

ROBÓTICA EDUCACIONAL EM UMA UEPS PARA O ENSINO DE ESTÁTICA

Educational robotics in a (PMTU) for teaching statics

Jucelino Cortez [jucelinocortez@gmail.com]

Roberto Wiest [robertow.wiest@gmail.com]

Alexandre Tagliari Lazzaretti [alexandre.lazzaretti@ifsul.edu.br]

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense – Campus Passo Fundo Perimetral Sul – Passo Fundo (RS)

Recebido em: 03/10/2023

Aceito em: 11/05/2024

Resumo

Este artigo descreve o desenvolvimento e os resultados obtidos de uma pesquisa voltada para a construção e a aplicação de uma unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS) desenvolvida na disciplina de Física, junto a uma turma do segundo ano do curso Técnico em Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, campus de Passo Fundo, utilizando-se, como principal recurso, o kit de robótica educacional LEGO. As motivações para esta iniciativa residem na perspectiva de que a robótica educacional pode contribuir com a promoção de um ensino de física mais atrativo, contextualizado, coerente com a realidade dos estudantes e próximo das tecnologias que permeiam o universo da educação. A metodologia utilizada foi norteada pelas teorias da pesquisa qualitativa, com procedimentos bibliográficos, de pesquisa-ação e experimentais. Os resultados desta pesquisa foram obtidos por meio da aplicação da UEPS e da análise de questionários abertos. Foi possível identificar junto ao engajamento e o interesse dos estudantes, o desenvolvimento da capacidade de relacionar a física com o cotidiano, o protagonismo e a iniciativa de enfrentar os desafios, reafirmando a importância dessas iniciativas em prol da melhoria do ensino da física.

Palavras-chave: Estática de corpo extenso; aprendizagem significativa; Unidade de ensino potencialmente significativa.

Abstract

This article describes the development and results obtained from research focused on the construction and application of a Potentially Meaningful Teaching Unit (PMTU) developed in the Physics discipline, alongside a second-year class of the Mechanical Technical Course at the Federal Institute of Education, Science, and Technology of Rio Grande do Sul, Passo Fundo campus, using the main resource of the LEGO educational robotics kit. The motivations for this initiative lie in the perspective that educational robotics can contribute to promoting a more engaging, contextualized, and reality-based physics education that is closely aligned with students' experiences and the technologies prevalent in the realm of education. The methodology employed was guided by qualitative research theories, involving bibliographical, action research, and experimental procedures. The results of this research were attained through the application of the PMTU and the analysis of open-ended questionnaires. It was possible to identify, in conjunction with student engagement and interest, the development of the ability to relate physics to everyday life, fostering student agency and the initiative to tackle challenges, thereby reaffirming the significance of such initiatives for the enhancement of physics education.

Keywords: Extended body statics; meaningful learning; Potentially Meaningful Teaching Unit

Introdução

O cenário tecnológico em que a humanidade está inserida na atualidade, ao mesmo tempo que convida, impõe uma realidade de novos saberes, em demandas que, na maioria das situações estão distantes dos conteúdos trabalhados nas escolas. Este distanciamento entre os contextos sociais e a escola já era descrito por Postman e Weingartner (1969) e, com o passar das décadas, vivenciando agora a chamada “terceira revolução tecnológica”, essa realidade se acentua e contribui para a desmotivação por parte dos estudantes.

No ensino da Física, junto à educação básica, este abismo ganha proporções ainda maiores, quando evidenciamos, conforme os estudos do pesquisador Marco A. Moreira, que as metodologias utilizadas na maioria das escolas têm suas raízes nas teorias educacionais propostas a mais de meio século. O resultado deste processo nos remete a um modelo de ensino baseado na memorização de fórmulas, resolução de exercícios e reprodução mecânica de procedimentos (Moreira, 2001).

Visando amenizar essa realidade, desde a publicação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação, em 1996, diversos documentos oficiais, como os Parâmetros Curriculares Nacionais de 1998, as Orientações Curriculares Nacionais de 2006, as Diretrizes Curriculares Nacionais de 2013 e, atualmente, a Base Nacional Comum Curricular, orientam para um ensino de física pautado por metodologias interdisciplinares, contextualizadas, temáticas, com a valorização do uso de recursos tecnológicos que aproximem a educação da realidade dos educandos. Segundo esse documento:

[...] Os processos e práticas de investigação merecem também destaque especial nessa área. Portanto, a dimensão investigativa das Ciências da Natureza deve ser enfatizada no Ensino Médio, aproximando os estudantes dos procedimentos e instrumentos de investigação, tais como: identificar problemas, formular questões, identificar informações ou variáveis relevantes, propor e testar hipóteses, elaborar argumentos e explicações, escolher e utilizar instrumentos de medida, planejar e realizar atividades experimentais e pesquisas de campo, relatar, avaliar e comunicar conclusões e desenvolver ações de intervenção, a partir da análise de dados e informações sobre as temáticas da área (Brasil, 2018, p. 550).

Todas estas orientações estão próximas das teorias construtivistas, onde destacamos as teorias Ausubelianas sobre aprendizagem significativa e as proposições para o uso da robótica educacional. Segundo Ostermann e Cavalcanti (2011), a aprendizagem significativa caracteriza-se pela assimilação de conhecimentos por parte do educando, de forma não arbitrária e sim, relacionada com outros conhecimentos que o educando já possui. Como uma das formas para construção desse processo, Moreira (2011) sugere o uso de sequências didáticas conhecidas como “Unidades de Ensino Potencialmente Significativas” (UEPS).

Ainda numa vertente construtivista, a Robótica Educacional (RE), com origens na década de 1960, surge como uma metodologia de ensino voltada para a valorização do interesse do educando pela tecnologia e pelos recursos tecnológicos disponíveis (Santos & Silva, 2020). Para Afari e Khine (2017), a robótica é uma área multidisciplinar que inclui o projeto, a montagem e uso de robôs aplicados aos princípios de engenharia, computação, matemática, física, entre outros, sendo útil como ferramenta para o desenvolvimento de habilidades cognitivas e sociais, bem como para o aprendizado de temas interdisciplinares.

Assim, diante desse contexto de aproximações, emergem as motivações para esta pesquisa: Como a robótica educacional junto a uma UEPS podem promover, junto à disciplina de Física, o ensino de estática do ponto material, de uma forma mais atualizada, atrativa e próxima do educando?

Para desenvolver este estudo, optou-se por uma pesquisa de característica qualitativa, com procedimentos bibliográficos, experimentais e de pesquisa-ação (Gerhardt & Silveira, 2009), com a aplicação de uma sequência didática durante as aulas de Física. O *locus* escolhido para a aplicação da

atividade foi uma turma do segundo ano do ensino médio do curso Técnico em Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSUL), *campus* de Passo Fundo (RS).

