

## O BIOMIMETISMO NA ROBÓTICA MOTIVA TRABALHOS DE CONCLUSÃO DE CURSO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

**Breno Luis Strazzi** – e-mail: [breno.strazzi@hotmail.com](mailto:breno.strazzi@hotmail.com)

**Henrique Zani Marinho** – e-mail: [henrique.marinho@krones.com.br](mailto:henrique.marinho@krones.com.br)

**Suely Cunha Amaro Mantovani** – e-mail: [suely.mantovani@unesp.br](mailto:suely.mantovani@unesp.br)

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Faculdade de Engenharia Elétrica – FEIS – UNESP

Endereço: Av. Brasil n.56, Centro.

CEP – 15385000 – Ilha Solteira – São Paulo

**Resumo:** Neste artigo apresenta-se o desenvolvimento das pesquisas realizadas dentro do contexto do biomimetismo, onde os seres vivos, tais como as plantas, servem de inspiração na criação de protótipos robóticos que imitam a natureza e com o aspecto lúdico, que auxiliam no aprendizado. Trata-se de dois trabalhos de conclusão de curso de graduação em Engenharia Elétrica da FEIS-UNESP: um girassol robótico que segue a luz (lanterna) imitando o girassol real, e o outro, flores robóticas que mudam de cor pela incidência da luz (como na fotossíntese) e se movimentam pela detecção de presença (imitando algumas espécies de plantas que se fecham em defesa). Com esses protótipos os alunos aprendem brincando, exercitam a criatividade e os conhecimentos adquiridos nas disciplinas do curso de engenharia, utilizando dispositivos eletrônicos modernos como sensores de luz e presença, fita LED RGB e placas controladoras, como uma single board computer, juntamente com outros materiais como o acrílico. O mecanismo de movimento das flores e de suas pétalas é efetuado por atuadores (motores de passo) e engrenagens, montados em uma estrutura mecânica construída de forma didática e lúdica, com o objetivo de serem apresentados em exposições de ciências e eventos destinados ao público de escolas do ensino fundamental e médio. Ao mesmo tempo, proporcionam aos alunos da graduação envolvidos nos trabalhos, uma abordagem multidisciplinar, motivando outros projetos de pesquisas.

**Palavras-chave:** Biomimetismo. Flores robóticas. Atuadores. Fotosensores. Placas single board.

### 1 INTRODUÇÃO

O tema robótica tem gerado muitas pesquisas movidas pelas crescentes aplicações e pela grande criatividade do ser humano que tem lançado no mercado novas tecnologias e produtos inovadores, como computadores compactos e de pequeno porte, sensores, atuadores, etc. A robótica está sendo inserida nas disciplinas de escolas do Ensino Fundamental e Ensino Médio para que os estudantes sejam integrados ao momento atual em que vivem, com smartphones, brinquedos eletrônicos, videogames, etc., buscando despertar o interesse destes alunos para os estudos e nos diversos cursos de engenharia elétrica, eletrônica ou automação.

Mundialmente observa-se a abrangência das aplicações e utilidades de um robô na vida moderna, tais como, robôs que fazem tarefas domésticas, que auxiliam idosos, manipuladores

na indústria, robôs móveis exploradores espaciais, busca e resgate, desarmamento de bombas, robôs para o entretenimento e na medicina com equipamentos cirúrgicos de alta precisão, entre outros. Uma versão melhorada do robô Quince, da Universidade Sendai, no Japão, foi usada pelas autoridades japonesas, nas operações, após o desastre na Usina Nuclear de Fukushima, em 2011, para fazer medições e avaliar o ambiente (IGÍNITION, 2017).

Por ser multidisciplinar, a robótica envolve conceitos da mecânica, eletrônica, sensores, motores e o controle por processadores modernos com bom desempenho, e em placas de tamanho reduzido.

