

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CONTROLE DE DIREÇÃO REMOTO UTILIZANDO WEARABLE TECHNOLOGY

Vinnicius Bernacchi de Souza ¹; Alessandra Dutra Coelho ²

¹ Aluno de Iniciação Científica da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT);

² Professora da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT).

Resumo. *O grande crescimento no desenvolvimento de tecnologias vestíveis motivou a proposta de se criar um projeto interativo na área para ser apresentado no evento Mauá Hands-On. Foram desenvolvidas duas versões de uma luva inteligente capaz de controlar a distância um pequeno robô móvel através de um labirinto utilizando Arduino Lilypad, comunicação ZigBee, sensores flexíveis e anéis de LEDs Adafruit Neopixel. A apresentação foi um sucesso, com grande envolvimento dos estudantes que participaram do evento. Concluiu-se que os sensores flexíveis apresentam maior precisão quanto melhor fixados à luva e quanto melhor ajustada está a luva à mão do usuário.*

Introdução

As tecnologias vestíveis estão em grande expansão atualmente sendo utilizadas para diversos fins, de entretenimento, como no caso da realidade aumentada e da realidade virtual, à saúde com tecnologia sendo utilizada, por exemplo, para reabilitação de pacientes que perderam a força nas mãos.

Apesar de o termo *wearable technology* ser relativamente novo, ideias de tecnologias vestíveis surgiram a muito tempo atrás. Um dos primeiros exemplos considerados como tecnologia vestível é do século XVII, na China (WAREABLE, 2015). O anel ábaco, uma versão miniatura dos ábacos comuns, foi criado para ser usado nos dedos, fazendo com que operações matemáticas pudessem ser feitas sem uso de palavras e números escritos.

As tecnologias vestíveis eletrônicas começaram a receber maior investimento nos últimos 15 anos, principalmente em integração com dispositivos portáteis inteligentes. Em 2006, a Nike lançou em conjunto com a Apple um sistema de monitoramento físico para treinamento, que indicava a distância percorrida, o ritmo, e a quantidade de calorias consumidas pelo usuário (APPLE, 2006). Tecnologias do tipo tem sido bastante aderidas pelo público (TECH CRUNCH, 2017), com diversos modelos de *fitness trackers* sendo lançados. Ainda mais recente, em 2013, a Google estreou sua primeira tentativa de um óculos inteligente com o Google Glass, que, apesar de não ter sido grande sucesso (THE GUARDIAN, 2015), foi um passo inicial para tecnologias semelhantes no futuro.

O monitoramento de sensores embutidos em roupas ou acessórios deve tornar o mundo cada vez mais conectado, e isto pode ser utilizado de muitas formas diferentes. Por exemplo, uma roupa que monitore dados do corpo pode assistir médicos a observar pacientes de forma não intrusiva (BONATO, 2003). No ramo do entretenimento, tecnologias de realidade virtual já estão sendo vendidas, atingindo recentemente um milhão de óculos vendidos (FORBES, 2017).

Diante dessa ascensão das tecnologias vestíveis, propôs-se desenvolver um projeto para ser apresentado no Mauá Hands-on, de forma a atrair estudantes do ensino médio para a área da engenharia eletrônica. Esse projeto deveria ser algo que chamasse atenção dos alunos de forma interativa, para que pudessem ter contato com a área da eletrônica e despertassem interesse pela área.

Por isso, foi desenvolvido um projeto de controle de um robô móvel através de uma luva inteligente que envia comandos dependentes da ação do usuário, controlando os movimentos de um robô.

Material e Métodos

A ideia principal foi que os alunos deveriam tentar retirar o robô o mais rápido possível de um labirinto, como na figura 1, gerando uma pequena competição. Essa atividade foi realizada anteriormente, porém usando uma aplicação em LabView que controlava o robô via internet. Transformamos o sistema de forma a fazermos o controle com uma luva.

Para a realização do projeto proposto, era necessário encontrar uma forma de realizar ações de modo mais simples possível para o usuário, de forma que qualquer pessoa poderia utilizar o produto com facilidade.

