DESENVOLVIMENTO ELETRÔNICO PARA DISPOSITIVO AUTÔNOMO DE ERRADICAÇÃO DE LARVAS DO MOSQUITO TRANSMISSOR DA DENGUE EM RESERVATÓRIOS DE MÉDIO VOLUME DE ÁGUA

Development for Electronic Larvae Elimination of Hybrid Device Mosquito Transmitter of Dengue in Water Volume Average Tanks

FERNANDES, Eduardo Luis
Centro Universitário de Jaguariúna - UniFAJ

RESUMO: A fim de adaptar um processo já existente, o trabalho que segue visa o desenvolvimento e construção eletrônica para um protótipo designado à erradicação de larvas do mosquito transmissor da dengue, capaz de se locomover em reservatórios de médio volume de água. Esse trabalho não visa aplicar nem avaliar os resultados do mesmo na erradicação de larvas. O protótipo proposto utiliza uma estrutura flutuante que compreende todo o hardware empregado no mesmo, operacionalizando através de uma célula solar e baterias recarregáveis um sistema compreendido por um aerador, sistema de propulsão e direção autônomos controlados pela plataforma *Arduino® e* sonares instalados ao redor da estrutura. O dispositivo efetua monitoramento de baterias, seleção automática de alimentação, alerta de bateria fraca e alternância entre modo normal e *standby* durante o período noturno. Para satisfazer o desenvolvimento é proposto o dimensionamento e construção do circuito eletrônico, instalação de componentes de comando e proteção, inserção de equipamentos para controle e automação, identificação dos mesmos visando eliminar riscos de curto-circuito, redução de falhas, melhoria de qualidade no produto e mínimo desperdício de recursos. Serão empregadas ferramentas de projeto Cronograma e EPLAN® *Electric P8*.

Palavras-chave: Autônomo; Dengue; *Arduino*.

ABSTRACT: In order to adapt an existing process, the work that follows is aimed at developing and electronic construction for a prototype designed to eradicate larvae of the mosquito that transmits dengue, able to get around reservoirs average volume of water. This work is not intended to apply or evaluate the results of the same in the eradication of larvae. The proposed prototype uses a floating structure that comprises all the hardware used in the same, operationalized through a solar cell and rechargeable batteries one understood by an aerator system, propulsion system and self-direction controlled by *Arduino*® platform and sonars installed around the structure. The device performs monitoring of batteries, power automatic selection, low battery alert and toggle between normal mode and standby during the night. To meet the development is proposed the design and construction of the electronic circuit, installation of control components and protection, insertion equipment for control and automation, identifying them to eliminate short-circuit risk, reduce failures, quality improvement in product and minimal waste of resources. design tools will be employed Schedule and *EPLAN*® Electric P8.

Keywords: Autonomous; Dengue; *Arduino*.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a dengue tem apresentado grande crescimento na incidência mundial (WHO, 2015). Através de uma abordagem cartográfica, estima-se que 390 milhões de infecções aconteçam por ano (BHAAT et al., 2013). Nos estudos de Ferreira, G. (2012), o autor afirma que mais da metade da população mundial encontra-se em situação de risco. Exclusivamente 9 países experimentaram epidemias de doenças graves, porém a doença se tornou endêmica em cerca de 100 países, sendo que as regiões situadas no Sudeste da Ásia, Américas e do Pacífico Ocidental são as regiões mais afetadas (WHO, 2015).

A dengue é causada pelo vírus *Flavivirus flaviviridae* que se hospeda nos possíveis vetores da doença, os artrópodes *Aedes polynesiensis, Aedes albopictus e Aedes aegypti.* No Brasil o mosquito *Aedes aegypti* é o vetor mais comum e sua transmissão em seres humanos se dá por intermédio da picada da fêmea (SILVA, 2011; DALBEM, 2014).

Além de transmitir a dengue, o mesmo mosquito pode ser vetor para outros tipos de vírus, como Zika vírus e *ChiKungunia* (TIZZOT, 2016).

A compreensão bioecologica das populações do vetor apresentam extrema relevância para elaboração de estratégias em seu controle, e associar fatores ambientais com o ciclo de vida do mosquito possibilita indicar ambientes propícios para o desenvolvimento e oviposição do mesmo (BESERRA et al*.,* 2010). O mosquito apresenta comportamento tanto urbano quanto rural, porém amostras de larvas e ovos são raramente encontradas no meio rural. A proliferação do mosquito ocorre principalmente no verão, onde todo e qualquer tipo de recipiente que acumule água serve como criadouro para o mosquito. Sua multiplicação ocorre através de ovos, que não são expelidos na água, mas depositados milímetros acima da superfície, em uma infinidade de recipientes que possuam como característica a possibilidade de armazenar água. Quando ocorre a precipitação da água, os recipientes aumentam seu volume de forma que o nível da água armazenada entre em contato com os ovos, que posteriormente eclodem. (FERREIRA, L., 2012; MIRANDA, 2009; SILVA, 2011).

O sucesso da reprodução dos mosquitos está diretamente relacionado com o local onde os ovos são expelidos, pois esse é um fator de extrema importância para a sobrevivência e as variações de quantidade de populações do mosquito (SERPA, 2008).

De acordo com Ferreira, L. (2012) o extermínio do mosquito deve ocorrer na fase larval, devido à resistência que o mosquito apresenta em outras fases.

Em um período que vai de cinco a sete dias, uma larva originada do ovo passa por quatro fases e origina um novo mosquito. No processo de desenvolvimento larvário fatores ambientais como a temperatura, luz, salinidade, presença de poluentes orgânicos e inorgânicos, movimento da água, relações com a vegetação aquática, não aquática com produtos derivados de plantas e com microorganismos, predadores e parasitas presentes na água, são considerados como os principais a afetar o desenvolvimento larvário. De forma geral, larvas de mosquito não estão adequadas a viver em ambientes de água em movimento, e em situações que o movimento da água é constante, como em rios. As larvas tendem a viver em ambientes com água parcialmente parada. (SILVA, 2011; CONSOLI, 1994; BATES, 1949).