Invenções inspiradas na natureza, denominada biomimetismo (NATH, 2017)., constituem uma linha de pesquisa mais recente em robótica. Trabalhos encontrados na literatura mostram o desenvolvimento em Universidades, de robôs na forma de animais e na forma de plantas, visando aplicação na medicina e exploração espacial (SIMÕES et al, 2013; KIRSNER, 2016). O processo natural de transformação da luz solar em energia, pelas plantas inspirou as placas com células fotovoltaicas resultando em um grande avanço nesta área (FERREIRA *et al.*, 2006).

Neste artigo trata-se mais especificamente, de construções de flores robóticas criadas para o entretenimento e amostra em exposições de ciência e tecnologia, inspiradas nas plantas, portanto, uma aplicação do biomimetismo. Apresenta-se o desenvolvimento dos dois projetos onde são envolvidos temas de grande interesse e fascínio – robôs e o biomimetismo, gerando produtos didáticos, onde são abordados importantes conceitos, como a mecânica, eletrônica, processadores/microcontroladores, constituindo um rico aprendizado na área. Apresentam-se dois protótipos construídos em laboratório, por alunos em final de curso, e como funcionam.

### 1.1 Os robôs

Um robô, por meio de controle humano, realiza tarefas de maneira autônoma, pré-programada, tendo como principal objetivo, substituir o ser humano no trabalho e melhorar a sua qualidade de vida ou também servir para o entretenimento. Os sistemas robóticos têm conquistado espaço nas universidades, no desenvolvimento das pesquisas e também nas indústrias devido à intensa modernização que os sistemas de automação industriais vêm sofrendo nos últimos anos e as possibilidades de uso que os sistemas robóticos atuais proporcionam. Esta modernização tem sido impulsionada pela competitividade crescente, rápida alteração dos produtos oferecidos ao mercado e ao avanço tecnológico, que visam aumentar a produtividade, qualidade, confiabilidade e a precisão, dos produtos e serviços. O interesse das pesquisas na robótica é desenvolver robôs cada vez mais autônomos, cognitivos e autossuficientes, usando a inteligência artificial, entre essas, as Redes Neurais, Lógica Fuzzy e Learnign Machine.

Os robôs podem ser do tipo móvel (PEREIRA, 2013), ou/e manipuladores (VENDRAME JR, 2013). O deslocamento em um ambiente e a manipulação de objetos ao seu redor são algumas das tarefas mais executadas por um robô na indústria, por exemplo. Os manipuladores têm a forma de braço antropomórfico, cujas articulações podem executar movimentos de rotação e de translação.

Os algoritmos de controle proporcionam aos robôs o grau de automação e o seu nível de aprendizagem relacionando as entradas/saídas do robô. Suas tarefas são executadas usando os atuadores (elétricos, pneumáticos, etc.), realizando o seu próprio deslocamento e, por meio de sensores, conseguem abrir ou fechar uma garra robótica ou pétalas de uma flor, desviar de obstáculos, respondendo a diversas funções, simultaneamente. Os sensores proporcionam ao robô autonomia, extraindo informações do ambiente e reagindo às mudanças desse ambiente de forma inteligente.

Um robô é construído dimensionando a quantidade/tipo de motores (atuadores) e sensores, o sistema de controle e processamento, fonte de alimentação, e, principalmente, o conjunto de tarefas que deve executar. O controlador ou placa de controle avalia os sinais dos sensores e toma as decisões apropriadas para cada tarefa ou função programada, enviando sinais aos atuadores (NIKU, 2010).

## 1.2 O biomimetismo

A Biomimética ou Biomimetismo (de bios, que significa vida, e mimesis, que significa imitar) estuda como imitar as melhores ideias da natureza. O objetivo é usar os processos da natureza para resolver os problemas do mundo real, por exemplo, estudar uma folha, buscando aperfeiçoar uma célula solar – é a natureza inspirando a inovação.

