

**APLICAÇÕES DA ROBÓTICA NO ENSINO DE FÍSICA: ANÁLISE DE  
ATIVIDADES NUMA PERSPECTIVA PRAXEOLÓGIA**

**APPLICATIONS OF ROBOTICS IN THE TEACHING OF PHYSICS:  
ACTIVITIES ANALYZES IN A PRAXIOLOGICAL PERSPECTIVE**

**Milton Schivani<sup>1</sup>, Guilherme Brockington<sup>2</sup>, Maurício Pietrocola<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz  
(UESC), Brasil, [mtsalves@uesc.br](mailto:mtsalves@uesc.br)

<sup>2</sup> Departamento de Metodologia do Ensino, Faculdade de Educação da Universidade de São  
Paulo (FEUSP), Brasil, [mercer112@hotmail.com](mailto:mercer112@hotmail.com)

<sup>3</sup> Departamento de Metodologia do Ensino, FEUSP, Brasil, [mpietro@usp.br](mailto:mpietro@usp.br)

**Resumo**

Neste trabalho analisamos o uso da robótica como instrumento educacional em atividades de ensino de conteúdos científico. Embora interessante para atividades que emulam situações práticas, como o uso de máquinas e equipamentos industriais, existem poucos estudos sobre o valor destes dispositivos como estratégias inovadoras de ensino. A maior parte das atividades focaliza a reprodução de tarefas específicas do campo da automação e da computação e poucas se dedicam ao desenvolvimento da aprendizagem de conteúdos científicos. Assim, utilizamos a Teoria Antropológica do Didático como referencial para analisar duas atividades de robótica para o ensino de Física, apresentando esta teoria como um útil instrumento para identificar problemas e apontar caminhos para o melhor aproveitamento do rico potencial educacional desses recursos.

**Palavras chave:** Robótica, Ensino de Física, Inovação, Tecnologia, Praxeologia.

### **Abstract**

This paper analyzes the use of robotics as an educational instrument to teaching of scientific content. Although interesting for activities that emulate practical situations, as in the use of industrial machinery and equipment, there are few studies about the real value of this technology as innovative strategies for teaching science. Most activities ultimately focus on the reproduction of specific tasks in the field of automation and computing and few are dedicated to the development of learning of scientific content. We use the Antropological Theory of Didactic as a benchmark for analyzing two activities for teaching physics that relies on robotics equipment, to present this theory as a useful tool to find problems and point possible ways to a better use of the rich educational potential of these resources.

**Keywords:** Robotics, Teaching of Physics, Inovations, Tecnology, Praxeology

## **INTRODUÇÃO**

Nas últimas décadas, com o desenvolvimento da tecnologia aliado à redução dos custos de produção, robôs “saíram” dos livros de ficção, dos laboratórios de pesquisa e das automações das fábricas e ganharam novos espaços e finalidades. Hoje, adolescentes de todo o mundo tem acesso a variados dispositivos eletroeletrônicos e módulos de processamento, criando mecanismos robóticos com diversas finalidades, desde participar de campeonatos de futebol até a condução de experimentos didáticos em engenharia (Lund & Pagliarini, 1999; Wang et al., 2004).

Por ser intrinsecamente lúdica e envolver direta ou indiretamente habilidades ligadas ao fazer científico, a robótica passou a ser considerada como instrumento educacional (Papert, 1993; Frangou et al., 2008; Li et al., 2009), criando um rico campo de pesquisas em inovação, com aplicações ainda a serem exploradas no Ensino de Ciências.

No cenário educacional, em especial no ensino de Física, ela pode ser pensada como um conjunto de ferramentas dinâmicas, capazes de influenciar positivamente o processo de aprendizagem, favorecendo o desenvolvimento de habilidades como resolução de problemas lógicos e matemáticos, criatividade e raciocínio crítico, além de promover a alfabetização científica (Mitnik et al., 2009; Barak & Zadok, 2009). Por usar peças de encaixe em formato de vigas, tijolos, eixos, polias e engrenagens, os *kits* de robótica permitem a criação de inúmeras montagens e cenários que seriam impraticáveis, ou mesmo impossíveis, de serem criados de outra maneira no contexto escolar (especialmente por questões referentes a integridade física dos alunos ou por restrições estruturais e/ou econômicas). Pode-se então construir diferentes estruturas (veículos, casas, pontes, maquinários etc.), potencializando a mimetização de uma gama de contextos “reais”, gerando atividades que exercitam o trabalho em grupo e o engajamento dos estudantes (ibidem).

Os sensores disponíveis nos atuais *kits* de robótica são dos mais variados tipos, como sensores de luz, som, velocidade, aceleração, posição, temperatura, pressão etc. Os robôs elaborados pelos estudantes permitem, em tempo real, uma rica coleta e análise de dados, possibilitando a geração de gráficos e o estabelecimento de relações entre grandezas. Assim, pode-se fazer um estudo profundo de leis físicas que regem

diferentes fenômenos cotidianos, tornando a robótica um forte aliado na criação de atividades investigativas e de caráter exploratório (Frangou et al, 2008).

