



ROBÓTICA EDUCACIONAL APLICADA À APRENDIZAGEM EM FÍSICA

Roseli Fornaza – CCET/UCS – roselifornaza@gmail.com

Carine G. Webber – CCTI/UCS – cgwebber@ucs.br

Resumo. *A aprendizagem em áreas complexas como a Física passa normalmente pela resolução de problemas. Diversos estudos têm demonstrado que somente a sala de aula não é suficiente para evitar a geração de concepções errôneas sobre conceitos abstratos como força e movimento. Por isso a inserção de ferramentas tecnológicas, tal como a Robótica, tem sido proposta. Neste trabalho apresenta-se um experimento realizado com alunos do 5º ano do ensino fundamental que visou identificar e desestabilizar concepções errôneas sobre gravidade, movimento e atrito. Kits de robótica foram utilizados para promover a aprendizagem de forma significativa e prática. Os resultados apontam que é possível inserir a Robótica e superar concepções errôneas ao longo da aprendizagem.*

Palavras chaves: *concepções em Física, robótica educacional, aprendizagem significativa, ensino fundamental.*

EDUCATIONAL ROBOTICS APPLIED TO PHYSICS LEARNING

Abstract. *Learning in complex domains as Physics is usually based on problem solving. Some studies have demonstrated that traditional classroom is insufficient to prevent the occurrence of misconceptions about abstract concepts as movement and force. Approaches including technological tools, such as Robotics, have been proposed. In this work we present an experiment developed with students at elementary school (11 years old) in order to identify and destabilize misconceptions about gravity, movement and friction. Educational robotic kits have been used to promote a meaningful and practical experience of learning. Previous results point out that is possible to integrate Robotics to Physics teaching in order to overcome important misconceptions.*

Keywords: *misconceptions in Physics, educational robotics, meaningful learning, conceptions, elementary school.*

1. Introdução

No ensino das Ciências são comuns as situações de aprendizagem baseadas na resolução de problemas. Identificar quais problemas são mais propícios a suscitar determinadas aprendizagens é uma tarefa importante. Os trabalhos de Vergnaud nesta área propõem que se considere que o conhecimento está organizado em campos conceituais cujo domínio ocorre progressivamente (Vergnaud, 1982). Um campo conceitual é, para Vergnaud, um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e

que se entrelaçam durante o processo de aprendizagem (Moreira, 2002). A importância de definir um campo conceitual está no fato de que uma situação de aprendizagem não pode ser analisada a partir de um único conceito e este não pode ser formado a partir de uma única situação. Dessa forma, a construção e a apropriação de todas as propriedades de um conceito ou de todos os aspectos de uma situação é um processo longo (Vergnaud, 1983 citado por Moreira, 2002).

Segundo Vergnaud é através das situações e dos problemas a resolver que um conceito adquire sentido. Balacheff estendeu tal definição e propôs o modelo cKç (concepção, conhecimento e conceito) (Balacheff, 2013). Nele, a aprendizagem pode ser entendida como um processo de aquisição de concepções, observadas a partir da resolução de problemas. Toda concepção possui um domínio de validade, sendo representada formalmente por quatro elementos: $C = \{P, O, L, \Sigma\}$. P representa um conjunto de problemas onde a concepção se manifesta, O corresponde a um conjunto de operações que resolvem os problemas P, L uma linguagem do domínio de P, e Σ representa uma estrutura de controle aplicada pelo aluno para validar a sua solução de acordo com a concepção em questão. Sendo assim, à medida que um aluno resolve problemas, ele mobiliza as suas concepções. Tais concepções podem se revelar errôneas durante um processo de resolução de problemas, no momento em que os operadores não se aplicam como esperado (estado de desequilíbrio). Para superar esse desequilíbrio, o aluno precisa ser capaz de identificar quais outros operadores podem ser aplicados. Neste processo, as concepções mobilizadas podem ser reforçadas (geralmente quando corretas) ou desestabilizadas e substituídas por outras corretas.

Para autores como McDermott (1991), algumas concepções errôneas são de tal maneira sérias que podem tornar o ensino uma tarefa impossível. A origem de certas concepções errôneas pode estar na ausência de experimentos complementares ou ainda em falsas interpretações. Nesses casos, a concepção errônea pode se tornar altamente resistente ao método convencional de ensino-aprendizagem, onde o aluno não assume um papel ativo no processo.

