



21 - 25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

UTILIZAÇÃO DO KIT LEGO COMO UMA ABORDAGEM LÚDICA NO ENSINO DE CINEMÁTICA E DINÂMICA DOS MECANISMOS

Caio Vinícios Juvêncio da Silva, caiovinicios91@hotmail.com¹
Aluscka Aretuza Vieira Silva, aluscka@hotmail.com²
Arleson Kennedy França dos Santos, arleson.kennedy@hotmail.com³
Felipe Pereira da Silva, felipe.psilva92@gmail.com⁴

^{1,2,3,4} Instituto Federal de Pernambuco (IFPE), Distrito Industrial II - Estr. do Alto do Moura, CEP 55040-120, Caruaru, PE, Brasil.

Resumo: Percebe-se que, nos últimos anos, o avanço tecnológico fez com que o processo de ensino-aprendizagem nos cursos de Engenharia fosse modificado. Embora ainda seja muito utilizado o método convencional, onde apenas livros e apostilas são adotados como material de apoio, fazendo com que o aluno exerça um papel passivo no processo de aprendizagem, é notório o crescimento do uso de outros instrumentos, como softwares educativos e até mesmo o kit Lego. Essas ferramentas são utilizadas como estratégia educacional para despertar nos estudantes o raciocínio lógico e o pensamento hipotético-dedutivo, fazendo que o aluno participe de forma ativa no processo ensino-aprendizagem. Para este trabalho, uma oficina de robótica foi proposta para, de forma lúdica, criar um ambiente de aprendizagem onde os estudantes pudessem colocar em prática todos os conhecimentos previamente adquiridos no componente curricular de cinemática e dinâmica dos mecanismos. Nesta oficina, os estudantes utilizaram um kit de robótica educacional Lego Mindstorm NXT para construir e fazer um estudo cinemático e dinâmico de um mecanismo de barras que tem como finalidade simular uma ponte elevatória.

Palavras-chave: Ensino, Robótica, Cinemática, Dinâmica.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, percebe-se uma grande mudança na didática de ensino nos cursos de Engenharia. O ensino de Engenharia no Brasil está completando 120 anos, e devido as mudanças tecnológicas, os cursos de Engenharia tiveram que ser reformulados, sendo feitas mudanças não somente nos conteúdos vivenciados em sala de aula, mas também no modo em que eles são passados (CAMPOS; FARIAS, 1999).

Até o início do século XIX, os estudantes exerciam um papel passivo no processo de ensino-aprendizagem, onde aprender significava apenas memorizar. Esta forma de ensino vem sendo difundida desde o século XVII, quando o pensamento do homem era comparado a uma tabua rascada ou folha de papel em branco, onde o conhecimento poderia ser impresso nela. (SOUZA; SOUZA; TEIXEIRA, 2014).

Segundo (CARDOSO; LIMA, 2012), os ambientes tradicionais de ensino e aprendizado são, de forma geral, previsíveis, estáticos, sem desafios e entediantes, quando comparados com a televisão, internet, redes sociais e outros ambientes do mundo real. Com isso, percebe-se a preocupação e a necessidade de mudança da metodologia no ensino. Para mudar essa realidade, os docentes vêm adotando outros tipos de métodos, onde os alunos possam exercer um papel ativo, participando cada vez mais do processo ensino-aprendizagem. Para isso, algumas ferramentas são adotadas, como softwares educativos, ou a própria robótica. Essas ferramentas são utilizadas como estratégias educacionais para despertar nos alunos o raciocínio lógico e o pensamento hipotético-dedutivo.