O próprio termo, “biomimetismo” foi produto do inventor norte-americano Otto Herbert Schmitt, engenheiro, físico e zoólogo por vocação que, em meados dos anos 50 do século passado, dizia que era possível reproduzir o funcionamento dos processos biológicos. Diversas tecnologias do nosso cotidiano foram inspiradas na natureza, observando flores, árvores, folhas e, principalmente, animais e insetos gerando objetos importantes que são utilizados, como o velcro, o avião (PLANET ATIVO, 2017).

Eiji Nakatsu, Planet Ativo (2017), engenheiro-chefe do trem bala japonês e observador de pássaros baseou-se no comportamento do pássaro “kingfisher” (pescador-rei), para fazer um trem que não fizesse muito barulho. A frente do trem foi modelada semelhante ao bico do pássaro que mergulha para pescar, sem salpicar muita água, gerando um trem silencioso e econômico de eletricidade em 15%, com um aumento de velocidade de 10% (PLANET ATIVO, 2017).

A DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*) tem trabalhado em um drone baseado em beija-flores desde 2006. O pequeno drone flutua como seu homônimo e cabe na palma da mão (GIZMONDO BRASIL, 2017). Outro trabalho sobre o mesmo tema é o Jardim Robótico realizado por Simões et al (2012), considerado uma obra de arte e tecnologia projetada para interagir com o público, concebido por pesquisadores da área de robótica e inteligência artificial da UNESP e ITA, e por alunos do curso de Engenharia de Controle e Automação da UNESP de Sorocaba. Apresentam vários tipos de flores, entre elas os girassóis que reagem à luz de lanternas, tulipas que se acendem com a presença de alguém, lembrando a terra de Avatar (filme), ou seja, respondem a estímulos visual, tátil, de iluminação, presença, etc. Utilizam elementos como sensores de ultrassom, LEDs, acrílico colorido, motores e processadores, proporcionando ao público um ambiente lúdico.

Neste trabalho inspirados no biomimetismo e visando motivar os estudantes da graduação, foram projetados e desenvolvidos dois protótipos robóticos como trabalhos de final de curso de graduação, que imitam a natureza. A ideia, além deles adquirirem o conhecimento teórico envolvido na área, é produzir material para o entretenimento e a apresentação em exposições de ciência e tecnologia.

No primeiro projeto foi construído um girassol robótico que imita um girassol real (se move conforme a posição do sol), e no outro projeto foram desenvolvidas duas flores robóticas que usam como princípios da natureza a fotossíntese e a mudança de cor pela incidência da luz, e o abrir/fechar das suas pétalas resposta à detecção de presença.

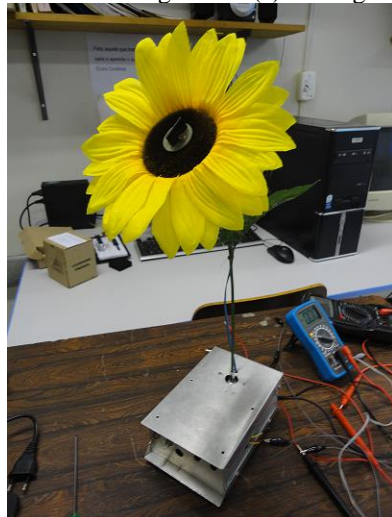
## 2 O GIRASSOL ROBÓTICO

O protótipo do girassol robótico, Figura 1 (a), segue um feixe de luz, conforme um girassol de verdade segue a direção do sol, indo da nascente ao poente. Neste girassol são usados dois sensores LDRs (*Light Dependent Resistor*) separados por um anteparo (adaptado



a uma flor girassol de tecido), Figura 1(b), para detectar a luz (lanterna), de forma que o robô seguirá a luz (comparando as tensões) girando no sentido do sensor que receber uma maior quantidade de luz. Se os dois sensores possuírem a mesma quantidade de incidência de luz, o girassol para de se movimentar.

Figura 1 – (a) Robô girassol. (b) Miolo com os sensores LDRs



(a)



(b)

Fonte: Própria do autor

O girassol real desenvolveu esta habilidade de seguir a trajetória do sol para maximizar a absorção de luz, ou seja, energia. O conceito de maior absorção de energia é utilizado por alguns pesquisadores em painéis fotovoltaicos, que desenvolveram um sistema com sensores para captar mais energia e melhorar o desempenho em até 40% (SOLBOT, 2017).

