84,6	84,6
3 ^a	57,7	57,7
3B	92,3	92,3
4	76,9	76,9
Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes		
MÉDIA	68,08	62,3
VARIÂNCIA	746,3839579	699,5397765
OBSERVAÇÕES	10	10
GL	18	
STAT T	0,4797834	
P(T<=T) UNI-CAUDAL	0,318579782	
T CRÍTICO UNI-CAUDAL	1,734063607	
P(T<=T) BI-CAUDAL	0,637159564	
T CRÍTICO BI-CAUDAL	2,10092204	

Fonte: elaborado pelos autores (2023).

Sobre esses percentuais das 10 (dez) observações em cada amostra, constatou-se que a média do grupo de controle foi de 68,08% com variância de 746,3839; enquanto no grupo experimental a média foi de 62,3% com variância de 699,5397. A variância agrupada resultante foi de 722,9618. Nesse contexto, obteve-se os seguintes resultados: $gl = 18$; $Stat t = 0,4797$; $P(T \leq t)$ uni-caudal = 0,3185; t crítico uni-caudal = 1,7340; $P(T \leq t)$ bi-caudal = 0,6371; t crítico bi-caudal = 2,1009. Assumiu-se a hipótese da diferença de média = 0.

Portanto, os resultados do Teste-T permitem aceitar H_0 , ou seja, P uni-caudal = 0,3185 é maior que o valor de significância esperado (0,05). Logo, não existe diferença significativa entre os resultados das médias dos dois grupos em relação ao pré-teste, ou seja, tanto o grupo de controle quanto o grupo experimental, se equivalem em termos de conhecimentos iniciais a respeito do tema.

Em ambos os grupos, o teste apresentou os resultados em percentual de respostas satisfatórias, conforme mostra a Tabela 4.

Tabela 4 – Respostas dos grupos de controle e experimental – Pós-teste

Questão	Grupo controle %	Grupo experimental %
1	57,7	73,1
2 ^a	96,2	96,2
2B	96,2	96,2
2C	69,2	96,2
2D	100,0	100,0
2E	69,2	92,3
2F	100,0	100,0
3 ^a	38,5	88,5
3B	80,8	92,3
4	53,8	92,3
<i>Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes</i>	Controle	Experimental
MÉDIA	76,15	92,69230769
VARIÂNCIA	479,2899408	60,65088757
OBSERVAÇÕES	10	10
VARIÂNCIA AGRUPADA	269,9704142	
HIPÓTESE DA DIFERENÇA DE MÉDIA	0	
GL	18	
STAT T	-2,25072287	
P(T<=T) UNI-CAUDAL	0,018570608	
T CRÍTICO UNI-CAUDAL	1,734063607	

Fonte: elaborado pelos autores (2023).

Sobre esses percentuais das 10 (dez) observações em cada amostra, constatou-se que a média do grupo de controle foi de 76,15% com variância de 479,2899; enquanto no grupo experimental a média foi de 92,69% com variância de 60,6508. A variância agrupada resultante foi de 269,9704. Nesse contexto, obteve-se os seguintes resultados: $gl = 18$; $Stat t = -2,2507$; $P(T \leq t)$ uni-caudal = 0,0185; t crítico uni-caudal = 1,7340; $P(T \leq t)$ bi-caudal = 0,0371; t crítico bi-caudal = 2,100. Assumiu-se a hipótese da diferença de média = 0.

Esses resultados do Teste-T permitem rejeitar H_0 , ou seja, P uni-caudal = 0,018570608, é menor que o valor de significância esperado (0,05). Logo, existe

diferença significativa entre os resultados das médias dos dois grupos em relação ao pré-teste. Nesse sentido, os grupos tiveram ganho de conhecimento diferentes após os testes aplicados, sendo que a diferença de metodologia aplicada ao teste, conforme já descrito, foi que o grupo de controle não interagiu com o CoSpaces Edu.

Para entender a diferença de ganho de aprendizado entre os grupos entre o pré-teste e o teste, foi aplicado o método do ganho normalizado na aprendizagem de Richard Hake (1998). O ganho percentual normalizado para os grupos de controle e experimental foi determinado conforme: $\langle g \rangle \geq \frac{(S_{pós} - S_{pré})}{(100 - S_{pré})}$, onde $\langle g \rangle$ representa o ganho conceitual normalizado e G representa o ganho conceituais simples, calculado por: $\langle g \rangle \geq (S_{pós} - S_{pré})$.

Os valores de $S_{pós}$ e $S_{pré}$ são valores de percentagem das respostas satisfatórias do questionário antes e depois da aula. Os grupos foram categorizados tendo em conta as proposições feitas por Hake: $\langle g \rangle \geq 0,7$ "Alto ganho", $0,7 < \langle g \rangle \geq 0,3$ "Médio ganho", $\langle g \rangle < 0,3$ "Baixo ganho". O cálculo de ganho de Hake indica que o grupo de controle teve um ganho baixo nas respostas satisfatórias após a leitura do texto e aula:

$$\begin{aligned} \langle g \rangle &\geq \frac{(S_{pós} - S_{pré})}{(100 - S_{pré})} \\ \langle g \rangle &\geq \frac{(76.15 - 68.08)}{(100 - 68.08)} \\ \langle g \rangle &\geq 0.253012 \end{aligned}$$