Na sequência deste texto, apresentamos os referenciais teóricos e metodológicos utilizados, descrevendo, a seguir, o desenvolvimento e a análise dos resultados da UEPS, encerrando com nossas considerações finais.

A aprendizagem significativa e o uso da UEPS

A teoria da aprendizagem significativa surgiu junto à corrente cognitivista das teorias de aprendizagem, fundamentada no princípio de que o estudante atribui significado à realidade, em um processo onde, cada nova informação se conecta, de modo não arbitrário, à estrutura cognitiva deste aprendiz (Moreira, 2011).

O conceito de aprendizagem significativa foi idealizado por David Ausubel e, de forma prática, ocorre quando oferecemos ao educando uma nova informação, a qual já está ancorada em outros conhecimentos que esse indivíduo possui e que servem, no caso, de suporte para novas relações e novos saberes. Assim, como definiu Ausubel, tais saberes são definidos como “conhecimentos prévios” e servem de ancoradouro para as novas informações. Quando esses conhecimentos são úteis para tal aquisição, eles são chamados de subsunçores (Ausubel, 2003).

Conforme Moreira (2011), para promovermos uma aprendizagem significativa, precisamos considerar duas situações: na primeira, faz-se necessário despertar no aluno o interesse pelo aprendizado, para que ele tenha disposição a aprender; na segunda, que disponibilize-se um material instrucional “potencialmente significativo”, ou seja, é necessário que esse material valorize mais as relações entre os novos conhecimentos e os já existente nas construções lógicas e nas experiências dos estudantes, em detrimento ao incentivo da memorização superficial de conteúdos, comum na aprendizagem mecânica.

Pensando nessa perspectiva, de despertar no aluno o interesse pelo conhecimento e proporcionar um material que contribua para a aprendizagem significativa, surgem, no ventre da aprendizagem significativa, as “Unidades de Ensino Potencialmente Significativas” (UEPS) que, segundo Moreira (2011), são sequências didáticas norteadas pelas teorias cognitivistas de Ausubel. A fim de organizar o desenvolvimento de uma UEPS, Moreira recomenda que esta siga, de forma sequencial, oito passos, dispostos na tabela 1.

Tabela 1. Etapas da UEPS

ETAPAS DA UEPS	CARACTERÍSTICAS DA ETAPA
Definição de Tópicos	Identificação e contextualização do tema a ser abordado
Identificar Conhecimentos Prévios	Promoção de atividade que permita aos estudantes externarem seus conhecimentos sobre o tema.
Propor situação problema	Apresentação de uma situação, em nível introdutório, que motive os estudantes a utilizarem seus conhecimentos para solucionarem um determinado problema envolvido na situação.
Diferenciação Progressiva	Abordagem de conceitos e de teorias que, partindo de uma análise mais inicial e superficial, chegue ao estudo dos fenômenos relacionados à situação apresentada.
Complexidade	Análise mais aprofundada da situação, envolvendo grandezas e condições mais complexas, valorizando a abstração e o aprofundamento de conteúdos.

Reconciliação Integradora	Retomada de análise das situações vivenciadas, utilizando-se dos conhecimentos discutidos durante as etapas de diferenciação progressiva e de complexidade.
Avaliação	Processo desenvolvido de forma concomitante com as demais etapas, de forma contínua e progressiva, valorizando questões coletivas e individuais, por diferentes recursos.
Efetividade	Análise da qualidade da atividade por meio de evidências de aprendizagem significativa junto aos estudantes.

Fonte: Moreira (2011).

Ainda, segundo Moreira (2011), estes passos não devem ser entendidos como um roteiro engessado e rígido para a organização das práticas docentes, e sim, visa proporcionar um modelo a ser incrementado por novas situações, com adequação de metodologias e recursos, visando assim, tornar “potencialmente significativo” o material instrucional e a sequência didática aplicada.

O uso do LEGO Mindstorms na Robótica Educacional

A robótica educacional pode ser entendida como um recurso didático que envolve o desenvolvimento de habilidades sociais e educacionais, com foco em atividades e tarefas práticas (projetar, construir e programar), visando tornar o aprendizado divertido e desafiador (Souza et al., 2018; Afari & Khine, 2017). Além disso, a RE facilita a aceitação e adaptação à mudança constante impulsionada por ambientes complexos e o uso do conhecimento em situações reais e em diferentes contextos (Eguchi, 2014). Tais proposições, conforme os estudos de Jung e Won (2018), contribuem para o engajamento e para o comprometimento dos estudantes, facilitando nestes, o interesse pela atividade experimental. Para Chaudhary e seus colaboradores (2016), esse engajamento torna-os construtores da sua própria aprendizagem, superando o modelo clássico de ensino baseado na transmissão passiva de informações.

Segundo Moraes (1993), as primeiras pesquisas no Brasil, envolvendo a RE, ocorreram em 1976, na Universidade Estadual de Campinas, em torno do uso da linguagem e do ambiente LOGO. No decorrer dos anos esses estudos se ampliaram, possibilitando a realização de projetos educacionais, como o ROBO+EDU, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tais iniciativas, mesmo que limitadas, permitiram que a RE chegasse às escolas de educação básica de forma prática e efetiva.

Em experimentos de RE é necessário escolher um sistema físico que atenda aos requisitos acadêmicos e práticos do conceito de ensino. O LEGO Mindstorms é um exemplo desse recurso, podendo ser caracterizado como uma ferramenta flexível e de fácil utilização, por permitir a adição de componentes físicos (blocos de construção) e software (programação), possibilitando o desenvolvimento de experiências educativas em diferentes níveis de ensino (Souza et al., 2018). Ainda, cabe destacar que o LEGO Mindstorms é uma das plataformas robóticas mais utilizadas para fins educacionais, sendo um software versátil e atraente, possui um ambiente de programação gráfico e inclui uma variedade de sensores e atuadores que são úteis para testar aplicações robóticas (Afari & Khine, 2017; Chaudhary et al., 2016).

É importante destacar, conforme Ding, Li e Pan (2017), que esse recurso é utilizado principalmente para o desenvolvimento de aplicativos educacionais básicos e, em menor escala, para o ensino de robótica, controle, modelagem, programação e sistemas integrados na graduação. Porém, Afari e Khine (2017) argumentam que para além dessas utilidades, o LEGO Mindstorms EV3 pode contribuir na integração dos currículos e na interdisciplinaridade, por meio estratégias metodológicas

que utilizem a robótica como uma ferramenta eficaz para o ensino de disciplinas que integram conteúdos de diferentes áreas, como física, química e matemática.