A aeração é um método utilizado para introduzir oxigênio à água. O método é aplicado por aeradores, que se comportam como máquinas de vento. Dentre os tipos de sistemas de aeração, o sistema por ar difuso é o que utiliza sopradores de ar. Os sopradores suprem a demanda de ar do sistema e difusores o distribuem, promovendo aeração e mistura. Nesse sistema a introdução de oxigênio se dá por meio de microbolhas, providas pelos difusores, que são alimentados por sopradores de ar comprimido. (CHEIS, 2015)

Bombas de diafragma, um tipo de compressor usualmente aplicado com tamanho reduzido em aquários domésticos, possui a finalidade de promover aeração da água contida no mesmo. Aeradores de aquário difusam o ar através de uma pedra porosa, a fim de facilitar a formação de bolhas, onde a quantidade de ar necessária é pequena. Essas bolhas, difundidas pelos

aeradores, causam turbulência superficial na água (DOS SANTOS, 2007; BUENO, 2010; HOFKES, 1983; OLIVEIRA, 2008).

Distúrbios causados por movimentos na água, causam agitação na atividade das larvas do mosquito, fazendo com que submerjam e desapareçam do campo de visão. As larvas, mesmo sendo aquáticas respiram o oxigênio do ar, e necessitam ficar na superfície da água. (WHO, 2013; SILVA, 2007).

A erradicação do vetor da doença é considerada quase impossível, e por se tratar de um problema de saúde global, estudos atuais indicam a inexistência de controles sustentáveis para o vetor (FERREIRA, G., 2012).

Considerada uma fonte de energia sustentável, a energia solar viabiliza o suprimento energético para necessidades simples. Pelo intermédio de células fotovoltaicas, destinar esse tipo de fonte energética proveniente da natureza em dispositivos, possibilita que os mesmos operem sem depender de fontes energéticas externas. Dessa forma compreende-se tais equipamentos como autossustentáveis, ou seja, capazes de suprir suas próprias necessidades energéticas. (OLIVEIRA, 2012; SILVA, 2012).

Sistemas fotovoltaicos estão susceptíveis à alterações luminosas e às condições climáticas desfavoráveis, desvantagens que interferem reduzindo significativamente a saída do sistema. Por outro lado a manutenção e o armazenamento energético em baterias são fatores que compreendem vantagens desse tipo de sistema (SILVA, 2015).

Complementando os métodos de erradicação do mosquito anteriormente mencionados, a implementação de um sistema sustentável que compreenda a execução de tarefas com autonomia, caracteriza o mesmo como um sistema robótico autônomo (RIBEIRO, 2015).

Interações com o ambiente por intermédio de atuadores e sensores, ou seja dispensando a intervenção do homem, é a principal função de robôs móveis, inseridos em uma área da robótica conhecida como robótica móvel (TÁRTARI, 2012).

> *"Navegação autônoma é uma área da robótica móvel que estuda técnicas para que robôs possam movimentar-se de forma segura em um determinado ambiente." (TÁRTARI, 2012).*

Dentro desse contexto, a área de robótica autônoma tem gerado grande interesse em pesquisadores. O desenvolvimento de aplicações e pesquisas com uso de veículos aquáticos e subaquáticos possui, em grande parte das aplicações, necessidade de que estes tipos de robôs possuam inteligência e capacidade de executar ações autônomas (FORNI, 2011).

A plataforma eletrônica de código aberto, também conhecida como Arduino, tem a capacidade de tomar decisões pré-estabelecidas, baseadas em informações provenientes do ambiente. O hardware do Arduino, por intermédio de módulos periféricos, registra acontecimentos do ambiente (SILVEIRA et al., 2015).

> *"O Arduino é o que chamamos de plataforma de computação física ou embarcada, ou seja, um sistema que pode interagir com seu ambiente por meio de hardware e software." (MCROBERTS, 2011, p. 22).*

O Arduino é amplamente utilizado para projetos. O dispositivo possibilita ao usuário, através de um software, desenvolver programações computacionais baseadas na linguagem C e executar as mesmas com a finalidade de interagir com os dispositivos externamente conectados a ele. Os componentes externos quantificam diversos dispositivos tais como sensores e atuadores. O hardware do Arduino é basicamente composto por um microprocessador e os periféricos eletrônicos para promover o funcionamento do microprocessador (MCROBERTS, 2011).

Araújo (2015), considera o Arduino como um sistema embarcado simples, Giuseppe Dedini e Yassuda Yamashita (2015) o define como um sistema limitado, porém capaz de comportar sistemas de controle numérico e sistemas de coleta e armazenamento de dados.

> *"[...] a programação de sistemas embarcados deve considerar que hardware e software devem ser programados concomitantemente, tendo como fim a realização de uma função específica." (SILVEIRA, et al., 2015).*

Dessa forma o artigo apresentado foca no desenvolvimento eletrônico de um sistema de controle autônomo, compreendido pelo controle e acionamento do conjunto de atuadores responsáveis pela movimentação do

sistema, acionamento da bomba de diafragma, sensoriamento do ambiente, fornecimento energético autossustentável para o acionamento da bomba de diafragma e a alimentação de componentes contidos no sistema através de uma bateria. De forma geral, a finalidade do conjunto é transmitir dados dos sensores e controlar os atuadores de forma autônoma, visando a movimentação do mesmo em reservatórios de médio volume de água.

DESENVOLVIMENTO

O protótipo desenvolvido refere-se à um dispositivo autônomo de erradicação de larvas do mosquito transmissor da dengue, compreendido por um conjunto eletrônico capaz de integrar sensores, atuadores, componentes complementares, baterias, placa fotovoltaica e um microcontrolador.

O sistema de controle compreendido pelo protótipo objetiva proporcionar ao mesmo aptidão para seu deslocamento em ambientes que se caracterizam como reservatórios de médio volume de água parada. O deslocamento ocorre na superfície aquática do reservatório, e o protótipo visa de forma segura e eficiente, baseado em informações fornecidas por sensores, movimentar-se com autonomia neste ambiente e proporcionar agitação da superfície da água.