Na realização deste projeto são usados um microcontrolador ATmega8, CMOS de 8 bits de baixo consumo, faixa de frequência de funcionamento de 0 a 20MHz, um motor de passo e seu circuito de acionamento para mover o girassol. A quantidade de luz incidente na flor determina o sentido de giro, acionando o motor de passo que está ligado no caule da flor girassol. As diferenças nas resistências (e, portanto, na tensão) dos dois sensores LDRs, definem o sentido de giro do motor, se para a direita ou esquerda. O algoritmo de controle é programado no microcontrolador.

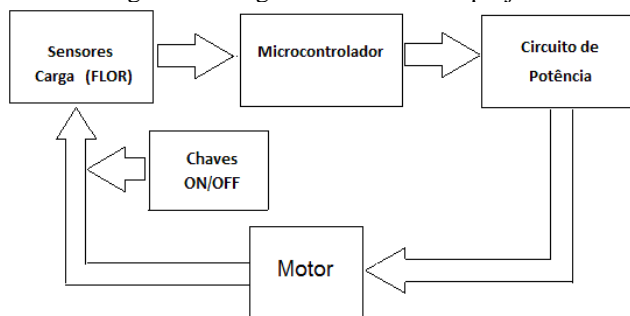
Os sensores LDRs são fotoresistores baseados na variação de resistência elétrica em um semicondutor causada pela incidência de luz – a resistência diminui à medida que a intensidade luminosa aumenta. A curva de resposta do LDR se aproxima da curva de resposta do olho humano, o que permite sua operação com fontes convencionais de luz (luz ambiente, eletrônica e LEDs comuns de diversas cores).

O uso de sensores permite que um robô possa interagir com o ambiente que o rodeia de uma forma mais flexível, facilmente adaptável a uma maior variedade de tarefas, atingindo desta forma um maior grau de automação.

## 2.1 Diagrama de blocos e Resultados

O diagrama de blocos do projeto do girassol robótico é mostrado na Figura 2.

Figura 2 - Diagrama de blocos do projeto



Fonte: Própria do autor

Neste diagrama de blocos os dois sensores (na flor) fornecem a diferença de tensões em resposta à incidência de luz, essa informação é processada no microcontrolador para a tomada de decisão, atuando no circuito de potência que controla o acionamento do motor de passo (MP35SP-7). O motor movimenta a flor (carga), para direita ou esquerda ou permanece parado, caso em que os sensores vão estar com as tensões balanceadas, pela mesma quantidade de luz (ou pela falta dela). O girassol é limitado à rotação de até  $180^\circ$  por duas chaves *reed switches*, sendo esse deslocamento interrompido mecanicamente por um ímã permanente posicionado próximo ao motor (ligado no caule da flor). Na Figura 3 apresenta-se uma sequência do seu funcionamento.

