

## KIT DIDÁTICO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE UMA FONTE EÓLICA

Fágner Sandro Carneiro Aragão – [fagner\\_aragao@hotmail.com](mailto:fagner_aragao@hotmail.com)

Erick Frota da Costa – [erickfrotac@gmail.com](mailto:erickfrotac@gmail.com)

Vandilberto Pereira Pinto – [vandilberto@yahoo.com.br](mailto:vandilberto@yahoo.com.br)

Nilena Brito Maciel Dias – [nilena@gmail.com](mailto:nilena@gmail.com)

Miquéias Silva Araújo – [miqueias.sa.92@gmail.com](mailto:miqueias.sa.92@gmail.com)

Universidade Federal do Ceará, Engenharia Elétrica, Campus Sobral

Rua Estanislau Frota, s/n - Bloco I - Mucambinho, Sobral/CE

CEP: 62010-560

Fone/Fax: (88) 3613 2603

***Resumo:** O consumo elevado de energia nos últimos anos trouxe implicações e problemas socioambientais, apontam os estudos mais recentes. Para atender a grande demanda de energia com qualidade, as fontes alternativas de energia surgiram como opção para complementar o consumo de energia. Avaliando a sua importância, o surgimento de métodos de ensino é importante para alertar e levar informações para as pessoas. Pensando nisso, este artigo traz uma proposta de kit educacional que envolve o uso de energia eólica na geração de energia elétrica. O kit desenvolvido tem como proposta ser utilizado no ensino de energia em aulas práticas das disciplinas que envolvam física, geração de energia, entre outras, além de incentivar o estudo sobre energia eólica para alunos de ensino médio através das atividades propostas.*

***Palavras-chave:** Energia eólica, kit educacional, geração de energia, questionários.*

### 1. INTRODUÇÃO

A energia eólica é definida pela energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). A energia cinética de translação é convertida em energia cinética de rotação que é empregada em turbinas eólicas, para geração de energia elétrica, ou em moinhos, para trabalhos mecânicos como bombeamento d'água.

Do mesmo modo como a energia hidráulica, a energia eólica é utilizada há milhares de anos para a realização da mesma tarefa, como por exemplo, o bombeamento de água, a moagem de grãos e outras finalidades que envolvem energia mecânica. As primeiras tentativas da geração de eletricidade surgiram no final do século XIX, porém, somente um século depois, com a crise internacional do petróleo (década de 1970), surgiram investimentos adequados e suficientes para viabilizar o desenvolvimento e a aplicação de equipamentos em escala comercial.



O surgimento de equipamentos potentes se deu por conta do avanço da tecnologia, permitindo assim a obtenção de turbinas mais sofisticadas em relação a potência e altura. Com isso, a capacidade mundial instalada obteve um grande avanço no final da década passada, chegando ao ápice de sua produção iniciada desde o final do século XIX. (ANEEL, 2008). Apontada como maior poluidora no mundo, a China avança grandes investimentos eólicos com um crescimento de 80 % ao ano. No ano de 2012, os parques eólicos superaram a geração nuclear em 2% a mais de eletricidade, outros estudos apontam que os chineses chegaram com um potencial eólico 12 vezes maior do que o consumo total de energia em 2010. (MANSUR A., 2013).

Segundo a Associação Americana de Energia Eólica (AWEA), o crescimento no ano de 2012 foi de 28%, deixando a geração eólica total dos Estados Unidos acima dos 60 GW. No mesmo ano, mais de 6700 turbinas eólicas foram instaladas e construídas, o suficiente para atender a demanda de 3,5 milhões de residências. Os EUA contam agora com 45100 turbinas atendendo 15,2 milhões de residências (ÁVILA F., 2013).

Desenvolvimentos tecnológicos recentes (sistemas avançados de transmissão, melhor aerodinâmica, estratégias de controle e operação das turbinas, etc.), têm mostrado bons resultados em relação à redução de custos e melhoramento do desempenho e a confiabilidade dos equipamentos (ANEEL, 2002).