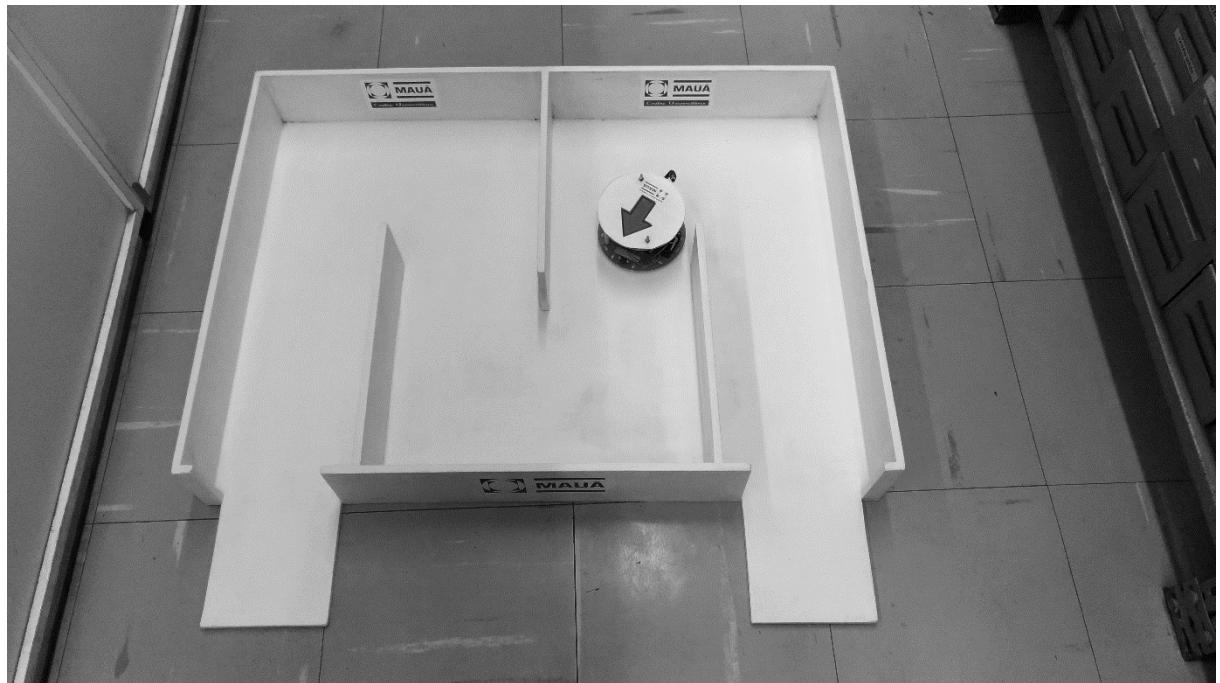


Figura 1 – Robô e Labirinto

Deste modo, precisávamos de três componentes principais: sensores que pudessem ser manuseados pelo usuário de forma fácil, um sistema de comunicação entre a luva e o veículo a ser controlado, e uma unidade central de controle que realizasse a leitura dos sensores e comandasse o sinal a ser transmitido. Após um estudo das tecnologias disponíveis foram escolhidos os seguintes componentes:

- **Arduino Lilypad Main Board e Arduino Lilypad USB** - O primeiro componente definido foi a unidade de controle. Optou-se por utilizar um microcontrolador Arduino Lilypad, versão do Arduino que utiliza um microcontrolador ATmega328P e que é preparado para aplicações de tecnologia vestível, possuindo grandes buracos para que seja possível ser costurado em tecidos. A placa também possui uma quantidade suficiente de entradas e saídas digitais e analógicas para o projeto, tornando-a a opção ideal.

A diferença entre os dois modelos é que a versão USB possui uma porta para conexão direta ao computador para o carregamento do programa, porém possui menos portas de entrada e saída digitais.

A versão Main Board possui uma maior quantidade de portas digitais e analógicas, porém precisa de um módulo FTDI para ser programada.

Duas versões diferentes foram utilizadas devido à disponibilidade das placas.

- **Sensores flexíveis** - Para o controle do usuário, a ideia inicial era de utilizar botões na base da mão, os quais os usuários apertariam com cada um dos dedos, porém optou-se pelo uso

de sensores flexíveis, que tornariam a interação mais interessante. Estes sensores atuam como uma resistência variável que aumenta conforme o sensor é dobrado.