Para o controle e automação das ações desenvolvidas pelo protótipo será implementada uma programação que controlará o microcontrolador, responsável por todas as operações do protótipo.

O desenvolvimento do protótipo inicia-se com a construção da estrutura flutuante, destinada a comportar todos os componentes utilizados no mesmo. Como o foco do trabalho não visa a construção da estrutura, esta etapa objetivou a construção de uma estrutura capaz de flutuar em meio aquático, com a finalidade de comportar todos os componentes do sistema eletrônico utilizado no protótipo, visando isolação entre os componentes e a água. A estrutura flutuante compreende o uso de tubos de PVC com diâmetro de 100mm, junto a uma caixa plástica com dimensões de 180mm de largura, 155mm de comprimento e 95mm de altura. O emprego da caixa plástica prevê comportar os componentes, que serão utilizados no sistema eletrônico. A estrutura final caracteriza-se com dimensões físicas de 390mm de largura,

740mm de comprimento e 240mm de altura. A figura 1 apresenta a estrutura do protótipo.

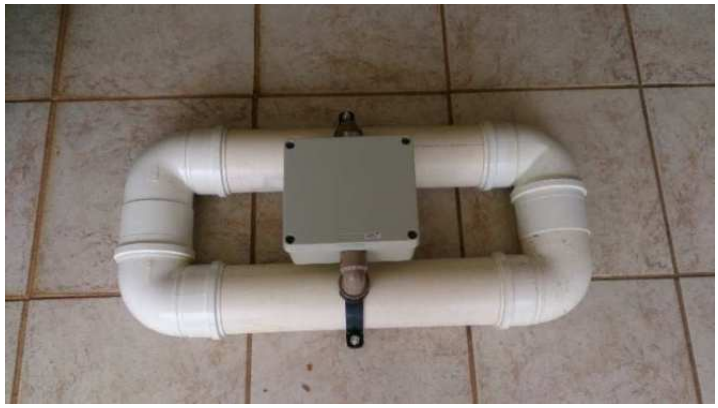


Figura 2: Estrutura flutuante designada para o protótipo.

(Fonte: Desenvolvimento Próprio)

O desenvolvimento do sistema eletrônico inicia-se com o desenvolvimento de um diagrama de blocos que esquematiza as conexões entre cada um dos componentes que compõem o mesmo, como mostra a figura 2.

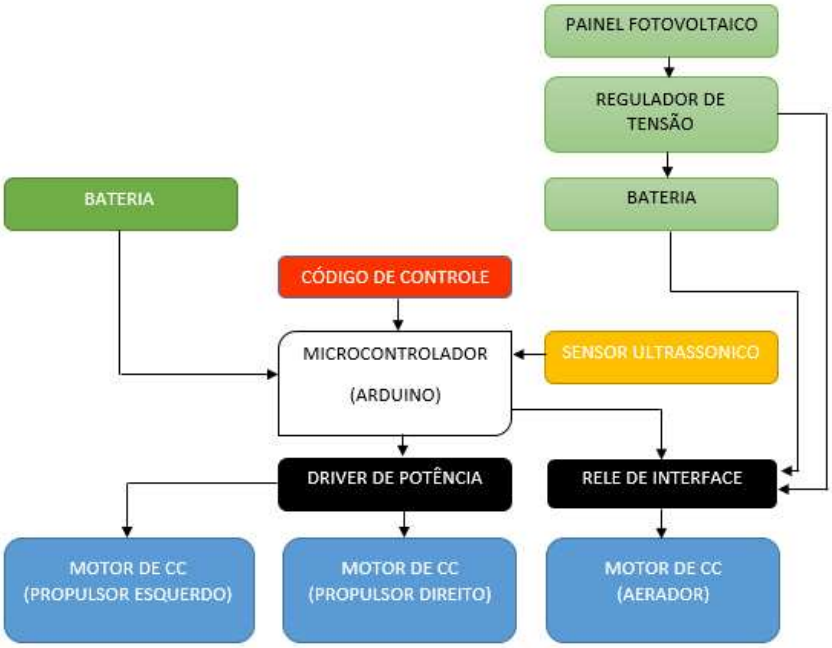


Figura 3: Diagrama de blocos: Funcionamento do Sistema eletrônico.

(Fonte: Desenvolvimento Próprio)

Para o desenvolvimento eletrônico do protótipo foi desenvolvido o diagrama elétrico, (Anexo 01), uma representação técnica de todos os componentes eletrônicos ou elétricos que compõem o projeto. Neste diagrama estão contidas informações como a identificação de componentes elétricos ou eletrônicos e as conexões físicas dos mesmos.

Para suprir as necessidades energéticas exigidas pelo protótipo, o sistema compreende o uso de um conjunto que operacionaliza geração, armazenamento e regulagem de tensão. Para geração de energia elétrica o sistema conta com uma placa fotovoltaica fabricada a partir de lâminas de silício cristalino. Esse tipo de célula fotovoltaica tem sido desenvolvida juntamente com filmes finos de teureto de cádmio, disseleneto de cobre índio e gálio, silício amorfo hidrogenado, silício microcristalino, silício crescido em fitas. Nos últimos 60 anos, são essas as tecnologias de fabricação de células fotovoltaicas que vem sendo desenvolvidas (PINHO, 2014).

As lâminas de silício cristalino, tecnologia usada na produção industrial de células fotovoltaicas, atingiram em 2011 uma abrangência de 87,9% no mercado mundial. As mesmas são classificadas como monocristalina (m-Si) e policristalina (p-Si), sendo que a diferença entre as duas está no método de obtenção do silício, utilizado na fabricação das células (PINHO, 2014).

A célula fotovoltaica de silício monocristalino possui eficiência média de 16,5% (produção de nível industrial). Lâminas comerciais de silício policristalino variam sua eficiência de 14,5% a 16,2% (PINHO, 2014). Devido a eficiência e custo, a célula empregada no protótipo é a célula de silício monocristalino. A mesma possui dimensões de 165x165mm, 4,5W de potência e uma tensão de saída com 6VDC.

