

Desenvolvimento e utilização de materiais potencialmente significativos para o ensino de Torção em cursos de Engenharia: Uma experiência em sala de aula com o software GeoGebra

Carlos Vitor de Alencar Carvalho
Docente do Centro Universitário Estadual da Zona Oeste (UEZO)
e da Universidade Severino Sombra (USS)
cvitorc@gmail.com, carloscarvalho@uezo.rj.gov.br

Janaina Veiga
Docente do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca -
(CEFET/RJ) - UnED Angra dos Reis
janainavcarvalho@gmail.com

Resumo: Este trabalho apresenta possibilidades do uso do *software* GeoGebra para o desenvolvimento de Materiais Potencialmente Significativos (MPS) para o ensino do conceito sobre torção, ministrado em cursos de Engenharia na disciplina de resistência dos materiais. A Teoria da Aprendizagem Significativa é o referencial teórico que norteia este trabalho, onde as atividades desenvolvidas no GeoGebra atuam como Materiais Potencialmente Significativos, que juntamente com os conhecimentos prévios e vontade de aprender constituem o núcleo principal dessa teoria. O material foi utilizado em sala de aula e em seguida foi feita uma análise qualitativa e quantitativa. Quanto ao teste quantitativo foi verificado que a utilização do MPS interferiu positivamente na média da turma. Do ponto de vista qualitativo também houve uma boa aceitação dos sujeitos envolvidos na pesquisa.

Palavras-chave: Educação em Engenharia, GeoGebra, Material Potencialmente Significativo.

Abstract: This paper presents possibilities of the use of GeoGebra software for the development of Potentially Significant Materials (PSM) for the concept of teaching about twist, taught in Engineering courses in Strength of materials discipline. The Theory of Meaningful Learning is the theoretical framework that guides this work, where the activities in GeoGebra act as Potentially Significant Materials, which together with the prior knowledge and willingness to learn are the main core of this theory. The material was used in the classroom and then was made a qualitative and quantitative analysis. As to the quantitative test has been found that the use of MPS positive influence on the class average. From a qualitative point of view there was also a good acceptance of the subjects involved in the research.

Keywords: Engineering Education, GeoGebra, Potentially Meaningful Material

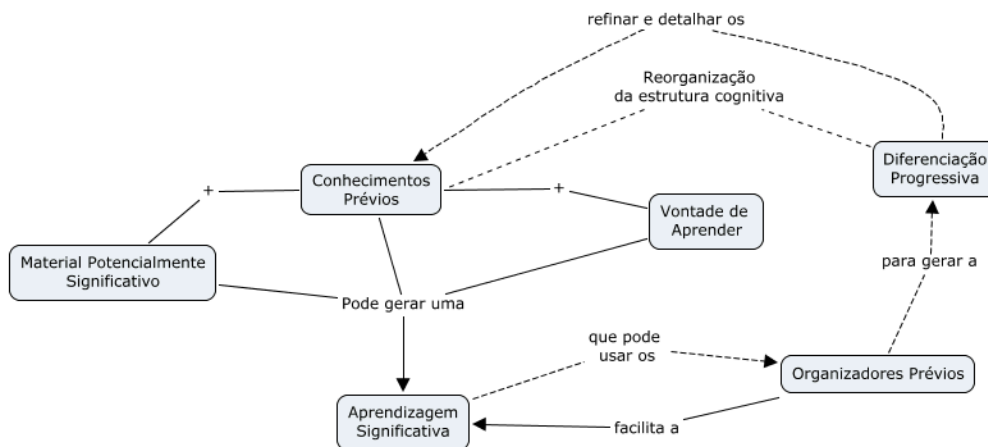
Introdução

Percebe-se atualmente a necessidade de se utilizar a informática como ferramenta auxiliar no processo de ensino e aprendizagem no ensino superior. Um dos objetivos dessa utilização é aproximar os conteúdos, ensinados em sala de aula, dos alunos. Essa aproximação pode ser efetivada através da utilização de *softwares* educacionais. Eles podem ser uma ferramenta complementar para as aulas, atuando

como um Material Potencialmente Significativo (MPS). O termo MPS é descrito na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), proposta por David Ausubel.