Procedimentos Metodológicos

Apesar da RE não ser comum nas escolas brasileiras (Azevedo et al., 2010), ao olharmos para uma minoria que oferece tais metodologias e recursos, encontramos com certa facilidade os Kits da LEGO. Nesses kits são oferecidas diversas sugestões para a construção de diferentes protótipos, voltados para eventos envolvendo movimento de carrinhos, içamento de massas, diferenciação de cores e sons, entre outros.

Junto a essa minoria estão os Institutos Federais, que, geralmente, utilizam desses materiais em aulas de disciplinas específicas de informática, visando desenvolver conteúdos relacionados à lógica e programação. Assim, diante desta realidade, onde cada vez mais, deve-se superar a fragmentação de saberes disciplinares, diminuir a distância entre as disciplinas específicas e as de cunho propedêutico, por meio de um ensino interdisciplinar e, da questão que serve de mote para esta iniciativa, construiu-se uma sequência didática para ser aplicada a uma turma de quinze alunos, do segundo ano do curso Técnico em Mecânica, na disciplina de Física, para o ensino de estática de corpo extenso.

A metodologia utilizada para a pesquisa foi norteada por uma abordagem qualitativa, por considerar, conforme Minayo (2001), que trabalhamos com um universo de significados, valores e atitudes que não podem ser quantificados, onde a busca volta-se para o entendimento dos contextos e das relações entre os educandos e o conhecimento científico abordado. Em uma primeira etapa, a pesquisa seguiu o procedimento bibliográfico (Fonseca, 2002), caracterizado pelo levantamento de informações e relações junto a artigos científicos, livros teses e dissertações, procurando aprofundar o entendimento sobre a elaboração da UEPS, de forma a potencializá-la pelo uso da robótica educacional para o ensino da estática.

Após esse primeiro estudo, onde planejou-se uma forma de inserir o uso do kit entre as etapas da UEPS, deu-se início a segunda etapa da pesquisa, com procedimento de pesquisa-ação, que segundo Fonseca (2002), merece tal definição por fazer do pesquisador um ator que vai além do papel de observador, tornando-o integrante ativo das metodologias a serem desenvolvidas, contribuindo e alterando a ação de todos os envolvidos na pesquisa. Nessa etapa os professores/pesquisadores da disciplina de Física e de Informática Aplicada adotaram a UEPS, disposta na forma de oficina realizada no laboratório de física, ocupando um período de quarenta e cinco minutos por semana, durante quatro semanas, seguindo os passos orientados conforme nosso referencial teórico.

A Construção Do Guindaste

Para potencializar a aplicação da UEPS, conforme exposto, buscou-se utilizar a experimentação por meio da robótica educacional. Para a elaboração do protótipo para o estudo da estática de corpo extenso, utilizou-se um kit da Lego, composto por um variado número de peças e de sensores para diferentes possibilidades. Para adequar o protótipo ao estudo pretendido, seria necessário um modelo que permitisse alterar a massa do objeto a ser içado e variar ângulo entre a o vetor peso do corpo içado e a direção da distância entre o ponto de aplicação dessa força e o ponto de apoio. Para isso construiu-se o modelo apresentado na figura 1.

É importante destacar que a atividade não visava desenvolver aspectos relacionados à programação e dessa forma, os educandos receberam o robô previamente construído e programado para atender uma série de comandos conforme orientação dada aos alunos.

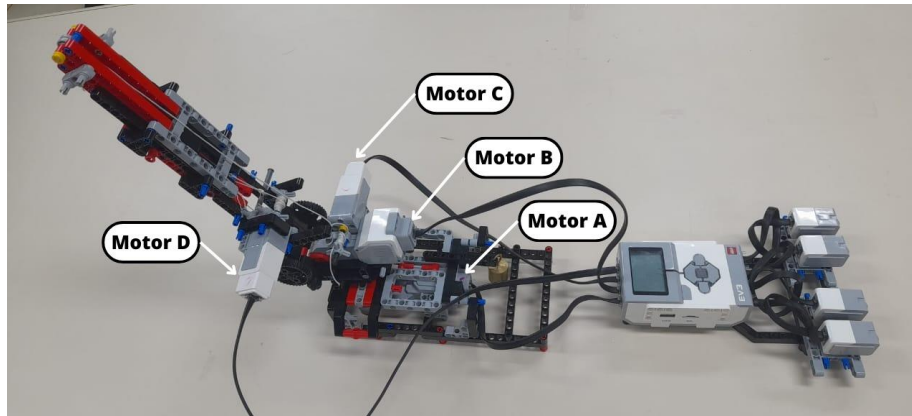


Figura 1. Protótipo de guindaste

Fonte: dos autores.

Para construção do robô optou-se por uma configuração com quatro motores: o primeiro, responsável pela rotação do guindaste (motor A); o segundo, responsável pela variação do ângulo da lança (motor B); o terceiro, responsável pela variação do comprimento do cabo (motor C) e por fim, o quarto, responsável pela variação do comprimento da lança (motor D). Este último precisou de uma adaptação, construída pelos pesquisadores, criando um trilho para o deslocamento da extensão da lança e um sistema com barbante para acoplar o eixo do motor com o comprimento da extensão.

Com relação a programação utilizou-se o Classroom, o ambiente de desenvolvimento do LEGO Mindstorms (Figura 2). Esta ferramenta fornece uma paleta (a) que contém os blocos, como motores, movimentos, controles, sensores, declarações iterativas ou condicionais entre outros, que podem ser arrastadas/soltadas na área de trabalho (b). Também, permite compilar os programas e transferi-los para o robô (c) através de uma conexão USB ou bluetooth.