Entretanto, ainda que com um enorme potencial para o ensino e aprendizagem de Física, conforme destaca Mitnik et al (2009), grande parte das atividades elaboradas estão direcionadas aos conteúdos intimamente relacionados à própria robótica, tais como programação, construção de robôs ou o desenvolvimento de algoritmos. Tal fato é bastante compreensível visto que qualquer processo com esse grau de inovação no ambiente escolar constitui-se em um grande desafio. Ao se transpor para as salas de aula uma tecnologia relativamente recente e tão distante do sistema de ensino, é esperado o surgimento de dificuldades associadas às suas especificidades. Corre-se assim o risco de focar-se justamente nos elementos mais “controláveis” da inovação, ou seja, sua dimensão técnica, restringindo-se o ensino e a aprendizagem aos processos envolvidos na montagem e no funcionamento dos robôs.

Uma das maiores dificuldades na implementação de propostas inovadoras com uso de robótica encontra-se na necessidade de integrar os diversos conhecimentos necessários para sua realização. Pode-se vislumbrar aplicações da robótica no cenário educacional apenas no domínio de um determinado conjunto de regras ou métodos. Em outras palavras, o aluno pode apreender de forma mecânica os algoritmos envolvidos na construção de uma determinada montagem, receber toda a programação pronta e realizar uma atividade inteira sem considerar os aspectos físicos envolvidos na sua condução. Com isso, a robótica pode servir apenas para reforçar o uso limitado de técnicas no cumprimento de tarefas determinadas, sem que haja uma preocupação com o conhecimento científico conectado com o que o estudante está fazendo.

Sem dúvida que, dependendo da intenção didática do educador, pode-se esperar que o aluno apenas desenvolva tais habilidade técnicas. Entretanto, ao se pensar a robótica dentro de um processo educacional mais amplo, especialmente no âmbito do ensino de Ciências, a componente conceitual/teórica se torna naturalmente importante e pertinente. Por essa razão, ao se explorar o uso efetivo da robótica no ensino de Física é preciso a criação de atividades que possam minimamente relacionar os conhecimentos físicos a serem ensinados com os elementos intrínsecos a essa tecnologia. É preciso buscar uma cuidadosa negociação entre estes fatores e seus objetivos didáticos-pedagógicos, para que sejam diminuídos os riscos de desperdiçar seu potencial como instrumento de ensino.

Neste cenário, nos deparamos com as seguintes questões de pesquisa: Qual o potencial de conexão entre teoria e prática em atividades de ensino-aprendizagem que envolvem o uso de robótica? Quais as relações entre as características intrínsecas da robótica e o conteúdo científico presentes em uma proposta de atividade de ensino-aprendizagem? Em que medida a robótica pode gerar contextos de ensino significativos para a aprendizagem de conteúdos científicos, especialmente de Física?

Para encaminhar respostas às perguntas acima, usaremos como referencial de análise a Teoria Antropológica do Didático (TAD) (Chevallard, 1999). Esta se constitui em um instrumento que desvela a estrutura Teórico-prática presente em atividades escolares. Em particular, busca identificar tarefas (*práxis*) propostas, correlacionando-as com um corpo de conhecimento conceitual que sustenta sua execução (*logos*). Para isso, analisamos duas atividades criadas com o objetivo de ensinar conteúdos específicos de Física com o uso da robótica.

Pretendemos também favorecer, direta ou indiretamente, a uma forma de sistematização da produção de sequências didáticas inovadoras que tomam situações tiradas do cotidiano como ponto de partida para o processo de ensino-aprendizagem. O objetivo é contribuir para que elementos importantes dessas interações possam ser percebidos e considerados durante sua elaboração. Esperamos assim, que professores e/ou estudantes estejam mais aptos a compreender, explicar e discutir mais profundamente uma tarefa realizada e, conseqüentemente, as técnicas envolvidas em sua execução.

## METODOLOGIA

Investigamos duas atividades presentes nos fascículos paradidáticos desenvolvidos pelo Núcleo de Pesquisas em Inovação Curricular<sup>1</sup> em parceria com a Lego Education do Brasil - Lego ZOOM<sup>2</sup> (Pietrocola et al, 2009a, 2009b). Ambas fazem uso do *kit Lego Mindstorms NXT*<sup>3</sup>. Segue abaixo uma breve descrição de como tais atividades estão estruturadas em relação a montagem e quais os principais conceitos físicos trabalhados, a saber:

**Atividade 1 – Colisões:** trata do estudo da transferência do *momento linear* por meio da colisão entre veículos “robô”. A colisão é frontal com variação de massa ( $m$ ) dos veículos em três situações distintas ( $m_{\text{Carro A}} = m_{\text{Carro B}}$ ;  $m_{\text{Carro A}} < m_{\text{Carro B}}$  e  $m_{\text{Carro A}} > m_{\text{Carro B}}$ ). Conforme ilustra a **figura 1**, os veículos deslocam-se sobre uma faixa com listas brancas e pretas. Uma vez sabendo a largura das listas, utiliza-se um sensor de luz acoplado a estrutura dos carros para mensurar o tempo de deslocamento entre as listas, antes e depois do choque frontal, possibilitando assim determinar suas velocidades.