Seguindo a descrição do conjunto de alimentação do protótipo, toda a energia que será gerada pela célula fotovoltaica será armazenada em um conjunto de baterias.

Controlando com carga linear o carregamento da bateria, é necessário optar por uma bateria que supra a demanda energética do sistema e que possua características conciliáveis com o modo que o painel fotovoltaico fornece carga. O tipo de bateria que melhor se adequa ao sistema é a bateria de Níquel. De acordo com Buchmann (2011), as baterias de níquel possibilitam

carregamentos proveniente de tensões pulsantes e essa característica relaciona importantes limitações do sistema pois, por se tratar de um carregamento proveniente de um sistema fotovoltaico, a tensão de saída no painel promove variações de tensão para a bateria (VITOI et.al., 2014).

No escopo original deste projeto, foi previsto que o conjunto anteriormente descrito seria capaz de suprir as necessidades energéticas do protótipo. Devido à algumas adaptações efetuadas no mesmo foi necessário adicionar uma bateria principal no protótipo. Esta exigência se deu ao fato de utilizar atuadores com tensão maior que a saída do painel fotovoltaico. Será necessário avaliar o tempo de descarga da bateria e posteriormente agregar algum recurso que supra a demanda energética do protótipo.

Devido as restrições de tamanho e peso, optou-se em utilizar uma bateria de Lítio Polímero. Esse tipo de bateria compreende uma associação de células que determina sua tensão, cerca de 3,7V por célula (1S). Em sua representação a nomenclatura S indica o número de células (MEDEIROS, 2014).

Conforme apresentado na figura 2, o sistema compreende dois itens que não são o escopo deste trabalho, o Microcontrolador e o Código de Controle. Mediante isso, o trabalho que segue precisa compreender tudo que se relaciona de forma direta ou indireta com o sistema em desenvolvimento. Visando analisar, compreender e suprir as características destes blocos, seguem algumas importantes definições dos mesmos, não pertencentes ao foco deste trabalho.

Popularmente conhecido, o Arduino é uma plataforma de prototipagem com fácil utilização, sua maior vantagem sobre outras plataformas. O projeto do Arduino possui fonte aberta, amplamente utilizado para outros projetos. O dispositivo possibilita ao usuário, através de um software livre, efetuar programações computacionais com a finalidade de compor a plataforma, que quando inseridas no Arduino interagem com os dispositivos externamente conectados a ele. Os componentes externos quantificam diversos dispositivos, tais como sensores e atuadores. O hardware do Arduino é basicamente composto por um microprocessador e os periféricos eletrônicos para promover o funcionamento do microprocessador. O hardware ainda compõem conexões

de entrada/saída expostas e uma saída USB. A saída USB não está presente em todos os tipos de Arduino, porém quando existente proporciona a conexão entre um PC e o mesmo. O Arduino possui algumas variantes que podem compreender em seu hardware maior memória ou maior número de pinos entrada/saída. Por compreender hardware e software livre, o Arduino pode ser utilizado por qualquer indivíduo e para qualquer finalidade (MCROBERTS, 2011).

Devido às exigências de mobilidade autônoma, o sistema vigente do protótipo precisa compreender o uso de sensores. Neste trabalho, os sensores são os dispositivos responsáveis por promover as informações do ambiente físico, fornecendo-as ao Microcontrolador (Arduino). Posteriormente, os dados fornecidos pelo sensor são processados pelo Microcontrolador, e retornam como ações para os atuadores.

O sensor utilizado é do tipo ultrassônico. Suas características básicas se referem-se ao posicionamento e seu uso está ligado à detecção de obstáculos e até mesmo ao mapeamento de ambientes. O sensor é um emissor e receptor de ondas sonoras, operantes na faixa de frequência imperceptível à audição humana (40kHz). O sensor consegue realizar o cálculo de distância pelo tempo que ocorre entre a emissão e a recepção do sinal sonoro emitido por ele. O sensor utilizado, modelo HC-SR04 fabricado pela empresa *Micropic,* possui uma escala que possibilita medições a partir de 2 cm, até 400cm. Designado para aferir distâncias inferiores a 20 cm e detectar a presença de resíduos sólidos dentro desta faixa, testes com o sensor comprovaram o bom desempenho do sensor em medidas com até 50cm.

Para operacionalizar a movimentação autônoma do protótipo, o Microcontrolador promove ações de controle por intermédio de atuadores. Os atuadores precisam ser acionados com um fluxo de corrente maior do que o microcontrolador é capaz de fornecer. Devido a isso será utilizado um circuito de potência dedicado para acionar o motor de corrente contínua pelos comandos provenientes do microcontrolador. O circuito de potência dedicado, responsável por receber o sinal de controle, acionar e controlar o motor de corrente contínua (CC) é a ponte H L298N.

O circuito ponte H L298N é um circuito que controla o sentido de giro e a potência aplicada nos motores, consequentemente a rotação. O circuito possui um pino de controle para potência do motor, esse pino recebe sinais *PWM*. O *PWM* (*Pulse Width Modulation)* também conhecido como modulação da largura de pulso, é uma técnica para variar a velocidade de motores corrente contínua. Quando o sinal PWM está em tensão máxima, o motor gira com potência máxima, quando em tensão zero, o motor continua a girar devido à inércia até que ocorra o próximo sinal em tensão máxima. O Microcontrolador consegue ajustar a fração de tempo que o sinal fica em tensão máxima, essa fração de tempo é denominada *duty cycle (*ciclo de trabalho). Portanto, variando o *duty cycle* é possível determinar a potência aplicada ao motor.

A figura 3 apresenta o circuito ponte H L298N, responsável pelo controle de potência do motor CC, que produz deslocamento do protótipo.

As conexões do circuito ponte H L298N, responsável pelo controle de potência do motor CC seguem uma sequência de ligações definidas pelo fabricante. A Tabela 1 referência descreve sua função e relaciona com a conexão no protótipo.