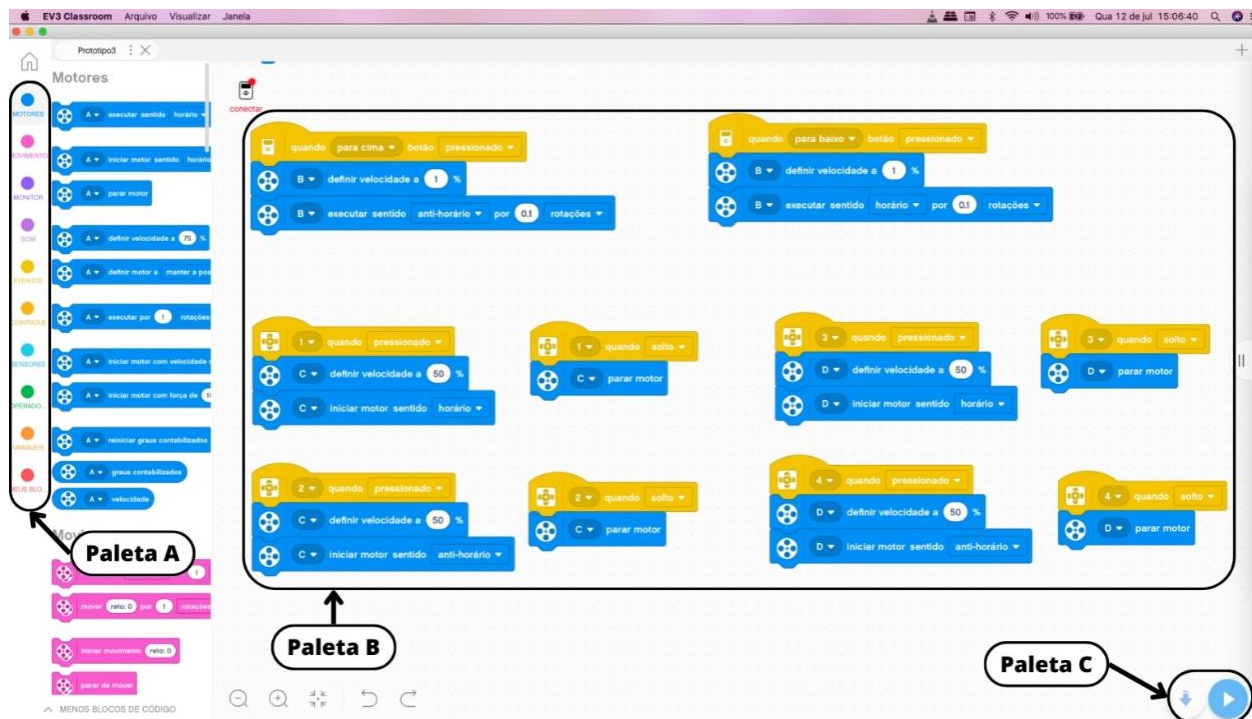


Figura 2. Ambiente de desenvolvimento *Classroom*

Fonte: dos autores.

Com essa programação foi possível oferecer aos educandos oito controles (figura 3) que orientavam o trabalho dos motores, permitindo assim a variação das grandezas que implicam na análise do conteúdo proposto.

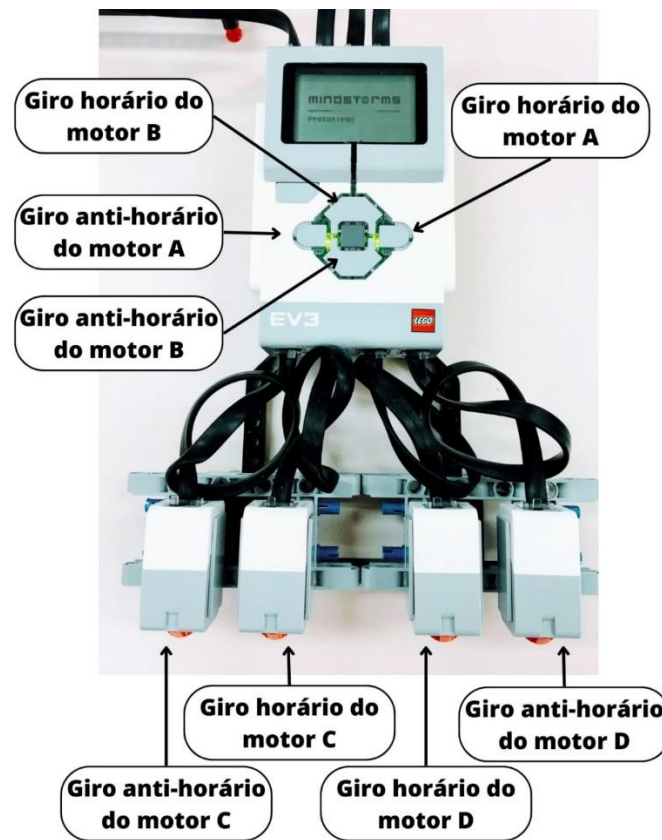


Figura 3. Controladora do Lego EV3

Fonte: dos autores.

A aplicação da UEPS

Primeira Etapa – Situação inicial

O primeiro encontro foi utilizado para a apresentação da proposta do trabalho, da metodologia a ser utilizada e para a organização de 5 grupos de alunos com 3 integrantes em cada.

Como forma introdutória da temática, os alunos foram convidados a visualizar uma sequência de vídeos e fotos apresentando o funcionamento dos guindastes ao elevar uma determinada carga (figura 4), incluindo ainda nas apresentações alguns acidentes relacionados à temática (figura 5). Em seguida, os professores propuseram algumas discussões sobre qual a “física” envolvida nos eventos, dando espaço a relatos e indagações relativos aos fatos observados e ao cotidiano de cada educando.



Figura 4. Guindaste trabalhando

Fonte: dos autores.



Figura 5. Acidente com guindaste

Fonte: dos autores.

Segunda Etapa –Investigação dos conhecimentos prévios

Ainda no primeiro encontro, como uma forma de identificar os conhecimentos prévios dos estudantes, os professores ofereceram uma série de perguntas (tabela 2) sobre o funcionamento dos

guindastes, sua capacidade de carga, de elevação e possíveis motivos para a ocorrência dos acidentes visualizados. Nesta etapa as perguntas foram feitas de forma coletiva, para que todos os educandos, em seus respectivos grupos pudessem debater e opinar, motivados pelas indagações por parte dos pesquisadores, a fim de obter uma resposta coletiva.

Tabela 2. Perguntas propostas

1 – Existem fatores que limitam a capacidade de carga do guindaste? Quais?
2 – Existem fatores que limitam a altura para elevação da carga do guindaste? Quais?
3 - Quais são as principais forças que atuam sobre o corpo do guindaste durante a operação de levantamento de carga?
4 - A altura da carga içada por um guindaste pode influenciar na sua estabilidade durante o levantamento de carga?
5 – Quais as grandezas físicas que devem ser levadas em consideração para estimar os limites de carga e de altura do içamento de um guindaste?
6 – Qual o principal motivo dos acidentes visualizados com o içamento das cargas?

Fonte: dos autores

As respostas desse primeiro encontro foram transcritas por cada grupo e entregue ao final do encontro.

Terceira Etapa - Situação-problema

Após estas motivações iniciais, já no segundo encontro, os estudantes tiveram o primeiro contato com o protótipo do guindaste construído pelos pesquisadores (Figura 1), bem como o ambiente de desenvolvimento (Figura 2) para o funcionamento do protótipo.

O equipamento, planejado e construído para esta atividade, foi desenvolvido pelos pesquisadores para esta atividade, mediante adaptações e arranjos, contando com quatro motores, responsáveis por quatro movimentos sendo: Motor A, responsável pelo giro do guindaste; Motor B, responsável pela regulagem do ângulo da lança do guindaste; Motor C, responsável pela regulagem da extensão da lança do guindaste e o Motor D, responsável pela regulagem do comprimento do cabo de tração do guindaste (Figura 1).