---

<sup>1</sup> <http://www.nupic.fe.usp.br>. Acesso em 10 de outubro de 2012.

<sup>2</sup> <http://www.legozoom.com>. Acesso em 10 de outubro de 2012.

<sup>3</sup> <http://mindstorms.lego.com/en-us/default.aspx>. Acesso em 5 de outubro de 2012.



**Figura 1** – Choque frontal entre veículos “robô” (Atividade 1).



**Figura 2** – Transporte de cargas por elevação vertical e horizontal (Atividade 2).

*Atividade 2 – Empilhadeiras:* remete ao estudo do torque e braço de alavanca em uma situação envolvendo o transporte de cargas por uma empilhadeira. Conforme ilustra a **figura 2**, o próprio NXT (módulo de processamento) e os motores servem para compor o contrapeso, já as rodas dianteiras perfazem o fulcro (ponto de apoio). A carga é posicionada a uma determinada distância do fulcro e é deslocada verticalmente, por uma torre de elevação composta de polias, cabos e motor, e horizontalmente, impulsionado pelos motores que movem

a empilhadeira como um todo. Os contentores, os quais recebem a carga (nesse caso, bolinhas de gude), são de tamanhos diferentes (tipo P, M e G) para possibilitar estudos sobre variação do centro de massa da carga.

## REFERENCIAL TEÓRICO

A Teoria Antropológica do Didático (TAD), se constitui em uma abordagem teórica dentro da tradição francesa de considerar didáticas específicas (Astolfi, 1995). A TAD se insere dentro do projeto de criação da disciplina “Educação Matemática” com estruturas conceitual e metodológica próprias. Segundo Bosch et al (2006):

“Em seu início, durante os anos 70, a Teoria das Situações Didáticas (Brousseau, 1997) foi uma das primeiras a declarar a necessidade de uma abordagem científica específica para os problemas de ensino e aprendizagem de Matemática” (Bosch et al, p.2, 2006 – tradução nossa).

Proposta por Yves Chevallard (Chevallard, 1999; Chevallard et al., 1997), emergiu como uma consequência natural da sua Teoria da Transposição Didática (Chevallard, 1985, 1992). Segundo a TAD, a Matemática deve ser interpretada como uma atividade humana, assim como diversas outras e não apenas um sistema conceitual, uma linguagem ou forma de pensar (Bosch et al, 2006).

Por ser uma proposta teórica focada na Matemática como atividade humana, pode a princípio ser aplicada a qualquer tipo de atividade onde seja possível definir tarefas a serem executadas e os conhecimentos que estão na base de sua execução. Madsen & Winslow (2009) aplicam a TAD para estudar a relação pesquisa-ensino entre universitários da Dinamarca em duas áreas distintas: geologia e matemática. Da mesma forma, Marandino e Mortensen (2011) usa a TAD para estudar as formas de transposição didática e proposição de tarefas em museus.

De maneira geral, podemos encontrar em Bosch et al (2011) um espectro dos tipos de uso e aplicação desta teoria fora do domínio específico da Matemática. No caso da Física, há de se considerar sua especificidade epistemológica de ser uma disciplina com conteúdo empírico. No entanto, por se propor a tratar todo e qualquer campo da atividade humana, a TAD encontra na Física, enquanto área de conhecimento, campo fértil para prospecção de tarefas e corpos teóricos de conhecimento que lhe sustentam a execução. Assim, como mostraremos a seguir, a TAD pode ser aplicada a atividades de

ensino de Física, embora ainda sejam restritos o número de trabalhos que se proponham a isto (Bosch et al, 2011).

A TAD é composta de dois aspectos complementares, mas independentes: o primeiro refere-se às características estruturais, descritas em termos de *praxeologias*, e o segundo, remete às características de cunho funcional, centradas na ideia de momentos didáticos (Chevallard, 1999). Nossa análise se valerá apenas do aspecto estrutural, o qual possibilita essencialmente modelar e organizar o conhecimento por meio de uma organização particular denominada de *Organização Praxeológica* (OP). Esta OP possibilita investigar a prática de determinada tarefa correlacionando-a com um *logos*, ou seja, com uma componente teórica conceitual. Foge do escopo deste trabalho expor detalhadamente a Teoria Antropológica do Didático, entretanto, alguns termos, conceitos e considerações precisam ser explicitados.

Uma *Organização Praxeológica* é expressa pelo conjunto formalmente referenciado por  $[T, \tau, \theta, \Theta]$ , onde T representa tipo de tarefa, a qual pode se ramificar em inúmeras tarefas  $[t]$ ,  $\tau$  representa a técnica,  $\theta$  a tecnologia e  $\Theta$  remete a teoria. Ela é posta como uma “organização” composta de dois blocos distintos, porém correlacionados: o **bloco prático-técnico**  $[T, \tau]$ , entendido como o saber-fazer, e o **bloco tecnológico-teórico**  $[\theta, \Theta]$ , relacionado ao saber, ou melhor, a um discurso lógico que permite justificar e compreender o bloco prático-técnico.