Além de ser usada como ferramenta para o desenvolvimento de algumas áreas da Engenharia como a automação, inteligência artificial, hidráulica e a própria cinemática, a robótica tem sido uma ferramenta muito importante para a criação de um ambiente escolar que seja agradável para os estudantes (GOMES et al., 2010). O uso da robótica educativa se torna de suma importância uma vez que ela proporciona aos estudantes a familiarização com novas tecnologias, contextualização da teoria com uma aplicação real, e a resolução de problemas visando a autonomia do aluno. (GOMES et al., 2010)

Criado em 1998, o kit LEGO Mindstorms é um kit de robótica educacional muito importante, sendo uma alternativa de baixo custo para o ensino de alguns temas na Engenharia, como a automação, uma vez que os equipamentos convencionais para o ensino desse conteúdo apresentam alto custo (HAFNER et al., 2011). Além do ensino de automação, podemos encontrar na literatura outros trabalhos que utilizam o kit LEGO para incentivar o ensino de outros temas, como controle de processos (NETO et al., 2012), modelagem matemática e ensino de cálculo (SILVA; JUNIOR; FERNANDES, 2012), programação de computadores (VAHLICK et al., 2009), e física (GONCALVES et al., 2015).

Como requisito para a obtenção da nota final do componente curricular de cinemática e dinâmica de mecanismos, os estudantes tiveram que pensar em algum projeto que pudesse associar a prática à teoria. Para este trabalho, os estudantes criaram uma oficina de robótica, onde o foco principal seria o ensino de cinemática e dinâmica de mecanismos de forma lúdica, utilizando o kit LEGO Mindstorms NXT como ferramenta principal. Os alunos utilizaram o kit de robótica educacional para desenvolver um mecanismo de barras que simula uma ponte elevatória. Após a construção do protótipo, os estudantes fizeram uma análise cinemática e dinâmica do mecanismo proposto, com a finalidade de comparar os resultados obtidos na prática com a teoria, utilizando todos os conhecimentos vistos anteriormente em sala de aula. Para este projeto, além do kit LEGO, os estudantes utilizaram outras ferramentas como o SAM, Crew e Octave, fazendo deste, um projeto multidisciplinar.

2. METODOLOGIA

Para este trabalho, os estudantes tiveram que desenvolver um projeto multidisciplinar que, embora o foco principal fosse a análise cinemática e dinâmica de um mecanismo, os estudantes pudessem utilizar outras ferramentas no desenvolver do projeto.

Inspirados por grandes construções, principalmente pela Golden Gate Bridge, ponte localizada na cidade de São Francisco – Califórnia, os estudantes decidiram construir um mecanismo de barras que simulasse o movimento de uma ponte elevatória, para que fosse possível realizar uma análise cinemática e dinâmica.

Com a ajuda do kit LEGO Mindstorms, os alunos puderam construir um mecanismo de 4 barras que, quando acionado por um motor, exerce um movimento semelhante ao de uma ponte elevatória. Até se chegar no modelo final (figura 1), algumas mudanças tiveram que ser feitas, o que fez com que os estudantes discutissem qual seria a melhor montagem para solucionar alguns problemas que vieram a acontecer, resultando em um modelo otimizado.



Figura 1. Modelo final do mecanismo proposto

Após a montagem do protótipo final, os estudantes tiveram que aprender a programação do próprio Lego, uma vez que, para a ponte se movimentar, o motor deveria ser acionado. Embora tivera sido o primeiro contato dos estudantes com o software da LEGO, os mesmos obtiveram êxito em sua programação, onde foram capazes de programar a velocidade do motor e o avanço do motor para que o movimento desejado fosse alcançado. Na figura 2, pode-se observar o código feito pelos estudantes, onde o seguinte fluxograma foi desenvolvido: O motor deve avançar 180°, fazendo com que a ponte abra, e após um determinado tempo de espera, o motor deve retornar 180°, fazendo a ponte retornar a sua posição inicial, ou seja, ocorrendo o fechamento da ponte.