Nesta etapa os estudantes receberam quatro situações-problemas, com níveis crescentes de dificuldade, a serem realizadas por intervenção com tempo definido de quinze minutos para cada grupo. Cada grupo tinha uma única tentativa para realizar cada um dos desafios, conforme tabela 3.

Tabela 3. Lista de desafios

1 – Utilizando o guindaste, eleve a massa 1 na altura 1.
2 - Utilizando o guindaste, eleve a massa 1 na altura 2.
3 – Utilizando o guindaste, eleve a massa 2 na altura 1.
4 – Utilizando o guindaste, eleve a massa 2 na altura 2.

Fonte: dos autores

Cabe destacar nesta etapa que os valores das massas e das alturas (Figura 6), foram previamente analisadas de forma que o sucesso do primeiro e do segundo desafio ocorriam sem maiores dificuldades, não requerendo adequação de ângulos específicos para a lança a fim de evitar tombamento do guindaste.

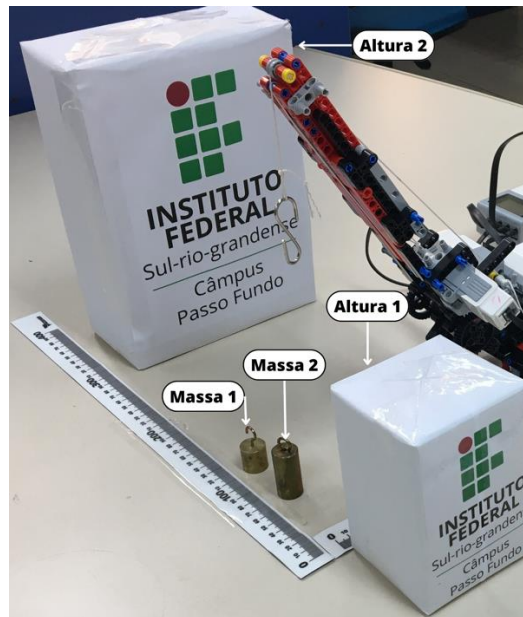


Figura 6. Ambiente de trabalho do guindaste

Fonte: dos autores.

Para a realização do terceiro desafio surgiram dificuldades que impossibilitavam a elevação da massa caso o braço estivesse estendido numa direção próxima à horizontal, o que provocaria o tombamento do protótipo.

No quarto desafio os problemas aumentaram ainda mais, pois além de começar o içamento com o braço recolhido, devido ao valor da massa utilizada, também se fazia necessário estender a lança, devido à altura, o que novamente implicava em alto risco de tombamento (Figura 7).



Figura 7. Guindaste tombado.

Fonte: dos autores.

Após as tentativas, os três grupos tiveram sucesso apenas nos dois primeiros desafios, ficando a impressão, conforme relatos dos estudantes, que os demais desafios eram impossíveis de serem executados.

Quarta Etapa – Diferenciação Progressiva

Para o terceiro encontro os estudantes foram convidados a rever as imagens e os vídeos sobre o funcionamento e sobre os acidentes envolvendo os guindastes. Após essa contextualização os professores instigaram os educandos a identificar diferenciações entre o peso das cargas envolvidas,

o comprimento da lança em cada situação e o ângulo que a lança formava com a vertical. Com o entendimento das consequências provocadas pela variação de cada uma dessas grandezas, foi possível tecer a noção de uma nova grandeza: o momento.

Para os educandos, essa nova grandeza desvelou novos ares. Conseguiram visualizar, ao retomarmos as imagens, que, mantendo outras grandezas constantes, quanto maior o comprimento da lança, maior o momento, ou quanto maior o peso da carga, maior o momento, ou ainda, quanto maior o ângulo entre a lança e a vertical, maior o momento (figura 8).

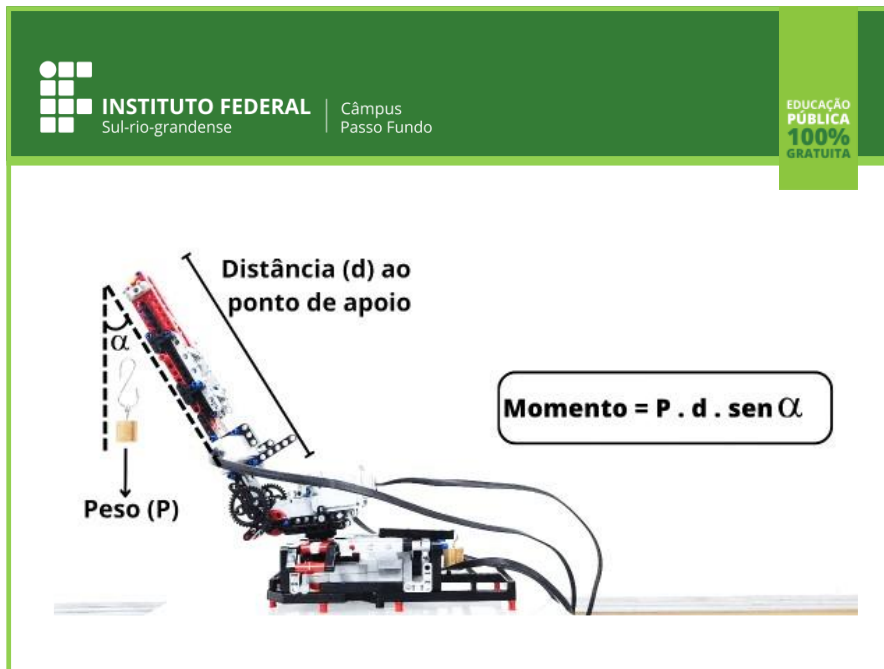


Figura 8. Análise das grandezas relacionados ao momento.

Fonte: dos autores.

Com esta atividade estava criada a chamada diferenciação progressiva, momento em que os educandos passaram a ver, conforme respostas dadas no questionário inicial, que a capacidade de içamento do guindaste não depende somente do peso do corpo e sim, do momento que esse peso causa. Porém, faltava ainda entender qual o máximo momento que o guindaste suporta e quais motivos para tal limitação.

Quinta Etapa – Complexidade

Ainda nesse terceiro encontro os professores abordaram a condição necessária para a manutenção do equilíbrio do guindaste, motivando análises sobre o momento causado pelo próprio peso do guindaste (Figura 9) e a necessidade de não permitir que o momento da carga içada ultrapassasse o momento do peso do guindaste. A condição de equilíbrio de rotação do corpo estenso por meio do somatório de momentos estava em discussão e com certa naturalidade os educandos concluíram que tal somatório deveria ter resultante nula.