A ideia de um MPS proposta por David Ausubel e conforme Moreira e Massini (2011), se torna uma das características para a aprendizagem significativa. As outras características, são os subsunçores (conhecimentos prévios) e a vontade de aprender, isto é, o aluno não pode ter a intenção de apenas memorizar o MPS ou o conteúdo que está sendo ensinado e sim de associá-lo através de uma relação entre o novo conhecimento (ou conteúdo) e os subsunçores que estão na sua estrutura cognitiva, assimilando e contribuindo para dar um significado para o novo conhecimento. Desse modo, o material potencialmente significativo pode atuar como um ferramental para os organizadores dos subsunçores e na apresentação do novo conhecimento. A Figura 1, mostra de forma resumida um mapa conceitual da TAS com principais características para uma aprendizagem significativa.

Figura 1 - Mapa Conceitual da Teoria da Aprendizagem Significativa.



Fonte - Retirado de Ferreira e Carvalho (2013).

Os autores desde trabalho tem direcionado, nos últimos quinze anos, suas investigações para a área de Ensino de Engenharia e Matemática, onde a ideia principal é desenvolver ambientes computacionais multidisciplinares, que utilizam técnicas na área de Sistemas e Computação, para solucionar problemas das mais diversas áreas como educação, engenharias, física, matemática, geologia (Carvalho; Lemos, 2014, Ribeiro; Carvalho, 2014, Carvalho, 2013, Reis; Carvalho, *et al*, 2007)

As atividades apresentadas neste trabalho foram desenvolvidas utilizando o software GeoGebra¹. O GeoGebra é um *software* livre, caracterizado como um *software* de geometria dinâmica que permite o estudo visual ou geométrico das construções criadas bem como a análise algébrica do mesmo. Apresenta como um dos principais recursos a possibilidade de alteração de parâmetros e a automática visualização dessa alteração na área geométrica, sendo portanto, um excelente laboratório para o ensino e aprendizagem de construções geométrica. Originalmente foi desenvolvido para o ensino da matemática. Pode-se observar nos resultados apresentados neste trabalho, que também pode ser muito bem utilizado para testar hipóteses e estudos nas diversas áreas da engenharia. No caso específico deste trabalho, o foco foi o estudo do esforço de torção, ministrado em geral nas disciplinas de Resistência dos Materiais, disciplina que

¹ Disponível em: <http://www.geogebra.org>

está inserida no núcleo profissionalizante dos cursos de Engenharia Civil, conforme determina as Diretrizes Curriculares do Curso de Graduação em Engenharia, Resolução CNE/CES 11, de 11 de março de 2002. Assim, nas próximas seções serão apresentados as atividades desenvolvidas no GeoGebra e uma possibilidade de sua utilização como apoio no ensino de torção, especificamente sobre o conceito de transmissão de potência.

Desenvolvimento das atividades no GeoGebra

Como dito anteriormente, as atividades foram desenvolvidas no GeoGebra. A Tabela 1 mostra a lista das atividades desenvolvidas sobre torção, os objetivos e o link no GeoGebraTube² de cada uma. O GeoGebraTube é uma plataforma *online* para usuários do GeoGebra disponibilizarem materiais e atividades desenvolvidas no *software*.

Tabela 1 - Objetivos e links no GeoGebraTube em cada uma das atividades

Atividade	Objetivo	Link no GeoGebraTube
01	Estudo da tensão de cisalhamento em eixos tubulares	http://tube.geogebra.org/student/mXMJ5KmuE
02	Estudo da tensão de cisalhamento em eixos maciços	http://tube.geogebra.org/student/mviQbhfh4
03	Estudo da transmissão de potência - eixos tubulares	http://tube.geogebra.org/student/maV6ZHioU
04	Estudo da transmissão de potência - eixos maciços	http://tube.geogebra.org/student/meHRVd5A4