Visto o acentuado crescimento da geração de energia elétrica a partir de energia eólica, surge a necessidade de um maior conhecimento desta tecnologia por parte da população e, principalmente, dos alunos do curso de Engenharia Elétrica.

Este trabalho tem como objetivo apresentar um kit educacional desenvolvido pelos autores na UFC Campus Sobral, no qual poderá ser utilizado na administração de aulas práticas de disciplinas que têm como tema abordado conteúdos sobre fontes alternativas de energia, física, geração de energia, etc. Este kit foi desenvolvido a partir do projeto apresentado em (MUSSEL, 2013) e que sofreu algumas alterações para surgir a possibilidade de realizar várias práticas tanto para alunos de nível médio, como de nível superior. Alguns detalhes do kit são apresentados, bem como algumas atividades práticas que podem ser desenvolvidas.

## **2. KIT EDUCACIONAL**

Atualmente o modelo de ensino instrucionista vem sofrendo mudanças ao longo do tempo. Neste modelo, o aluno tende a bloquear a sua criação do conhecimento, fazendo com que este adquira um caráter passivo no processo de ensino, e assim, somente seu professor e seu material de ensino são os provedores de conhecimento. Em contra posição com este modelo, existe o modelo de ensino construtivista, onde o aluno pode dissimular seus próprios conhecimentos enquanto que o professor o orienta durante este processo (NETO, et al, 2012).

O uso de Kits educacionais para auxiliar nesse processo de ensino de diversas áreas, tanto no ensino médio como superior, vem surgindo como opção qualitativa para a educação. Outros métodos são realizados para introduzir nas escolas novas metodologias de ensino que auxiliam aos alunos o aprendizado de diferentes assuntos importantes.

Diversos trabalhos encontrados na literatura atual apresentam dificuldades no desenvolvimento de práticas com fontes alternativas de energia. De certo modo, estas dificuldades propuseram um impulso para desenvolvimento deste kit educacional que poderá ser utilizado em escolas de ensino médio com a finalidade de levar aos alunos conhecimentos

da Física, como a conversão de energia cinética dos ventos em energia elétrica. Além disso, o kit poderá ser utilizado em diversas disciplinas do curso de Engenharia Elétrica e também do curso de Engenharia da Computação da UFC – Campus Sobral.

O kit educacional foi desenvolvido tomando como base a turbina eólica apresentada em (MUSSEL, 2013). Algumas modificações foram feitas em relação à turbina do autor. A turbina construída foi baseada no modelo desenvolvido pelo engenheiro finlandês Savonius em 1922, cujo modelo leva seu nome como homenagem. A ideia é montar dois semicírculos sobre um eixo vertical de modo que deixe a turbina favorável para recepção do vento em qualquer direção. Esta turbina, porém, foi ligeiramente menos eficiente do que as turbinas tradicionais de eixo horizontal (MUSSEL, 2013). A Figura 1 ilustra o kit montado, indicando suas partes e componentes. Ele é composto por um gerador de indução, a turbina eólica e a protoboard com os componentes eletrônicos que servirão para práticas de retificação e filtragem. A simulação do vento é feita a partir de um ventilador não mostrado na imagem.

Assim como um simples gerador que produz corrente alternada, este modelo de turbina eólica pode gerar eletricidade. Isto ocorre através da indução magnética, pois a cada passagem de um ímã através das bobinas, ocorre o surgimento de uma tensão induzida nos terminais da mesma.