Por outro lado, foi constatado que a Robótica Educacional, quando integrada aos conteúdos curriculares, coloca o aluno como construtor de sua aprendizagem. Como refere Coutinho (2003), a aprendizagem passa a ser vista como um processo ativo de construção. A Robótica Educacional ao reproduzir os problemas do dia a dia propicia um contexto mais significativo e motivador. De acordo com Fortes (2007, p.24), ela cria um ambiente interativo de ensino ao estabelecer diversas atividades, integrando conceitos matemáticos com fenômenos físicos, sensores, motores e programação. Além disso, ela favorece o trabalho de pesquisa, o desenvolvimento da capacidade crítica, o senso do saber, a resolução de problemas e o raciocínio lógico. Assim se criam ambientes favoráveis para interconexões educacionais, em que é possível estabelecer universos propícios a uma abordagem mais próxima ao contexto dos indivíduos. Isso se deve ao fato de que atualmente, a programação dos dispositivos de hardware pode ser realizada de forma simples e adaptada à realidade de cada faixa etária, não constituindo um empecilho à sua inserção na escola. Com essa base, autores como Zilli (2004) argumentam que a Robótica Educacional pode contribuir para o desenvolvimento de experimentações para as aulas de Física.

De forma complementar, o trabalho proposto constitui uma sequência natural dessas pesquisas. Uma vez identificadas concepções errôneas, o foco passa a ser como promover a aprendizagem adequada. A originalidade deste trabalho está em elaborar situações de aprendizagem que incluam materiais robóticos e uma metodologia baseada em experimentos práticos. Sendo assim, este artigo apresenta um experimento que trata

da inserção da Robótica Educacional no Ensino Fundamental em Física. Inicialmente a seção dois apresenta uma breve revisão de autores que fundamentam este trabalho. A seção três ilustra trabalhos sobre concepções errôneas sobre os conceitos de gravidade, atrito e movimento. Na seção quatro apresenta-se o experimento onde pretendeu-se desenvolver situações práticas de aprendizagem. Nesta mesma seção, uma apresentação do trabalho é feita a fim de verificar a hipótese que a Robótica Educacional constitui uma ferramenta complementar e relevante para a aprendizagem de conceitos complexos de Física. Por fim, algumas considerações sobre o trabalho são feitas.

2. Fundamentação Teórica

A presente proposta se fundamenta nos legados teóricos de Piaget, Vygotsky e Ausubel no que se refere às teorias de aprendizagem e a Papert na aprendizagem mediada pelas tecnologias. A abordagem construtivista trata o processo de aprendizagem como uma atividade daquele que aprende, através de situações onde ele constrói o seu conhecimento partindo de experiências anteriores. Para Piaget, a aprendizagem é um processo interno de construção, onde o aluno não é mero receptor, mas participante ativo do processo. As situações de aprendizagem devem centrar-se nos processos interativos que possam surgir a partir de conflitos, contradições, dúvidas ou questões dos educadores que conduzem ao desenvolvimento cognitivo. Tais obstáculos produzem desequilíbrios que conduzem à acomodação, assimilação e à equilíbrio como resultado da nova informação assimilada.

Para Vygotsky é importante identificar o estado de desenvolvimento mental dos alunos, reconhecendo o nível real (tarefas que o aluno realiza sozinho) e a zona de desenvolvimento proximal (tarefas que ele está potencialmente apto a aprender desde que seja orientado). A mediação pedagógica na zona de desenvolvimento proximal pode conduzir a avanços cognitivos que de outra forma poderiam não se concretizar (Gonçalves, 2004). Também Vygotsky (1988) percebeu que o desenvolvimento mental dos alunos poderia ser melhor avaliado quando eles trabalhavam em conjunto, reconhecendo que o conhecimento também é o resultado da interação social.

As contribuições de Ausubel atribuem grande importância aos processos de aprendizagem significativa, uma abordagem cognitiva na qual toda aprendizagem deve estar ancorada em conhecimentos prévios do aluno para que se torne significativa (Ausubel, 1968, p.6 e Novak, 1998, p. 9). O autor justifica que, quando conceitos relevantes não existem nas estruturas cognitivas dos alunos, as novas informações serão aprendidas mecanicamente e rapidamente esquecidas.