Figura 3 – Girassol robótico em funcionamento



Fonte: Própria do autor

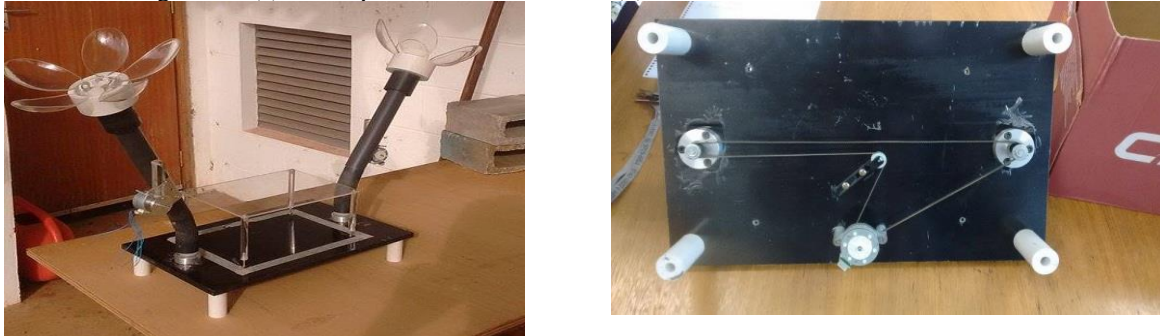
### 3 FLORES ROBÓTICAS

O protótipo das flores robóticas, outra aplicação do biomimetismo, tem como funções a mudança de cor pela intensidade luminosa do ambiente e o balanço das flores, ao abrir/fechar as pétalas pela detecção de presença. Para a construção deste protótipo são usados sensores, fita LED RGB, motores de passo, e mecanismos para abrir/fechar as pétalas. Para programação e o controle utiliza-se uma unidade de processamento Arduino Mega 2560 (ARDUINO, 2017).



O protótipo é constituído por duas flores com cinco pétalas e um miolo em cada uma, caule, e a base onde são colocados os circuitos para controlar e proporcionar os movimentos. Nas pétalas e na base são colocadas fitas LED RGB, na base e caule são posicionados os motores de passo (um em cada caule e outro na base), conforme a Figura 4.

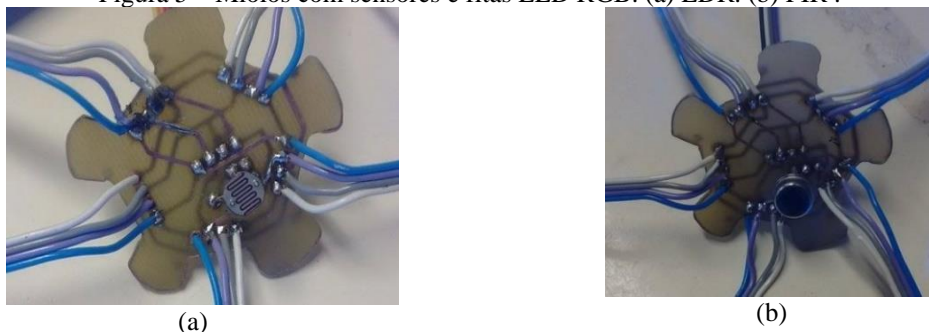
Figura 4 – (a) Protótipo das flores robóticas. (b) Vista de baixo da base



Fonte: Própria do autor

Na confecção das pétalas de (dimensões de 24x38x62 cm) foi usado o acrílico transparente, para ressaltar as cores das fitas LED RGB. As pétalas estão ligadas em suas extremidades por um anel de cobre (com certo grau de liberdade), e apoiadas em outro suporte externo que faz parte do mecanismo de movimento. Os motores de passo (Mitsumi M35SP-8P) são posicionados no caule para movimentar os miolos das duas flores e realizar o movimento de abrir/fechar as pétalas. Ainda no caule, o suporte interno está ligado a um motor, e o externo é fixado ao caule, e ao acionar o motor o suporte interno se movimenta, movimentando a extremidade onde as pétalas estão ligadas pelo anel. Em cada flor (miolo) é colocado um sensor diferente, de um lado um LDR, e no outro um sensor PIR (*Passive Infrared Sensor*), e em cada miolo é colado um pedaço de fita LED RGB (três em cada pedaço), conforme mostrado na Figura 5. Na Figura 6 tem-se o protótipo completo em funcionamento.

Figura 5 – Miolos com sensores e fitas LED RGB. (a) LDR. (b) PIR .



Fonte: Própria do autor

Uma tampa de acrílico (dimensões, 20x11x11 cm) é colocada em cima da base, para a proteção das placas e circuitos. Na base, por baixo, tem-se o motor de passo com torque maior (Mitsumi M42SP-5), para realizar o movimento de toda a estrutura ligada ao caule das duas flores, por meio de um sistema de rolamentos e correia.