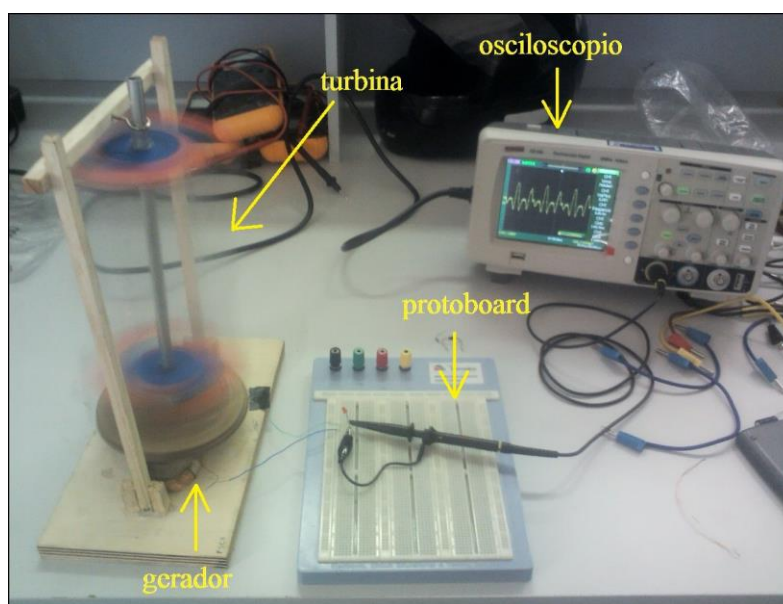


Figura 1 – Kit montado em funcionamento.

O número de bobina influencia diretamente na amplitude dessa tensão induzida. Neste projeto foram utilizadas quatro bobinas ligadas entre em série gerando uma tensão induzida suficiente para ilustrar o objetivo. Esta é a forma mais simples e eficiente para geração de eletricidade e também é o mesmo princípio utilizado em várias turbinas eólicas.

A Figura 2 ilustra o modelo da máquina de indução. Foram utilizados quatro ímãs de *hard disk* (hd's) reutilizados a partir da reciclagem de computadores. A escolha desse arranjo fica a critério de cada um, este foi escolhido devido a sua simplicidade. Pela Figura 2, observa-se que o molde para os ímãs é um disco de papelão e as bobinas foram coladas na base de apoio do protótipo.



Figura 2.a



Figura 2.b

Figura 2 – Gerador de Indução: Figura 2.a – Disco com ímãs HD. Figura 2.b – Bobinas Enroladas.

### 3. PRÁTICAS DESENVOLVIDAS

Com a conclusão do kit, o mesmo oferece disponibilidade de realizar várias práticas, como a retificação de meia-onda e a filtragem capacitiva.

#### 3.1. Retificação de Meia Onda

A primeira prática trata-se da retificação de meia onda da tensão de saída nos terminais das bobinas. Um diodo retificador é conectado em série com um dos terminais da bobina e adiciona-se um resistor de  $680\ \Omega$  como carga.

A tensão de saída do gerador é mostrada na Figura 3. Esta tensão é aplicada a entrada do diodo. Percebe-se que ela possui valor médio igual à zero, tensão de pico igual a  $3.64\text{V}$  e frequência de  $6.11\text{Hz}$ .

Na Figura 4, tem-se a tensão sobre a carga. Após a tensão alternada ilustrada na Figura 3 passar pelo diodo retificador, a mesma torna-se uma onda pulsante com valor médio de  $400\text{ mV}$ , valor de pico de  $1,64\text{V}$  e frequência de  $5.98\text{Hz}$ . Teoricamente, os valores de frequências deveriam ser iguais. Esta pequena variação se deve por conta de ruídos existentes entre as hélices e o eixo central. Nota-se que o processo de retificação aumenta significativamente o valor médio da tensão.



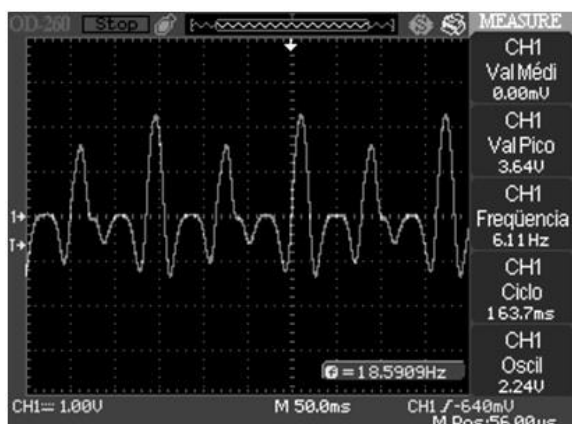


Figura 3 – Tensão de saída do gerador.