Para que uma *Praxeologia* seja especificada é necessária a compreensão de seus termos, de modo que vamos discutir brevemente o conjunto  $[T, \tau, \theta, \Theta]$ . No contexto da aplicação da robótica voltada para o ensino de Física, isto é necessário para que possamos evidenciar os estágios e estrutura das atividades, analisando-as em termos de *práxis* e *logos*, possibilitando investigar seu saber-fazer e o discurso lógico relacionado.

### ***Bloco prático-técnico* [T, $\tau$ ]**

De acordo com a TAD, tudo que é solicitado para uma pessoa fazer, mediado por verbos, pode ser designado como tarefa. Neste sentido, tarefa evoca uma ação, um modo de realizar algo, perfazendo assim o bloco prático-técnico de uma *Organização Praxeológica*. É uma ramificação de uma rede mais ampla chamada pelo autor de tipo de tarefa [T]. Quando uma tarefa  $t$  está relacionada com um tipo de tarefa T, dizemos que  $[t \in T]$ . Calcular o *limite* remete a um tipo de tarefa, porém, calcular apenas, não remete. Neste caso, calcular (somente) é o que Chevallard (1999) chama de um gênero de tarefas, a qual, por sua vez, demanda uma determinação.

No contexto da robótica, a compreensão da noção de tarefa é de suma importância, uma vez que as atividades, mesmo que estejam tratando de uma única fenomenologia ou conceito físico, podem demandar um conjunto amplo de “fazeres”. Estes podem ir desde a montagem dos “robôs” até a programação e cálculo das grandezas físicas em jogo e uso adequado dos sensores e módulos de processamento. Portanto, podemos ter um tipo de tarefa T que seja “calcular a velocidade”, que engloba uma tarefa “t” - calcular a velocidade do veículo em Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) - tudo isso dentro de um gênero “calcular”.

Uma *Praxeologia* relativa a T (tipo de tarefa) requer uma maneira de fazer, resolver  $t \in T$ . Esta maneira é chamada de *Técnica* [ $\tau$ ], que faz referência direta a maneira de realizar determinada  $t \in T$ , ou seja, um ‘saber-fazer’. Uma *técnica*  $\tau$  só tem sentido quando ligada a uma *Tarefa*. Este par é denominado de bloco prático-técnico [T,  $\tau$ ] (Chevallard, 1999). Por exemplo, para realizar a tarefa “calcular a velocidade do veículo em MRU”, pode-se fazer uso de várias técnicas para a coleta dos dados, desde a

utilização de sensores de ultrassom ou movimento até cronômetros para obtenção experimental do tempo envolvido num determinado deslocamento.

Deste modo, se a execução de T ou t, a princípio, supõe adoção de determinada técnica, será que a justificativa para essa adoção está clara na atividade para o estudante e/ ou professor? Essa questão é importante ao se analisar a robótica em sala de aula, uma vez que determinadas técnicas  $[\tau]$  podem ser justificadas apenas por sua eficiência, sem uma compressão real dos princípios físicos em jogo. Por exemplo, em lançamento de projéteis, pode-se chegar a conclusão, por tentativa e erro, que o ângulo de maior alcance é  $45^\circ$ . Entretanto, é preciso uma discussão profunda sobre movimento bidimensional e trigonometria para justificar e compreender este resultado.

#### ***Bloco tecnológico-teórico*** $[\theta, \Theta]$

Um dos componentes desse bloco, o termo *Tecnologia*  $[\theta]$ , neste contexto não tem o mesmo sentido enraizado em seu uso cotidiano. De acordo com a TAD, *Tecnologia*  $[\theta]$  é vista como um discurso racional que busca esclarecer e clarificar determinada *Técnica*, justificar seu uso e/ ou eficiência. Ela busca tornar inteligível  $\tau$ , assegurar seu êxito e favorecer, dentro do possível, o surgimento de novas *Técnicas*  $[\tau_1, \tau_2, \dots]$ . Assim,  $\theta$  visa a tríade: *Justificação – Explicação – Produção de novas Técnicas*.

Cabe ressaltar que para o conjunto de tarefas e técnicas utilizadas e/ou desenvolvidas por um indivíduo na execução de determinada atividade temos a presença de uma *Instituição*  $[I]$ . Ela representa um agrupamento de pessoas reconhecido e legitimado pela sociedade, tais como a família, escola, grupo de pesquisadores, etc. Em uma instituição  $[I]$ , independente de T e  $\tau$ , um tipo de tarefa sempre é acompanhada de

pelo menos um vestígio de tecnologia  $[\theta]$ , ocorrendo, em muitos casos, a presença de elementos tecnológicos integrados à  $\tau$ . Vejamos:

“Assim ocorre tradicionalmente em aritmética elementar, onde o mesmo discurso tem uma dupla função, técnica e tecnológica, na medida em que permite tanto *encontrar* o resultado exigido (função técnica) como justificar que este é o resultado esperado (função tecnológica), como quando alguém diz: ‘Se 8 pirulitos custam 10 Francos, 24 pirulitos, são 3 vezes 8 pirulitos, custarão 3 vezes mais, logo 3 vezes 10 Francos’”. (Chevallard, 1999, p. 224. - tradução nossa).