Figura 6 - Protótipo - Pétalas com LEDs RGB na cor vermelha



Fonte: Própria do autor

### 3.1 Codificação de cores e algoritmo de teste

Com base nos sensores o protótipo de flores robóticas pode realizar uma série de ações (tarefas) definidas pelo programador. Visando obter alguns resultados e observar o seu funcionamento foi criado um programa com as seguintes tarefas: Piscar LEDs três vezes; verificar os sinais dos sensores; se a ação é devida ao LDR, trocar de cor; se a ação (presença de alguém) é devida ao PIR, realizar a ação de fechar/abrir pétalas e movimentar o caule.

No controlador o sinal analógico de saída do LDR é codificado em valores digitais de 0 a 1023, (resolução de 10 bits), divididos em 6 faixas. Dependendo da faixa do LDR, diferentes saídas do controlador são ativadas, acionando as três cores primárias do sistema RGB ou mais de uma, simultaneamente, resultando em possibilidades de 9 cores, das quais somente 6 foram escolhidas, para garantir a estabilidade de cores e reduzir a sensibilidade do programa. A faixa de codificação das cores é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1- Decodificação das cores

Codificação binária	Quantidade de luz	Cor que acenderá
Valores < 150	Pouca	Verde acenderá
151<valores<299	Pouca média	Amarelo (verde e vermelho)
300<valores<449	Média	Vermelho
450<valores<599	Média alta	Lilás (azul e vermelho)
600<valores<849	Alta	Azul
Valores >850	Nenhuma das faixas acima	Branco (todas as cores acesas)

Fonte: Própria do autor

Os resultados dos testes com o programa são apresentados na Figura 7, onde são mostradas as cores, azul e rosa, de acordo com a detecção da iluminação, e comprova-se o êxito obtido com este trabalho.

Como mencionado anteriormente, os protótipos criados são ricos em detalhes de hardware e software proporcionando aos alunos que os executaram, um bom aprendizado ao final do curso de graduação. Estes protótipos têm sido utilizados nos eventos "Exposição de

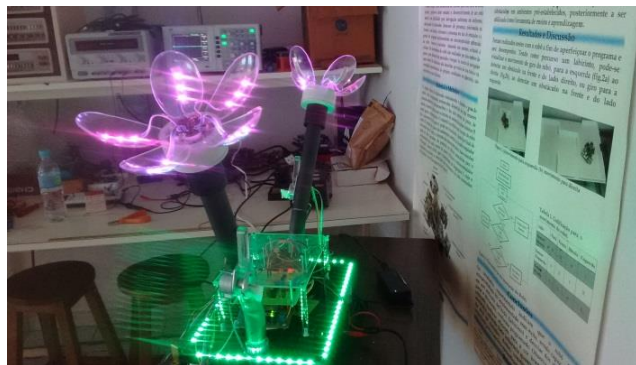


Ciência e Tecnologia", "Venha Nos Conhecer" e visitas técnicas de alunos do Ensino Fundamental e Médio nos laboratórios e dependências da FEIS-UNESP, Figura 8.

Figura 7– Pétalas com os LEDs (a) cor azul. (b) cor rosa.



(a)



(b)

Fonte: Própria do autor

Figura 8–(a) Apresentação do girassol em Exposição de Ciências e Tecnologia-FEIS-UNESP. (b) Apresentação das flores robóticas em outros eventos.



(a)





(b)

Fonte: Própria do autor

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo foram apresentados dois projetos, o girassol e as flores robóticas que utilizam o conceito de biomimetismo.

Dos resultados obtidos experimentalmente verifica-se que os objetivos dos alunos foram atingidos com êxito, pois transformaram seus projetos robóticos em protótipos que imitam a natureza e aplicaram os conhecimentos multidisciplinares adquiridos durante o curso, em seus trabalhos de conclusão de curso em engenharia elétrica. Estes protótipos estão sendo apresentados em Exposições de Ciência e Tecnologia e outros eventos da Unidade, despertando o interesse dos estudantes do ensino fundamental e médio para os cursos de engenharia e robótica, pelo seus efeitos visual, lúdico e interativo.