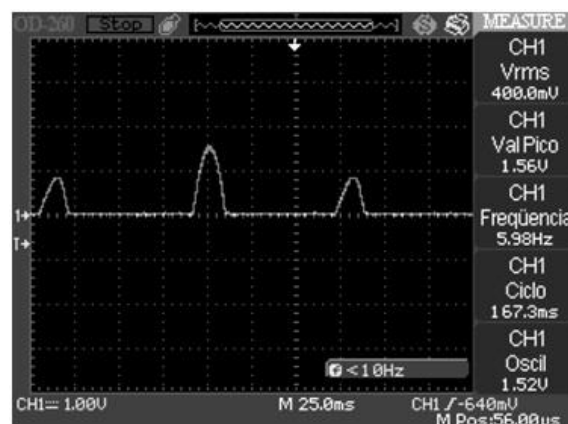


Figura 4 – Tensão Retificada

### 3.2. Retificação de Meia Onda

Ainda com a prática de retificação de meia onda montada, adiciona-se apenas um capacitor de 1000 $\mu$ F em paralelo com o resistor para formar um circuito retificador capacitivo. O circuito montado é mostrado na Figura 5.

Com a aplicação do filtro capacitivo, ocorre uma redução da pulsação do sinal retificado, fazendo com que o valor médio se eleve para um valor maior e tornando o sinal de saída ainda mais próximo de um sinal contínuo. O valor médio da tensão aumentou para 920 mV que prova ser maior que o mostrado na prática anterior (Figura 3), onde mostra o sinal não é retificado.

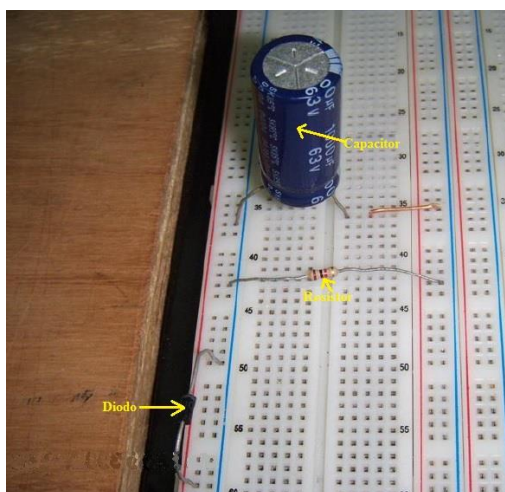


Figura 5 – Circuito Retificador com filtro capacitivo.

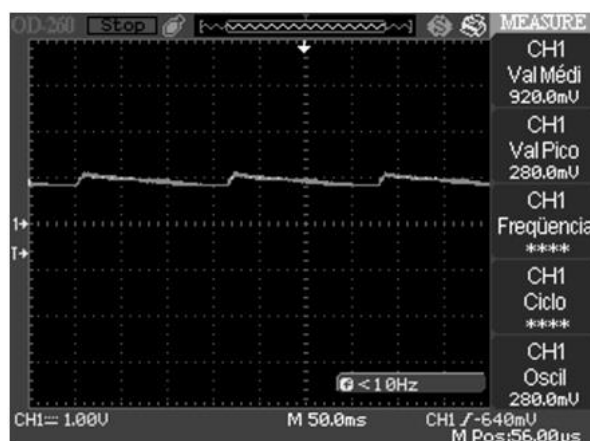


Figura 6 – Sinal com filtro capacitivo.

## 4. ATIVIDADE EXTENSIONISTA

Para envolver o ambiente escolar nas atividades do projeto, viu-se a necessidade de procurar métodos que facilitem e orientem a participação dos alunos de ensino médio na

busca de conhecimentos referentes à energia eólica. Para isso, foi aplicada uma palestra sobre os conceitos de energia eólica e uma apresentação do kit montado para os alunos do 3º ano da Escola Estadual de Ensino Médio Elza Goersch localizada na cidade de Forquilha – CE. A palestra abordou alguns assuntos sobre energia eólica, tais como utilidades antigas, primeiros modelos, primeiras usinas, parques eólicos no Brasil e a situação atual do mercado eólico brasileiro.