A transposição dos princípios teóricos de Piaget, Vygotsky e Ausubel para a realidade da sala de aula devem incluir a participação, a problematização, o diálogo e a reflexão crítica. O processo de ensino dessa forma não se limita a seguir um caminho bem definido, pois ele precisa lidar com novas interpretações e pontos de vista que podem emergir, conduzindo o aluno a uma aprendizagem significativa, reflexiva e crítica (Gonçalves, 2004). É natural pensar-se em situações de aprendizagem que envolvam a realização de tarefas ou a construção de objetos (físicos ou virtuais), sendo esta uma maneira para interpretar como as ideias se formam e se transformam influenciadas pelo meio. Esse processo permite que o conhecimento seja situado pelo aluno, um aspecto relevante na teoria de Papert (2008). Para ele, as crianças são aprendizes inatas, construtoras de seu próprio conhecimento. Ele afirma que qualquer assunto é simples de aprender se a pessoa consegue incorporá-lo ao seu arsenal de modelos. Papert coloca a criança “como um construtor”, ou seja, a instrução formal

fornece os conteúdos necessários para a construção e reestruturação dos conhecimentos preexistentes. A velocidade com que essa construção é feita está fortemente ligada à quantidade de materiais (conteúdos) acessíveis e à sua utilização de maneira eficaz.

Alinhado com a teoria construcionista defendida por Piaget, Vygotsky e Ausubel, Papert (2008) propõe a ideia de que os seres humanos aprendem melhor quando são envolvidos no planejamento e na construção dos objetos. Como compara Papert (2008, p.135), a educação tradicional codifica o conhecimento e informa ao aluno apenas o necessário. Para ele uma proposta construtivista moderna mediada pelas tecnologias deve partir da suposição de que os alunos devem buscar o conhecimento específico de que necessitam por si só, sendo subsidiados pela educação formal e assim apoiados moral, psicológica, material e intelectualmente em seus esforços. Novos meios para isso vêm sendo desenvolvidos e testados ainda em pequena escala nas escolas no Brasil. Uma dessas formas é através da Robótica Educacional que, conectada aos conteúdos curriculares, coloca o aluno como construtor de sua aprendizagem.

Através de componentes diversos, o aluno constrói, testa hipóteses e desenvolve habilidades cognitivas variadas tais como pensamento crítico, solução de problemas, aplicação, análise e síntese. A programação dos dispositivos pode ser realizada de forma simples e adaptada à realidade de cada faixa etária. Uma forma de se observar, acompanhar e atestar a aprendizagem consiste em acompanhar concepções iniciais e finais dos alunos em situações de aprendizagem.

3. Concepções em Física

Muitos conceitos científicos são extremamente difíceis de compreender pelos alunos do Ensino Fundamental e Médio. A compreensão superficial dos conceitos aparece quando se solicita aos alunos que expliquem certos conceitos ou fenômenos, como a gravidade, o movimento dos corpos e o atrito. Desde os anos noventa, diversos pesquisadores começaram a documentar a existência de concepções errôneas nas ciências (Pfundt e Duit, 1993), com o intuito de compreender como interferem durante os processos instrucionais. Estudos prévios (Confrey, 1990; Chi, 2005) destacam que elas tendem a prevalecer, sendo estáveis, resistentes e duradouras, apesar das instruções.

Em Física, desde os anos 80 encontra-se em pleno desenvolvimento uma área de pesquisa em Ensino de Ciências que tem como foco a investigação de concepções errôneas (Zylbertszajn, 1983). Desde então, estudos têm evidenciado que crianças e adolescentes desenvolvem e trazem para as salas de aula, concepções a respeito de fenômenos físicos. Pesquisas têm demonstrado que estas concepções (na forma de expectativas, crenças, princípios intuitivos) cobrem uma vasta gama dos conceitos que fazem parte dos currículos de disciplinas científicas. Tais noções são fortemente incorporadas à estrutura cognitiva do aluno, tornando-se resistentes à instrução.

Alguns trabalhos anteriores identificaram concepções errôneas apresentadas pelos alunos na área da Física. McDermott (1984) efetuou estudos sobre concepções de forças e a sua relação com o movimento. Assim, estudou os casos das forças "passivas" (como a tensão de uma corda, que se ajusta em face de uma força aplicada) e a força gravitacional, e ainda a velocidade e a aceleração de corpos sob a influência de forças.