#### REFERÊNCIAS

ARDUINO. Disponível em <<http://www.arduino.cc/en/ArduinoCertified/IntelGalileo>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

FERREIRA, J. César; KUDO, João F.; FORTES, D. Rodrigues; PALHARES, R. Martinez. **Controle de Direcionamento de um Pannel Solar**. Laboratório de Controle e Automação. Universidade Federal de Minas Gerais, junho de 2006.

GIZMODO BRASIL. **Biomimetica**, 2013. Disponível em: <<http://gizmodo.uol.com.br/o-que-e-biomimetica/>>. Acesso em: 20 jan. 2017.

IGÍNITION. Disponível em: <https://medium.com/ignition-int/fukushima-rescue-robots-and-the-men-who-made-them-76a80a261a41>. Acesso em : 20 nov 2017.

KIRSNER, S. **Bichos robóticos tentam sair do laboratório**. Disponível em: <<http://www.jornaldaciencia.org.br/Detail.php?id=21663>>. Acesso em: 27 nov. 2016.

NATH, C. **Biomimetismo**: Invenções inspiradas na natureza. Disponível em: <<http://www.coletivoverde.com.br/biomimetismo>>. Acesso em: 14 nov. 2017.

NIKU, S. **Introduction to Robotics**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2010.

PEREIRA, Vinicius Giroldo; Mantovani, Suely C. Amaro. Controlando um Robô usando um Microcontrolador. 2013. 71f. Trabalho de Graduação - Curso de Engenharia Elétrica, Faculdade de Engenharia, UNESP, Ilha Solteira, SP. 2013.

PLANET ATIVO. Disponível em: <<http://planetativo.com/2010/2013/10/o-que-e-biomimetica-ou-biomimetismo/>>. Acesso em: 23 mai. de 2017.

SIMÕES, Alexandre da Silva et al. **Jardim Robótico**. Sorocaba: XXX 2009. Disponível em: <<http://www.gasi.sorocaba.unesp.br/assimoes/projects/jardimrobotico>>. Acesso em: 12 mai. 2013.

SOLBOT. **Robô que ajusta painéis fotovoltaicos pode reduzir custo da energia solar**. Disponível em: <http://www.ecycle.com.br/component/content/article/37-tecnologia-a-favor/1055-robo-que-ajusta-paineis-solares-pode-reduzir-custos-da-energia-solar.html> . Acesso em: 24 nov. 2017.

VENDRAME JR., Airton. **Construção e controle de um manipulador robótico usando single-board Raspberry Pi**. 2013. 102 f. Trabalho de Graduação – Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”- Ilha Solteira-São Paulo, 2013.

## BIOMIMETISM IN ROBOTICS MOTIVES FINAL COURSE WORK IN ELECTRICAL ENGINEERING.

**Abstract:** *In this paper presents the research carried out within the context of biomimicry, where living beings, such as plants, serve as inspiration in the creation of robotic prototypes that mimic nature and playful aspect, aid in learning. Those are two undergraduate work in Electrical Engineering of FEIS-UNESP: a robotic sunflower that follows light (lantern) imitating the real sunflower and the other, robotic flowers that change color by the incidence of light (as in photosynthesis) and move around by presence detecting (mimicking some species of plants that close to protect themselves). With these prototypes, students learn by UNESP course, using modern electronic devices such as light and presence sensors, RGB LED tape and controller boards, such as a single board computer, along with others materials such as the acrylic. The movement mechanism of the flowers and their petals is provided by actuators (stepper motors) and gears, mounted on a mechanically constructed didactic and playful, with the objective of being presented in science exhibitions and events destined to the public of primary and secondary schools. At the same time, they provide the undergraduate students involved in the work with a multidisciplinary approach motivating other research projects.*

**Keywords:** *Biomimetism, Robotic flowers, Actuators, Photosensor, Single board computer.*