A palestra sobre energia eólica seguiu como modelo padrão de apresentação. Primeiramente, destacaram-se os primórdios da energia aproveitada pela forma dos ventos para realização de diversas tarefas tais como moer grãos através de moinhos, navegações com a ajuda de velas e bombeamento de água através de cataventos. Em seguida, foi abordado como a energia elétrica é gerada através do uso de aerogeradores e como é feita a transmissão até as residências. Foram apresentados os principais parques eólicos existentes no Brasil, mostrando o grande potencial eólico do estado do Ceará através dos seus parques eólicos. A Figura 7 mostra a turma para qual a palestra foi apresentada.

Para mostrar aos alunos como funciona na prática, foi apresentado o funcionamento do kit didático como modelo de uma turbina eólica, simulando a geração de energia através do ligamento de um led. Apesar da simplicidade da demonstração, o funcionamento correto do Kit facilita a compreensão dos alunos sobre conversão de energia eólica em energia elétrica.



Figura 7 – Palestra sobre a geração de Energia Elétrica a partir de fonte Eólica.



Figura 8 – Apresentação do kit.

## 5. RESULTADOS

Para obter resultados concretos através da palestra, a aplicação de questionários surgiu como opção para recolher dados. Para isso, foram aplicados dois questionários com perguntas e respostas objetivas que facilitam o entendimento das questões para os alunos. O primeiro questionário veio a ser aplicado antes da apresentação e o segundo logo após a apresentação. Assim, pôde-se fazer uma análise comparativa entre os resultados de ambos os questionários.

### 5.1. Primeiro Questionário

O primeiro questionário, mostrado na Figura 9, foi aplicado antes da apresentação e elaborado com o intuito de adquirir resultados sobre o conhecimento inicial da turma sobre energia elétrica e energia eólica. Assim, com o decorrer da apresentação, espera-se que o conteúdo seja passado de forma que as dúvidas provenientes desse questionário sejam esclarecidas.

Questionário	
1) Você sabe o que é a energia eólica ?	
Sim ( )	Não ( )
2) Na sua opinião, qual o grau de importância sobre a energia elétrica para as pessoas ?	
Bastante ( )	Médio ( )
Um pouco ( )	Nada ( )
3) Você possui interesse ou tem curiosidade em saber sobre como a energia chega diretamente na sua casa ?	
Sim ( )	Não ( )
4) Você conhece algum parque eólico perto de sua residência ou cidade ?	
Sim ( )	Não ( )
5) Você possui algum interesse em fazer o curso de Engenharia Elétrica da UFC – Sobral ?	
Sim ( )	Não ( )
Talvez ( )	Não me decidi ainda ( )

Figura 9 – Questionário 1 – antes da apresentação.

### 5.2. Segundo Questionário

Com o segundo questionário, sendo aplicado após a apresentação, prevê-se que os alunos tenham adquirido conhecimentos básicos sobre a energia cinética dos ventos, a conversão dessa energia para energia elétrica e principalmente como esta última chega diretamente nas casas. Neste questionário, é perguntado aos alunos se eles teriam



capacidade de argumentar sobre conceitos básicos de energia eólica e energia elétrica com outras pessoas. Além disso, também é verificado se os alunos teriam interesse em aprender mais sobre o assunto ou se gostariam de fazer algum curso de Engenharia. Este segundo questionário está mostrado na Figura 10 abaixo.

Questionário			
1) Antes da apresentação, você tinha familiarização com o tema?			
Sim ( )		Não ( )	
2) Após a apresentação do projeto, você teria interesse em estudar mais sobre energia eólica ?			
Sim ( )		Não ( )	
3) Após o contato sobre o assunto, você se interessaria em estudar alguma Engenharia?			
<input type="checkbox"/> Engenharia Civil <input type="checkbox"/> Engenharia Mecânica <input type="checkbox"/> Engenharia Elétrica <input type="checkbox"/> Engenharia da Computação <input type="checkbox"/> Engenharia de Produção <input type="checkbox"/> Engenharia Mecatrônica <input type="checkbox"/> Outras <input type="checkbox"/> Não			
4) Depois de apresentado o conteúdo, você se sente capaz de argumentar para seus amigos ou familiares, sobre a importância da energia eólica ?			
Sim ( )		Não ( )	
5) A apresentação da palestra se deu de que forma?			
Excelente ( )		Boa ( ) Mediana ( ) Ruim ( )	

Figura 10 – Segundo Questionário.