Enquanto isso, o cálculo de ganho de Hake para o grupo de teste indica que houve um alto ganho de aprendizagem após a leitura do texto e da interação com o CoSpaces Edu:

$$\begin{aligned} \langle g \rangle &\geq \frac{(S_{pós} - S_{pré})}{(100 - S_{pré})} \\ \langle g \rangle &\geq \frac{(92,6923077 - 62,3)}{(100 - S_{pré})} \\ \langle g \rangle &\geq 0.806122 \end{aligned}$$

Considerando os resultados do experimento, pode-se inferir, baseado em evidências, que a interação dos alunos com o objeto de aprendizagem no CoSpaces Edu foi o diferencial para o alto ganho de aprendizagem no geral.

6. Considerações finais

Este artigo apresenta o resultado de um teste prático, envolvendo o conceito de algoritmo, realizado com estudantes do ensino fundamental através da interação de um ambiente educacional virtual. A proposta foi a de abordar o problema a partir do ponto de vista da Inteligência Artificial. Vários países e instituições de ensino e pesquisa estão produzindo materiais para este fim. No entanto, poucos resultados de sua aplicação prática são encontrados na literatura. Este estudo pontual teve o objetivo de colocar na sala de aula, seguindo uma metodologia científica, uma das propostas para o Ministério da Educação do Brasil.

Comparando os resultados apresentados no experimento foi constatado que o número de respostas satisfatórias no geral do grupo experimental no pós-teste foi superior em relação aos alunos do grupo de controle, que não utilizaram o objeto de aprendizagem desenvolvido. Diante disso, espera-se que esse artigo forneça dados e informações aos pesquisadores interessados no assunto e, além disso, dar continuidade na metodologia científica proposta neste artigo na educação básica brasileira.

Referências

- BAILEY, F.; MOAR, M. The Vertex Project: Children creating and populating 3D virtual worlds. **Journal of Art & Design Education**, v. 20, n. 1, p. 19-30, 2001.
- BRACKMANN, C. P. Desenvolvimento do pensamento computacional através de atividades desplugadas na educação básica. 226 f. Tese (Doutorado em Informática na Educação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2017.
- ELFAKKI, A.; SGHAIER, S.; ALOTAIBI, A. An Efficient System Based on Experimental Laboratory in 3D Virtual Environment for Students with Learning Disabilities. **Electronics**, v. 12, n. 4, p. 989, 2023.
- HAKE, R. R. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American journal of Physics**, v. 66, n. 1, p. 64-74, 1998.
- HOLMES, W.; BIALIK, M.; FADEL, C. **Artificial Intelligence in Education: promises and Implications for Teaching and Learning**. The Center for Curriculum Redesign, Boston, MA. 2019.
- HOLMES, W.; PERSSON, J.; CHOUNTA, I.; WASSON, B.; DIMITROVA, V. **Artificial intelligence and education: a critical view through the lens of human rights, democracy and the rule of law**. Council of Europe, 2022.
- LIN, H.; WAN, S.; GAN, W.; CHEN, J.; CHAO, H.C. Metaverse in education: Vision, opportunities, and challenges. **arXiv:2211.14951**, p.1-10, 2022. DOI: <https://arxiv.org/abs/2211.14951>

MCCARTHY, J. *Review of The Question of Artificial Intelligence. Annals of the History of Computing*, v.10, n.3, p.224-229, 1998.

MIAO, F. **K-12 AI curricula**: a mapping of government-endorsed AI curricula, UNESCO Publishing. (Online). 2022. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380602/> Acesso em: 17 mar., 2023.

MIAO, F.; HOLMES, W.; HUANG, R.; ZHANG, H. **AI and education**: a guidance for policymakers. UNESCO Publishing. (Online). 2021. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000376709/> Acesso em: 17 mar.; 2023.

OH, J.; HESSEL, M.; CZARNECKI, W.; XU, Z.; HASSELT, H.V.; SINGH, S.; SILVER, D. Discovering reinforcement learning algorithms. *In: Proceedings in AI Advances in Neural Information Processing Systems*, v. 33, NeurIPS, 2020.

PARSON, E; RE, R.; SOLOW-NIEDERMAN, A.; ZEIDE, E. **Artificial intelligence in strategic context**: an introduction. UCLA: The Program on Understanding Law, Science, and Evidence (PULSE). Disponível em: <https://escholarship.org/uc/item/9c8651s6/> Acesso em: 17 mar.; 2023.

RUSSELL, S.; NORVIG, P. **Artificial Intelligence**: a modern approach. Hoboken: Pearson, 2020.

TAROUCO, L. M. et al. Aprendizagem e avaliação em um ambiente de Realidade Virtual Cooperativo de Aprendizagem (Projeto ARCA). **Revista Brasileira de informática na Educação**, v. 6, 2000.

VICARI, R. **Referencial curricular inteligência artificial para o Ensino Médio**: Inteligência Artificial no Ensino Médio. (Online). 2022. Disponível em: <https://www.inf.ufrgs.br/ciars/>

WING, J. M. Computational thinking benefits society. *In: 40th anniversary blog of social issues in computing*, v. 2, p. 26, 2013.