- **ZigBee e Lilypad XBee** - A comunicação a distância foi feita usando ZigBee. Esta foi a opção escolhida devido à facilidade no uso e devido à existência da placa Lilypad XBee, feita para ser integrada ao Arduino Lilypad, possuindo os mesmos orifícios para costura.

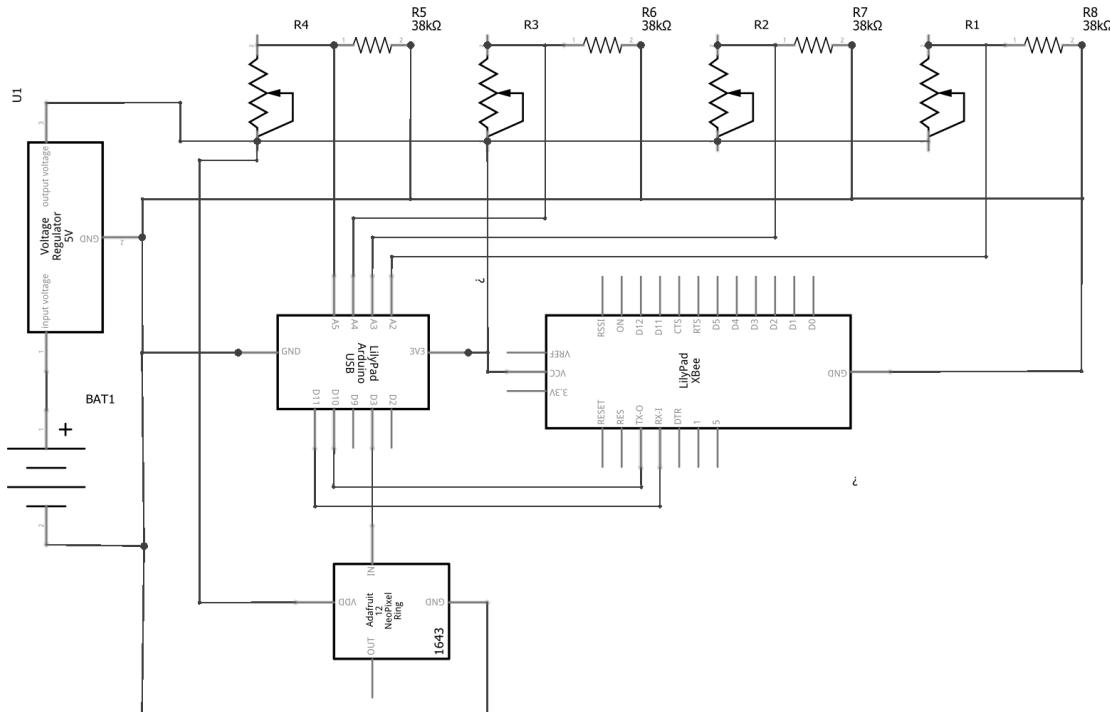
- **Anel de LEDs** - Inserimos no circuito um anel de 12 LEDs Adafruit Neopixel, cuja função é de dar feedback ao usuário sobre qual comando ele está enviando ao veículo. Um pino de dados é ligado à uma saída digital do Arduino que, usando de uma biblioteca específica, muda a cor dos LEDs indicando a direção que o robô está se movendo.

- **Alimentação** - Para alimentação do circuito, inicialmente pensamos em utilizar uma bateria de 3V CR2032. Porém, após testes concluiu-se que a bateria perdia sua carga muito rapidamente. A solução foi utilizarmos uma bateria de 9V, porém regulada em 5V usando um regulador de tensão, já que esta é a máxima tensão aceita pelos componentes.

- **Softwares** – Para elaboração do projeto foram utilizados os softwares *Arduino IDE*, para elaboração do programa, *XCTU*, para configuração dos módulos ZigBee, *Fritzing*, para criação da ilustração neste relatório, e *LabView*, para realização de testes com a configuração original do robô.