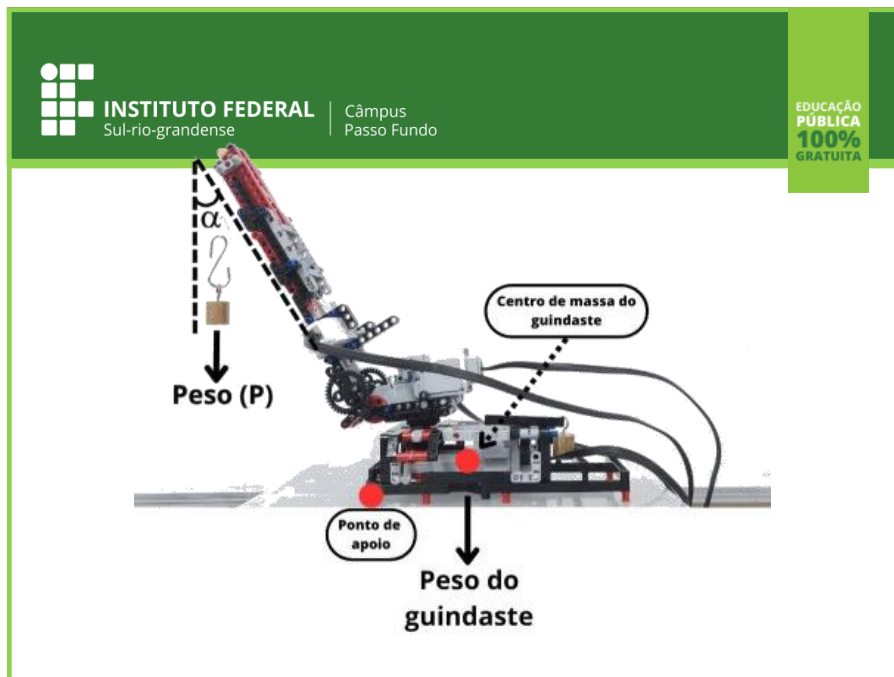


Figura 9. Análise de somatório dos momentos.

Fonte: dos autores.

Sexta Etapa – Reconciliação Integradora

É chegado o momento de promover a chamada reconciliação integradora. No quarto encontro os estudantes foram convidados a retomar os quatro desafios iniciais, podendo agora relacionar as análises realizadas nas etapas anteriores, envolvendo as grandezas momento, peso, comprimento da lança e o ângulo entre a lança e a direção vertical. Nesta segunda tentativa os estudantes tiveram uma postura técnica e criteriosa, mediada pela análise e, nos terceiros e quartos desafios, pelo cálculo do momento em cada movimento (figura 10). Com o cuidado relativo aos valores do momento do peso da carga em cada desafio, quatro grupos conseguiram alcançar os quatro desafios no tempo estipulado, sendo que apenas um dos grupos precisou de um acréscimo de tempo para a conclusão dos trabalhos. Após a realização dos desafios, os grupos foram convidados a retomar as questões do primeiro encontro, motivados pelos pesquisadores a tecerem novas análises a fim de construir novas respostas para as questões.



Figura 10. Reconciliação integradora.

Fonte: dos autores.

Sétima Etapa – Avaliação da Aprendizagem

Nesta etapa, foi adotado um modelo de avaliação contínua e progressiva do entendimento das grandezas e dos fenômenos analisados. A avaliação se dividiu em três partes: a primeira, feita por meio da participação e do interesse na análise de cada evento e na construção das relações entre as grandezas que remetem à grandeza momento. A segunda, baseada na segunda tentativa de realizar os desafios com o protótipo, observando itens como o trabalho em equipe e a capacidade de relacionar os conceitos físicos com a situação real. A terceira parte da avaliação, que também serviu como forma de avaliação da própria UEPS, foi organizada na forma de retomada das questões apresentadas no início da UEPS, expostas nesse artigo na tabela 2.

Oitava Etapa – Avaliação da UEPS

De posse das novas respostas e dos comentários tecidos pelos educandos após a realização da UEPS foi possível avaliar o êxito dessa iniciativa, tendo por metas, em primeiro lugar, o despertar do interesse pela disciplina de física e, em segundo lugar e não menos importante, o entendimento dos educandos quanto ao conhecimento científico proposto.

Análise dos resultados

Conforme exposto na sétima etapa da aplicação da UEPS, os resultados desta atividade foram obtidos, principalmente, pela análise da forma com que os estudantes realizaram as tentativas de superar os desafios propostos e pelas respostas do questionário, tanto no início quanto no final da UEPS. De posse dessas informações foi possível estabelecer comparações do tipo “pré-teste x pós-teste”, procurando assim, identificar o entendimento do tema por parte dos estudantes.

No primeiro questionário, nas questões 1 e 2, relativas à capacidade de carga e aos fatores que implicam na altura máxima de içamento, todos os grupos apresentaram respostas relacionadas unicamente ao peso da carga e à “força” do motor do guindaste.

Merece destaque neste ponto, a percepção sobre a grandeza força que dois grupos tiveram ao mencionar: “o peso que o guindaste ergue depende só da força do motor” (grupo 2) e “a altura que o guindaste ergue a carga depende do peso dessa carga e da força do motor” (grupo 4). Ao serem instigados a explicar a resposta, os estudantes desses grupos argumentaram que “quanto mais força tem o motor, mais ergue e mais peso suporta” (grupos 2 e 4).

Percebe-se nestas respostas uma certa confusão relacionada ao conceito de força, à compreensão da terceira Lei de Newton e às grandezas energia e potência, mesmo tratando-se de uma turma que já estudou dinâmica Newtoniana.

Na questão 3, relativas às forças que atuam no guindaste durante o içamento, apenas um grupo mencionou, além do peso da carga içada, o próprio peso do guindaste e a força de sustentação do chão, além da força relativa ao peso da carga. Os demais grupos mencionaram somente o peso da carga que estava sendo içada.

Nas questões 4 e 5, onde questionava-se a relação da altura de içamento de carga e quais as grandezas físicas que deveriam ser consideradas no evento, alguns estudantes mencionaram em suas falas que a altura deveria interferir na estabilidade, mas foram “vencidos” pelos demais participantes de seus respectivos grupos, por meio de argumentações que somente consideravam o peso da carga içada e a “força” do motor. Assim, todos os grupos acabaram respondendo no questionário inicial que a altura não interfere na estabilidade do guindaste e que as grandezas físicas que devem ser levadas

em consideração são apenas o peso da carga içada e a “força” do motor do guindaste. Em nenhum momento os grupos ponderaram que o próprio peso do guindaste, mencionado em outras respostas, seria uma grandeza a ser considerada como um fator de limitação.