Fonte: os autores

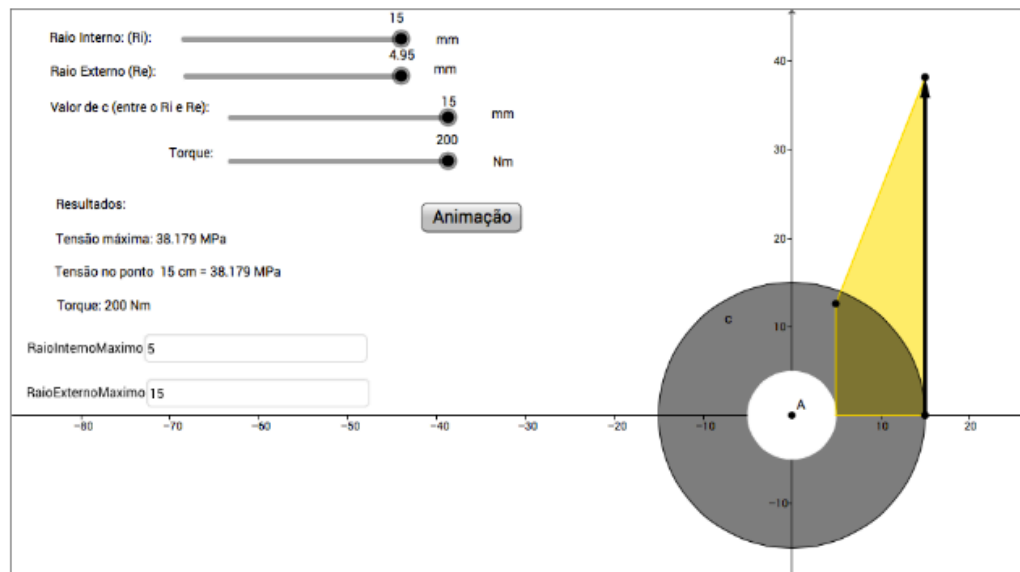
O efeito de um torque em uma peça é uma das principais preocupações em estudos e projetos de engenharia, como por exemplo, eixos de transmissão que podem ser maciços ou vazados. As atividades 01 e 02 tem o objetivo de mostrar a variação de tensões de cisalhamento de torção em um eixo maciço ou tubular devido ao esforço interno gerado por um torque. As Figuras 1 e 2 mostram a *interface* das atividades 01 e 02 respectivamente.

Na Figura 1, pode-se perceber a possibilidade de se alterar o valor do torque aplicado, do raio e um parâmetro c (valor entre zero e o valor do raio) para o estudante verificar o valor da tensão em cada posição. Também é possível fazer uma animação, através do botão indicado com esse nome, para mostrar a variação linear da tensão de cisalhamento. Na Figura 2 a ideia é a mesma, entretanto neste caso, pode-se alterar além do raio interno, o raio externo.

É importante ressaltar que a simulação foi deduzida considerando que o material é homogêneo, isotrópico e com comportamento linear elástico uma vez que a dedução se baseia na premissa que a tensão é proporcional à deformação.

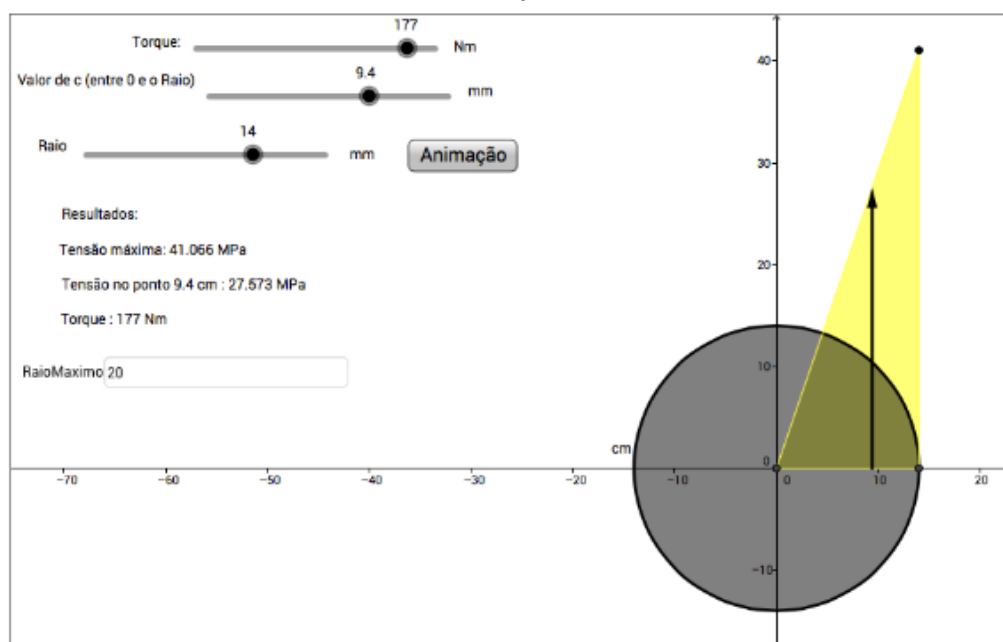
² Disponível em <http://tube.geogebra.org>.