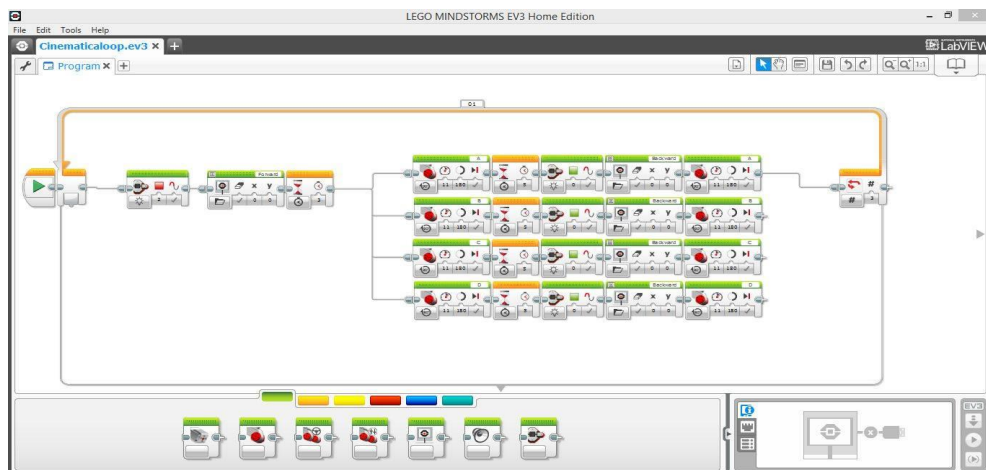


Figura 2. Programação LEGO e código proposto.

Outra ferramenta utilizada pelos estudantes foi o software SAM, que tem como a finalidade a simulação de mecanismos de barras. Com a ajuda desse software, os estudantes puderam esquematizar um mecanismo de 4 barras que se assemelhasse com o protótipo construído com peças de LEGO (figura 3), e a partir disso, uma análise cinemática pôde ser feita para analisar como cada barras do mecanismo se comporta.

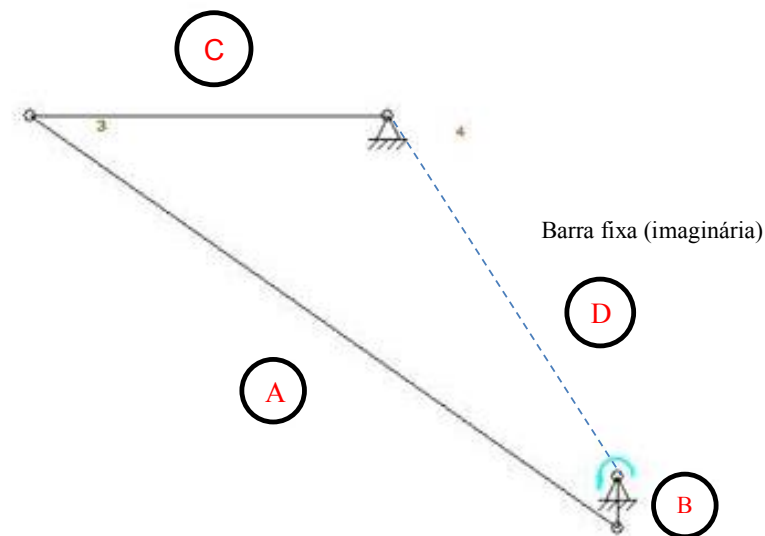


Figura 3. Mecanismo das Barras no Software SAM

A partir do esquema feito no SAM e dos resultados obtidos na análise cinemática, uma análise dinâmica pôde ser feita. Porém, para calcular as forças exercidas em cada barra, o momento de inércia de todas as barras precisavam ser calculadas. Para isso, os estudantes tiveram que utilizar o Crew, software de desenho. Com isso, os alunos tiveram que utilizar alguns conhecimentos obtidos em disciplinas anteriores. Após o término do desenho, os estudantes obtiveram o momento de inércia das barras (figura 4), e então puderam finalizar a análise dinâmica.