Com os resultados de ambos os questionários em mãos, é possível fazer um levantamento entre as respostas obtidas através de uma análise estatística desses resultados.

### 5.3. Análise Estatística dos Resultados

A apresentação foi direcionada para uma turma de 3º ano com aproximadamente 40 alunos. Com os resultados obtidos das respostas dos alunos, foi possível verificá-los e interpretá-los através de gráficos.

A Figura 11 mostra os resultados obtidos das perguntas 03 e 04 do primeiro questionário. Pelo resultado do gráfico, percebeu-se que grande maioria dos alunos possui interesse sobre o processo de geração, distribuição e transmissão de energia elétrica até as suas casas. Sendo assim essa abordagem serviu para deixar claro aos alunos que a energia utilizada pode ser derivada de diferentes fontes. Além disso, observa-se também que grande maioria dos alunos não tem o conhecimento da existência de algum parque eólica próximo a eles. Este resultado serve como base para projetar uma metodologia de apresentação aos alunos dos parques eólicos existentes no estado do Ceará.



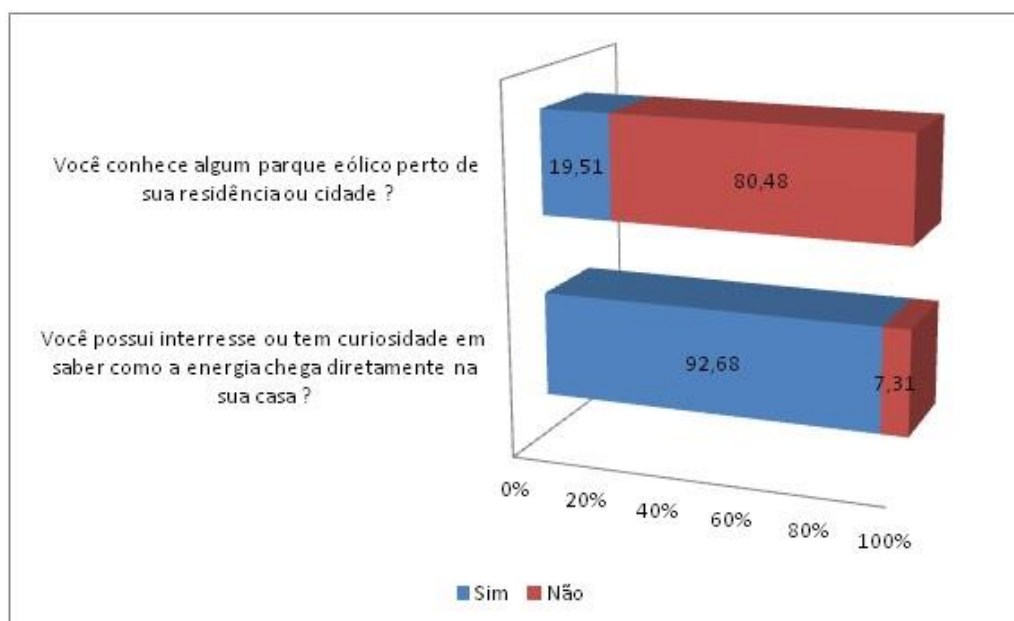


Figura 11 – Respostas das perguntas 03 e 04 do questionário 01.

A Figura 12 mostra os resultados obtidos a partir das respostas dos alunos em relação às perguntas 01, 02 e 04 do segundo questionário, que foi aplicado após a apresentação.