Figura 1 - Atividade 01 para estudo das tensões devido o esforço de torção em eixo maciço.



Fonte: os autores.

Figura 2 - Atividade 02 para estudo das tensões devido o esforço de torção em eixo maciço.



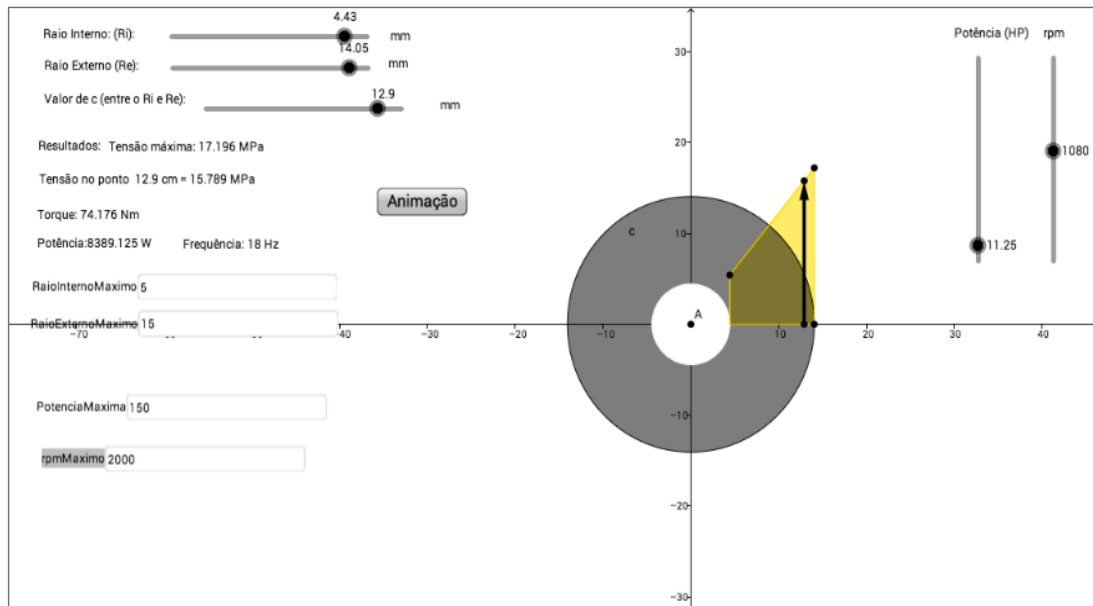
Fonte: os autores.

As atividades 01 e 02 servem de apoio para os estudos iniciais sobre torção. Sugere-se como subsunçores para o estudo dessas atividades os conceitos de tensão e deformação, material homogêneo, mecânica básica, equilíbrio de corpo rígido e propriedades mecânicas dos materiais.

Para o estudo sobre transmissão de potência foram elaboradas as atividades 03 e 04. Elas trabalham com o conceito de eixo de transmissão de potência gerada por máquinas. A Figura 3 apresenta a *interface* da atividade 03. As atividades 01 e 02

podem servir de subsunçores para o estudo das atividades sobre transmissão de potência.

Figura 3 - Atividade 03 para estudo de transmissão de potência em eixos maciços.



Fonte: os autores.

Teste Experimental

As atividades desenvolvidas no GeoGebra foram experimentadas em sala de aula com alunos do Curso de Engenharia Civil. Foi realizada uma avaliação qualitativa e quantitativa. Inicialmente os pesquisadores apresentaram rapidamente o desenvolvimento feito e como funcionava o GeoGebra, e em seguida, os alunos ficaram a vontade para testar e usar a ferramenta. Neste momento observou-se a facilidade, por parte dos alunos, na utilização das atividades feitas no GeoGebra, bem como o entendimento e compreensão dos significados das parâmetros que podem ser alterados.