Uma Tecnologia, em geral, sempre se encontra embasada por uma Teoria, representada na TAD por  $\Theta$ . Assim, Teoria é entendida como um discurso mais amplo que serve para interpretar e justificar a Tecnologia. De modo geral,  $\Theta$  em relação à  $\theta$  (tecnologia), desempenha o mesmo papel que esta tem com relação à Técnica  $[\tau]$ . Tecnologia e Teoria formam o que Chevallard (1999) chama de bloco tecnológico-teórico  $[\theta, \Theta]$ , estritamente ligado ao ‘saber’. Uma Teoria  $[\Theta]$ , pode propiciar várias tecnologias  $\theta_j$ , as quais podem vir a justificar e torna inteligível Técnicas  $\tau_{ij}$  necessárias a Tipos de tarefas  $T_{ij}$ . Assim, é quase inevitável a ocorrência de junções entre os constituintes elementares, das quais destacamos as *Praxeologias locais*  $[T_i, \tau_i, \theta, \Theta]$ , centradas em um mesmo bloco tecnológico-teórico (ibidem). Desse modo, podemos ter vários ‘saber-fazer’ (técnicas), justificados pelo mesmo ‘saber’ (tecnologia).

Defendemos que o ensino de Física, apoiado por inovações tecnológicas, deve buscar não apenas a execução de determinada tarefa de aplicação da robótica por ela própria (um fazer descomprometido), tampouco deve estar focado unicamente no aspecto lúdico. Deste modo, percebemos que a *Praxeologia* auxilia a evidenciar e

interligar o bloco prático-técnico com o tecnológico-teórico presente nessas atividades. Isto favorece também a sistematização de sequências didáticas, contribuindo para que o professor e/ou estudante sejam levados a desenvolver um discurso lógico e fundamentado para interpretar, explicar e discutir a tarefa realizada e, conseqüentemente, as técnicas envolvidas em sua realização.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### ATIVIDADE 1 (Colisões)

#### *Tipos de Tarefa (T) e Tarefas (t)*

Esta atividade possui dois momentos, um destinado à programação e outro à montagem, ambos necessários para o estudo sobre a transferência do momento linear por meio da robótica. Estes momentos correspondem a dois tipos de tarefas distintas, porém, complementares,  $T_1$  e  $T_2$ . Outra situação pode ser categorizada em calcular o momento linear em função dos dados coletados pelos sensores, surgindo assim um terceiro tipo de tarefa,  $T_3$ .

Temos então três principais tipos de tarefa (**T**) nesta atividade, a saber: **T<sub>1</sub>**: Desenvolver uma situação de colisão; **T<sub>2</sub>**: Programar o sensor e módulo de processamento e **T<sub>3</sub>**: Calcular o momento linear. De acordo com a TAD, um tipo de tarefa (**T**) pode conter uma ou mais tarefas (**t**) a ela relacionada ( $t \in T$ ). Assim sendo, podemos indagar quais tarefas estavam “subordinadas” a  $T_1$ ,  $T_2$  e  $T_3$ ?

Apresentamos na **Tabela 1** cada tipo de tarefa separadamente, explicitando a respectiva tarefa (**t**) atribuída/identificada para cada **T**.

Tipo de Tarefa (T)	Tarefa (t)
T <sub>1</sub> - Desenvolver uma situação de colisão.	t <sub>1</sub> : Desenvolver uma colisão frontal entre dois veículos ( $m_A$ inicialmente em repouso e $m_B$ com velocidade constante) em três situações distintas: $m_A = m_B$ , $m_A > m_B$ e $m_A < m_B$ .
T <sub>2</sub> - Programar o sensor e módulo de processamento.	t <sub>21</sub> : Programar o <i>sensor de Luz</i> inserido no <i>carro A</i> para mensurar o tempo de seu deslocamento imediatamente antes e depois da colisão. Isso servirá de base para os cálculos posteriores.
	t <sub>22</sub> : Programar o sensor de Luz inserido no <i>carro B</i> de modo que possa ser medido sua velocidade imediatamente após a colisão.
T <sub>3</sub> - Calcular o momento linear.	t <sub>31</sub> : Usar os dados coletados pelo sensor para calcular a velocidade de $m_A$ e $m_B$ imediatamente antes e depois da colisão nas três situações propostas.
	t <sub>32</sub> : Com base nos dados obtidos, calcular a quantidade de momento linear de $m_A$ e $m_B$ , antes e depois da colisão nas três situações propostas.

**Tabela 1** – Atividade 1 em termos de tipos de tarefa e tarefas.

### ***Técnicas ( $\tau$ ) e Tecnologias ( $\Theta$ )***

Apresentamos abaixo a **Tabela 2** com as principais técnicas e tecnologias identificadas em cada tarefa da Atividade 1.