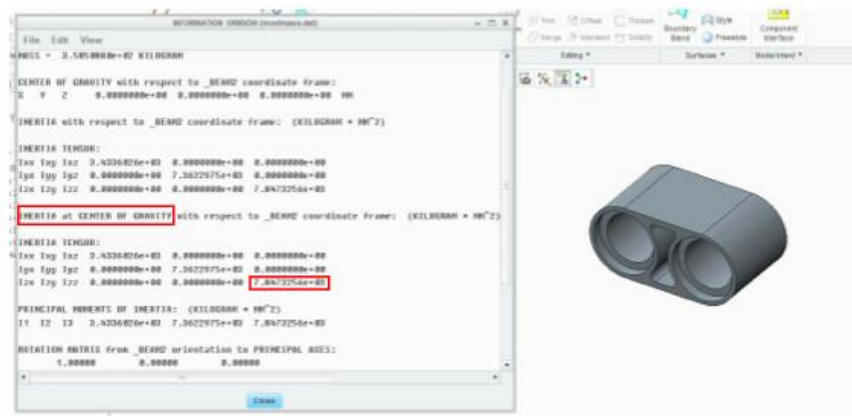


Figura 4. Peça de LEGO desenhada no Crew.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes de fazer as análises cinemática e dinâmica, um estudo referente ao número de graus de liberdade e de Grashof foi realizado para ter a certeza que o mecanismo proposto se movimenta (graus de liberdade diferente de zero).

I. Graus de liberdade

Onde:

f – número de graus de liberdade;

n – número de barras;

j – número de pares cinemáticos

$$f = 3 + (4 - 1) - (2 * 4) . \quad (1)$$

$$f = 1 \quad (2)$$

II. Grashof

$$A + B < C + D \quad (3)$$

Onde:

A - comprimento da barra maior [mm]

B - comprimento da barra menor [mm]

C e D - comprimento das barras intermediárias [mm]

$$112 + 8 < 56 + 70$$

$$120 < 126 \quad (\text{Atendendo Grashof})$$

Como visto anteriormente, os estudantes utilizaram o software SAM, e com isso, foi possível esquematizar o modelo de quatro barras, onde pôde-se tirar informações importantes para realizar o cálculo cinemático, e em seguida, o dinâmico. Como pode ser visto na figura 3, cada barra apresenta uma posição angular, que é de suma importância para o cálculo das velocidades e acelerações das barras, como pode ser visto na equação abaixo.

Posição:

$$\begin{aligned} X &\therefore A \cos \theta + D \cos \alpha = B \cos \beta + C \cos \gamma \\ Y &\therefore A \sin \theta + D \sin \alpha = B \sin \beta + C \sin \gamma \end{aligned} \quad (4)$$

Para calcular a velocidade de cada barra, derivou-se as equações da posição para encontrar equações de velocidade. Em seguida, derivou-se as equações da velocidade com o intuito de obter as equações das acelerações das barras. Assim, temos:

Velocidade:

$$\begin{aligned} X &\therefore -\dot{\theta} A \sin \theta = \dot{\beta} B \sin \beta + \dot{\gamma} C \sin \gamma \\ Y &\therefore \dot{\theta} A \cos \theta = \dot{\beta} B \cos \beta + \dot{\gamma} C \cos \gamma \end{aligned} \quad (5)$$

Aceleração:

$$\begin{aligned} X &\therefore -\ddot{\theta} A \sin \theta - \dot{\theta}^2 A \cos \theta = -\ddot{\beta} B \sin \beta - \dot{\beta}^2 B \cos \beta - \ddot{\gamma} C \sin \gamma - \dot{\gamma}^2 C \cos \gamma \\ Y &\therefore -\ddot{\theta} A \cos \theta - \dot{\theta}^2 A \sin \theta = -\ddot{\beta} B \cos \beta - \dot{\beta}^2 B \sin \beta - \ddot{\gamma} C \cos \gamma - \dot{\gamma}^2 C \sin \gamma \end{aligned} \quad (6)$$

Com a ajuda do SAM, os estudantes conseguiram plotar os gráficos referentes as velocidades e acelerações (linear e angular) de cada barra, como mostrado na figura 6, e com isso, puderam comparar se o modelo proposto no SAM se assemelha ao movimento descrito pelas equações acima.