Neste trabalho assume-se que as concepções iniciais dos alunos lhes proporcionam uma compreensão pessoal da realidade, influenciando nos processos de aprendizagem e na compreensão dos conceitos que lhes são ensinados. Por exemplo, concepções sobre a gravidade estão comumente presentes no repertório dos alunos desde as séries iniciais no estudo das Ciências até o Ensino Médio. Uma falsa concepção

dos alunos a respeito da gravidade é a de que a força de gravidade aumenta com a altura. Ainda, a concepção de que a gravidade só atua nos corpos que se encontram em queda livre é bem difundida. Outras concepções associadas à gravidade assumem que: os corpos pesados caem mais depressa do que os corpos leves; a aceleração de um corpo em queda livre depende da sua massa; a gravidade não age sobre corpos em repouso; e ainda que a gravidade é maior no alto de uma ladeira.

Um estudo importante sobre concepções é apresentado por Confrey (1990), que propôs o paradigma de concepções errôneas (*misconceptions*). De acordo com Confrey, se procurarmos atentamente atribuir um sentido a uma resposta incorreta apresentada por um aluno, poderemos descobrir que ela é plausível e razoável. O mesmo problema ao tratar de erros e concepções errôneas dos alunos foi estudado por Balacheff (2013). Segundo este autor, ao analisar-se o comportamento dos alunos, deve-se considerar a existência de estruturas mentais contraditórias e incorretas do ponto de vista de um observador. Tais estruturas mentais podem, entretanto, ser consideradas coerentes quando aplicadas a contextos particulares (uma classe de problemas).

Trabalhos anteriores realizados em sala de aula apontam a presença de concepções errôneas sobre fenômenos como movimento, gravidade e outros (Zylbertszajn, 1983; Nardi e Carvalho, 1996). Tais trabalhos, além de descreverem experimentos relevantes, servem de ponto de partida para a construção de uma base preliminar de concepções errôneas. Outros estudos (Hasweh, 1996; Mellado, 1996; Hewson et al., 1995) têm mostrado a persistência de concepções nas Ciências, além de discutir sua influência sobre a prática docente (Lawden, 1985; Martins e Pacca, 2005).

4. Materiais e Métodos

A fim de investigar as concepções iniciais dos alunos sobre conceitos de Física planejou-se um experimento de natureza teórico-prática com 11 alunos de 5º ano (entre 11 e 12 anos). O experimento foi realizado em três etapas. A primeira etapa consistiu em apresentar aos alunos seis questões a fim de obter suas concepções iniciais sobre os conceitos de gravidade e atrito. Nelas foi solicitado a cada aluno individualmente escrever o que aconteceria com um veículo em situações de inércia, queda livre e deslocamento em diferentes tipos de solo. A figura 1 a seguir ilustra uma questão proposta com relação as concepções iniciais sobre gravidade e respostas obtidas.



Questão 1

Observe a figura ao lado. Nela um veículo está em deslocamento no ar. Existe gravidade atuando sobre ele neste momento?

Resposta aluno 1: *não, só existe gravidade quando o carrinho está andando no chão. No ar não existe gravidade atuando sobre ele.*

Resposta aluno 2: *sim, porque está caindo, senão tivesse ele sairia voando.*

Resposta aluno 3: *sim, porque a gravidade estará puxando o carrinho para o chão e fazendo-o cair.*

Figura 1 - Exemplo de questão sobre gravidade e três respostas de alunos.

iniciais sobre o tema (figura 2).



chão

grama

Questão 2. Observe a figura acima. Se o carrinho for impulsionado e sair andando, haverá diferença entre andar no chão e na grama? Quando ele para de andar?

Resposta aluno 1: *no chão e na grama ele anda igual, o lugar não interfere no movimento.*

Resposta aluno 2: *na grama ele anda mais lento, no chão mais rápido.*

Resposta aluno 3: *ele irá parar só quando bater.*

Figura 2 - Exemplo de questão sobre atrito e três respostas de alunos.

Validando o que diversos estudos já haviam apontado, foram identificadas as seguintes concepções sobre gravidade, movimento e atrito:

- c1) a gravidade é um força que puxa os objetos para o chão.
- c2) a gravidade só atua nos corpos quando em movimento no chão.
- c3) a gravidade atua também sobre corpos em repouso.
- c4) a gravidade não atua sobre corpos em queda livre (no ar).
- c5) sem gravidade os corpos voariam.
- c6) uma vez em movimento, o corpo permanece em movimento.
- c7) o atrito de um corpo em movimento com o solo não altera a sua velocidade.
- c8) o atrito faz com que um corpo em movimento reduza a sua velocidade.