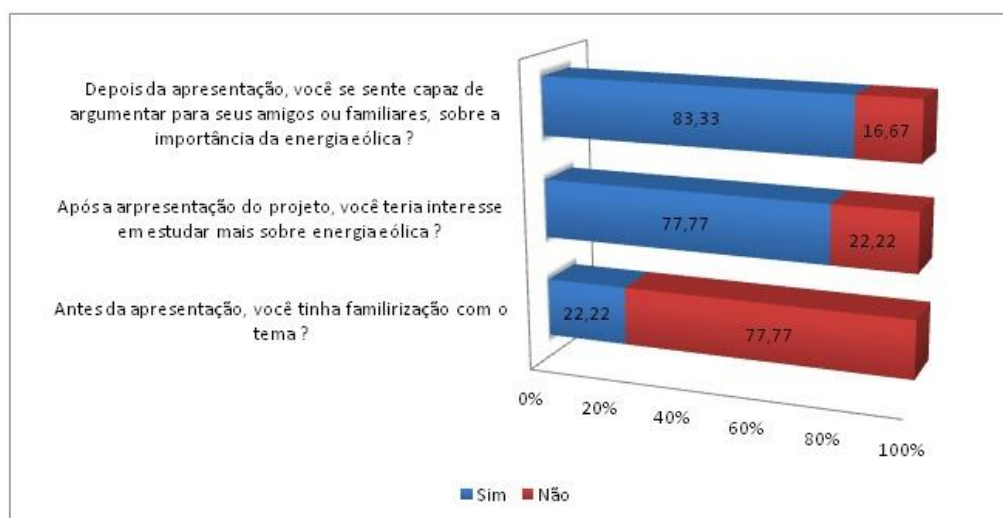


Figura 12 – Respostas das perguntas 01, 02 e 04 do questionário 02.

Percebe-se que a maioria das respostas dos alunos é positiva em relação a estudar mais sobre a energia eólica. O interesse é um bom retorno, pois é de grande importância que os alunos tenham interesse sobre energias alternativas já no ensino médio. Outro ponto positivo a ser analisado é o gráfico que mostra a evolução do aprendizado dos alunos a respeito da energia eólica com intuito de passar o conhecimento, através de argumentos básicos, para outras pessoas. O gráfico referente a essa pergunta mostra que mais de 83% da turma se classifica capaz de argumentar conceitos básicos de energia eólica com outras pessoas, mostrando que o projeto serviu como impulso para que os alunos tenham um conhecimento

básico sobre energia eólica. Ainda na mesma figura, pode-se verificar a evolução dos alunos após a apresentação comparando os resultados da pergunta 01 com a pergunta 02, ambas do segundo questionário.

Um questionamento importante é a pergunta 03 do questionário 02, onde se desejava obter uma análise das possíveis escolhas dos alunos caso optem por cursar algum curso de engenharia.

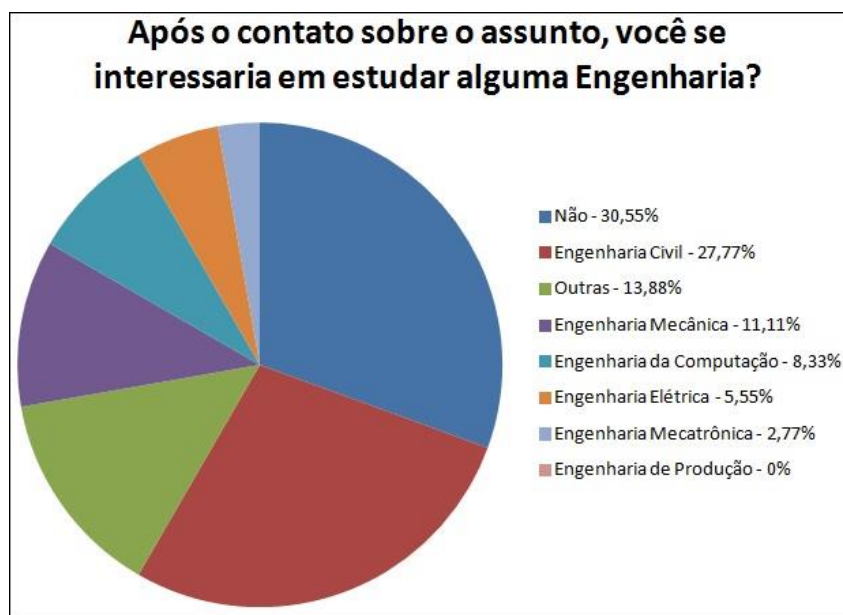


Figura 13 – Gráfico da pergunta 03 do questionário 02.