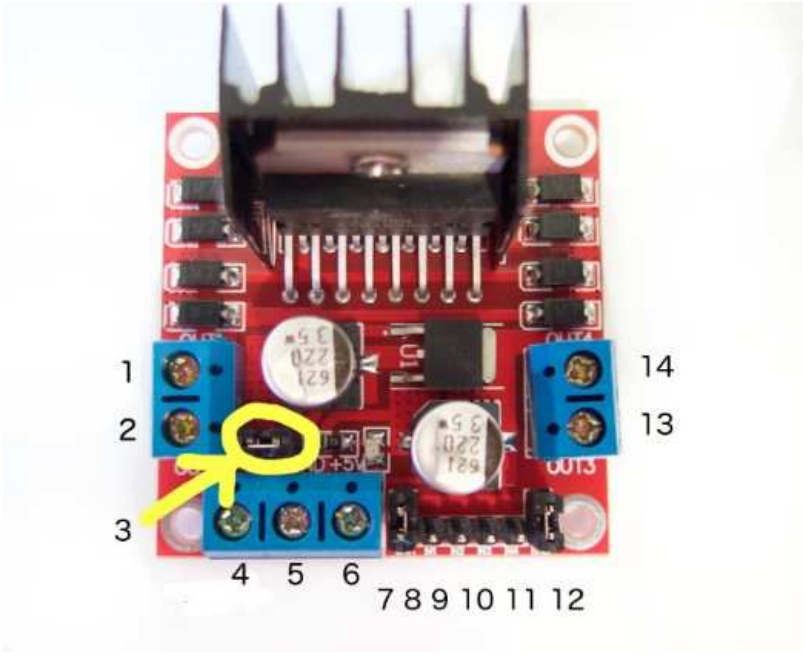


Figura 4: Conexões circuito ponte H L298N.

(Fonte: https://tronixlabs.com.au)

Ponto de Conexão Protótipo	Ponto de Conexão Cicruito Ponte H L298N	Descrição do Ponto de conexão Circuito Ponte H L298N
Polo "+" Motor A	1	Conexão "+" do Motor A
Polo "-" Motor A	2	Conexão "-" do Motor A
Conectado	3	*Jumper* 12V - Alimentação >12VDC Conectar; <12VDC desconectar
Polo "+" Bateria	4	Alimentação (máx. 35V)
Polo "-" Bateria	5	GND
Pino "Vin" Arduino	6	Saída 5V (se o *Jumper* 12V estiver habilitado)
Pino "02" Arduino	7	ENA (Pino de entrada *PWM* referente amo Motor A)
Pino "03" Arduino	8	IN1
Pino "04" Arduino	9	IN2
Pino "05" Arduino	10	IN3
Pino "06" Arduino	11	IN4
Pino "07" Arduino	12	ENA (Pino de entrada *PWM* referente amo Motor A)
Polo "+" Motor B	13	Conexão "+" do Motor B
Polo "-" Motor B	14	Conexão "-" do Motor B

Tabela 1: Conexões do Circuito Ponte H L298N
(Adaptação: https://tronixlabs.com.au)

O protótipo utiliza três atuadores: o propulsor responsável pelos movimentos para direita, o propulsor responsável pelos movimentos para esquerda e o motor responsável pela aeração. Os dois propulsores são controlados pela ponte H L298N. Conforme descrito anteriormente o motor do propulsor opera com uma estratégia de controle *PWM*, variando a potência aplicado no motor. As instruções de controle são enviadas pelo microcontrolador. Os propulsores são acionados a uma taxa proporcional, que varia de acordo com os comandos do microcontrolador. Em suma, as taxas aumentam ou diminuem, e conforme ocorre o deslocamento do protótipo sobre a superfície da água, a trajetória do protótipo é redefinida a todo instante.

Os motores propulsores caracterizam-se por propulsores com hélices submersas. O grande desafio em utilizar um propulsor aquático refere-se a impermeabilização. Muitos sistemas de propulsão para nautimodelismo utilizam de motores *brushless,* porém alto custo e consumo elétrico inviabilizam seu uso neste projeto. O baixo custo, tensão operacional compatível com a bateria e uma corrente de acionamento menor que motores *brushless* implicaram na decisão de fazer o uso de bombas para sistema de limpadores de para-brisa automotivo. Esse tipo de bomba é constituída por duas câmaras separadas. A câmara superior aloja o motor com uma vedação para líquidos. Na base da câmara superior o eixo do motor atravessa a vedação e transmite rotação do motor para a câmara inferior, que comporta o rotor, responsável por mover o líquido na bomba (SILVA, 2014). Para satisfazer o sistema de propulsão do protótipo essa bomba utilizada. Os propulsores, estão instalados na traseira do protótipo e submersos na água, um propulsor é responsável pelos movimentos para esquerda e o outro propulsor é responsável pelos movimentos para direita.

O motor do aerador, responsável pela agitação da superfície da água, opera em regime permanente, operando ligado ou desligado. Seu funcionamento está relacionado com uma condição definida pelo relê de interface. O relê de interface é um circuito eletrônico que recebe sinais digitais do microcontrolador, os amplifica e aciona cargas de alta potência. Um rele, de acordo com CUNHA (2009)

> *"[...] dispositivo elétrico destinado a produzir modificações súbitas e predeterminadas em um ou mais circuitos elétricos de saída, quando alcançadas determinadas condições no circuito de entrada, que controla o dispositivo. [...]".*

RESULTADOS

O protótipo desenvolvido neste trabalho foi submetido a testes após um tempo estimado de 14 semanas de construção, e encontra-se com a estrutura física, algoritmo de controle e sistema eletrônico concluídos. A figura 4 apresenta o protótipo situado na localidade em que foi submetido a testes.



Figura 5: Estrutura física do Protótipo final.(Fonte: Desenvolvimento Próprio)

A aplicação do protótipo no ambiente real (reservatório de água), possibilitou avaliar o seu desempenho, indicando ou não a necessidade de substituir componentes ou agregar funcionalidades ao protótipo final. A figura 5 apresenta o local onde foram efetuados os testes do protótipo.