Tarefa (t)	Técnica ( $\tau$ )	Tecnologias ( $\Theta$ )
t <sub>1</sub>	$\tau_1$ - Utiliza-se o kit Lego NXT Mindstorms e o guia da atividade, que apresenta passo-a-passo os esquemas de montagem. O texto traz um rígido procedimento para que o aluno possa cumprir t <sub>1</sub> . Usa-se objetos de até 100g para agregar à estrutura dos veículos, alterando suas massas. Eles se deslocam sobre listas escuras igualmente espaçadas pintadas sobre uma superfície (plana e horizontal).	$\theta_1$ - Não é explicitado no texto justificativas e explicações do porque os veículos são construídos e dispostos do modo proposto. Porém, sua compreensão tem por base expressões do Movimento Retilíneo Uniforme (MRU).
t <sub>21</sub>	$\tau_2$ - Utiliza-se o Lego NXT Mindstorms Software para desenvolvimento da programação, previamente fornecida pelo professor. Ao aluno cabe apenas inserir o programa no NXT de cada veículo e conectar demais componentes eletroeletrônicos. Ela explora o bloco de comando referente ao sensor de luz para armazenar informações do tempo que o veículo leva para passar entre duas listas.	$\theta_2$ - Lógica de Programação Computacional e equações do MRU.
t <sub>22</sub>		
t <sub>31</sub>	$\tau_3$ - Duas principais equações são utilizadas para cada uma das situações ( $m_A = m_B$ , $m_A > m_B$ e $m_A < m_B$ ). A primeira expressão fornece velocidade média, $V_m = \Delta S / \Delta t$ , e a segunda a quantidade de movimento, $Q = m.v$	$\theta_3$ – A situação envolve as Leis de Newton, porém, sem ser explicitado no texto. A ênfase está na transferência da quantidade de movimento. Adota-se o princípio de conservação, mas sem justificativa física (em sistemas isolados, $F_{ext} = 0$ ).
t <sub>32</sub>		

**Tabela 2** – Atividade 1 em termos de técnicas e tecnologias.

A análise revela que na atividade 1 a autonomia discente no bloco prático-técnico, especialmente ao que tange as técnicas para cumprimento das tarefas  $t_1$ ,  $t_{21}$  e  $t_{22}$ , está restrita ao seguimento das regras de montagem e programação contidas no guia da atividade. Ao analisar as instruções do aluno, observa-se que em uma das questões contidas em  $T_3$  é solicitado o valor teórico da velocidade para que ocorra a conservação da quantidade de movimento. Porém, não se faz menção direta a sistemas isolados e a necessária condição de que a resultante das forças externas atuantes seja nula. Isto fica, então, a cargo da Instituição [I] trabalhar/ explicar.

A teoria [Θ] principal envolvida remete às leis de conservação, especialmente ao princípio de conservação do momento linear, necessário majoritariamente para melhor compreensão de  $T_3$  e para justificar a tecnologia nela contida. Apesar desta atividade contar com alguns pré-requisitos sobre as leis de Newton, observa-se que não há um questionamento explícito sobre a utilização de determinadas técnicas no cumprimento das tarefas e problemas propostos, além de justificativas para sua eficiência e funcionalidade.

De modo geral, verifica-se que a relação entre as técnicas e tecnologia fica a cargo da Instituição [I]. Há momentos da atividade onde o aluno é levado a executar uma técnica sem uma justificativa tecnológica-teórica clara (especialmente em  $\tau_1$  e  $\tau_2$ ).

## **ATIVIDADE 2 (Transporte de cargas)**

### ***Tipos de Tarefa (T) e Tarefas (t)***

Apresentamos na **Tabela 3** a análise praxeológica de cada tipo de tarefa [T] presentes na atividade 2, separadamente, explicitando a respectiva tarefa [t] atribuída/identificada para cada T.

<b>Tipo de Tarefa (T)</b>	<b>Tarefa (t)</b>
<b>T<sub>1</sub></b> – Construir uma Empilhadeira.	<b>t<sub>1</sub></b> : Construir uma empilhadeira com torre de elevação para transportar uma determinada carga (bolinhas de gude).
<b>T<sub>2</sub></b> - Programar o módulo de processamento.	<b>t<sub>2</sub></b> : Programar o módulo de processamento para acionar o movimento da torre de elevação e da própria empilhadeira.
<b>T<sub>3</sub></b> - Transportar Cargas.	<b>t<sub>3</sub></b> : Transportar uma determinada quantidade de bolinhas de gude com a Empilhadeira em três situações distintas: com contentor tipo P, M e G.
<b>T<sub>4</sub></b> - Analisar a carga máxima suportada pela empilhadeira.	<b>t<sub>41</sub></b> : Verificar experimentalmente qual a carga máxima suportada para ser transportada pelos contentores tipo M e G.
	<b>t<sub>42</sub></b> : Investigar a relação entre capacidade de carga e o centro de carga.

**Tabela 3** – Atividade 2 em termos de tipos de tarefa e tarefas.

### ***Técnicas ( $\tau$ ) e Tecnologias ( $\Theta$ )***

A **Tabela 4** apresenta as principais técnicas e tecnologias presentes em cada tarefa da atividade 2.

