

SCIENCE: Um software baseado em ontologia para apoiar a utilização de Robótica Educacional

Silvio Roberto Fernandes - Universidade Federal Rural do Semi-Árido
silvio@ufersa.edu.br - Orcid: 0000-0001-7300-8423

Daniel Deyson Nunes Passos - Universidade Federal Rural do Semi-Árido
daniel.deyson@dcx.ufpb.br - Orcid: 0000-0001-7443-5515

Vinicius Sales da Silveira - Universidade Federal Rural do Semi-Árido
vinicius.silveira@alunos.ufersa.edu.br - Orcid: 0009-0001-3043-6951

Paulo Gabriel Gadelha Queiroz - Universidade Federal Rural do Semi-Árido
pgabriel@ufersa.edu.br - Orcid: 0000-0003-3993-0208

Resumo: O ensino-aprendizado de conteúdos de Matemática no Ensino Fundamental II apresenta alguns desafios que podem ser superados com a utilização de tecnologias, entre as quais destaca-se a Robótica Educacional (RE), que vem ganhando espaço em ambientes escolares. Entretanto, observou-se que sua utilização cresce de forma lenta, quando comparado ao seu potencial de impacto no ensino. Isso acontece, principalmente, devido a escassez de materiais e ferramentas que auxiliem os professores em sala de aula. Para ajudar a suplantarmos essa dificuldade, este trabalho apresenta um *software* baseado em ontologia, para gerar planos de aula da disciplina de matemática utilizando RE. O *software* SCIENCE foi construído a partir de requisitos coletados por meio de entrevistas realizadas com professores de matemática do ensino fundamental II. O resultado das entrevistas somado aos manuais de montagem dos kits de robótica LEGO e aos conteúdos da BNCC, guiaram o desenvolvimento de uma ontologia, que serviu de base para a construção do *software*. Por fim, o SCIENCE foi avaliado por 31 professores das disciplinas de ciências exatas, por meio de questionários elaborados com base na metodologia TAM. Os resultados da avaliação indicaram a aprovação do *software* pelos professores como ferramenta pedagógica, além de direcionamentos para melhorá-lo.

Palavras-chave: Robótica Educacional, Ontologia, Sistema Inteligente.

SCIENCE: An ontology-based software to support the use of Educational Robotics

Abstract: The teaching-learning of Mathematics content in Elementary School presents some challenges that can be overcome with the use of technologies, among which Educational Robotics (ER) stands out and has been gaining ground in school environments. However, it was observed that its use grows slowly when compared to its potential impact on teaching. This happens mainly due to the scarcity of materials and tools that help teachers in the classroom. To help overcome this difficulty, this work presents an ontology-based software to generate lesson plans for the mathematics discipline using ER. The software SCIENCE was built based on requirements collected through interviews carried out with mathematics teachers from elementary school II. The results of the interviews, combined with the assembly manuals for LEGO robotics kits and the BNCC content, guided the development of an ontology, which served as the basis for building the software. Finally, the software was evaluated by 31 teachers from exact sciences disciplines, using TAM-based questionnaires. The evaluation results indicated approval of the software by teachers as a pedagogical tool and guidelines for improving it.

Keywords: Educational Robotics, Ontology, Intelligent System.

1. Introdução

O método de ensino no qual o professor tem o papel principal em sala de aula, expondo o conteúdo, e o aluno exerce o papel de coadjuvante, apenas repetindo e memorizando, embora ultrapassado ainda é muito utilizado. Isso indica que ainda é um desafio encontrar maneiras de fazer o aluno assumir o papel de protagonista e tornar o ensino mais prazeroso, motivador e instigante. Embora seja desafiador, diversas pesquisas mostraram que modelos pedagógicos com o uso de tecnologias e aprendizagem ativa tem se mostrado mais eficientes (BROCHADO e CARVALHO, 2021; JUNIOR *et al.*, 2023).

No Brasil, a preocupação com as transformações promovidas pelas tecnologias resultou na inclusão da computação, na educação básica, na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2023) por meio do complemento à BNCC, em 2022 (BRASIL, 2022). Este complemento divide a computação na educação básica por meio de 3 eixos: "Cultura Digital", "Mundo Digital" e "Pensamento Computacional". Uma das tecnologias que se destaca e pode ser utilizada para trabalhar esses 3 eixos é a Robótica Educacional (RE), que tem sido apontada em pesquisas recentes, como uma alavanca educacional especial, pois pode atenuar a falta de interesse dos estudantes (EVRIPIDOU *et al.*, 2020).

A RE pode ser compreendida como a utilização da robótica, aplicada no contexto educacional, com o objetivo de auxiliar o processo de ensino-aprendizagem (VILHETE *et al.*, 2002). De acordo com (EVRIPIDOU *et al.*, 2020), os resultados de aprendizagem esperados com o uso de RE envolvem, não apenas os conteúdos programados em cada nível de ensino, mas também o desenvolvimento de diversas competências, tais como: o aumento da habilidades para resolver problemas, incremento da autoeficácia, introdução ao pensamento computacional, aumento da criatividade, maior motivação para aprender conceitos teóricos que podem ser aplicados na robótica e, percepção da importância da colaboração com os colegas para a realização de tarefas complexas.

Com o objetivo de desenvolver habilidades lógicas e matemáticas, além de promover a alfabetização digital em escolas públicas do município de Mossoró-RN, foi desenvolvido o Robot em Ação (QUEIROZ; RODRIGUES e ARAÚJO, 2023). O projeto buscou alcançar esse objetivo por meio da RE, com as aulas de robótica acontecendo no contraturno escolar. Entretanto, durante a execução do projeto observou-se que, embora os assuntos abordados nas aulas de robótica se relacionassem aos assuntos estudados em sala de aula, quando os alunos retornavam às suas salas, a interdisciplinaridade da robótica não os acompanhava. Isso acontece, principalmente, porque os professores das disciplinas básicas não tinham conhecimento computacional-pedagógico para a utilização da RE.