Com este gráfico, é possível concluir que quase 31% dos alunos não pretendem cursar algum curso de engenharia. Porém, como contrapartida, quase 28% dos alunos optaria por Engenharia Civil, pois é uma das mais conhecidas entre os alunos. O restante da sala é distribuído entre os cursos de Engenharia Elétrica, Mecânica, Computação, Mecatrônica e Produção.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos resultados obtidos pela palestra e os resultados obtidos pela realização das práticas, o kit educacional de baixo custo se tornou viável para o estudo da conversão de energia eólica em energia elétrica, bem como também o incentivo de sua inserção nas escolas de ensino médio. Além das práticas desenvolvidas, outras sobre indução magnética e Lei de Lenz também podem ser realizadas. Assim, com os resultados positivos, tanto da realização das práticas como também dos questionários obtidos, pretende-se melhorar o kit explorando outros tipos de hélice e arranjos de bobinas para realização de outras práticas.

### *Agradecimentos*

Os autores deste presente projeto agradece ao Prof. Mestre Clemilson do Curso de Engenharia da Computação e ao seus alunos bolsistas pela disponibilização de materiais necessários neste trabalho através do programa de reciclagem de equipamentos eletrônicos.

Aos representantes da Escola de Ensino Médio Elza Goersch do município de Forquilha pela recepção e apresentação do projeto aos alunos do ensino médio.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, "Energia Eólica". *Atlas de Energia Elétrica do Brasil*, 3ªed., Capítulo 5, tópico 2, Brasília, Brasil, 2008.

ÁVILA F. **Energia Eólica cresceu 28% nos Estados Unidos em 2012**. Disponível em: <<http://envolverde.com.br/ambiente/energia-eolica-cresceu-28-nos-estados-unidos-em-2012/>> Acesso em: 10 jun. 2013.

CAMPOS, A., FARIAS, A., FERNANDE, D., SALES, F., FERREIRA, F., SILVA, J., MELO, M. KIT EDUCACIONAL PARA ESTUDO DE GERAÇÃO ELÉTRICA A PARTIR DE ENERGIA EÓLICA. **HOLOS - ISSN 1807-1600**, 3, set. 2010. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/211/343>>. Acesso em: 10 Jun. 2013.

MANSUR A. **A força da energia eólica – Revista EPOCA**. Disponível em: <<http://colunas.revistaepoca.globo.com/planeta/2013/03/06/a-forca-da-energia-eolica/>> Acesso em: 10 jun. 2013.

MUSSELL, D., **Build Your Own Wind Turbine**. Disponível em: [www.re-energy.ca](http://www.re-energy.ca). Acessado em: 05 mai. 2013.

NETO, G. F., DA SILVA, B. L. E., PEREIRA, R.R., JUNIOR, L.O.A., **Utilização do Kit Lego Mindstorm NXT no Ensino de Controle de Processos**, Anais: XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE 2012, Belém-PA, 2012.

### **INSTRUCTIONS FOR THE PREPARATION AND SUBMISSION OF PAPERS TO BE PUBLISHED IN THE PROCEEDINGS OF THE XLI BRAZILIAN CONGRESS ON ENGINEERING EDUCATION**

**Abstract:** *The high power consumption in recent years has implications and environmental problems, recent studies indicate. To meet the great demand for quality energy, alternative energy sources have emerged as an option for additional power consumption. Evaluating its importance, the emergence of teaching methods is important to alert and take information to the people. Thinking about it, this article presents a proposal for educational kit that involves the use of wind power in electricity generation. The kit is developed as proposed to be used in the teaching of practical classes about electrical energy in disciplines involving physics, power generation, among others, and encourage the study of wind energy to high school students through the proposed activities.*

**Key-words:** *Wind energy, educational kit, power generation, questionnaires.*