<b>Tarefa (t)</b>	<b>Técnica (<math>\tau</math>)</b>	<b>Tecnologias (<math>\Theta</math>)</b>
t <sub>1</sub>	$\tau_1$ – Utiliza-se o kit Lego NXT Mindstorms e o guia da atividade, que apresenta passo-a-passo os esquemas de montagem. O texto traz um rígido procedimento para que o aluno possa cumprir t <sub>1</sub> . Usa-se motores, a bateria e o próprio NXT para servir de contra peso.	$\theta_1$ - Não é explicitado justificativas e explicações do porque a empilhadeira é construída da forma proposta. Porém, sua compreensão tem por base o conceito físico <i>torque</i> .
t <sub>2</sub>	$\tau_2$ – Utiliza-se o <i>Lego NXT Mindstorms Software</i> para desenvolvimento da programação, previamente fornecida pelo professor. Resta ao aluno apenas inserir o programa no NXT.	$\theta_2$ - Lógica de Programação Computacional
t <sub>3</sub>	$\tau_3$ – Apoiar o contentor no “garfo” da empilhadeira, variando a distância entre o ponto de apoio do centro de massa da carga (determinado pelo tamanho do contentor e distribuição da carga), configurando assim no braço de alavanca.	$\theta_3$ - Adoção do <i>princípio da alavanca</i>
t <sub>41</sub>		
t <sub>42</sub>	$\tau_4$ – Construção de um gráfico <i>Capacidade de Carga X Centro de Carga</i> , com base nos dados provenientes de t <sub>3</sub> e t <sub>41</sub> .	$\theta_4$ – Funções matemáticas e Gráficos

**Tabela 4** – Atividade 2 em termos de técnicas e tecnologias.

O discurso central na atividade se limita ao elemento  $\theta_3$ , voltado para “explicar” o bloco  $\tau_3$ , o qual, por sua vez, permite a compreensão e cumprimento das tarefas  $t_{31}$  e  $t_{32}$  de forma mais eficaz. Apesar de ser mais sutil, podemos identificar na *lei de conservação da energia* o elemento  $\Theta$  (teoria) que compreende  $\theta_3$ , pois ao mesmo tempo que o contrapeso da empilhadeira realiza trabalho, aplicando uma *força peso* sobre uma das extremidades do braço de alavanca responsável pela potência, a outra extremidade realiza trabalho sobre a carga, mantendo a empilhadeira em equilíbrio estável. Porém, esta oportunidade de discussão e debate não é explicitada no texto da atividade.

Em outras palavras, existe uma organização praxeológica local (Chevallard, 1999), com tarefas e técnicas justificadas e compreendidas por um mesmo bloco tecnológico-teórico, mas que não é totalmente aproveitado/explorado na atividade em questão.

## CONCLUSÕES

Em termos praxeológicos, um primeiro ponto a ser destacado é o fato de que determinar a presença de uma teoria [ $\Theta$ ] neste contexto de análise mostrou-se bastante sutil. Talvez isso ocorra por que  $\Theta$  não se apresenta de forma explícita nas atividades e/ou tarefas. Contudo, este fato pode também ser devido à organização praxeológica adotada, que de fato não contém (ou não faz uso) desse constituinte, configurando-se em determinadas ocasiões apenas em tarefa, técnica e tecnologia.

Outro ponto, mais relevante a ser discutido, é que em muitas das técnicas aplicadas para cumprir as tarefas propostas o grau de protagonismo, ou seja, a autonomia discente para pensar, refletir, propor e agir, foi praticamente inexistente.

Especialmente quando se tratava da coleta de dados e montagem. Constatamos que não havia um grau de liberdade para que ele próprio encontrasse a técnica mais adequada para o cumprimento das tarefas, seja uma simples determinação da velocidade ou até mesmo a posição de uma peça na estrutura da montagem. Esta postura pode ser justificada alegando-se a necessidade de tempo para realização da atividade e/ou que os objetivos educacionais são outros. Entretanto, tal fato não pode ser ignorado, dado o grau de versatilidade e possibilidades de investigação que a robótica educacional apresenta para o ensino de Física. Ou seja, é preciso ressaltar que ainda que exista uma restrição temporal para o gerenciamento das aulas, quando se deseja explorar de maneira otimizada a robótica no contexto escolar é necessário que se faça uma cuidadosa negociação entre estes fatores e os objetivos didáticos-pedagógicos das atividades. É preciso que os objetivos formativos estejam bastante claros ao se elaborar atividades com este grau de inovação, diminuindo os riscos de desperdiçar seu potencial como instrumento de ensino.

As aplicações da robótica no contexto escolar, especialmente quando voltada para o ensino de Física, permite de fato uma abordagem vasta que pode englobar todos os constituintes praxeológicos. Porém, valorizar demais este aspecto não é suficiente. É preciso atentar-se ao saber-fazer sem esquecer do discurso lógico que o permeia e auxilia em sua compreensão. Nesta perspectiva, a noção de praxeologia, aspecto estrutural da TAD, mostrou-se como um forte aliado para melhor evidenciar a estrutura e a dinâmica de atividades propostas para o uso da robótica, analisando-as em termos de tarefas, técnicas, tecnologias e teoria.