Figura 6: Local do ambiente real. (Fonte: Desenvolvimento Próprio)

Os testes realizados em ambiente real foram parcialmente satisfatórios, uma vez que, o protótipo conseguiu aquisitar e enviar as informações de

posicionamento provenientes do sensor ultrassônico, controlar a potência dos atuadores conforme os comandos provenientes do algoritmo de controle, boa eficiência na geração elétrica da placa fotovoltaica, pleno funcionamento da bomba de diafragma e o cumprimento da designação do protótipo: compreender o deslocamento autônomo do mesmo em ambientes aquáticos desconhecidos.

O acionamento dos motores se apresentou satisfatório, porém o motor de propulsão esquerdo obteve mal funcionamento e precisou ser substituído.

A aquisição de leituras de distância entre a margem do reservatório e a posição física do protótipo também foram satisfatórias, visto que as leituras obtidas pelo sensor são bastante precisas e não sofreram refração ou ruído.

O acionamento da bomba de diafragma se mostrou satisfatório, proporcionando a movimentação na superfície da água.

A geração de energia realizada pela placa fotovoltaica obteve bons resultados durante os testes efetuados no período da manhã com condições climáticas de poucas nuvens e sol ensolarado. Com uma tensão média na saída de 6,37V. O gráfico 1 apresenta dados referentes à geração de energia da placa no dia 06/11/2016, na cidade de Holambra no período entre 10:04 e 11:04. A etapa de validação da autonomia que a bateria proporciona ao protótipo não foi concretizada, visto que esgotar uma bateria do tipo LiPo torna-se uma operação de risco.

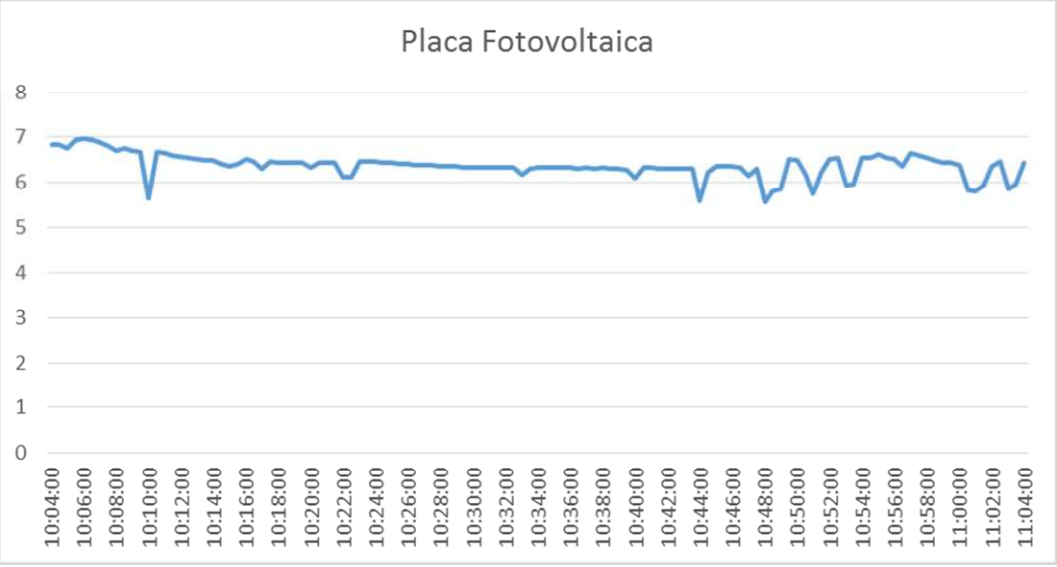


Gráfico 1: Geração de Energia da Placa Fotovoltaica.

(Fonte: Desenvolvimento Próprio)

Os testes efetuados no período da tarde com condições climáticas de céu nublado apresentaram baixo índice de geração de energia pela placa. Em média a tensão de saída foi de 3 Volts, uma tensão insatisfatória para atender à demanda energética do protótipo.

Os testes efetuados no protótipo com o intuito de avaliar o seu deslocamento autônomo, demandou intenso uso da bateria, e para avaliar a demanda solicitada pelo protótipo foi mensurado a tensão inicial e final durante os testes efetuados com o protótipo em seu ambiente final. A tabela 2 apresenta as tensões mensuradas na bateria.

Data	06/11/2016		07/11/2016		19/11/2016	
Horário	14:40	17:00	10:04	11:04	14:30	14:50
Tensão	12,34	11,73	12,6	11,91	12,34	12,2

Tabela 2: Tensão de Inicial/Final – Bateria

(Fonte: Desenvolvimento Próprio)

Os testes descritos anteriormente apresentam registros dos valores de tensão referentes a descarga da bateria. É notável que o valor de tensão diminui significativamente em um intervalo de tempo pequeno.

Os testes iniciais, situados no ambiente real evidenciaram a instabilidade no deslocamento autônomo do protótipo. Devido a isso, foram necessários ajustes na parametrização da programação vigente no controle do protótipo. Após a inserção de novos parâmetros na programação o projeto apresentou resultados satisfatórios. A tabela 3 apresenta todas as variantes que compreendem o protótipo no momento dos testes. Nas colunas é apresentado a data do teste, horário em que o protótipo foi submetido aos testes, percentual do percurso percorrido na margem do reservatório, a distância entre o protótipo e a margem do reservatório que o sistema precisa manter (*set-point),* a porcentagem mínima de ação nos atuadores quando não é necessário ação dos mesmos (polarização), o ganho da ação proporcional implementada no algoritmo de controle, a tensão da bateria no início do teste, condições climáticas e um breve resumo do comportamento do protótipo.