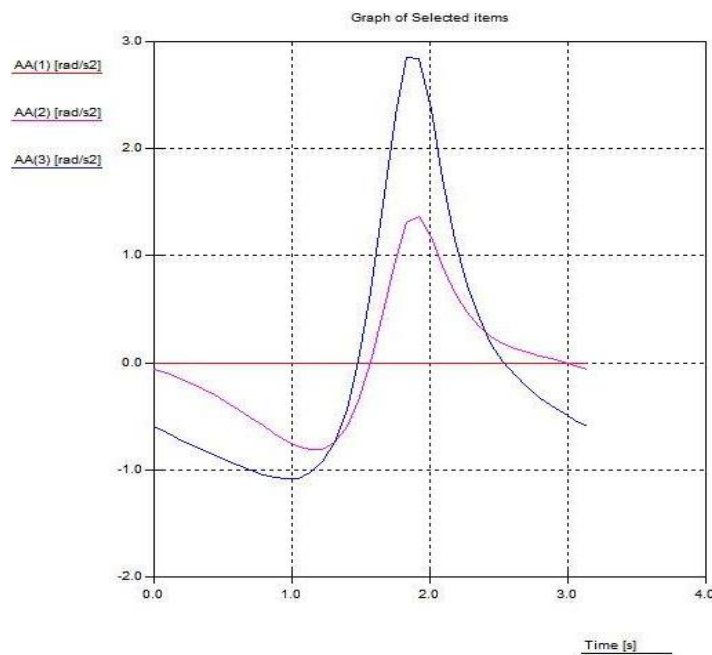


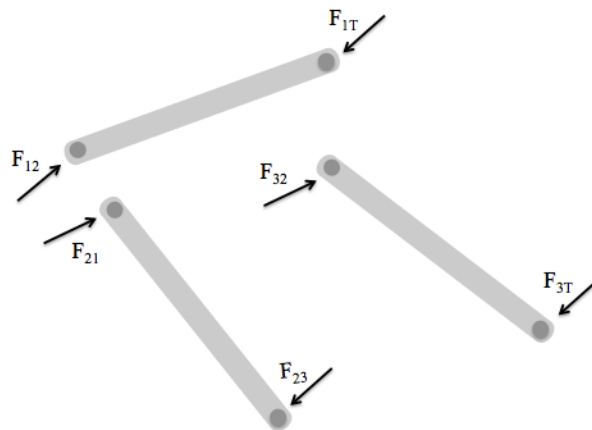
Figura 5. Acelerações Angulares

Após obter as equações da posição, velocidade e aceleração, um estudo cinemático foi feito em três instantes importantes: quando a ponte está fechada, quando ela está abrindo, e quando ela está totalmente aberta. Com isso, pôde-se conhecer alguns dados como as velocidades e acelerações para os diferentes instantes, como podem ser vistos na tabela 1.

Tabela 1. Acelerações angulares das barras.

Posição	Aceleração [rad/s ²]	Aceleração [rad/s ²]
Inicial	0,4981	0
Intermediário	-0,2857	-0,6404
Máxima	-0,03153	0

Além disso, um estudo dinâmico foi feito para determinar as forças aplicadas em cada barra do mecanismo. Para fazer isso, foram utilizadas as acelerações calculadas anteriormente com o auxílio do software SAM. Para calcular as reações das forças aplicadas nas barras, cada barra foi tratada separadamente, como mostrado no diagrama de corpo livre (figura 9).

**Figura 6.** Diagrama de corpo livre

Após a esquematização das barras, um cálculo de força resultante e da soma de momentos (no centroide) foi feito com o intuito de encontrar as forças desconhecidas, como pode ser observado na análise dinâmica abaixo.