A questão 6, tratando da causa dos acidentes observados nas imagens e nos vídeos, proporcionou o momento de maior discussão entre os estudantes. Novamente, foi possível observar que alguns participantes argumentavam que o motivo dos acidentes estava relacionado à altura de içamento, ponderando que “quanto maior a altura de elevação da carga, maior o risco de tombamento”. Também surgiu entre as argumentações, dentro dos grupos, opiniões sobre a relação de distância entre o guindaste e o local de alocação da carga. Nesse ponto alguns alunos mencionaram: “quanto mais longe do guindaste, maior a chance de tombar”, demonstrando uma clara alusão ao início da concepção da grandeza momento. Mesmo assim, nem todas as argumentações dentro os grupos, se sustentaram ao ponto de tornarem-se a resposta do grupo, predominando na maioria dos grupos a explicação que remetia o motivo dos acidentes ao fato de ter-se “o peso das cargas maior que o peso do guindaste” (grupo 1, 3 e 4) ou “o peso da carga maior que a força do motor” (grupo 1, 2 e 5).

Essa forma de discussão entre os pares, segundo Moreira (2011), é válida quando proporcionamos um ensino centrado no aluno por meio de atividades colaborativas. Conforme esse pesquisador, tais atividades valorizam o protagonismo do educando, desenvolve potencialidades em torno da construção do conhecimento, superando o modelo comportamentalista de educação baseada na concepção de que o erro é algo prejudicial para a formação do educando.

Conforme exposto na sequência da UEPS, depois dessa etapa de identificação dos conhecimentos prévios, os estudantes vivenciaram as demais etapas, chegando à etapa da “reconciliação integradora”. Foi possível observar nesse encontro uma mudança na postura dos estudantes, em todos os grupos, quanto ao tratamento do fenômeno. Nessa etapa, todos os participantes trataram do evento com uma complexidade que, em alguns momentos, ultrapassava até a construção do protótipo.

O uso da robótica educacional nessa atividade foi de grande valia na construção do entendimento sobre a estática de corpo extenso. A experimentação proporcionou para os educandos a possibilidade de aproximar os conceitos e as teorias aos eventos do nosso cotidiano. Para Cambruzzi e De Souza (2015), a robótica potencializa o desenvolvimento da capacidade de organização e abstração, fator de grande importância para o entendimento de situações de maior complexidade e para a resolução de problemas.

Nas duas primeiras questões todos os grupos passaram a ponderar que as limitações de peso de carga e altura de içamento estavam na dependência do peso do guindaste e no fato de o momento desse peso ser sempre maior que o momento do peso da carga içada. Nesse momento alguns estudantes argumentaram que o protótipo deveria ter pontos de apoio com mobilidade, a fim de alterar o momento do peso do guindaste. Estas falas nos ajudam a perceber o entendimento por parte dos estudantes quanto ao conceito de momento e quanto a condição para a estática do corpo extenso. Servem de exemplos: “[...] além de equilibrar as forças tem que equilibrar os momentos” (grupo 3) e “se o peso do guindaste for elevado e ficar longe do ponto de apoio, a carga pode ser erguida numa altura maior” (grupo 5).

Nesta retomada do questionário também evidenciamos mudanças nas respostas da questão 3, sendo que agora, todos os grupos mencionaram que as forças que atuam no guindaste são: “o peso da carga içada” e “o peso do guindaste”. Merece destaque neste item, ao identificarmos nas respostas do grupo 4, que os estudantes mencionam a existência de uma “força de suporte do chão”, evidenciando assim o entendimento de que para ter equilíbrio de corpo extenso, além da análise dos momentos, deve-se ter a análise das forças externas com somatório nulo.

Para Mirras (2006), atividades de ensino que valorizem as argumentações, os questionamentos e as tentativas que muitas vezes levam aos erros, estão mais adequadas à formação plena dos educandos quando comparadas com modelos que valorizam a memorização de teorias e resolução de exercícios idealizados distantes do cotidiano dos estudantes.

Ainda nessa reconciliação, nas questões 4 e 5, surgiram algumas críticas ao protótipo. Conforme argumentação dos estudantes, a estabilidade do guindaste depende muito do peso e da altura da carga içada, mas a posição do centro de massa do guindaste e o alargamento da base deste, por meio de extensão dos pontos de apoio (algo que o protótipo não possuía) também são grandezas que deveriam ser consideradas.

Outro ponto importante nestas questões, evidenciado pelos pesquisadores, concentra-se no fato de todos os grupos considerarem os ângulos entre a direção do peso da carga e a direção da lança do guindaste junto aos cálculos para a determinação do momento, mas apenas o grupo 3 e o grupo 4 mencionaram nas respostas as necessárias projeções entre as forças e as distâncias ao ponto de apoio bem como suas perpendicularidades.

Nestas questões também foi possível perceber que, mesmo estes estudantes já tendo contato com assuntos como decomposição vetorial, Leis de Newton, estática de ponto material e resolução de equações de primeiro grau, a obtenção do sucesso nos desafios foi alcançada a custo de muitos erros na hora do equacionamento e no momento de escrever as respostas para estas questões. Percebe-se aqui, mesmo diante de toda a contextualização promovida, por meio das relações com o cotidiano e da experimentação, que facilmente, como professores, corremos o risco de propor um ensino de física que, na medida que as discussões se aprofundam, os estudantes perdem a conexão entre o fenômeno e as teorias relacionadas.

Na questão 6, diferente do ocorrido na primeira aplicação do questionário, os alunos não criaram muitas situações de discussão, sendo praticamente unânime a concepção dos fatores que provocaram os acidentes. Para todos os grupos, os motivos concentravam-se no fato de ter-se “o momento do peso da carga maior que o momento do peso do guindaste”. Nesta retomada das questões, quando provocados pelos pesquisadores, os estudantes mencionaram que dependendo do caso, “o guindaste pode erguer um peso maior que seu próprio peso, basta cuidar os momentos” (grupo 5), “quanto menor o ângulo com a lança, mais carga pode ser erguida” (grupo 4) e quanto maior a base e maior a distância entre o contra peso do guindaste e o ponto de apoio, mais carga pode ser erguida” (grupo 2). Analisando estas respostas, percebe-se que os grupos demonstraram o entendimento sobre o fenômeno e sobre as teorias que explicam tais eventos e, mesmo em alguns momentos fazendo uso incorreto de termos como “força da carga”, “peso que a carga faz no guindaste”, “ângulo entre carga e lança” e “momento maior que a força”, com a devida provocação por parte dos pesquisadores, na maioria das vezes as falas eram refeitas e os textos reescritos.

Por fim, tecendo agora uma análise generalizada do desenvolvimento da UEPS, foi possível identificar, diante às provocações feitas pelos pesquisadores junto aos educandos, certa dificuldade em relacionar o contexto proporcionado pela atividade prática por meio do protótipo, com as teorias relacionadas à estática de corpo extenso. Na visão da maioria desses estudantes “a disciplina de física é constituída por fórmulas e resolução de questões” e, a nosso ver, questões que geralmente abordam situações distantes de seu cotidiano. Ainda, conforme os argumentos desses jovens, “não é comum relacionar as fórmulas da física com conteúdo de outras disciplinas”, nos remetendo a uma clara percepção da pouca valorização das abordagens interdisciplinares na educação.