Resumidamente, percebemos que, quando se objetiva estimular o aluno a refletir e interligar teoria e conceitos da Física com os aspectos práticos da atividade, os

recursos oferecidos pela robótica devem ser utilizados ou referenciados em termos de *práxis e logos*. Acreditamos que o surgimento de uma aprendizagem significativa possa ser favorecida quando são considerados ao longo do processo de ensino e aprendizagem, para esse contexto de inovação, tanto o bloco prático-técnico quanto o bloco tecnológico-teórico (mesmo que ainda o bloco tecnológico-teórico ocorra em um momento posterior ao da realização da atividade em sala de aula). Do contrário, corre-se o risco de desenvolver a robótica pela robótica, um fazer descomprometido com objetivos educacionais mais amplos, prevalecendo apenas a coleta de dados (sem interpretação e análise) e programação dos sensores (seguindo algoritmos pré-determinados), resultando em informações dissociadas dos aspectos conceituais e teóricos contidos nos tópicos de Física que se deseja ensinar.

Ressaltamos que outros trabalhos com o uso da TAD precisam ser desenvolvidos e ampliados, no intuito de melhor avaliar atividades que façam uso da robótica no ambiente escolar. Contudo, pode-se considerar que esta teoria apresenta-se como um útil instrumento para apontar caminhos para o melhor aproveitamento do rico potencial educacional de tais recursos inseridos no contexto do ensino de física.

## **REFERÊNCIAS**

Astolfi, J. P., Develay, M., *A didática das ciências*. São Paulo: Papirus, 1995.

Barak, M., Zadok, Y., Robotics projects and learning concepts in science, technology and problem solving. *International Journal of Technology and Design Education* **19**, [3], 289-307, 2009.

Bosch, M., Chevallard, Y., Gascón, J., Science of Magic? The use of models and theories in didactics of mathematics. In Bosch, M. *Proceedings of the 4th Conference of*

*the European Research in Mathematics Education*, pp. 1254-1263, CERME, BARCELONA, 2006.

Bosch, M., Gascón, J., Ruiz Olarría, A., Artaud, M., Bronner, A., Chevallard, Y., Cirade, G., Ladage, C. & Larguier CRM Documents - *Un panorama de la TAD / An overview of ATD*. 1ed. Barcelona: CRM Centre de Recerca Matemática **10**, p. 203-216, 2011.

Brousseau, G., *Theory of Didactical Situations in Mathematics. Didactique des mathématiques, 1970-1990*, in N. Balacheff, M. Cooper, R. Sutherland, V. Warfield (eds.), Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997.

Chevallard, Y., *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*, Grenoble: La Pensée Sauvage, 1985.

\_\_\_\_\_, Fundamentals concepts of didactics: perspectives given by an anthropological approach. *Recherches en Didactique des Mathématiques* 17(3), 17–54, 1992.

\_\_\_\_\_, L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en didactique des mathématiques (Revue)*, Pensée sauvage **19**, [2], 221–265, 1999.

Chevallard, Y., Bosch, M., Gascón, J., *Estudiar matemáticas. El eslabón perdido entre la enseñanza y el aprendizaje*, Barcelona: ICE/Horsori, 1997.

Frangou, S., Papanikolaou, K., Aravecchia, L., Ionita, S., Arlegui, J., Pina, A., Menegatti, E., Moro, M., Fava, N., Monfalcon, S., Pagello, I. Representative examples of implementing educational robotics in school based on the constructivist approach. In: *Workshop Proceedings of SIMPAR*. Venice (Italy), November, **3** [4], 54-68, 2008.

Li, Liang-Yi., Chang, Chih-Wei., Chen, Gwo-Dong., Researches on Using Robots in Education. In. Learning by playing. Game-based education system design and development. *Lecture Notes in Computer Science* **5670/2009**, 479-482, 2009.

Lund, H. H., Pagliarini, L., Robot Soccer with LEGO Mindstorms. *Lecture Notes in Computer Science* **1604/1999**, 141-151, 1999.

Madsen, L., Winslow, C., Relations between teaching and research in physical geography and mathematics at research-intensive universities. *International Journal of Science and Mathematics Education* **7**, 741–763, 2009.

Marandino, M. ; Mortensen, M., Museographic transposition: accomplishments and applications. In: Bosch, M. et al (Org.). CRM Documents - *Un panorama de la TAD/An overview of ATD*. 1ed. Barcelona: CRM Centre de Recerca Matemática **10**, p. 203-216, 2011.

Mitnik, R., Recabarren, M., Nussbaum, M., Soto, A. Collaborative robotic instruction: A graph teaching experience. *Computers & Education* **53**, [2] 330-342, 2009.

Papert, S., *The Children's Machine: Rethinking School in the Age of the Computer*, HarperCollins, 1993.

Pietrocola, M., Brockington, G., Schivani, M., Rouxinol, E., Raquel, T., Andrade, R. *Ensino Médio: Energia e Potência*. 3º Fascículo do Aluno da Revista de Educação Tecnológica LEGO ZOOM - **3**, 1ª Ed., Curitiba, PR., ZOOM Editora Ltda. 2009a.

\_\_\_\_\_, *Ensino Médio: Máquinas e Equilíbrio*. 4º Fascículo do Aluno da Revista de Educação Tecnológica LEGO ZOOM - **4**, 1ª Ed., Curitiba, PR., ZOOM Editora Ltda. 2009b.

Wang, Eric L., LaCombe, J., Rogers, C. Using LEGO® Bricks to Conduct Engineering Experiments,” *Proceedings of the 2004 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*, session 2756, 2004.