I. Analisando a barra 1

$$F_{x,y} = m_1 * a_{1x,1y} \quad (7)$$

$$F_{1Tx,1Ty} + F_{12x,12y} = m_1 * a_{1x,1y} \quad (8)$$

$$M = I_1 \quad (9)$$

$$F_{1Ty} * R_{1Tx} - F_{12y} * R_{12x} + F_{1Tx} * R_{1Ty} + F_{12x} * R_{12y} = I_1 * \ddot{\theta}_1 + M_{motor} \quad (10)$$

II. Analisando a barra 2

$$F_{x,y} = m_2 * a_{2x,2y} \quad (11)$$

$$F_{21x,21y} - F_{23x,23y} = m_2 * a_{2x} \quad (12)$$

III. Analisando a barra 3

$$F_{x,y} = m_3 * a_{3x,3y} \quad (13)$$

$$F_{3Tx,3Ty} + F_{32x,32y} = m_3 * a_{3x} \quad (14)$$

$$M = I_3 \quad (15)$$

$$F_{3Ty} * R_{3Tx} + F_{32y} * R_{32x} + F_{3Ty} * R_{3Ty} + F_{32x} * R_{22y} = I_3 \quad (16)$$

Semelhante a análise cinemática, um estudo dinâmico foi feito para os três momentos citados anteriormente. Para isso, os estudantes utilizaram o software Octave, ferramenta que se fez muito útil para a resolução da matriz gerada a partir da análise dinâmica. Para os três momentos indicados, as forças encontradas a partir do modo analítico podem ser vistas na tabela 2.

Tabela 2. Forças exercidas em cada barra

Força (N)	Posição		
	Inicial	Intermediária	Máxima
F _{12X}	8,5665.10 ⁻⁵	226,49	-23,519
F _{12Y}	-9,73371.10 ⁻¹	-159,21	23,622
F _{1TX}	8,5665.10 ⁻⁵	226,49	-23,519
F _{1TY}	-9,7409.10 ⁻¹	-159,21	23,622
F _{32X}	-5,0475.10 ⁻⁵	226,49	-23,519
F _{32Y}	-9,7201.10 ⁻¹	-159,21	23,622
F _{3TX}	-1,2086.10 ⁻⁴	226,49	-23,519
F _{3TY}	-9,7142.10 ⁻¹	-159,21	23,622

4. CONCLUSÃO

Com o avanço da tecnologia, o ensino nos cursos de Engenharia teve que ser modificado, ou seja, além de haver uma mudança na grade curricular dos cursos, também houve uma necessidade inserir novas ferramentas para auxiliar no processo ensino-aprendizagem, como é o caso de alguns softwares educativos, e a própria robótica. Uma oficina de robótica foi proposta para o ensino de cinemática e dinâmica dos mecanismos. Para essa oficina, os estudantes utilizaram o kit LEGO Mindstorms para construir um mecanismo de barras que simulasse uma ponte elevatória, para então fazer uma análise cinemática e dinâmica do mecanismo proposto. Além do kit LEGO, os estudantes utilizaram alguns softwares educativos com o SAM, Crew e Octave, fazendo desta oficina um trabalho multidisciplinar. Segundo os participantes, a abordagem lúdica utilizada para o ensino de cinemática e dinâmica fez com que os estudantes colocassem em prática todos os conteúdos vivenciados em sala de aula de forma agradável, fazendo com que os alunos participem de forma ativa no processo de ensino-aprendizagem.

Embora esse trabalho não tenha sido o único trabalho desenvolvido com o intuito de incentivar o uso da robótica no ensino nos cursos de Engenharia no Instituto Federal de Pernambuco – *Campus* Caruaru, espera-se que mais professores utilizem outras ferramentas pedagógicas para ministrar as disciplinas, criando um espaço educacional que permita despertar no aluno o pensamento hipotético-dedutivo e o raciocínio lógico.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Pernambuco – *Campus* Caruaru pelo espaço físico cedido e ao professor Felipe Augusto Cruz, pela iniciativa e apoio ao projeto.