Dando continuidade ao experimento, na segunda etapa o professor prosseguiu com uma explanação sobre os conceitos de gravidade, movimento e atrito. Durante a explanação o professor se valeu de materiais dos kits Lego e vídeos educacionais conforme ilustra a figura 3. Os alunos fizeram diversos questionamentos, e foram orientados sobre a formação de grupos para a etapa três.



Figura 3 - Explanação de conceitos de Física.

Na terceira etapa os alunos formaram equipes de três ou quatro integrantes, assumindo cada aluno uma função (um construtor, um ou dois organizadores e um relator). Os alunos foram orientados a descrever, primeiramente, o roteiro da montagem e, em seguida, proceder com descrição das peças e realização dos testes (conforme questões da etapa 1). Tanto o relatório quanto o protótipo desenvolvido deveriam contribuir para a aprendizagem dos conceitos de gravidade e atrito, levando em conta a experiência dos alunos e o conhecimento prévio. As equipes foram desafiadas a montar um carrinho simples usando rodas, eixos, engrenagens, blocos, conectores, polias e realizar os testes propostos. Os cenários de teste compreendiam observar o movimento do carro em situações de queda livre, rampa, inércia e deslocamento sobre material simulando carpete, grama, asfalto e estrada de cascalho. Após a montagem e a descrição do relatório, os alunos de cada equipe apresentaram seus protótipos para os colegas das demais equipes. A figura 4 ilustra um carrinho desenvolvido por uma das equipes.



Figura 4 - Carrinho montado por uma das equipes sendo testado sobre pisos.

Cada equipe realizou os testes solicitados considerando os cenários apresentados previamente. Além disso, cada equipe descreveu suas observações para serem posteriormente confrontadas com as concepções iniciais. Através da experimentação prática os próprios alunos puderam invalidar algumas de suas concepções. Nesta etapa o registro textual permitiu identificar que algumas concepções errôneas foram mais facilmente desestabilizadas. Este foi o caso das concepções c3, c4, c6 e c7. A maioria dos alunos foi capaz de compreender porque elas são incorretas. Entretanto, para alguns alunos seria necessário desenvolver novos experimentos, em especial para compreender melhor como tratar as concepções c4 e c5. A figura 5 apresenta o registro descritivo de um aluno que apresentava a concepção inicial c7.

Existe diferença quando o carrinho anda no chão e no Carpete?

existe, depois que montamos o carro e testamos percebemos que ele anda mais lento, achava antes que o material não interferia na velocidade e no movimento do carrinho

Figura 5 - Registro descritivo de aluno após o experimento com o kit de robótica.

A figura 6 exemplifica outra resposta obtida pós-experimento vinda de um aluno que também apresentava a concepção inicial c7.

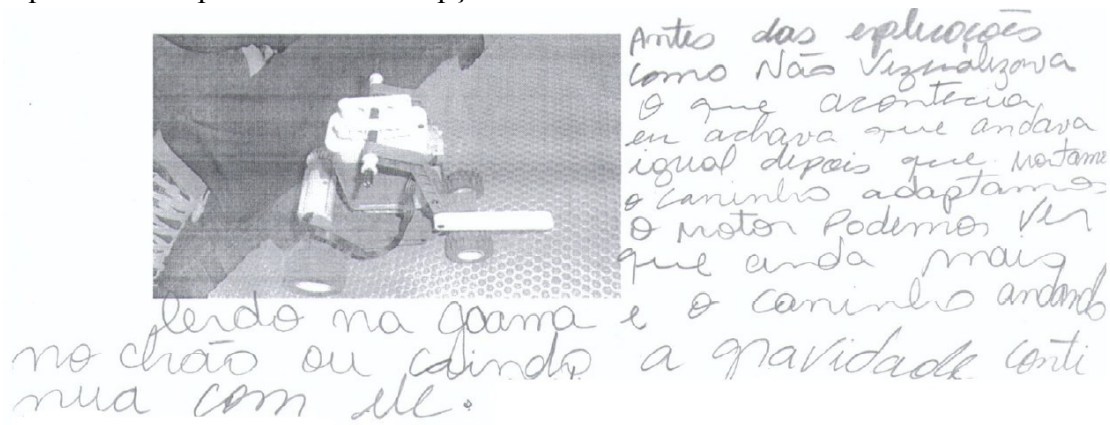


Figura 6 - Registro descritivo de aluno e imagem do veículo construído no experimento.