A avaliação experimental quantitativa aconteceu da seguinte forma: inicialmente os alunos resolveram um teste sobre torção sem a utilização do aplicativo desenvolvido, denominado de grupo SEM APP. Em outro momento, os alunos resolveram um teste sobre torção com a ajuda do aplicativo, denominado de grupo COM APP. As notas dos dois grupos são mostrados na Tabela 2.

Com os dados tabelados, iniciou-se o processo de avaliação do teste estatístico. O principal objetivo desse estudo experimental é verificar se há diferença significativa entre as notas dos alunos que realizaram a resolução do teste sobre torção, sem e com o uso dos aplicativos desenvolvidos no GeoGebra. Primeiramente iniciou-se a verificação da normalidade e homocedasticidade. Utilizou um valor de índice de significância igual a 5 % para todos os testes de hipóteses.

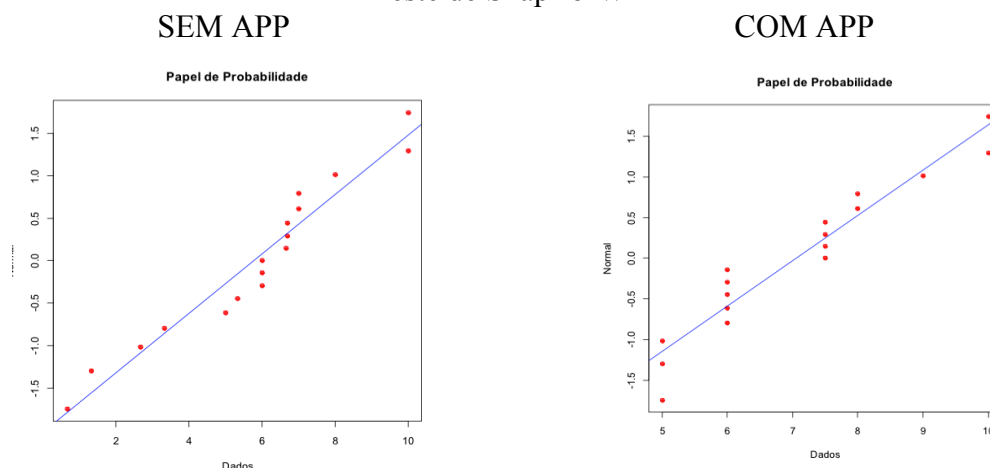
Para a verificação da normalidade, utilizou-se o Teste de normalidade de Shapiro-Wilk, pois a quantidade de amostras é menor que 50. Segundo o Teste de Shapiro-Wilk, as hipóteses são: H_0 - os dados seguem uma distribuição normal e H_1 - os dados não seguem a distribuição normal. A Figura 4 mostra o resultado da análise para os dados SEM APP e COM APP. para os dados SEM APP, observa-se que o valor de p (0,2897) é maior que índice de significância (0,05), portanto, não rejeita-se a hipótese H_0 . O mesmo é observado para os dados COM APP. Neste caso o valor de p (0,0889) é maior que 0,05, logo também não rejeita-se a hipótese H_0 .

Tabela 2 - Notas dos dois grupos que foram analisados

SEM APP	COM APP
8,0	9,0
1,3	6,0
6,7	6,0
2,7	6,0
6,7	7,5
7,0	8,0
6,0	5,0
5,0	5,0
10,0	10,0
3,3	7,5
0,7	6,0
10,0	10,0
5,3	8,0
7,0	7,5
6,7	5,0
6,0	6,0
6,0	7,5

Fonte: os autores.

Figura 4 - Resultado da análise para os dados SEM APP e COM APP -
Teste de Shapiro-Wilk



Fonte: os autores.

Para verificar a homocedasticidade, utilizou-se o teste F. Considerou-se as hipóteses H_0 como os dados tendo variâncias iguais e H_1 como os dados tendo variâncias diferentes. Executando-se o teste, o valor de F foi 2,58 e o resultado de p foi 0,0658. Como p é maior que o índice de significância (0,05), não há indícios de que a hipótese nula seja rejeitada, portanto, pode-se dizer que as variâncias para os dois grupos são iguais.