Teste (n°)	Data	Início	Término	Percurso (%)	Colisões	Polarização	Set Point	Ganho	Tensão da Bateria	Localização Sensores	Vento?	Observações
1	05/11/2016	15:46	15:47	5%	1	20%	18	1	12,34	Lateral / traseiro	Intensa Presença de Vento	Instabilidade, sem capacidade de delocamento.
2	05/11/2016	16:03	16:05	50%	9	20%	18	1	12,35	Lateral / Frontal	Intensa Presença de Vento	Melhoria na estabilidade, conseguiu percorrer boa parte do reservatório
3	05/11/2016	16:23	16:26	75%	4	20%	20	0,5	11,73	Lateral / Frontal	Intensa Presença de Vento	Melhoria na estabilidade, conseguiu percorrer grande parte do reservatório
4	06/11/2016	10:16	10:17	5%	1	20%	20	0,5	12,34	Lateral / Frontal	Sem Presença de Vento	Instabilidade, sem capacidade de delocamento.
5	06/11/2016	10:23	10:30	100%	15	20%	18	1	12,1	Lateral / Frontal	Sem Presença de Vento	Boa estabilidade, conseguiu percorrer todo o reservatório
6	06/11/2016	10:33	10:40	100%	16	35%	20	1	11,86	Lateral / Frontal	Sem Presença de Vento	Instabilidade, capacidade de delocamento insatisfatória.
7	06/11/2016	10:58	10:59	5%	1	25%	18	1	11,62	Lateral / Frontal	Sem Presença de Vento	Propulsor direito apresentou falhas, não foi possivel concluir o teste
8	19/11/2016	14:30	14:34	50%	8	20%	15	0,5	12,34	Lateral / Frontal	Intensa Presença de Vento	Boa estabilidade, conseguiu percorrer 50% do reservatório. Entretanto o vento atrapalhou.

Tabela 3: Resultados Gerais - Testes

(Fonte: Desenvolvimento Próprio)

A figura 6 apresenta o protótipo sendo validado em seu ambiente real.



Figura 7: Validação do Protótipo.

(Fonte: Desenvolvimento Próprio)

CONCLUSÃO

O sistema eletrônico desenvolvido no escopo deste trabalho, possui exclusivamente o objetivo de satisfazer as funcionalidades de um protótipo, designado a erradicar larvas do mosquito da dengue em reservatórios de água com médio volume. A erradicação do mosquito em determinadas situações apresenta-se ineficiente, visto que os casos da doença aumentam constantemente. Estudar a viabilização de sistemas autônomos designados a essa finalidade apresenta-se com alto nível de importância.

O desenvolvimento deste trabalho culminou em um sistema eletrônico capaz de promover aquisição e envio das informações de posicionamento provenientes de sensores ultrassônicos, controle de potência dos propulsores, eficiência em geração elétrica da placa fotovoltaica, pleno funcionamento da bomba de diafragma e o deslocamento autônomo do mesmo em ambientes aquáticos desconhecidos.

Nos testes em ambientes reais foi observado que o controle de posição e locomoção em ambientes aquáticos possui alto nível de dificuldade, principalmente pelas condições climáticas (vento). O emprego de um sensor inercial possui grande relevância para aprimorar o controle de movimentação do protótipo na superfície da água.

O número de propulsores mostrou-se insuficiente e inapropriado para a designação. A eficiência dos propulsores também foi inferior as expectativas. Para solucionar os problemas anteriormente apontados, o uso de mais

propulsores ou a substituição por propulsores designados a nautimodelismo poderá solucionar essa deficiência no protótipo.

A placa de controle de potência dos motores apresentou superaquecimento, porém evidenciou a sua robustez. Utilizar um circuito de mesma designação, mas com configurações eletrônicas diferentes poderá solucionar esse problema.

O modelo de *Arduino* utilizado no protótipo funcionou com alto nível de confiabilidade e conseguiu atender as expectativas quanto ao seu funcionamento. A placa solar mostrou-se eficiente, porém a demanda energética do protótipo solicita o uso de mais placas solares.

A bateria empregada no protótipo possui alta confiabilidade, em estudos futuros será necessário estudar o implemento de um circuito que consiga carregar uma bateria desse tipo.

Os sensores ultrassônicos apresentaram-se eficientes e robustos dentro das aplicações a que foram submetidos.

Futuros estudos podem colaborar com a avaliação da influência e eficiência do protótipo na erradicação de larvas do mosquito da dengue.

Sendo assim, conclui-se que os itens e métodos utilizados neste trabalho são satisfatórios e visam contribuir com futuros trabalhos que visem o desenvolvimento de sistemas autônomos para erradicação de larvas do mosquito da dengue.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J. T.; CAPOVILLA, G. H. Protótipo de estacionamento autônomo com integração multiplataforma. **Revista Ciência e Tecnologia,** v. 18, n. 32, 2015.

ARAÚJO, Í. B. Q. de. **Sistema detector de vazamentos em instalações prediais de água fria.** 2015. 46f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2015.

BATES, M. **The natural history of mosquitoes.** New York, Macmillan, 1949.

BESERRA, E. B. et al. Efeito da qualidade da água no ciclo de vida e na atração para oviposição de Aedes aegypti (L.) (Diptera: Culicidae). **Neotropical Entomology,** Londrina, v. 39, n. 6, nov./dez. 2010.

BHATT, S. et al. **The global distribuition and burden of dengue.** Macmillan Publishers Limited. Londres, v. 496, p. 504-507, abr. 2013.

BUCHMANN, I. **Batteries in a Portable World - A Handbook on Rechargeable Batteries for Non-Engineers.** 3. ed. 2011.

BUENO, G. F.; DE ALMEIDA, C. B.; DEL BIANCHI, V. L. Comparação da eficiência de reatores aeróbios com paralisações escalonadas de aeração em diferentes concentrações de matéria orgânica no tratamento de águas residuárias do processamento de farinha de mandioca. **Revista Raízes e Amidos Tropicais,** v. 6, n. 1, p. 248-255, 2010.

CHEIS, D. Sistemas de Aeração e seus Benefícios no Tratamento de Efluentes. **Revista TAE,** v. 5, n. 26, p. 10-14, ago./set. 2015.

CHRISTOPHERS, S. Richard. **Aëdes Aegypti.** University Press, 1960.