Com relação às concepções errôneas sobre a gravidade, verificou-se igualmente no registro descritivo que houve uma mudança na compreensão dos alunos. A figura 7 ilustra um registro descritivo de um aluno que portava as concepções c2 e c4 sobre o conceito de gravidade.

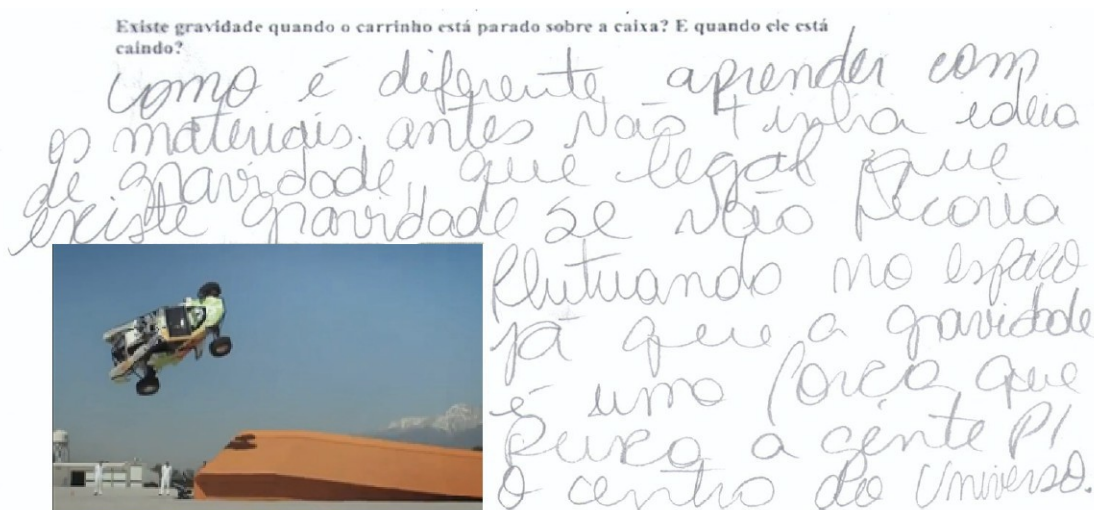


Figura 7 - Registro descritivo de um aluno sobre a atuação da gravidade sobre os corpos.

5. Resultados e Conclusões

Este trabalho apresentou um estudo sobre as relações entre concepções e seus domínios de validade. O experimento desenvolvido teve por objetivo investigar como elas se manifestam e qual o seu impacto durante o processo de aprendizagem. Embora este artigo retrate um trabalho de pesquisa em andamento, através dele foi possível identificar um conjunto de concepções errôneas que podem ser desestabilizadas através

de experimentos práticos. Neste cenário, a Robótica Educacional pode contribuir para o aprendizado científico e tecnológico, integrados a uma área de conhecimento. Sob esta perspectiva, a aprendizagem ultrapassa os limites da sala de aula, levando o aluno a elaborar conjecturas, criar soluções que interajam com o mundo real e testar como elas se comportam. Assim, além de resolver os problemas curriculares, os alunos passam a reconhecer que tais situações são reais e a aprendizagem contextualizada pode se tornar significativa e portanto duradoura.

Este artigo apresentou também um experimento envolvendo conceitos de Física com a finalidade de detectar concepções errôneas dos alunos e trabalhar de forma prática a fim de desestabilizá-las. O uso de ferramentas tecnológicas interferiu significativamente na motivação dos aprendizes e no seu engajamento nas tarefas. Embora este estudo seja preliminar, tendo sido realizado com apenas 11 alunos, seria injusto não reconhecer os benefícios da integração das tecnologias ao ensino das Ciências. Neste contexto, os kits de Robótica se apresentam como um atrativo recurso didático, uma vez que a experimentação é uma forte aliada na aprendizagem de conceitos complexos e abstratos.