6. REFERÊNCIAS

- CAMPOS, A. T., FARIAS, C. V. *Reflexões sobre o ensino de Engenharia no Brasil*. Mimesis, Bauru, v., 20, n. 2, 39-57, 1999.
- CARDOSO, I. M., LIMA, R. S. (2012). *Métodos ativos de aprendizagem: o uso do aprendizado baseado em problemas no ensino de logística e transportes*. Disponível em: <<http://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/viewFile/561/447>>. Acesso em: 07 abr. 2016.
- GOMES, C.G. et al. *A robótica como facilitadora do processo ensino-aprendizagem de matemática no ensino fundamental*. Disponível em: <<http://books.scielo.org/id/bpkg/pdf/pirola9788579830815-11.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2016.
- GONCALVES, D. C. et al (2015). *O uso do kit LEGO® Mindstorms® education ev3 no ensino de física por meio de uma abordagem fenomenológica*. Disponível em: <<http://rexlab.ufsc.br/ojs/index.php/sppi/article/view/25>>. Acesso em 09 abr. 2016.
- HAFNER, M. M. et al. *Utilização do kit lego como auxilio no ensino de controle e automação*. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_tn_sto_144_905_19302.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2016.
- NETO, G. F. et al. *Utilização do kit lego mindstorm nxt no ensino de controle de processos*. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2012/artigos/104237.pdf>>. Acesso em: 8 de abr. 2016.
- SILVA, D. C. S., JUNIOR, A. R. S., FERNANDES, D. B. (2012). *Modelagem Matemática e o Ensino do Cálculo: um estudo das aplicações do LEGO® MINDSTORMS® NXT*. ANAIS DO CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO INATEL, Brasil, 2012.
- SOUZA, E. C., SOUZA, I. C., TEIXEIRA, V.R. (2014). *Evolução histórica do processo ensino-aprendizagem*. Disponível em: <<http://www.seduc.mt.gov.br/Paginas/Evolucao-historica-do-processo-ensino-aprendizagem.aspx>>. Acesso em 7 abr. 2016.
- VAHLIDICK, A. et al. (2009). *O uso do Lego Mindstorms no apoio ao Ensino de Programação de Computadores*. Disponível em: <<http://www.robomind.net/downloads/publications/O%20uso%20do%20Lego%20Mindstorms%20no%20apoio%20ao%20Ensino.pdf>>. Acesso em 07 abr. 2016.

7. RESPONSABILIDADE AUTURAL

“Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho”.

USING LEGO KITS AS A PLAYFUL APPROACH TO TEACH KINEMATICS AND DYNAMICS OF THE MECHANISMS

Caio Vinícios Juvêncio da Silva, caiovinicios91@hotmail.com¹

Aluscka Aretuza Vieira Silva, aluscka@hotmail.com²

Arleson Kennedy França dos Santos, arleson.kennedy@hotmail.com³

Felipe Pereira da Silva, felipe.psilva92@gmail.com⁴

^{1,2,3,4}Instituto Federal de Pernambuco (IFPE), Distrito Industrial II - Estr. do Alto do Moura, CEP 55040-120, Caruaru, PE, Brasil.

Abstract. It can be noticed that in recent years, the technological advances modified the teaching-learning process in engineering courses. Although it is still widely used the conventional method, where only books and textbooks are adopted and the student plays a passive role in the learning process, it is clear the growth in the use of other instruments such as educational software and even the LEGO mindstorm kit. These tools are used as an educational strategy to awaken in students the logical reasoning and the hypothetical-deductive thinking, making the student to participate actively in the teaching-learning process. For this paper, a robotic workshop was proposed, in a playful way, to create a learning environment where students can put into practice all the knowledge previously gained in the kinematics and dynamics of mechanisms course. In this workshop, students used a kit of educational robotics Lego Mindstorms NXT to build and do a kinematic and dynamic study of a mechanism of bars that aims to simulate a lifting bridge.

Keywords: Teaching, Robotic, Kinematics, Dynamics.