Dessa forma, foram ministradas oficinas sobre RE, com 20 horas de duração, para os professores das escolas beneficiadas pelo projeto. Após 6 meses de realização das últimas oficinas, observou-se que os professores continuaram sem utilizar a RE como ferramenta de apoio ao ensino. Assim, com o objetivo de entender as dificuldades enfrentadas pelos professores, foi elaborado um questionário que foi respondido pelos participantes da última oficina. Os resultados do questionário indicaram como principais dificuldades: (i) falta de ferramentas de apoio para utilização da RE; (ii) necessidade de acompanhamento de especialistas para auxiliarem no planejamento das aulas.

Portanto, com o objetivo de mitigar as dificuldades apresentadas pelos professores para a utilização da RE e facilitar a sua adoção em sala de aula, foi construído o SCIENCE (Sistema de Geração Integrado de Plano de Aula para o ENSINO apoiado por Robótica Educacional). Esse *software* é capaz de gerar, automaticamente, planos de aulas completos que apoiam o ensino de matemática com uso de RE. Um dos diferenciais dessa ferramenta consiste nas informações contidas no plano de aula, principalmente, na

inclusão dos detalhes da programação e montagem dos robôs, construídos a partir de uma ontologia. Assim, mesmo professores com pouco conhecimento de robótica, são capazes de se beneficiar das vantagens de sua utilização.

Portanto, neste artigo, apresenta-se o *software* construído e sua avaliação, a partir de um experimento aplicado com 31 professores de disciplinas de ciências exatas, que lecionam no fundamental II. O restante deste artigo está organizado da seguinte forma: na Seção 2 são apresentados os trabalhos relacionados a esta pesquisa. Na Seção 3 são apresentados os procedimentos e métodos para o desenvolvimento deste trabalho. Na Seção 4, apresenta-se o sistema proposto e alguns elementos de sua implementação. Na Seção 5, são apresentados e discutidos os resultados da avaliação do sistema. Por fim, na Seção 6, são apresentadas as considerações finais, limitações desta pesquisa e trabalhos futuros.

2. Trabalhos Relacionados

Na literatura encontram-se diversos trabalhos sobre RE, sobretudo mais recentemente, como mostra a revisão sistemática apresentada por EVRIPIDOU et al. (2020) que buscou trabalhos publicados entre os anos 1997 e 2020. Os autores encontraram mais de 50% dos trabalhos sobre este tema, na base de dados Scopus, publicados nos últimos 5 anos. Os trabalhos que merecem destaque são apresentados a seguir.

No trabalho proposto por AKASHIBA et al. (2017), os autores utilizaram uma ontologia para o desenvolvimento de um sistema, que por sua vez é usada para o desenvolvimento de uma lição que combina robôs, computadores, sensores, professores e estudantes. No trabalho apresentado por ONO et al. (2019) uma ontologia também é usada, mas para construção de um robô que interage com estudantes em grupos de discussão sobre temas pré-definidos.

O trabalho proposto por ARAÚJO (2016), apresenta planos de aulas de matemática completos, incluindo a apresentação dos conceitos, tarefas, questionários e resolução das atividades. As aulas foram divididas em quatro etapas: divisão dos alunos, montagem do robô, programação e execução da atividade. No entanto, o trabalho disponibiliza apenas os roteiros de 04 (quatro) aulas de matemática de assuntos selecionados pela autora, além disso não foram aplicados em sala de aula para avaliação da metodologia proposta.

No trabalho de PUZISKI (2017), o autor apresenta o uso de calculadora em sala de aula utilizando o kit de robótica da LEGO aplicado ao ensino fundamental, nas séries do 8º e 9º ano. O autor disponibiliza a programação da atividade mas não o guia de montagem do robô, além de oferecer apenas uma atividade de matemática.

Em , os autores expõem a utilização da RE como ferramenta metodológica para estudo de número irracional como parte da aula de matemática, baseado nas competências propostas pela BNCC. Observa-se que o trabalho não aborda as peças do robô pelo formato, nem a montagem, o que impacta diretamente na dificuldade de programação do robô.

SILVA (2019) apresenta uma abordagem de aprendizagem com os conteúdos de gráficos de funções para o 9º ano do ensino fundamental II, utilizando a robótica educacional. O objetivo desse trabalho é orientar o uso da interdisciplinaridade, ficando evidente a presença da matemática. Destaca-se que não há clareza sobre a programação e nem detalhe da montagem do robô, em uma quantidade pequena de atividades.

Diferente dos trabalhos citados, a principal contribuição do trabalho apresentado neste artigo é a disponibilização de um sistema online voltado para professores, que

é capaz de gerar planos de aula com atividades detalhadas que utilizam a robótica educacional, de modo a promover os benefícios de sua utilização. Em sua versão atual, o *software* disponibiliza planos de aula com atividades de matemática do ensino fundamental II, de modo que os planos de aula gerados apresentam o assunto envolvido, a série, duração da sua realização, objetivos, um passo-a-passo para montagem e programação dos robôs e os respectivos desafios para os alunos.

3. Procedimentos e Métodos

O desenvolvimento do *software* iniciou-se a partir de entrevistas com nove professores de matemática do ensino fundamental II. Esses professores foram selecionados para a entrevista pois participaram do projeto que motivou esta pesquisa. As entrevistas foram realizadas no mês de outubro de 2019, e seus resultados foram utilizados para a construção de parte de uma ontologia (ALLEMANG e HENDLER, 2011) como base de conhecimento para o SCIENCE. Em Ciência da Computação, uma ontologia é um modelo de dados que representa um conjunto de conceitos dentro de um domínio e os relacionamentos entre estes, a qual é utilizada para realizar inferência sobre os objetos do domínio (ALMEIDA, 2021).