6. Referências Bibliográficas

- AUSUBEL, D.P. **Educational psychology: a cognitive view**. 1ª ed. Nova York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.
- BALACHEFF, N. **cKc, a Model to Reason on Learners Conceptions**. In: Martinez, M. & Castro Superfine, A (Eds.) Proc of the 35th annual meeting of the North American Chapter of the Intl. Group for the Psychology of Mathematics Education. Chicago, IL: University of Illinois at Chicago, 2013.
- CHI, M. **Commonsense Conceptions of Emergent Processes: Why Some Misconceptions Are Robust**. The Journal of Learning Sciences, 14 (2), 161–199, Lawrence Erlbaum Associates, Inc, 2005.
- CONFREY, J. **A review of the research on students conceptions in mathematics, science, and programming**. In: Courtney C. (Ed.) Review of research in education. American Educational Research Association 16, 1990. p.3-56.
- COUTINHO, L. M.. **Imagens sem fronteiras: A gênese da TV escola no Brasil**. In: Gilberto Lacerda dos Santos (Org). Tecnologias na Educação e formação de professores. Brasília: Plano Editora, p. 69-98, 2003.
- FORTES, R. M. **Interpretação de Gráficos de Velocidade em um ambiente robótico**. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática), PUC-SP, 2007. 121p.
- GONÇALVEZ, M.I.R. **Mudanças nos sistemas de ensino: Teorias da aprendizagem que podem fundamentar a comunidade cooperativa de aprendizagem em rede**. LinhasCríticas, v. 10, n. 19, 2004.
- HASWEH, M. Z. **Effects of science teachers' epistemological beliefs in teaching**. Journal of Research in Science Teaching, New York, v. 33, n. 1, 1996. p. 47-63.
- HEWSON, P. W., KERBY, H. W., COOK, P.A. **Determining the conceptions of teaching science held by experienced high school science teachers**. Journal of Research in Science Teaching, v.32, n. 5, 1995. p. 503-520.
- LAWDEN, D.F. **Elements of relativity theory**. New York: Wiley, 1985.



- MARTINS, A.F.; PACCA, J.L.A. **O Conceito de tempo entre estudantes de ensino fundamental e médio: uma análise à luz da epistemologia de Gaston Bachelard.** *Investigações em Ensino de Ciências*, v.10, n.3, 2005. p. 299-336.
- MCDERMOTT, L.C. **Research on conceptual understanding in Mechanics.** *Physics Today*, v.37.(37), 1984. p. 24-32.
- MCDERMOTT, L.C. **Millikan lecture 1990: what we teach and what is learned-closing the gap.** *The American Journal of Physics* 59 (4), 1991. p.301-315.
- MELLADO, V. **Concepciones y Prácticas de aula de profesores de ciências, em laformación inicial de primaria y secundaria.** *Enseñanza de las Ciências*, Barcelona, v. 14, n. 3, 1996. p. 289-302.
- MOREIRA, M. A. **A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e Pesquisa Nesta Área.** *Investigações em Ensino de Ciências*, v.7, n.1, 2002.
- NARDI, R.; CARVALHO, A. M. P. **Um estudo sobre a evolução das noções de estudantes sobre espaço, forma e força gravitacional do planeta Terra.** *Investigações em Ensino de ciências*, v.1, nº2, Porto Alegre, UFRGS, 1996.
- NOVAK, J.D. **Uma teoria de educação.** São Paulo, Pioneira: 1998.
- PAPERT, S. **A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática.** Porto Alegre: Artmed, 2008. 210p.
- PFUNDT, H.; DUIT, R. **Student's Alternative Frameworks and Science Education.** Institute for Science Education, 4 th Edition, Univ of Kiel, Alemanha, 1994. 288 p.
- PIAGET, J. **Equilíbrio das estruturas cognitivas.** Rio de Janeiro: Zahar, 1976.
- VERGNAUD, G. **A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems.** In T.P. Carpenter, J.M. Moser, T.A. Romberg (Eds.), *Addition and Subtraction: a cognitive perspective*, Hillsdale: Lawrence Erl, 1982. p. 39-59.
- VYGOTSKY, L.S. **A formação social da mente.** São Paulo: Martins Fontes, 1988.
- ZILLI, S.R. **A Robótica Educacional no ensino fundamental: perspectivas e prática.** 2004. 87p. Dissertação (Mestrado em engenharia de produção) , UFSC, Florianópolis.
- ZYLBERSZTAJN, A. **Concepções espontâneas em Física: Exemplos em Dinâmica e implicações para o ensino.** *Revista de Ensino de Física*, v.5, n.2, Sociedade Brasileira de Física, dez,1983. p. 03 –16.