Com a normalidade e a variância verificadas, utilizou-se um teste paramétrico para completar a análise. O teste escolhido foi o teste t de *student* pareados. As hipóteses escolhidas foram as seguintes: H_0 - as notas dos alunos antes e depois do uso das aplicações no GeoGebra, em média, são iguais, H_1 - as notas dos alunos antes e depois do uso das aplicações no GeoGebra, em média, são diferentes.

A Figura 5 mostra o resultado do teste t de *student*. Observa-se que como o valor de p (0,02165) é menor que o índice de significância (0,05), logo, não há indícios para aceitar a hipótese nula. Assim, aceita-se a hipótese alternativa (H_1), ou seja, que há diferença entre as notas dos alunos SEM APP e COM APP. Considerando que a média do grupo SEM APP é de 5,8 pontos e a média do grupo COM APP é de 7,2 pontos, o resultado experimental mostra que o uso das aplicações desenvolvidas no GeoGebra influenciou positivamente na aprendizagem sobre torção.

Figura 5 - Resultado do teste t de *student*.

T	-2,544259622
Graus de Liberdade	16
P-valor	0,021653038
Média das Diferenças	-1,270588235
Desvio Padrão das diferenças	2,059054609
Intervalo de Confiança	0,95

Fonte: os autores.

Considerações Finais e Conclusões

O trabalho apresentou a viabilidade através de um estudo experimental do uso do GeoGebra como ferramenta para o desenvolvimento de atividades de apoio aos processos de ensino e aprendizagem para tópicos de estudo de Engenharia, na área de Resistência dos Materiais. Quanto ao desenvolvimento do material no GeoGebra, destaca-se a relativa facilidade, ressaltando que alguns dos recursos utilizados, como caixa de entrada de parâmetros só estão disponíveis para a versão 5.0 do GeoGebra. O GeoGebra mostrou-se bastante eficiente, permitindo uma rápida visualização e verificação algébrica das implementações efetuadas. Há a possibilidade da utilização de recursos mais avançados, como por exemplo, a implementação de scripts para animações e/ou aumentar a interatividade das atividades com os alunos. Um pouco desse recurso foi utilizado na implementação do botão animação em cada uma das atividades. Quanto ao estudo experimental, observa-se um retorno positivo qualitativamente. Os alunos destacaram pontos como a facilidade do uso, disponibilidade online dos materiais na plataforma GeoGebraTube e também o entendimento e compreensão dos significados dos parâmetros que podem ser alterados e visualizados. Quanto a parte quantitativa do estudo experimental, o resultado final do teste t de *student* pareado, mostrou que a hipótese alternativa de que as médias são diferentes é aceita para um nível de significância de 5%. Sugere-se que outros testes seja realizados, com novas abordagens sobre torção e com uma maior quantidade de alunos afim de analisar os resultados e melhorar o uso dos aplicativos desenvolvidos no GeoGebra.

Agradecimentos

O primeiro autor agradece ao CNPq pelo apoio financeiro.

Referências

- CARVALHO, C. V. A. **Programación en Octave para cursos de Ingeniería** ISBN: 978-3-659-07894-1. 1. ed. Editorial Académica Española, 2013. v. 1. 61p .
- CARVALHO, C. V. A.; LEMOS, B. M. **Possibilities of Augmented Reality Use in Mathematics Aiming at a Meaningful Learning**. Creative Education, v. 05, nº 9, p. 690-700, 2014.
- FERREIRA, M. I. J.; CARVALHO, C. V. A. **Um Material Potencialmente Significativo para o Ensino de Tensões Normais na disciplina de Resistência dos Materiais dos cursos de Engenharia**. EDU.TEC - Revista Científica Digital da FAETEC, v. 1, p. 1-16, 2013.
- MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. 2ª edição. São Paulo: Centauro, 2011, 111 p.
- REIS, M. A. F dos; CARVALHO, C. V. A. ; ALVES, E. M. ; MEDEIROS, M. A. M. ; MACHADO, R. da R. . **Desenvolvimento de um Sistema Multimídia Educacional sobre a Paleontologia da Bacia de Pirabas, Mioceno do Norte do Brasil**. Anuário do Instituto de Geociências (UFRJ. Impresso), v. 30, p. 257-257, 2007.
- RIBEIRO, B. M.; CARVALHO, C. V. A. **A Proposal of Potentially Meaningful Material for Teaching of Vector Mechanics**. Creative Education, v. 05, nº 22, p. 1929-1935, 2014.