Ainda, evidenciamos nessa atividade a importância de, além de valorizar a contextualização no ensino da Física, incentivar o desenvolvimento da abstração junto à análise da complexidade das principais grandezas que contribuem para o entendimento desse tipo de fenômeno.

Considerações finais

Após o desenvolvimento dessa UEPS, norteada pelo interesse em proporcionar um ensino de Física atrativo e envolvente, fazendo uso da robótica educacional, procuramos analisar, por meio das respostas nos questionários e das interações entre os estudantes e os pesquisadores, o êxito da atividade. É necessário considerar, que não estava no escopo dessa pesquisa tecer comparativos entre “ensinar estática por meio dessa UEPS” *versus* “ensinar estática numa abordagem tradicional baseada no comportamentalismo”.

Consideramos que, apesar das dificuldades, os objetivos propostos foram alcançados, ao perceber a mudança na forma de tratar os eventos analisados. De início, os estudantes possuíam entendimentos distorcidos sobre os eventos analisados, fazendo uso na maioria dos casos, de conceitos físicos de forma errônea, deixando evidente um distanciamento entre conteúdos escolares já abordados, como as Leis de Newton, e a aplicação desse conhecimento. Por meio dos diferentes momentos de análise, discussão e experimentação, os estudantes passaram a tratar os fatos vivenciados com mais critério, seguindo um método científico. Acirraram-se as argumentações entre os pares, vieram à tona ponderações envolvendo “ponto de apoio”, “ângulo da lança” e “peso do guindaste”, desvelando assim a complexidade necessária para a interpretação do fenômeno estudado.

Cabe junto às considerações desta pesquisa, valorizar o uso da robótica educacional, em especial a utilização do kit da LEGO, que mesmo não possuindo um modelo pronto de guindaste, nos permitiu, por meio de arranjos e improvisações, criar um protótipo que atendesse à proposta. Esse recurso, além de contribuir para a experimentação da proposta, tornando-a mais prática, ajudou a superar o desinteresse que muitos estudantes possuem quando abordamos conteúdos de física.

Com o uso do protótipo foi possível, além de contextualizar o conteúdo estudado, experimentar situações de maior complexidade, desenvolvendo a abstração em torno da trigonometria e da resolução de sistemas com duas variáveis.

É importante ainda em nossas considerações, ponderar algumas das dificuldades que não foram superadas durante a UEPS. Mesmo diante de uma atividade diferenciada, alguns alunos perderam o interesse pelas discussões na medida que a complexidade aumentava, passando assim de uma postura protagonista para um comportamento mais passivo. Segundo estes estudantes, “a disciplina de física é chata, só usa fórmulas e cálculos que não chegam a lugar algum”, ficando exposta uma opinião herdada de um ensino tradicional e conteudista, difícil de ser superado em apenas uma atividade didática.

Por fim, merece destaque em nossas considerações, a aproximação que a UEPS proporcionou entre os conteúdos das disciplinas enquadradas como “cultura geral” ou ensino propedêutico, dos conteúdos relacionados às disciplinas de cunho mais específico, contribuindo dessa forma para a formação plena dos educandos, conforme almeja a Educação Profissional e Tecnológica.

Referências Bibliográficas

Afari, E., & Khine, M.S. (2017). Robotics as an Educational Tool: Impact of Lego Mindstorms. *International Journal of Information and Education Technology*, 7(6), 437-442.

Ausubel, D. P. (2003). *Aquisição e retenção do conhecimento: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.

- Azevedo, S, Aglaé, A., Pitta, R. (2010). Minicurso: Introdução a robótica educacional. *62ª Reunião Anual da SBPC*. Disponível em:< <http://www.sbpnet.org.br/livro/62ra/minicursos/MC%20Samuel%20Azevedo.pdf>, 2010.
- Brasil. (2018). Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. DF.
- Cambruzzi, E. & de Souza, R. M. (2015). Robótica educativa na aprendizagem de lógica de programação: Aplicação e análise. In *Anais do Workshop de Informática na Escola*, pages 21–28.
- Chaudhary, V., Agrawal, V., Sureka, P., & Sureka, A. (2016). An Experience Report on Teaching Programming and Computational Thinking to Elementary Level Children Using Lego Robotics Education Kit. In: *2016 IEEE Eighth International Conference on Technology for Education (T4E)* (38-41).
- Ding, J., Li, Z., & Pan, T. (2017). Control System Teaching and Experiment Using LEGO MINDSTORMS NXT Robot. *International Journal of Information and Education Technology*, 7(4), 309-313.
- Eguchi, A. (2014). Robótica Educacional para Promover Habilidades do Século XXI. *Journal of Automation, Robótica Móvel e Sistemas Inteligentes*, 8, 5-11.
- Fonseca, J. J. S. (2002) *Metodologia da pesquisa científica*. Fortaleza: UEC.
- Gerhardt, T. E. & Silveira, D. T. (2009). *Métodos de Pesquisa*. Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS.
- Jung, S., & Won, E. (2018). *Systematic Review of Research Trends in Robotics Education for Young Children*. *Sustainability*, 10(4), 905.
- Minayo, M. C. S. (2001). O desafio da pesquisa social. In: Minayo, M. C. S. (org.). *Pesquisa Social. Teoria, método e criatividade*. Petrópolis, RJ: Vozes.
- Moraes, M. C. (1993). Informática Educativa no Brasil: um pouco de história. *Em Aberto*, Brasília, v. 57, p. 133.
- Moreira, M. A. (2001). *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Centauro, 2001.
- Moreira, M. A. (2011). Unidades de enseñanza potencialmente significativas. *Aprendizagem Significativa em Revista*, v. 1, n. 2, p. 43-63.
- Miras, M. (2006). O ponto de partida para a aprendizagem de novos conteúdos: os conhecimentos prévios. In: Coll, C. *O construtivismo em sala de aula*. São Paulo: Editora Ática, 2006,
- Ostermann, F. & Cavalcanti, C.J.H. (2011). *Teorias de aprendizagem*. Instituto de Física, Porto Alegre: Evangraf. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- Postman, N. & Weingartner, C. (1969). *Teaching as a subversive activity*. New York: Dell Publishing Co. 219p.
- Santos, R. C. & Silva, M. D. F. (2020). A robótica educacional: entendendo conceitos. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, Ponta Grossa, v.13, n. 3, p. 345-366, set./dez.

Souza, I.M.L., Andrade, W.L., Sampaio, L.M.R., & Araujo, A.L.S.O. (2018). A Systematic Review on the use of LEGO® Robotics in Education. In: *2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) (1-9)*. IEEE.