CONSOLI, R. A. G. B.; OLIVEIRA, R. L. **Principais Mosquitos de Importância Sanitária no Brasil.** Rio de Janeiro: Fiocruz, 1994.

CUNHA, Lívia. **Relés e contatores**. 2009. Disponível em: <http://www.osetoreletrico.com.br/web/a-revista/edicoes/169-reles-e-contatores.html>. Acesso em 04 set. 2016.

DALBEM, A. G. et al. Dengue clássica e febre hemorrágica da dengue: etiologia, fisiologia, epidemiologia e fatores de risco. **Revista Ciência e Estudos Acadêmicos de Medicina,** Cáceres, v. 1, n. 1, p. 18-38, jan./jul. 2014.

DOS SANTOS, W. T. P. et al. Uso da pressão gerada por uma coluna de água para controle da vazão em sistemas de análises em fluxo. **Química Nova,** v. 30, n. 7, p. 1754-1758, 2007.

FERREIRA, G. L. C. Global dengue epidemiology trends. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo,** São Paulo, v. 54, Suppl. 18, p. S5-S6, out. 2012.

FERREIRA, L. M. **Mapeamento dos casos de dengue na cidade de Lavras-MG, no período de 2007 – 2010**. 2012. 82 p. Dissertação (Mestrado em Modelagem de Sistemas Biológicos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

FORNI, Caio Cesar; ASSIS, W. O.; COELHO, Alessandra Dutra. Projeto de um Veículo Subaquático Autônomo. **Seminário Mauá de Iniciação Científica, São Caetano do Sul,** 2011.

HOFKES, E. H. (Ed.). **Small community water supplies.** International Reference Centre for Community Water Supply and Sanitation and Wiley, 1983.

GIUSEPPE DEDINI, F.; YASSUDA YAMASHITA, R. **Desenvolvimento da teoria de controle usando Arduino aplicada a motores elétricos.** Campinas, 2015.

MCROBERTS, M. **Arduino Básico** [tradução Rafael Zanolli]. - São Paulo: Novatec Editora, 2011.

MIRANDA, P. N. **Contagem Automática De Ovos De Aedes Aegypti Em Imagens De Ovitrampas.** 2010. 82p. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Computação) - Universidade de Pernambuco, Recife, 2009.

OLIVEIRA, A. B. F. **Análise da Dispersão Turbulenta em Aeração de Corpos Hídricos Usando a Técnica PIV (Velocimetria por Imagem de Partículas).** 2008.

Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2008.

OLIVEIRA, L. G. M. **Estratégias de controle de carga e descarga em sistemas fotovoltaicos domiciliares.** Informação disponível na internet: http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2005/Teses/Dissertacao_Luis_Oliveira.pdf. Data de acesso: 15/05/2006.

OLIVEIRA, R. M. T. **SWS – Estação Meteorológica Auto-Sustentável.** 2012. Dissertação (Mestrado em Eletrónica Industrial) – Universidade do Minho. Escola de Engenharia. 2012.

PINHEIRO, C. D. B., LIMA, C. P. Inteligência Computacional no Ajuste Automático de Sensores de Baixo Custo em Sistemas Robóticos Autônomos. **Revista Em Foco,** Santarém, v. 11, n. 21, p. 5-9. 2014.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos.** Rio de Janeiro: CEPEL–CRESESB, 2014.

RIBEIRO, R. C. **Estratégia De Desvio De Obstáculos E Planejamento De Trajetória Para Uma Cadeira De Rodas Autônoma**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

RIBEIRO, V. T. et al. **Projeto de um carregador de celular utilizando celulas fotovoltaicas.** 2006.

SILVA, A. G. et al. **Descrição do Robô para Transporte de Cargas em Ambiente Marítimo da Equipe Autobotz UFMG.** 2014. Universidade Federal de Minas Gerais.

SILVA, B. F.; DOS SANTOS FERREIRA, J.; BENARROSH, P. F. P. M. Energia Solar: Benefícios Das Placas Solares Em Telhas De Barro Sustentáveis. **Revista FAROCIÊNCIA**, v. 2, n. 2, p. 128-131, 2015.

SILVA, E. **Reprodução do Aedes Aegypti em Fossas de Esgotamento Sanitário no Bairro dos Pioneiros, Zona Urbana de Pimenta Bueno – Rondônia, Amazônia Ocidental.** 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) – Universidade de Brasília. Faculdade de Ciências da Saúde, Brasília, 2007.

SILVA, J. A. M. da. **Projeto, desenvolvimento e implementação de um robô nadador de inspiração biológica.** 2013. Tese de Doutorado. Instituto Politécnico do Porto. Instituto Superior de Engenharia do Porto.

SILVA, M. G. N. M. **Sistema de aquisição e processamento de imagens de ovitrampas.** 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

SILVA, R. L. **Viabilidade do uso da energia solar no Brasil.** 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós –Graduação *Lato Sensu* Análise Ambiental e Desenvolvimento Sustentável) – Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2012.

SILVEIRA, A. L., et al. Desenvolvimento Tecnológico em Geração Distribuída: Gerenciamento e Monitoração de Uma Microgeração Solar. **E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial,** Florianópolis, v.8, n. 1, p. 47-68. 2015.

SERPA, L. L. N.; MONTEIRO, S. D. C. B.; VOLTOLINI, J.C. Efeito da água de criação larval na oviposição de Aedes aegypti em laboratório. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical,** Uberaba, v. 41, n. 5, p. 515–517, set./out. 2008.

TÁRTARI, A. H. **Navegação Autônoma de Robôs Móveis Usando Localização e Mapeamento Simultâneos.** 41f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciência da Computação) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavél, 2012.

TIZZOT, M. R. P. A. Zika Vírus**. Caderno da Escola de Saúde**, v. 1, n. 15, p. 1-2. 2016.VITOI, L. A. et al. **Desenvolvimento De Uma Plataforma Open Hardware Para Estudo De Um Carregador Solar.** 2014.

WHO. **Dengue and severe dengue.** Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs117/en/>. Acesso em: 12 mar. 2016.

WHO et al. **Malaria entomology and vector control.** 2013.