Além das entrevistas, a ontologia também foi construída utilizando informações dos manuais de montagem e programação dos kits de robótica LEGO Mindstorm EV3 (LEGO, 1998) e também a partir dos conteúdos descritos na BNCC. Para o desenvolvimento da ontologia, utilizou-se a metodologia *Ontology Development 101* (NOY e MCGUINNESS, 2001). A ontologia foi utilizada para construir o conhecimento para o sistema proposto que, por meio de inferências, monta automaticamente os planos de aula, incluindo a programação e a montagem do robô para as atividades.

Para avaliar a aceitação tecnológica do *software*, entender seu potencial transformador como ferramenta didática e identificar novos requisitos para versões futuras, foi realizado um experimento em 2 momentos: o primeiro aconteceu em 2020, de forma remota, devido a pandemia de Covid-19, contando com a participação de 11 professores de matemática do ensino fundamental II; o segundo momento, aconteceu de forma presencial, no ano de 2022, com 20 professores de disciplinas de exatas do ensino fundamental II.

Optou-se por realizar dois experimentos, pois diante das limitações da avaliação remota, o experimento foi realizado com um pequeno número de participantes. Adicionalmente, como a equipe de pesquisa construiu o *software* de forma modular e flexível para facilitar evoluções, considerou-se importante ouvir a avaliação e coletar ideias de professores de outras disciplinas das ciências exatas. Ao final do segundo experimento, os dados foram somados e compilados conforme se apresenta na Seção 5.

Cada experimento foi dividido em 4 etapas: explicação dos objetivos; disponibilização do questionário de pré-teste para preenchimento, por 30 minutos; contato dos professores com o SCIENCE, tanto por meio da explicação de suas funcionalidades, quanto pela utilização do mesmo por 60 minutos, para uso de forma livre; por fim, foi disponibilizado o questionário de pós-teste, no qual os professores apresentaram suas opiniões após o uso do SCIENCE.

O questionário de avaliação se fundamentou em identificar a Utilidade Percebida conforme definido pelo TAM, versão 3 (VENKATESH e BALA, 2008). Adicionalmente, a avaliação considerou o impacto gerado nos participantes, comparando suas respostas para perguntas equivalentes antes e depois de usarem o *software*.

4. SCIENCE

O SCIENCE foi idealizado para ser um sistema gerador de planos de aula de matemática, mas diferente de outros planos de aula, o plano gerado propõe a utilização da robótica educacional como recurso de apoio ao ensino. O plano gerado apresenta uma estrutura alinhada à BNCC, incluindo o tipo do robô utilizado, as peças necessárias para a sua montagem, os detalhes para montagem e programação do robô, além de estar pronto para a expansão de atividades geradas por meio da metodologia de construção automática de planos de aulas. O SCIENCE é um sistema Web e, a partir dele, os professores podem realizar cadastro, fazer busca simples por aulas de matemática indicando o conteúdo que desejam lecionar, além de fazer buscas avançadas incluindo informações como série, assunto e conteúdos.

Para o desenvolvimento do *Front-End* do *software*, foi utilizada a linguagem JavaScript com apoio da biblioteca ReactJS (GACKENHEIMER, 2015) e, para o *Back-End*, foi utilizada a linguagem Java com o *framework Spring Boot* (WALLS, 2016). Essas linguagens de programação, ferramentas e *frameworks* foram escolhidos, pois são ferramentas modernas, amplamente utilizadas no mercado e que ofereceram facilidades para a manipulação da ontologia construída.

Na versão atual do *software*, o conteúdo cadastrado refere-se as aulas de matemática do 6º ao 9º ano do ensino fundamental II. Em versões futuras, outros conteúdos de matemática e de outras disciplinas, poderão ser incluídos visto que o SCIENCE possui uma arquitetura flexível baseada em microsserviços.

Uma parte fundamental no desenvolvimento, foi a construção da ontologia, subdividida em sete fases: definição do domínio, reuso, enumeração de termos, definição de classes, definição de propriedades, definição de restrições e instanciação. A ontologia foi construída para responder à três questões propostas nos seus Requisitos funcionais:

- QC1 – Qual tipo de robô pode ser utilizado em uma determinada atividade da matemática?
- QC2 – Quais atividades de matemática podem ser realizadas com o apoio de robótica para auxiliar o ensino?
- QC3 - Para um dado conteúdo de matemática e um determinado modelo de robô, quais programações são possíveis para a realização de uma atividade?

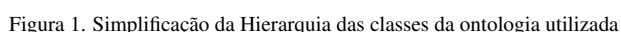
A ontologia proposta fornece a classificação de conteúdos de matemática utilizando a robótica educacional e, por meio de uma descrição formal, permite que o modelo do plano de aula seja instanciado em um modelo semântico. Todos os elementos relacionados aos conteúdos de matemática abordados e robótica educacional foram formalizados em OWL (*Web Ontology Language*) (BLOKDYK, 2019) e a validação da ontologia foi realizada por meio de consultas SPARQL (ANTONIOU *et al.*, 2012).

Os termos identificados na ontologia são apresentados na Figura 1. Na referida figura, apresenta-se uma simplificação do diagrama de classes da ontologia. As classes derivadas da classe nativa *owl: Thing* são: Aula, BlocoProgramação, SubTarefas, Atividade, Peças, Robos e ComponentesCurriculares. A ontologia completa possui 461 classes, que foram definidas a partir de uma abordagem *top-down* e cujos artefatos são disponibilizados neste *link*.*

A ontologia foi validada de acordo com a proposta de PEREZ *et al.* (2004) , sob as perspectivas de consistência, corretude e completude. Além da ontologia que faz parte do *back-end* do SCIENCE, ele também possui um *front-end* projetado para ser simples e de fácil utilização. O código fonte do sistema pode ser acessado a partir do github†

*<https://bit.ly/3tni4WP>

†<https://github.com/danieldeyson/robotica-educacional>



Aula De Números Inteiros

Componentes curriculares:	Série:	Duração:	Conteúdo:
Matemática	7º Ano	2 horas	Números Inteiros

Assunto: Números.

Recursos didáticos: Pínel, Quadro, Giz, Data Show, computador ou notebook e Kit da Lego EV3 Mindstorms..

Objetivos: Ao longo da aula os alunos irão: Montar um robô utilizando o kit Lego Mindstorms; Programar o robô montado utilizando o software Lego Mindstorms; Desenvolver a capacidade de trabalhar em grupo, valorizando ajuda dos integrantes do grupo na resolução da atividade; Interpretar situação-problema proposto na atividade, relacionando e contextualizando assuntos matemáticos vistos em sala de aula; Utilizar os conhecimentos de números inteiros introduzindo a matemática com a robótica educacional.

Atividade: Atividade De Números Inteiros

Descrição: Atividade de Números Inteiros Descrição da atividade. 1 - Organização da turma: O professor deve organizar a turma em grupos. Sugere-se formar grupos de cinco alunos para um melhor desenvolvimento

(a)



Br
Bloco conversor,
2 modos, cinza
4131777

2 - Bloco conversor_C2Direção
Para Bloco conversor de Direção. Este parte a conexão de dois eixos rotacionais, e um eixo, e um eixo rotacional de cada lado, e 180 graus abertos. Link de Imagem: <https://www.lego.com/en-us/parts/4131777>



Br
Bloco conversor digital,
3 modos, preto
4131865

3 - Bloco conversor_digital_3Portas
Para Bloco conversor digital de 3 Saídas. Este parte muito útil para montar alguns sensores. Tem dois furos laterais de cada lado, com um furo rotacional de cada lado. Link de Imagem: <https://www.lego.com/en-us/parts/4131865>

Programação



2 - Tarefa: Tarefa Do Start
Tarefa 1 - 1
Descrição: Tarefa 1: Tarefa 1: 1. Força Positiva 2. Força Negativa 3. Força Positiva 4. Força Negativa 5. Força Positiva 6. Força Negativa 7. Força Positiva 8. Força Negativa 9. Força Positiva 10. Força Negativa 11. Força Positiva 12. Força Negativa 13. Força Positiva 14. Força Negativa 15. Força Positiva 16. Força Negativa 17. Força Positiva 18. Força Negativa 19. Força Positiva 20. Força Negativa 21. Força Positiva 22. Força Negativa 23. Força Positiva 24. Força Negativa 25. Força Positiva 26. Força Negativa 27. Força Positiva 28. Força Negativa 29. Força Positiva 30. Força Negativa 31. Força Positiva 32. Força Negativa 33. Força Positiva 34. Força Negativa 35. Força Positiva 36. Força Negativa 37. Força Positiva 38. Força Negativa 39. Força Positiva 40. Força Negativa 41. Força Positiva 42. Força Negativa 43. Força Positiva 44. Força Negativa 45. Força Positiva 46. Força Negativa 47. Força Positiva 48. Força Negativa 49. Força Positiva 50. Força Negativa 51. Força Positiva 52. Força Negativa 53. Força Positiva 54. Força Negativa 55. Força Positiva 56. Força Negativa 57. Força Positiva 58. Força Negativa 59. Força Positiva 60. Força Negativa 61. Força Positiva 62. Força Negativa 63. Força Positiva 64. Força Negativa 65. Força Positiva 66. Força Negativa 67. Força Positiva 68. Força Negativa 69. Força Positiva 70. Força Negativa 71. Força Positiva 72. Força Negativa 73. Força Positiva 74. Força Negativa 75. Força Positiva 76. Força Negativa 77. Força Positiva 78. Força Negativa 79. Força Positiva 80. Força Negativa 81. Força Positiva 82. Força Negativa 83. Força Positiva 84. Força Negativa 85. Força Positiva 86. Força Negativa 87. Força Positiva 88. Força Negativa 89. Força Positiva 90. Força Negativa 91. Força Positiva 92. Força Negativa 93. Força Positiva 94. Força Negativa 95. Força Positiva 96. Força Negativa 97. Força Positiva 98. Força Negativa 99. Força Positiva 100. Força Negativa 101. Força Positiva 102. Força Negativa 103. Força Positiva 104. Força Negativa 105. Força Positiva 106. Força Negativa 107. Força Positiva 108. Força Negativa 109. Força Positiva 110. Força Negativa 111. Força Positiva 112. Força Negativa 113. Força Positiva 114. Força Negativa 115. Força Positiva 116. Força Negativa 117. Força Positiva 118. Força Negativa 119. Força Positiva 120. Força Negativa 121. Força Positiva 122. Força Negativa 123. Força Positiva 124. Força Negativa 125. Força Positiva 126. Força Negativa 127. Força Positiva 128. Força Negativa 129. Força Positiva 130. Força Negativa 131. Força Positiva 132. Força Negativa 133. Força Positiva 134. Força Negativa 135. Força Positiva 136. Força Negativa 137. Força Positiva 138. Força Negativa 139. Força Positiva 140. Força Negativa 141. Força Positiva 142. Força Negativa 143. Força Positiva 144. Força Negativa 145. Força Positiva 146. Força Negativa 147. Força Positiva 148. Força Negativa 149. Força Positiva 150. Força Negativa 151. Força Positiva 152. Força Negativa 153. Força Positiva 154. Força Negativa 155. Força Positiva 156. Força Negativa 157. Força Positiva 158. Força Negativa 159. Força Positiva 160. Força Negativa 161. Força Positiva 162. Força Negativa 163. Força Positiva 164. Força Negativa 165. Força Positiva 166. Força Negativa 167. Força Positiva 168. Força Negativa 169. Força Positiva 170. Força Negativa 171. Força Positiva 172. Força Negativa 173. Força Positiva 174. Força Negativa 175. Força Positiva 176. Força Negativa 177. Força Positiva 178. Força Negativa 179. Força Positiva 180. Força Negativa 181. Força Positiva 182. Força Negativa 183. Força Positiva 184. Força Negativa 185. Força Positiva 186. Força Negativa 187. Força Positiva 188. Força Negativa 189. Força Positiva 190. Força Negativa 191. Força Positiva 192. Força Negativa 193. Força Positiva 194. Força Negativa 195. Força Positiva 196. Força Negativa 197. Força Positiva 198. Força Negativa 199. Força Positiva 200. Força Negativa 201. Força Positiva 202. Força Negativa 203. Força Positiva 204. Força Negativa 205. Força Positiva 206. Força Negativa 207. Força Positiva 208. Força Negativa 209. Força Positiva 210. Força Negativa 211. Força Positiva 212. Força Negativa 213. Força Positiva 214. Força Negativa 215. Força Positiva 216. Força Negativa 217. Força Positiva 218. Força Negativa 219. Força Positiva 220. Força Negativa 221. Força Positiva 222. Força Negativa 223. Força Positiva 224. Força Negativa 225. Força Positiva 226. Força Negativa 227. Força Positiva 228. Força Negativa 229. Força Positiva 230. Força Negativa 231. Força Positiva 232. Força Negativa 233. Força Positiva 234. Força Negativa 235. Força Positiva 236. Força Negativa 237. Força Positiva 238. Força Negativa 239. Força Positiva 240. Força Negativa 241. Força Positiva 242. Força Negativa 243. Força Positiva 244. Força Negativa 245. Força Positiva 246. Força Negativa 247. Força Positiva 248. Força Negativa 249. Força Positiva 250. Força Negativa 251. Força Positiva 252. Força Negativa 253. Força Positiva 254. Força Negativa 255. Força Positiva 256. Força Negativa 257. Força Positiva 258. Força Negativa 259. Força Positiva 260. Força Negativa 261. Força Positiva 262. Força Negativa 263. Força Positiva 264. Força Negativa 265. Força Positiva 266. Força Negativa 267. Força Positiva 268. Força Negativa 269. Força Positiva 270. Força Negativa 271. Força Positiva 272. Força Negativa 273. Força Positiva 274. Força Negativa 275. Força Positiva 276. Força Negativa 277. Força Positiva 278. Força Negativa 279. Força Positiva 280. Força Negativa 281. Força Positiva 282. Força Negativa 283. Força Positiva 284. Força Negativa 285. Força Positiva 286. Força Negativa 287. Força Positiva 288. Força Negativa 289. Força Positiva 290. Força Negativa 291. Força Positiva 292. Força Negativa 293. Força Positiva 294. Força Negativa 295. Força Positiva 296. Força Negativa 297. Força Positiva 298. Força Negativa 299. Força Positiva 300. Força Negativa 301. Força Positiva 302. Força Negativa 303. Força Positiva 304. Força Negativa 305. Força Positiva 306. Força Negativa 307. Força Positiva 308. Força Negativa 309. Força Positiva 310. Força Negativa 311. Força Positiva 312. Força Negativa 313. Força Positiva 314. Força Negativa 315. Força Positiva 316. Força Negativa 317. Força Positiva 318. Força Negativa 319. Força Positiva 320. Força Negativa 321. Força Positiva 322. Força Negativa 323. Força Positiva 324. Força Negativa 325. Força Positiva 326. Força Negativa 327. Força Positiva 328. Força Negativa 329. Força Positiva 330. Força Negativa 331. Força Positiva 332. Força Negativa 333. Força Positiva 334. Força Negativa 335. Força Positiva 336. Força Negativa 337. Força Positiva 338. Força Negativa 339. Força Positiva 340. Força Negativa 341. Força Positiva 342. Força Negativa 343. Força Positiva 344. Força Negativa 345. Força Positiva 346. Força Neg

Os questionários explicados na Seção 3 foram aplicados à 31 professores com idade entre 18 a 42 anos, que trabalham em escolas municipais e estaduais e lecionam disciplinas de exatas para o Ensino Fundamental II, dos quais 18 lecionam matemática (58% do total) . Esses professores atuam nos municípios de Mossoró e Nova Cruz, no Rio Grande do Norte, além de Piancó, Sapé, Rio Tinto e Mamanguape, na Paraíba. Entre as escolas que esses professores trabalham, pouco mais da metade (54,5%) possuem

V. 21 N° 2, dezembro, 2023 RENOTE

laboratório de informática. Além disso, 91% dos professores informaram ter pouco ou nenhum conhecimento sobre robótica educacional. Esses números refletem a situação de fragilidade da infraestrutura e a dificuldade de se adotar novas tecnologias, tal como a robótica educacional, nas escolas públicas. Observa-se que os professores selecionados para a validação trabalham nas escolas atendidas pelos projetos mencionados na introdução deste artigo, ou foram indicados por esses professores.

Em relação a percepção da dificuldade para a utilização da RE, (45,5%) dos professores acreditam que a maior dificuldade é a programação dos robôs. Outros (36,4%) acreditam que a maior dificuldade consiste em associar à robótica com conteúdo escolar. Observa-se que o sistema apresentado neste trabalho consegue tratar as principais dificuldades apontadas.

O pré e pós-testes são formadas pelas mesmas oito perguntas, as quais são referenciadas no questionário inicial como TI-25 a TI-32 e no questionário final de TF-10 a TF-17. O objetivo desses testes foi avaliar o impacto da ferramenta sobre as opiniões dos participantes após usá-la. Essas oito perguntas são apresentadas na Figura 3 com os respectivos percentuais para as respostas dos entrevistados, como será melhor detalhado na próxima seção.

RESPOSTAS DOS ENTREVISTADOS

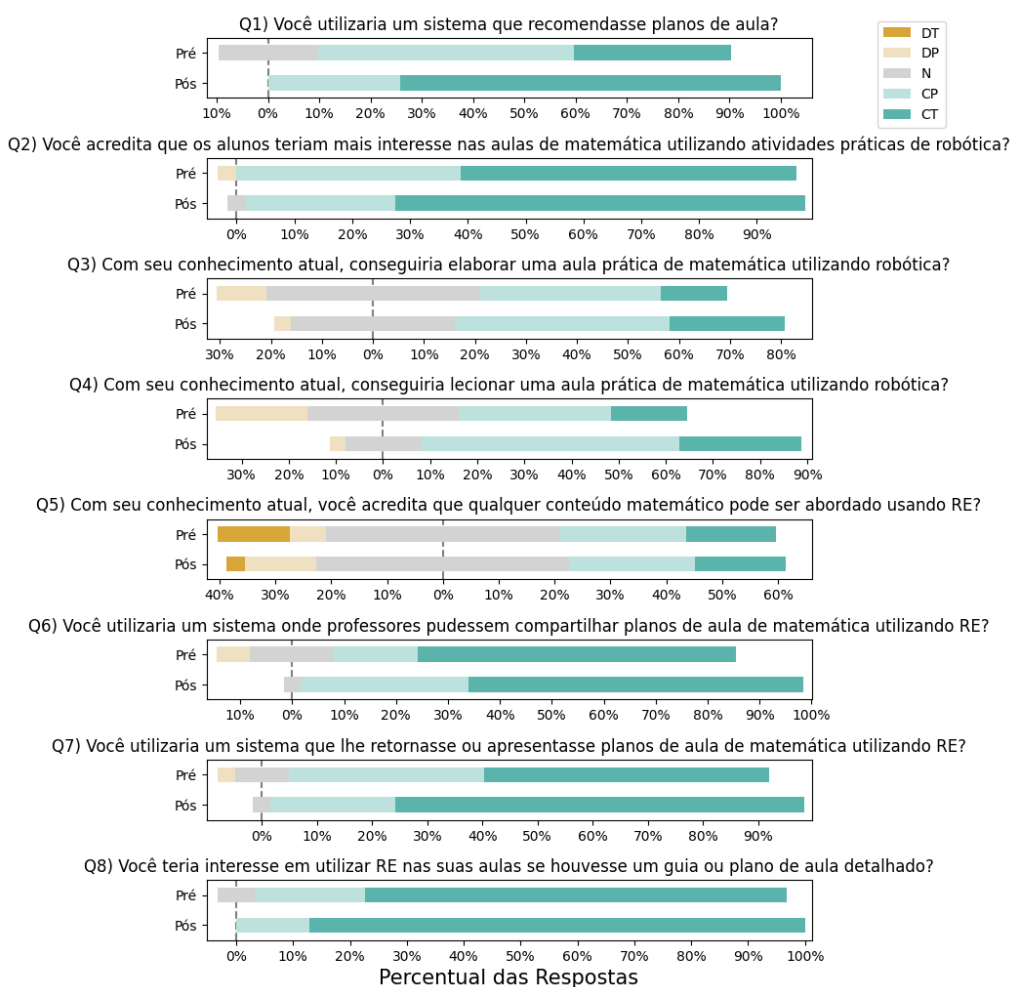


Figura 3. Perguntas do pré-teste e pós-teste e as respectivas respostas

5.1. Pré-teste e Pós-teste

Para cada uma das 8 perguntas do pré-teste e do pós-teste foram disponibilizadas respostas na escala Likert com opções entre 1 a 5 que significam respectivamente: Discordo Totalmente (DT); Discordo Parcialmente (DP); Não concordo nem discordo (N); Concordo Parcialmente (CP); Concordo Totalmente (CT). Assim, resumizamos todas as respostas do pré e pós-teste na Figura 3, comparando as perguntas equivalentes do pré e pós-teste. Para melhor visualização dos resultados as respostas do pré e pós-teste foram colocada uma acima da outra para a respectiva pergunta. Cada uma das possíveis respostas é apresentada em uma barra colorida proporcional ao percentual das respostas de todos os participantes. As cores de cada uma das cinco possíveis respostas, consta na legenda no canto superior direito da figura.

Para as duas primeiras questões, pode-se perceber que há uma ligeira desconfiança durante o pré-teste, mas após conhecerem a ferramenta todos tornam-se mais convictos que é possível utilizar uma ferramenta capaz de gerar planos de aula e que isso pode também despertar interesse nos alunos.

As três perguntas seguintes, mostram o impacto direto da ferramenta sobre o conhecimento atual dos participantes, pois abordam se eles conseguiriam elaborar e lecionar aulas práticas com RE e se qualquer assunto de matemática poderia ser abordado com RE. O contato com a ferramenta os deixaram mais confiantes para elaborar e lecionar uma aula de matemática com RE. Enquanto a luz do conhecimento sobre a metodologia sugerida pela ferramenta, os fez perceber que nem todo conteúdo é aplicável, como podemos ver um aumento nas resposta 2 (discordo parcialmente) e das respostas 3 (indecisos), para a pergunta 5.

As perguntas 6 e 7 investigaram o interesse dos entrevistados nas funcionalidades de compartilhamento de planos de aula e geração automática desse roteiro didático. O comportamento dos entrevistados foi semelhante para ambas as questões, com aumento da confiança, deixando de existir respostas "discordo parcialmente" e aumentando as respostas "concordo parcial" ou "concordo totalmente".

Em relação a última questão, os poucos indecisos se somaram a alguns que concordavam parcialmente aumentando os que concordam totalmente. Logo, pode-se interpretar que todos os participantes indicam ter interesse em utilizar um sistema que apresenta um guia detalhado de execução de práticas com RE.

5.2. Avaliação da aceitação do software

Para avaliar a utilidade percebida, foram realizadas 3 perguntas após o uso do *software*. Para cada uma delas também foi usado a escala de Likert que varia de 1 (discordo totalmente) a 5 (concordo totalmente). Na Figura 4 são resumidas as respostas dos participantes para essas 3 perguntas de aceitação.

Percebe-se na primeira questão, "(TF-4) *Você utilizaria o SCIENCE nas suas aulas?*", destacado em bege na Figura 4, uma pequena minoria dos participantes discorda parcialmente em utilizar a ferramenta, provavelmente por não lecionar a disciplina de matemática e não haver aplicabilidade para sua disciplina. Alguns indecisos e a grande maioria concordando parcialmente ou totalmente.

Para a segunda questão "(TF-5), *O SCIENCE ajudaria no ensino da matemática com apoio da robótica educacional?*", em cinza na Figura 4, não há discordâncias, havendo uma crescente das respostas de 3 a 5. Entretanto o "concordo totalmente" atinge a maior frequência em relação a todas as perguntas, chegando a 65% dos participantes, e com a soma das concordâncias parcial e total atingindo 90%. Logo, na visão dos professores, a ferramenta atingiu um de seus objetivos.

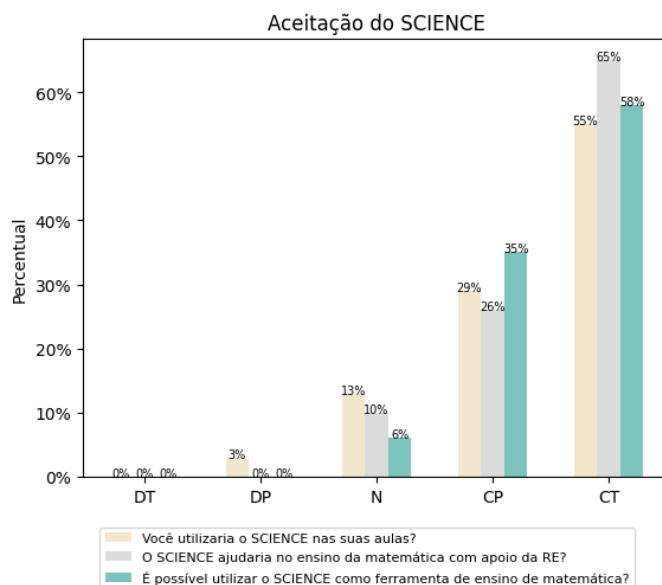


Figura 4. Respostas do questionário de Aceitação do Sistema

A última questão, com o enunciado “(TF-6) *É possível utilizar o SCIENCE como ferramenta de ensino de matemática?*”, com respostas em verde na Figura 4, tem comportamento semelhante a questão anterior, porém com o menor índice de indecisos para todas as perguntas, apenas 6%. Aqui a avaliação dos participantes também tem grande aprovação, com 94% de concordância, somando parcial e totalmente.

Com base na análise dos resultados obtidos na avaliação, foi observada uma aceitação dos professores com relação ao *software*, com poucas respostas indecisas e quase nenhuma de discordância. Isso mostra que esta ferramenta pode ser útil no apoio dos docentes para aulas práticas envolvendo RE, mesmo que eles tenham pouca experiência com robótica.

5.3. Limitações da Avaliação

Uma possível limitação deste estudo foi a inclusão de professores de ciências exatas, que não são professores de matemática, no experimento de avaliação do *software*. Entretanto, considerou-se importante entender suas expectativas para avaliar a necessidade de evolução do SCIENCE, de modo que ele apoie outras disciplinas no futuro.

Outra limitação deste estudo foi o fato dos professores não terem tido a oportunidade de aplicar os planos de aula gerados em atividades reais com seus alunos, pois a avaliação foi realizada fora do período letivo. Dessa forma, embora os resultados do experimento sejam promissores, identificamos a necessidade de realização de novos estudos incluindo a aplicação dos planos de aula gerados em sala de aula.

6. Considerações Finais

Este artigo apresentou o SCIENCE, que é um *software* web capaz de gerar planos de aula com atividades práticas utilizando robótica educacional de forma automática. O *software* apresentado é voltado para professores do ensino fundamental II, que ao seguirem os planos de aula propostos, podem utilizar a Robótica Educacional sem necessidade de grande experiência prévia no assunto. A versão atual pode gerar planos de aula para a disciplina de matemática entre o 6º e o 9º ano, com atividades distribuídas em 7 conteúdos. Além da apresentação do conteúdo, objetivos das atividades, série e tempo

previsto para realização, as atividades propostas apresentam a orientação da montagem e programação do robô, além de questões para serem aplicadas aos alunos. Os usuários dessa ferramenta podem fazer buscas filtrando por assunto, por conteúdo ou por série.

Para o desenvolvimento do SCIENCE, foi construída uma ontologia a partir do conhecimento de professores de matemática, dos manuais de montagem e programação dos robôs e da BNCC. Para certificar que a ontologia estaria apta a servir de base de conhecimento para o *software*, ela foi validada para confirmar sua consistência, correte e completude.

Esta versão do SCIENCE foi submetida a um experimento com 31 professores de escolas públicas com conhecimentos e expectativas diferentes sobre RE. Tais professores foram submetidos a dois questionários: o primeiro foi aplicado antes da utilização do SCIENCE; e, o segundo foi aplicado após a utilização do SCIENCE. Algumas das perguntas de ambos os questionários eram idênticas para serem usadas como pré e pós-teste.