O circuito

A figura 2 ilustra o circuito eletrônico da luva. Na parte superior da figura estão representados os sensores flexíveis. No centro da figura, está o Arduino Lilypad e logo abaixo o anel de LEDs. Abaixo do Arduino está o Lilypad XBee, *shield* mencionado que integra o XBee com o Arduino Lilypad. E, por fim, a bateria e o regulador de tensão utilizados para alimentação do circuito são representados na parte inferior da imagem.



fritzing

Figura 2 – Esquema de montagem do circuito final.

Para gerar um sinal que pudesse ser lido pelo microcontrolador, foi ligado em série um resistor de $39\text{ K}\Omega$ em cada um dos sensores, criando assim um divisor de tensão, no qual o valor enviado é a tensão no nó entre o resistor e o sensor, ilustrado na figura 3.

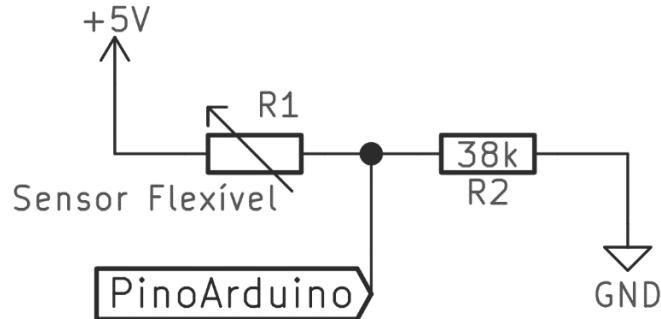


Figura 3 – Divisor de tensão.

No arranjo acima, utilizado no projeto final, uma flexão no sensor aumenta a tensão que cai sobre ele e reduz a que cai sobre o resistor fixo, gerando assim uma redução no valor enviado para o Arduino, segundo a equação:

$$V_{pino} = 5 \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Como a resistência de R_2 é fixa, ao dobrar o sensor, o que aumenta sua resistência, a tensão obtida no ponto onde o pino do Arduino é ligado é reduzida.

Realizamos testes utilizando os sensores e o Arduino para identificar qual seria o limiar adequado para ativação do comando respectivo. A leitura do valor digital variava aproximadamente entre 450 e 575, com o dedo dobrado e esticado, respectivamente. Devido à variação na fabricação dos sensores, cada um possui resistências mínimas e máximas ligeiramente diferentes, o que faz com que haja certa variação entre os valores máximos e mínimos lidos pelo Arduino. Assim, definiu-se uma variável de limiar individual para cada um dos sensores. Na prática, um limiar de 500 foi adequado para a maioria dos sensores.

Os pontos dos divisores de tensão são ligados à pinos de entrada analógica do Arduino, que realiza a leitura do valor de tensão na forma de uma escala digital, através de um conversor Analógico-Digital embutido na placa.

Os pinos 10 e 11, no Arduino Lilypad USB (figura 4), e os pinos RX e TX, no Arduino Lilypad Main Board, são conectados aos pinos TX e RX do Lilypad XBee, realizando o envio da informação para o XBee que repassa para o robô.

A entrada de dados do anel de LEDs é conectada ao pino digital 3, que envia a informação da cor e iluminação de cada um dos LEDs.

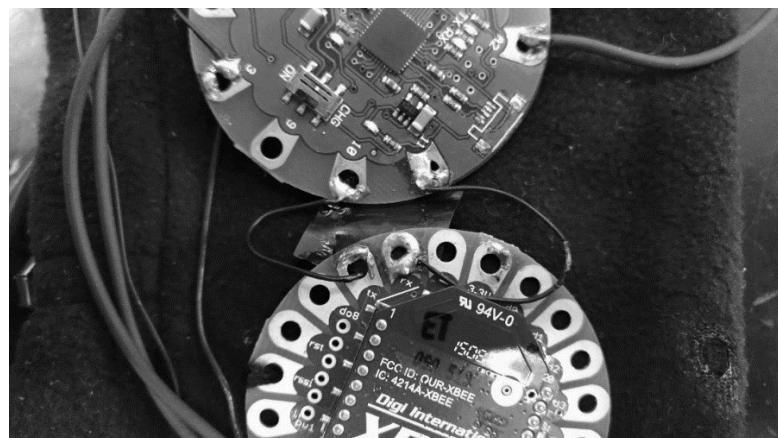


Figura 4 – