



PROPOSIÇÃO DE ATIVIDADES COM O USO DO LUMIBOT-COPPELIASIM PARA A APRENDIZAGEM DO CONCEITO DE FUNÇÃO EXPONENCIAL

PROPOSITION OF ACTIVITIES USING LUMIBOT-COPPELIASIM TO LEARN THE CONCEPT OF EXPONENTIAL FUNCTION

Cássio Lima Macedo¹; Cleidinaldo Aguiar Souza²

RESUMO


Um problema recorrente quando ensina-se conceitos matemáticos é falta de engajamento, por parte dos alunos, quanto ao conteúdo trabalhado. Como consequência, a teoria trabalhada não é absorvida por uma parte dos alunos e assim quando executada a etapa de fixação da teoria através de exercícios, por exemplo, percebe-se grande desmotivação, e em muitos casos, as tentativas de fixação da aprendizagem acabam sendo frustradas. Por outro lado, estamos diante de um rápido avanço no surgimento de novas tecnologias, que não vem sendo acompanhado pelos sistemas educacionais ao longo de todo o planeta, embora já exista uma grande convergência entre vários setores de alguns países para tal realidade. Uma tecnologia que vem ganhando cada vez mais espaço dentro dos sistemas de ensino, é a robótica. Em particular, dentro do processo de ensino e aprendizagem dos conceitos matemáticos, a robótica possui grande relevância. Desta forma, este trabalho apresenta uma maneira de combinar robótica com conceitos matemáticos, a fim de proporcionar o engajamento dos estudantes e consequentemente melhorar o desempenho dos alunos em relação a aprendizagem matemática. Mais precisamente, este trabalho apresenta uma proposta didática para o ensino de funções exponenciais, através da plataforma de simulação Coppeliasim, utilizando o robô móvel Lumibot. A proposta é composta por cenários virtuais que ilustram problemas do mundo real, e um código em linguagem Python que pode ser editado por pessoas que não possuem um conhecimento aprofundado sobre programação. Ou seja, nesta pesquisa construímos cenários e criamos o algoritmo que dá sentido aos cenários, produzindo uma sequência didática que auxilia os professores a utilizarem o conceito de funções exponenciais, de tal modo a permitir que os estudantes associem a noção de gráfico desta função a resoluções de problemas reais.

Palavras-chave: Função Exponencial; Robótica Educacional; Coppeliasim; Ensino.

1 Mestre em Matemática pela Universidade Federal do Piauí (PROFMAT-UFPI). Professor de Matemática da Secretaria Municipal de Educação (SEMED), Timon, Maranhão, Brasil. Endereço para correspondência: Rua Maria Carlos da Silva, S/N – Bairro Parque Piauí, Timon, Maranhão, Brasil, CEP:65636-230 . E-mail: kassiooolima@gmail.com.

 ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-6336-9241> .

2 Doutor em Matemática pela Universidade de São Paulo (USP). Professor do Departamento de Matemática da Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina, Piauí, Brasil. Endereço para correspondência: Campos Universitário Ministro Petrônio Portella, Avenida Petrônio Portella, s/n, Bairro Ininga, Teresina, Piauí, Brasil, CEP: 64049-550. E-mail: aguiarnaldo@ufpi.edu.br.

 ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5419-4558>



ABSTRACT

A recurring problem when teaching mathematical concepts is the lack of engagement on the part of students with regard to the content worked. As a consequence, the theory worked on is not absorbed by a part of the students and thus, when the stage of fixing the theory is performed through exercises, for example, there is a great lack of motivation and in many cases the attempts to fix the learning end up being frustrated. On the other hand, we are facing a rapid advance in the emergence of new technologies, which has not been accompanied by educational systems throughout the planet, although there is already a great convergence between various sectors of some countries for this reality. A technology that has been gaining more and more space within educational systems is robotics. In particular, within the teaching and learning process of mathematical concepts, robotics has great relevance. In this way, this work presents a way to combine robotics with mathematical concepts, in order to provide student engagement and consequently improve student performance in relation to mathematical learning. More precisely, this work presents a didactic proposal for teaching exponential functions, through the CoppeliaSim simulation platform, using the Lumibot mobile robot. The proposal is composed of virtual scenarios that illustrate real-world problems and a code in Python language that can be edited by people who do not have in-depth knowledge of programming. This is, in this research we developed scenarios and created the algorithm that gives meaning to the scenarios, producing a didactic sequence that helps teachers to use the concept of exponential functions, in such a way as to allow students to associate the notion of graphing this function with resolutions of real problems.

Keywords: Exponential Function; Robotics; CoppeliaSim; Teaching.

1 Introdução

Aprender matemática, às vezes, é considerado uma tarefa desmotivante, especialmente quando os alunos sentem que não podem ter sucesso devido ao feedback que receberam, ou por mentalidades que foram estabelecidas no início da infância como atitudes dos pais e estereótipos de gênero. Recentemente, Daniela (2018) apontou que a utilização da robótica no processo de ensino e aprendizagem traz efeitos positivos para o ambiente escolar, como a melhoria na motivação de aprendizagem.

Segundo Chaldi e Mantzanidou (2021), a robótica educacional além de melhorar o trabalho em equipe e a criatividade, pode desenvolver o interesse dos alunos em atividades práticas com os conceitos de matemática. Nos últimos anos, uma atenção crescente tem sido dada ao desenvolvimento da aquisição de habilidades e competências digitais. Consequentemente, muitos estudiosos em educação têm argumentado que a inclusão de tecnologia de ensino é vital para acompanhar os padrões de emprego do século XXI (LEE; NOH, 2020). Neste ponto, é relevante a inclusão da robótica educacional no processo de ensino e aprendizagem, pois, atualmente, inovações tecnológicas digitais estão alterando as interfaces entre o trabalho humano e os processos controlados por sistemas computacionais, consequência da quarta revolução industrial, que é caracterizada pela digitalização e pela robótica.



É cada vez mais evidente que as novas tecnologias estão fundindo os mundos físico, digital e biológico, influenciando toda sociedade e modificando todas disciplinas. Orey e Rosa (2018), apontam que as profissões do século XXI exigem que os humanos tenham além do conhecimento, habilidades para colaborar, resolver problemas, pensar criticamente e trabalhar em equipe. Nesse sentido, é um desafio fazer com que os estudantes de hoje tenham criatividade e habilidade necessária para trabalhar com as novas tecnologias, e no futuro, possam desenvolver tecnologias importantes para a sociedade.

A robótica educacional apresenta uma alternativa para preparar gerações para os desafios das novas profissões, pois consegue uma interdisciplinaridade entre ciência, tecnologia, engenharia e matemática (BYBEE, 2013; GONZALEZ; KUENZI, 2012).

Assim, utilizando robótica educacional em sala de aula, é possível focar na resolução de problemas baseado em conceitos e processos a partir de ciências e matemática utilizando tecnologias aplicada a técnicas de engenharias, tornando a experiência de aprendizagem mais atraente, pois as plataformas são compostas por recursos que permitem prender a atenção dos alunos por mais tempo, ao passo em que eles aprendem construindo.

O ensino de matemática por meio da robótica educacional tem sido desenvolvido em muitos países, como por exemplo: Taiwan (CHEN; LIN, 2019), Estados Unidos (GONZALEZ; KUENZI, 2012), Coreia (PARK et al., 2020), Japão (ISOBE et al., 2020), Finlândia, Noruega, Rússia (TOMPERI et al., 2022) e muitos outros. Professores, pesquisadores e empresas estão caminhando em conjunto para criarem um novo ambiente de aprendizagem nas escolas.

Existem várias plataformas robóticas para fins educacionais, as plataformas robóticas educacionais mais populares são as seguintes: AlphaBot2, Lego Ev3, Dash\&Dot, Edison, EUROPA, Ranger, Robobo, Mbot, ThymioII (MACEDO e SOUZA, 2023). Existem ainda simuladores robóticos que podem ser facilmente incorporados ao ensino de matemática, como por exemplo: CoppeliaSim e RobotStudio (MACEDO e SOUZA, 2023).

O objetivo desta pesquisa é utilizar o simulador robótico CoppeliaSim, para trabalhar o conceito de funções exponenciais. Mais precisamente, nesta pesquisa, desenvolvemos cenários que serão utilizados dentro desta plataforma digital, e o código



em linguagem Python, que permite a utilização da plataforma para fins pedagógicos. Assim, apresentaremos uma proposta didática que permite ao professor trabalhar o conceito de funções resolvendo problemas atuais do mundo real, através desta ferramenta.

Esta proposta didática é acompanhada por um código em linguagem Python, em que o professor, sem um conhecimento aprofundado em programação, pode alterar o código criando outras situações que lhe convém para serem trabalhadas em sala de aula. Este trabalho está organizado da seguinte maneira: a seção 1 é formada por esta breve introdução; na seção 2 apresentamos o referencial teórico; na seção 3 é formada por uma proposta didática que norteia o ensino do conceito de função exponencial, trabalhando diretamente com problema do mundo real, através do robô móvel chamado de Lumibot; a seção 4 é dedicada para a conclusão do trabalho.

2 Referencial Teórico

Nesta seção, apresentaremos uma descrição literária que fornece um embasamento teórico para o trabalho sobre a educação para o presente século, robótica educacional e funções exponenciais.

2.1 Educação Para o Século XXI

Segundo Ahrens e Spöttl (2018), cinco parâmetros são importantes para a qualificação exigida dos estudantes que ocuparão os postos de trabalhos ao longo do século XXI: integração e comunicação abrangente, conhecimento em automação de sistemas de produção, tomada de decisão, alfabetização digital e gerenciamento interativo, flexibilização do trabalho. Os alunos devem ser preparados para realizarem a combinação de numerosas tecnologias físicas e digitais, como sensores, sistemas embarcados, computação em nuvem, internet das coisas etc.

Na visão de Baygin et al. (2016), as escolas devem se antecipar e acompanhar as mudanças que ocorrem nas tecnologias no campo da automação para formar futuros profissionais qualificados apropriadamente. Ainda é um desafio introduzir novas tecnologias em sala de aula, pois os recursos disponíveis são muitas vezes obsoletos ou só podem ser utilizados de forma isolada, sendo difícil que os alunos possam aprender com a tecnologia interagindo totalmente em todo o sistema.



Os estudantes deste século que ocuparão trabalhos modernos precisam dominar a interdisciplinaridade com habilidades em uma variedade de disciplinas teóricas e práticas (KOZÁK et al. 2018). Embora haja considerável aceitação da necessidade de desenvolver as habilidades dos jovens em preparação para todos os aspectos da vida do século XXI, há limitações dos professores como promover estas capacidades. Elbestawi et al. (2018), argumentam que os sistemas educacionais precisam oferecer os seguintes requisitos: oportunidades de aprender em diversos momentos e lugares; aprendizagem personalizada com base nas capacidades do aluno; uso de novos dispositivos de aprendizagem; laboratórios remotos; implementação de projeto de aprendizagem baseadas em problemas; utilização da aprendizagem experiencial e colaborativa. Em particular, em relação ao processo de ensino e aprendizagem de conceitos matemáticos é fundamental um avanço que atenda as novas habilidades do século XXI.

Uma maneira de ensinar matemática via interdisciplinaridade é através de problemas atuais da vida real (SELVI; YILDIRIM, 2016). Por sua vez, Struyf et al., (2019) defendem que a combinação do ensino de matemática com ciências, tecnologia e engenharia é uma excelente abordagem, pois os alunos são fisicamente e emocionalmente envolvidos no ambiente de aprendizagem. Tudo isto vai ao encontro do construtivismo defendido por Papert (1980). Por sua vez, o uso de robôs em sala de aula tem a capacidade de atender as novas habilidades exigidas para o presente século, fazendo a interdisciplinaridade entre a matemática e os problemas do mundo real. Na próxima seção, detalharemos melhor este fato, fazendo uma abordagem do uso de robôs em sala de aula.

2.2 Robótica Educacional

Desde o final da década de 1980, quando a robótica foi introduzida pela primeira vez em sala de aula, a robótica passou a ser utilizada na educação em todos os níveis de ensino e para vários assuntos (MALEC, 2001). Em meados dos anos noventa, inicia-se a utilização de vários tipos de plataformas de aprendizagem apoiados por robôs, a oferta de cursos nas universidades é diversificada com a inclusão de escolas de robótica, e paralelamente a esta atividade, inicia-se um novo campo de pesquisa e desenvolvimento que tomou o nome de Robótica Educacional (KUMAR, 2004). A tecnologia robótica passa a ser introduzida ao nível escolar como uma ferramenta de ensino, que embora seja



reconhecida como uma disciplina educacional, geralmente ainda é incorporada aos departamentos de ciência da computação e engenharia.

A robótica educacional já está sendo praticada em diferentes países da Ásia, Europa, América e África, tornando o seu uso cada vez mais popular dentro e fora das grades curriculares dos centros educativos tradicionais por todo o planeta (MUÑOZ et al., 2012).

Na visão de Papert (1980), a robótica educacional ganha espaço, pois os robôs educacionais são tidos como objetos para pensar”. Ou seja, a teoria do construcionismo de Papert (1980), surge que a aprendizagem é mais eficaz quando parte de uma atividade que o aluno experimenta como construção de um produto significativo, por isso o uso de robôs em sala de aula são tão importantes.

A sociedade atual exige do sistema educacional o desenvolvimento de novas habilidades e competências que permitam aos alunos dar uma resposta eficiente aos ambientes de trabalho em mudança do mundo atual. O uso da robótica em sala de aula, como ferramenta de aprendizagem, gera ambientes de aprendizagem multidisciplinares permitindo que os alunos fortaleçam seu processo de aprendizagem enquanto desenvolvem diferentes habilidades que lhes permitirão enfrentar os desafios da sociedade atual.

Adams e Cook (2017), através da robótica educacional, perceberam que é possível promover a aprendizagem dos alunos sobre a compreensão de gráficos e de geometria. Segundo Larsen et al. (2020), a robótica educacional permite aos estudantes a resolução de problemas matemáticos de forma eficiente. Sala-Sebastià et al. (2023), apresentaram uma sequência didática que permite aos professores trabalharem o pensamento matemático lógico e espacial utilizando robótica.

De acordo com Braga e Mendes (2023), uma maneira de melhorar os conhecimentos matemáticos através da sala de aula, é utilizando a robótica educacional nas aulas de matemática, permitindo ao professor relacionar o conteúdo de matemática com as diversas áreas de conhecimento. Simultaneamente ao surgimento dos robôs no currículo, e conseqüentemente da nova área de pesquisa e desenvolvimento, denominada robótica educacional, também surgiram diversas plataformas de simulação robótica (KUMAR, 2004). “No Brasil, a robótica educacional iniciou na década de 1980 por meio da interação de profissionais brasileiros com profissionais do exterior visando o



conhecimento de tipos de materiais e compreensão de suas potencialidades no ensino” (NUNES et al., 2021, p. 4). Recentemente, Macedo e Souza (2023) utilizando o ambiente de simulação robótica CoppeliaSim, conseguiram trabalhar a noção de funções polinomiais do segundo grau. Mais precisamente, os autores associaram a noção de gráfico de funções polinomiais com a trajetória descrita por um robô.

A robótica educacional pode ser trabalhada através de robôs físicos ou por meio de simuladores robóticos, desde que ambos os materiais sejam planejados antecipadamente para se tornarem potencialmente significativos. Ou seja, a robótica educacional bem planejada torna-se um aliado em sala de aula, pois a mesma pode ser utilizada dentro da teoria da aprendizagem significativa, defendida por Ausubel (1968).

Ausubel (1968) defende que a aprendizagem por meio de significados é mais relevante quando comparada com a aprendizagem mecânica, pois ela permite o enriquecimento da estrutura cognitiva do estudante a longo prazo. Esta pesquisa apresenta uma proposta para o ensino de função através de um simulador robótico, permitindo ao professor relacionar este conceito com problemas do mundo real. Utilizando o simulador, desenvolvemos cenários com potencial para: torna-se um material significativo, despertar o conhecimento prévio dos estudantes para a resolução de problemas reais, predispor os estudantes para aprender o conceito matemático por trás deste problema. Tudo isso concorda com a Teoria Significativa de Ausubel (1968).

Esta abordagem está explícita dentro da Base Nacional Comum Curricular-BNCC, contemplada através das habilidades de matemática e suas tecnologias no ensino médio: EM13MAT301; EM13MAT304; EM13MAT403; EM13MAT405.

Em seguida apresentaremos a função que será trabalhada dentro da proposta didática.

2.3 Função Exponencial

Segundo Khanh (2020), problemas que envolviam a noção de função exponencial apareceram muito cedo nos tempos babilônicos, como o problema de juros compostos, que foi encontrado em artefatos arqueológicos que datam de 2000 ac. O que mostra que a noção de funções exponenciais é bem anterior ao manuscrito escrito por Nicole Oresme. Ainda de acordo com Khanh (2020), os problemas foram resolvidos por uma dada tabela de juros compostos em intervalos iguais predeterminados, onde a qualquer momento, os



juros eram calculados com base na interpolação linear. Assim, a aparência implícita da exponencial foi criada e o conceito de potências com expoentes racionais foi pensado e expresso através de interpolações.

A obra *Principia Calculi Exponentialum seu Percurrentium*, de autoria de Bernoulli em 1697 apresenta o conceito de função exponencial. Porém, segundo Khanh (2020) muitos exemplos no tratado matemático *Almagesto* (Livro de Astronomia) de Ptolomeu (100 – 170) mostram que os babilônios criaram anteriormente muitas tabelas correspondentes a prática.

Existe na literatura várias abordagens para o conceito de funções exponenciais, assim como abordagens quanto a sua utilização em sala de aula, por exemplo, Lima (2013), define a função exponencial da seguinte maneira:

Definição 1. (Função Exponencial) Dado o número real $a > 0$, $a \neq 1$, denomina-se função exponencial de base a a função $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}_+$, que a cada x real associa o número a^x , ou seja

$$f(x) = a^x.$$

Recentemente, Goldoni (2019) apresentou uma maneira de ensinar funções exponenciais utilizando a noção de crescimento populacional. Mais precisamente a autora desenvolveu uma abordagem para o ensino de funções exponenciais aplicando ao estudo da área ocupada pelo crescimento de micro-organismos. Posteriormente, Moreira et al. (2021) apresentaram uma contextualização didática para funções exponenciais, utilizando o gráfico de infecção por COVID-19.

Neste trabalho, apresentaremos uma maneira de trabalhar o conceito de funções exponenciais por meio do simulador robótico, CoppeliaSim.

3. Proposta Didática

Este trabalho apresenta uma proposta didática que pode ser desenvolvida no laboratório de matemática ou em sala de aula com o auxílio de um data show. A proposta tem como público-alvo os estudantes do 1º ano do E.M., desenvolvida em 2 horas/aulas, com duração de 50 minutos cada aula. Esta proposta pode ser aplicada para uma turma com 20 estudantes, dividida em 4 grupos de 5 estudantes. A escolha da aplicação da proposta em grupos vai ao encontro do que é apontado por Chaldi e Mantzanidou (2021). Dois grupos ficarão responsáveis por cada uma das atividades propostas.



Ao término dos trabalhos, objetiva-se que os alunos compreendam a noção de função exponencial e a importância que tem o seu gráfico; consiga visualizar a matemática presente em atividades da vida real e saibam utilizar criatividade matemática para atuarem com as novas tecnologias que são exigidas em várias profissões atuais. Além disso, ao final do trabalho podemos observar o engajamento dos grupos de estudantes com a problemática proposta, concordando com o trabalho de Daniela (2018).

De um modo geral, esta proposta vem ao encontro do modelo de aprendizagem significativa que busca ensinar o aluno a *pensar* e a *aprender de forma ativa*, em contraposição à aprendizagem mecânica, que se apoia na memorização vazia de conceitos, datas e fórmulas. Segundo Ausubel (1968), a aprendizagem significativa acontece quando o estudante relaciona conhecimentos novos a conhecimentos prévios relevantes em sua estrutura cognitiva, de forma não arbitrária e substantiva. De acordo com Naya, et al., (2017) e Takacs, et al. (2016), a robótica educacional faz bem este papel, pois permite combinar matemática, com ciências, engenharia e tecnologia.

Antes da aplicação da proposta didática, é interessante que o professor tenha trabalhado a noção teórica do conceito de função exponencial. Assim, durante as 2 horas/aula, o professor responsável pela turma fará no primeiro momento a exposição do simulador robótico, CoppeliaSim, apresentando uma noção do seu funcionamento, Macedo e Souza (2023) detalham bem esta etapa; na segunda hora/aula, o professor irá propor aos alunos as atividades que terão como foco resolver problemas do mundo real, projetando este problema no mundo virtual e em seguida utilizando funções exponenciais, os estudantes resolverão este problema.

Atividade 1

Para a primeira atividade, considere uma empacotadora de medicamentos com seis compartimentos, equipada com três esteiras automáticas e três robôs autônomos. Todo o processo de funcionamento da empresa é feito de modo automatizado, com um único funcionário em um dos compartimentos colocando todo o processo para funcionar de modo sincronizado, como ilustra a Figura 1. Esta atividade atende os parâmetros defendidos por Ahrens e Spöttl (2018).



Figura 1-Empacotadora de medicamentos



Fonte: os autores.

O Professor mostra para o grupo de estudantes responsáveis por esta atividade que a empacotadora situa-se sobre um plano cartesiano OXY, onde a origem O do plano fica exatamente sobre o centro do disco branco, como indica a seta [1] na Figura 1; explicando todo o processo de funcionamento do cenário, em que um dos braços robóticos coloca sobre a esteira as caixas vazias que serão preenchidas com medicamentos, após o preenchimento das caixas, outro braço robótico coloca as caixas sobre uma segunda esteira encaminhando para o processo de finalização. O professor atua como um mediador dominando as tecnologias, vindo ao encontro da visão de Baygin et al. (2016).

Frequentemente algumas das caixas de medicamento caem das esteiras, e precisam ser retiradas do chão durante o processo. Daí o professor mostra aos estudantes que o robô Lumibot como indica a seta [2] na Figura 1 fica a posto para a retirada das caixas de medicamento que caem, colocando-as dentro de um depósito com piso vermelho, como ilustra a Figura 1. Neste momento, o professor pedirá ao grupo que considere a situação ilustrada na Figura 1, em que o Lumibot tenha que retirar a caixa de



medicamentos como indica a seta [3] na Figura 1 e arrastar até o depósito, com fundo vermelho abaixo da esteira.

Desta forma, o professor juntamente com o grupo de estudantes levando em consideração que cada lado dos quadrados que compõem o piso do estabelecimento possuem 0,50 metros de comprimento, então tendo como referência o disco branco como a origem $O=(0,0)$, obtêm que o Lumibot situa-se na posição $P=(0,42,1,34)$ e a caixa de medicamento sobre o piso situa-se na posição $Q=(-1, 0,5)$. Então o professor argumenta para o grupo que o objetivo é fazer com que o Lumibot saia de sua posição inicial e arraste a caixa de sua posição levando até o depósito em baixo da esteira de saída de medicamento. Todo o percurso executado pelo robô deve ser feito com segurança, isto é, sem movimentos bruscos e desviando dos obstáculos. Assim, o professor chama a atenção dos estudantes que em baixo da primeira esteira, esteira de entrada de medicamentos, existe uma caixa circular com raio de 1 metro. O problema está montado, é um problema real que deve ser resolvido com conceitos matemáticos. Ou seja, obtemos uma contextualização que torna a matemática um conhecimento significativo, isso vai ao encontro de Moreira et al. (2021).

O professor irá resumir o problema proposto, estimulando aos alunos determinarem a função, cuja o seu gráfico representa a trajetória descrita pelo robô para realizar a tarefa. Ou seja, os estudantes estão diante de um novo dispositivo de aprendizagem que possui um forte apelo para a resolução de problemas de modo colaborativo que são requisitos defendidos por Elbestawi et al. (2018).

Por sua vez, os alunos visualizando a matemática presente no processo chegarão a conclusão que para o robô arrastar a caixa de medicamentos em segurança, o mesmo terá que desviar da caixa circular em baixo da primeira esteira, seguindo a trajetória descrita pelo gráfico da função exponencial

$$f(x)=a^x, \text{ onde } a \text{ é uma constantes a determinar} \quad (\text{I}).$$

Daí, o grupo de estudantes utilizando a posição inicial do robô, $P=(0.42, 1.34)$, obtém-se que

$$f(0.42)=1.34, \text{ ou seja, } 1.34=a^{0.42} .$$

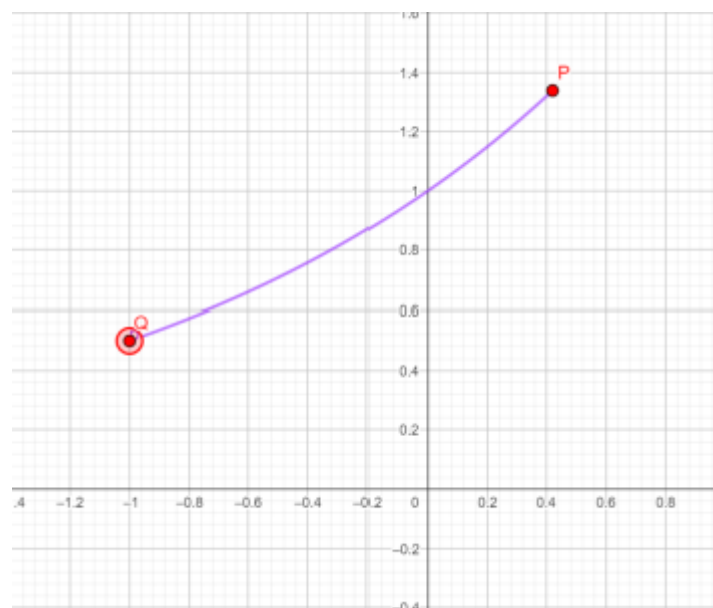


Em seguida, utilizando a posição da caixa de medicamentos, $Q=(-1,0.5)$, obtém-se que

$$f(-1)=0.5, \text{ isto é, } 0.5=a^{-1}.$$

Resolvendo, chega-se que $a=2$, então $f(x)=2^x$ e os alunos conseguirão concluir que a trajetória descrita pelo Lumibot é dada através do gráfico desta função exponencial, como ilustra a Figura 2. Tudo isso leva os estudantes a se engajarem em uma proposta multidisciplinar concreta, que integra a vida digital ao mundo real, concordando com o pensamento de Nunes et al. (2021).

Figura 2 - Gráfico da Função $f(x)=2^x$.



Fonte: os autores.

Seguindo as mesmas notações utilizadas pelo código abaixo o professor orienta aos alunos que escreva a função

$$fxp=\text{math.pow}(2,xp),$$

permitindo aos estudantes que, para além do pensamento computacional criado por Papert (1980), transgridam para o pensamento matemático.

Desta forma, os alunos conseguem despertar a criatividade matemática, associando álgebra e geometria para resolver um problema do mundo real. Na visão de Battista e Clements (1996), os alunos não estão sendo ensinados a repetir conceitos e padrões de solução, sem desenvolver o pensamento espacial.



O professor substituirá os valores $ap=2$, $xi=0.42$ e $xf=-1$, diretamente no Algoritmo 1.

Algoritmo 1: Script Lumibot

```

1  xp = xr
2  yp = yr+1.0
3  ap = 5.1
4  xi = 0.2
5  xf = -1
6  dr = 1.7
7  fxp = math.pow(ap,xp)
8  vRightMotor=0.18*(ap/abs(ap))*((xi-xf)/(abs(xi-xf)))*(1/(0.05))
9  *((1/(math.sqrt(abs(math.pow(ap,xp)*math.log(ap,2.73)*math.pow(ap,xp)
10 *math.log(ap,2.73)+1)))*(ap/abs(ap))*(-(yp-fxp)) *math.pow(ap,xp)*math.log(ap,2.73)
11 +1(math.sqrt(abs(math.pow(ap,xp)*math.log(ap,2.73)*math.pow(ap,xp)
12 *math.log(ap,2.73)+1)))*((xi-xf)/(abs(xi-xf)))*math.sqrt(abs(1-(ap/abs(ap))
13 *(-(yp-fxp))*(ap/abs(ap))*(-(yp-fxp))))*((0.18*math.sin(gamma))/(2*dr)
14 -math.cos(gamma))+1/(math.sqrt(abs(math.pow(ap,xp)*math.log(ap,2.73)
15 *math.pow(ap,xp)*math.log(ap,2.73)+1)))*(ap/abs(ap))*(-(yp-fxp))
16 -1/ (math.sqrt(abs(math.pow(ap,xp)*math.log(ap,2.73) *math.pow(ap,xp)
17 *math.log(ap,2.73)+1)))*((xi-xf)/(abs(xi-xf)))*math.sqrt(abs(1-(ap/abs(ap)))*(-(yp-fxp))
18 * (ap/abs(ap))*(-(yp- fxp))))*math.pow(ap,xp)*math.log(ap,2.73))
19 *((0.18*math.cos(gamma))/(2*dr)+math.sin(gamma))
20 vLeftMotor= 0.18*(ap/abs(ap))*((xi-xf)/(abs(xi-xf)))*(1/(0.05))
21 *((1/(math.sqrt(abs(math.pow(ap,xp) *math.log(ap,2.73)*math.pow(ap,xp)
22 *math.log(ap,2.73)+1)))*(ap/abs(ap))*(-(yp-fxp))*math.pow(ap,xp) *math.log(ap,2.73)
23 +1/(math.sqrt(abs(math.pow(ap,xp) *math.log(ap,2.73)*math.pow(ap,xp)
24 *math.log(ap,2.73)+1)))*((xi-xf)/(abs(xi-xf)))*math.sqrt(abs(1-(ap/abs(ap)))*(-(yp-fxp))
25 *(ap/abs(ap))*(-(yp-fxp))))*((-0.18*math.sin(gamma))/(2*dr)-math.cos(gamma))
26 +(1/(math.sqrt(abs(math.pow(ap,xp)*math.log(ap,2.73)*math.pow(ap,xp)
27 *math.log(ap,2.73)+1)))*(ap/abs(ap))*(-(yp-fxp))-1/ (math.sqrt(abs(math.pow(ap,xp)
28 *math.log(ap,2.73) *math.pow(ap,xp) *math.log(ap,2.73)+1)))*((xi-xf)/(abs(xi-xf))
29 *math.sqrt(abs(1-(ap/abs(ap)))*(-(yp-fxp))*(ap/abs(ap))*(-(yp- fxp))))*math.pow(ap,xp)
30 *math.log(ap,2.73))*(math.sin(gamma) -(0.18*math.cos(gamma))/(2*dr)))

```

Fonte: os autores.



As linhas 1-7 e as linhas 8-29 do Algoritmo acima, substituirão, respectivamente, as linhas 43-51 e 66-75 do código apresentado por (MACEDO; SOUZA, 2023, p. 302-303). Assim, o professor projeta o Lumibot percorrendo o trajeto até retirar a caixa de medicamentos, com ilustra a Figura 3.

Figura 3-Trajetória do Lumibot até atingir o alvo



Fonte: os autores.

Os alunos então perceberão que a solução apresentadas por eles para este problema foi um sucesso, integrando os estudantes ao padrão de emprego do século XXI, onde eles terão a oportunidade de pensar matematicamente em solução para problemas reais. São visões defendidos Orey e Rosa (2018) e Lee e Nho (2020).

Atividade 2

A segunda atividade é uma adaptação da Atividade 1, com mudanças nas posições do Lumibot e da caixa de medicamento sobre o piso. Nesta atividade, o professor junto com o grupo de estudantes, responsável por esta atividade, concluirão que o



Lumibot encontra-se na posição $P=(0.2,1.38)$ sobre o piso, e a caixa de medicamento que caiu da esteira situa-se na posição $Q=(-1.2,0.14)$, como ilustra a Figura 4.

Figura 4 - Lumibot destacado pela seta [1] e o alvo pela seta [2]



Fonte: os autores.

O professor irá resumir o problema proposto que consiste em encontrar a trajetória para o Lumibot sair de sua posição inicial e percorrer o ambiente de trabalho até retirar, em segurança, a caixa de medicamentos levando-a para o depósito com o fundo vermelho, como ilustra Figura 4. Por sua vez, os alunos visualizando a matemática presente durante o processo, despertarão sua criatividade matemática para resolver este problema, utilizando o gráfico da função exponencial dada em (I). Isto é, utilizando a posição inicial do robô, $P=(0.21, 1.38)$, obtém-se que

$$f(0.21)=1.38, \text{ ou seja, } 1.38=a^{0.21} .$$

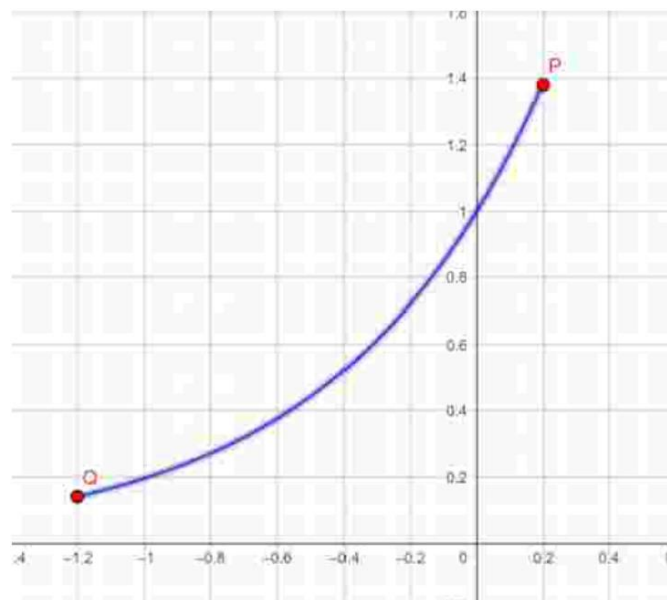


Em seguida utilizando a posição da caixa de medicamentos, $Q=(-1.2, 0.14)$, obtém-se que

$$f(-1.2)=0.14, \text{ ou seja, } 0.14=a^{-1.2} .$$

Resolvendo chega-se que $a=5.1$, e então os alunos concluem que o gráfico da função exponencial $f(x)=(5.1)^x$ representa a trajetória descrita pelo robô, como ilustra a Figura 5

Figura 5 – Gráfico da função $f(x)=5.1^x$



Fonte: os autores.

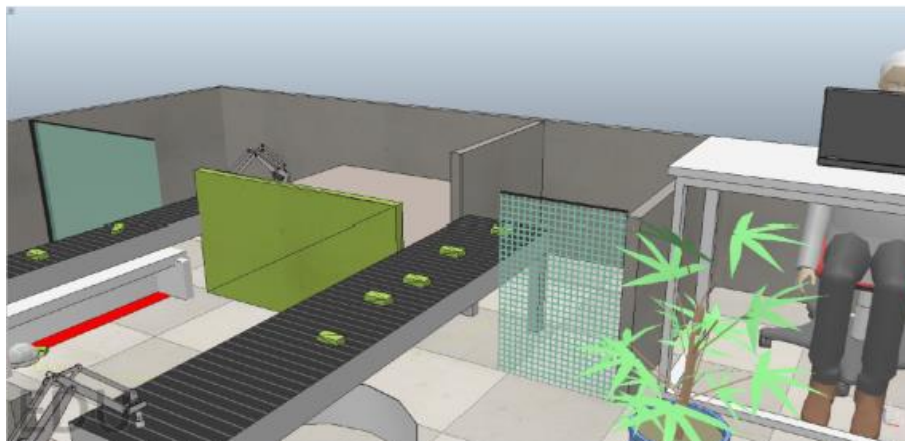
Ou seja, seguindo as notações do código o professor orienta que os alunos escrevam a função

$$fxp=\text{math.pow}(5.1, xp) .$$

Finalmente, o professor substituirá os valores $ap=5.1$, $xi=0.21$ e $xf=-1.2$ diretamente no Algoritmo 1. Em seguida projeta o cenário para que os alunos vejam que o Lumibot percorrerá o trajeto, em segurança, até retirar a caixa de medicamentos, com ilustra a Figura 6.



Figura 6-Trajetória do Lumibot até atingir o alvo



Fonte: os autores.

Desta forma, os alunos perceberão que a trajetória escolhida por eles foi um sucesso.

Chegando ao final da proposta didática, os estudantes serão avaliados não apenas por encontrarem a função correta em um tempo mínimo, pois a utilização do simulador vai muito além do que apenas encontrar o gráfico correto para o robô seguir, os estudantes serão avaliados, também, em relação à sua criatividade matemática para resolver o problema proposto. Esta avaliação pode ocorrer exatamente no momento em que é necessário encontrar os pontos ao longo do plano cartesiano para o trajeto seguro do robô. Desta forma, o professor pode aplicar dois questionários de cinco questões com múltiplas escolhas, sendo um questionário antes do desenvolvimento da sequência didática e um segundo questionário ao final do trabalho, focando para além do gráfico correto da função desejada, a identificação de pontos sobre o plano utilizando a referência métrica do piso do cenário, que são os lados de um quadrado.

4. Conclusão

Neste trabalho, através do ambiente de simulação CoppeliaSim conseguimos uma interdisciplinaridade envolvendo o conceito de funções exponenciais. Mais precisamente, através do gráfico de funções exponenciais, conseguimos apresentar uma funcionalidade para o robô Lumibot, tornando possível a solução de um problema do mundo real. Desta



forma, obtemos uma importante ferramenta que permite despertar a criatividade matemática dos alunos da educação básica, ou do público em geral, quanto ao uso de funções exponenciais. Além disso, apresentamos aos professores uma maneira de relacionar funções exponenciais com tecnologia, fazendo a ligação entre os mundos físico e digital, podendo engajar os alunos em relação ao conceito de funções exponenciais.

O algoritmo pode ser modificado, de modo interativo, permitindo aos professores usarem sua criatividade em sala de aula, aplicando o trabalho para turmas com uma quantidade maior de estudantes, colocando o professor como facilitador do processo de aprendizagem e proporcionando um ambiente criativo de construção de conhecimento.

Referências

ADAMS, Kim D.; COOK, Albert M. Performing mathematics activities with non-standard units of measurement using robots controlled via speech-generating devices: Three case studies. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, v. 12, n. 5, p. 491-503, 2017.

AHRENS, Daniela; SPÖTTL, Georg. Industrie 4.0 und Herausforderungen für die Qualifizierung von Fachkräften. In: **Digitalisierung industrieller Arbeit**. Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, 2018. p. 173-194.

AUSUBEL, David P. **The psychology of meaningful verbal learning**. 1968.

BYBEE, Rodger W. The case for STEM education: **Challenges and opportunities**. 2013. Disponível em: <https://www.nsta.org/resources/case-stem-education-challenges-and-opportunities> Acessado em: 15 jul. 2022.

BATTISTA, Michael T.; CLEMENTS, Douglas H. Students' understanding of three-dimensional rectangular arrays of cubes. **Journal for Research in Mathematics Education**, v. 27, n. 3, p. 258-292, 1996. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/pdf/749365.pdf> Acessado em: 10 mai. 2022.

BAYGIN, Mehmet et al. An effect analysis of industry 4.0 to higher education. In: **2016 15th international conference on information technology based higher education and training (ITHET)**. IEEE, 2016. p. 1-4. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=7760744> Acessado em: 02 fev. 2022.

BRAGA, Kayla Rocha; MENDES, Karla Carollyne Pereira. A ROBÓTICA NO PROCESSO DE ENSINO DE MATEMÁTICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA. **Multidebates**, v. 7, n. 1, p. 45-51, 2023. Disponível em: <http://revista.faculdadeitop.edu.br/index.php/revista/article/view/566>



Acessado em: 08 de ago. 2023.

CHALDI, Dimitra; MANTZANIDOU, Garyfalia. Educational robotics and STEAM in early childhood education. **Advances in Mobile Learning Educational Research**, v. 1, n. 2, p. 72-81, 2021.

Disponível em:

<https://www.syncsci.com/journal/AMLER/article/view/AMLER.2021.02.003>

Acessado em: 15 fev. 2023.

CHEN, Chin-Sung; LIN, Jing-Wen. A practical action research study of the impact of maker-centered STEM-PjBL on a rural middle school in Taiwan. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 17, n. Suppl 1, p. 85-108, 2019.

Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1220538> .

Acessado em: 20 mar. 2022.

DANIELA, Linda (Ed.). **Innovations, technologies and research in education**.

Cambridge Scholars Publishing, 2018.

ELBESTAWI, Mo et al. SEPT learning factory for industry 4.0 education and applied research. **Procedia manu**

facturing, v. 23, p. 249-254, 2018. GONZALEZ, Heather B.; KUENZI, Jeffrey J.

Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: **A Primer**.

Congressional Research Service, 1–15, 2012.

Disponível em: <http://www.stemedcoalition.org/wp-content/uploads/2010/05/STEM-Education-Primer.pdf>.

Acessado em: 06 fev. 2022.

GOLDONI, Elizangela KS. Matemática aplicada ao estudo da área ocupada pelo crescimento de micro-organismos como ferramenta para o ensino da função exponencial. **Revista eletrônica da Sociedade Brasileira de Matemática, Rio de Janeiro**, v. 7, n. 02, p. 166-179, 2019.

Disponível em:

https://pmo.sbm.org.br/wp-content/uploads/sites/16/dlm_uploads/2019/07/art12_vol7_2019_PMO_SBM-1.pdf

Acessado em: 08 de jan. 2022.

ISOBE, Masataka; OHTANI, Tadashi; YATA, Chikahiko . Conceptual framework of STEM based on Japanese subject principles. **International Journal of STEM Education**, v. 7, n. 1, p. 1-10, 2020.

Disponível em: <https://stemeducationjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40594-020-00205-8>

Acessado em: 20 mai. 2022.

KHANH, Tran Luong Cong; LOI, Nguyen Huu. An Analysis Of The Concept Of Exponential Functions In History And Textbooks In Vietnam. **The International Journal of Engineering and Science**, v. 9, n. 11, p. 23-28, 2020.

Disponível em:

<https://theijes.com/papers/vol9-issue11/2/B0911022328.pdf>



Acessado em: 10 de jan. 2023.

KOZÁK, Štefan et al. Research and education for industry 4.0: Present development. In: **2018 Cybernetics & Informatics (K&I)**. IEEE, 2018. p. 1-8.

KUMAR, Deepak. Introduction to special issue on robotics in undergraduate education. **Journal on Educational Resources in Computing (JERIC)**, v. 4, n. 2, p. 1-es, 2004.

LARSEN, Jørgen Christian; PEDERSEN, Bjarke Kristian Maigaard Kjær; NIELSEN, Jacob. The effect of commercially available educational robotics: A systematic review. **Robotics in Education: Current Research and Innovations 10**, p. 14-27, 2020.

LEE, Jeongmin; NOH, Jiya. Effects of robotics programming on the computational thinking and creativity of elementary school students. **Educational technology research and development**, v. 68, p. 463-484, 2020.

LIMA, Elon Lages. **Números e funções reais**. Sociedade Brasileira de Matemática. Rio de Janeiro: SBM, 2013.

MACEDO, Cássio Lima; SOUZA, Cleidinaldo Aguiar. Função polinomial do segundo grau com o Lumibot-CoppeliaSim, **Revista do Professor de Matemática Online**, v. 11, n. 02, p. 295-314, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.21711/2319023x2023/pmo1118>
Acessado em: 06 de ago. 2023.

MALEC, Jacek. Some thoughts on robotics for education. In: **2001 AAAI spring symposium on robotics and education**. Menlo Park, CA, USA: AAAI, 2001.

MOREIRA, Marília Maia et al. CONTEXTUALIZAÇÃO DIDÁTICA DA FUNÇÃO EXPONENCIAL. **Revista Docentes**, v. 6, n. 15, p. 28-37, 2021.
Disponível em: <https://revistadocentes.seduc.ce.gov.br/revistadocentes/article/view/362>
Acessado em: 10 de jun. 2022.

MUÑOZ, Lilia et al. La robótica educativa, una herramienta para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las tecnologías. 2012.
Disponível em: <https://rida2.utp.ac.pa/handle/123456789/4919>
Acessado em: 14 de jul. 2022.

NAYA, Martin et al. A versatile robotic platform for educational interaction. In: **2017 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS)**. IEEE, 2017. p. 138-144. Disponível em: http://idaacs.net/storage/conferences/2/abstracts/i17-052-camera_ready.pdf.
Acessado em: 18 abr. 2022.

NUNES, Tamires Fernanda Barbosa et al. Perspectivas da robótica como recurso pedagógico aplicada a educação 4.0: Uma análise bibliométrica sobre robótica



educacional. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. 1-14, 2021.

Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/13889>.

Acessado em: 12 abr. 2022.

PAPERT, Seymour. Children, computers and powerful ideas. **Harvester Press (United Kingdom)**. DOI, v. 10, p. 978-3, 1980.

PARK, W. et al. The nature of STEM disciplines in the science education standards documents from the USA, Korea and Taiwan: Focusing on disciplinary aims, values and practices. **Science & Education**, v. 29, p. 899-927, 2020. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-020-00139-1> . Acessado em: 02 mar. 2022.

OREY, Daniel Clark; ROSA, Milton . STEM education in the Brazilian context: An ethnomathematical perspective. **STEM education in the junior secondary: The state of play**, p. 221-247, 2018. Disponível em:

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-5448-8_11 .

Acessado em: 14 mar. 2022.

SALA-SEBASTIÀ, Gemma et al. Didactic–mathematical–computational knowledge of future teachers when solving and designing robotics problems. **Axioms**, v. 12, n. 2, p. 119, 2023 .

SELVI, Mahmut; YILDIRIM, Bekir. Examination of the effects of STEM education integratedas a part of science technology society and environmentcourses. **Journal of human sciences**, v. 13, n. 3, 2016. Disponível em:

<https://avesis.gazi.edu.tr/yayin/f3a35b99-cc1d-4f50-b75c-ba09f4501b5b/examination-of-the-effects-of-stem-education-integratedas-a-part-of-science-technology-society-and-environmentcourses/document.pdf> .

Acessado em: 18 jul. 2022.

STRUYF, Annemie et al. Students engagement in different STEM learning environments: integrated STEM education as promising practice?. **International Journal of Science Education**, v. 41, n. 10, p. 1387-1407, 2019.

TAKACS, Arpad et al. Teacher's kit: Development, usability, and communities of modular robotic kits for classroom education. **IEEE Robotics & Automation Magazine**, v. 23, n. 2, p. 30-39, 2016.

TOMPERI, Päivi et al. Investigation of STEM subject and career aspirations of lower secondary school students in the north calotte region of Finland, Norway, and Russia. **Education Sciences**, v. 12, n. 3, p. 192, 2022.

Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-7102/12/3/192> .

Acessado em: 06 jan. 2023.

Recebido em: 17 / 08 / 2023

Aprovado em: 14 / 04 / 2024