O resultado do impacto que a ferramenta causou sobre os participantes foi positivo. Verificou-se que no pré-teste, os participantes tinham algumas desconfiânças e falta de segurança em utilizar uma ferramenta capaz de gerar planos de aulas de matemática utilizando robótica educacional, o que foi minimizado no pós-teste. A percepção deles é que podem aplicar atividades práticas envolvendo RE em suas aulas com a ajuda dessa ferramenta, mas não para qualquer conteúdo. Adicionalmente, foi realizada a avaliação de aceitação do SCIENCE utilizando o método TAM, sob o aspecto de "utilidade percebida". Os resultados mostraram concordância total ou parcial dos participantes em relação aos aspectos avaliados.

Como trabalhos futuros, pretende-se expandir a ontologia, incluindo novas montagens e programações de robôs, assim como a capacidade de criar atividades em outras disciplinas, tais como física ou geografia. Com isso, o *software* poderá gerar planos de aulas mais elaborados para matemática, assim como para outras disciplinas. Também pretende-se incluir um sistema de recomendação baseado nos *feedbacks* dos usuários, em interesse de conteúdos semelhantes ou perfis de usuários semelhantes. Por fim, considera-se importante realizar outro experimento, no qual o professor possa aplicar o plano de aula sugerido em sala, de modo a responder algumas perguntas: qual a avaliação do plano? foi possível executá-lo no tempo da aula? Como o plano poderia ser melhorado?

Referências

- AKASHIBA, S. *et al.* Implementation of Teacher-Robot Collaboration Lesson Application in PRINTEPS. In: **Procedia Computer Science**. [S.l.]: Elsevier B.V., 2017. v. 112, p. 2299–2308. ISSN 18770509.
- ALLEMANG, D.; HENDLER, J. **Semantic Web for the Working Ontologist**. 2. ed. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 2011.
- ALMEIDA, M. B. **Ontologia em ciência da informação: teoria e método**. [S.l.]: CRV, 2021. v. 1.
- ANTONIOU, G.; GROTH, P.; HARMELEN, F. v.; HOEKSTRA, R. **A Semantic Web Primer**. 3. ed. [S.l.]: The MIT Press, 2012.
- ARAÚJO, T. **Práticas de ensino de matemática com a utilização da robótica educacional**. Mossoró: UFRSA, 2016.
- ARMÃO, T. P.; NUNES, L.; MENEGHETTI, C. M. S. Uma aplicação da Robótica Educacional no estudo do número irracional π . **Ciência e Natura**, v. 42, 2020. ISSN 0100-8307.

- BLOKDYK, G. **Web Ontology Language a Complete Guide**. [S.l.]: Emereo Pty Limited, 2019.
- BRASIL. **Computação Complemento à BNCC**. 2022. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/a-base/>.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. 2023. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/fevereiro-2022-pdf/236791-anexo-ao-parecer-cneceb-n-2-2022-bncc-computacao/file>.
- BROCHADO, R. d. A.; CARVALHO, M. A. G. d. Revisão sistemática de estudos e aplicações de modelos pedagógicos diversificados. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 29, p. 718–745, jul. 2021. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/journals/index.php/rbie/article/view/2600>.
- EVRIPIDOU, S. *et al.* Educational Robotics: Platforms, Competitions and Expected Learning Outcomes. **IEEE Access**, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2020. ISSN 21693536.
- GACKENHEIMER, C. **Introduction to React**. [S.l.]: Apress, 2015.
- GÓMEZ-PÉEZ, A.; FERNANDEZ-LOPEZ, M.; CORCHO, O. **Ontological Engineering: with examples from the areas of Knowledge Management, e-Commerce and the Semantic Web**. 1. ed. [S.l.: s.n.], 2004.
- JUNIOR, J. M. C.; AMORA, S. S. A.; RODRIGUES, L. C. C.; QUEIROZ, P. G. G. Solucone.me: um sistema responsivo baseado em gamificação para auxiliar o processo de ensino-aprendizagem, apoiado no ENADE. In: **Anais do XXXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2023)**. Passo Fundo: [s.n.], 2023.
- LEGO. **MINDSTORMS®**. 1998. Disponível em: <https://www.lego.com/pt-br/themes/mindstorms>.
- NOY, N. F.; MCGUINNESS, D. L. **Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology**. [S.l.], 2001.
- ONO, H.; KOIKE, K.; MORITA, T.; YAMAGUCHI, T. Ontologies-based pupil robot interaction with group discussion. In: **Procedia Computer Science**. [S.l.]: Elsevier B.V., 2019. v. 159, p. 2071–2080. ISSN 18770509.
- PUZISKI, M. Construindo uma calculadora: uma atividade envolvendo Robótica, Programação e Matemática. **REMAT: Revista Eletrônica da Matemática**, v. 3, n. 1, 2017.
- QUEIROZ, P. G. G.; RODRIGUES, L. C. C.; ARAÚJO, S. R. F. de. Análise da Perspectiva de Vida Propiciada pela Inserção da Robótica no Ambiente Educacional dos Alunos do Projeto Robot em Ação. In: **Anais do XXIX Workshop de Informática na Escola (WIE 2023)**. [S.l.]: SBC, 2023.
- SILVA, O. O. da. **O estudo de funções afins e seus gráficos de maneira interdisciplinar utilizando a modelagem em robótica como instrumento de aprendizagem**. Manaus: [s.n.], 2019.
- VENKATESH, V.; BALA, H. Technology acceptance model 3 and a research agenda on interventions. **Decision Sciences - DECISION SCI**, v. 39, p. 273–315, 05 2008.
- VILHETE, J.; GONÇALVES, L.; GARCIA, M.; GARCIA, L. Uma abordagem prático-pedagógica para o ensino de robótica em ciência e engenharia de computação. **Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE)**, v. 1, n. 1, p. 428–439, 2002. ISSN 2316-6533. Disponível em: <http://milanesa.ime.usp.br/rbie/index.php/sbie/article/view/205>.
- WALLS, C. **Spring Boot in Action**. [S.l.]: Manning Publications, 2016.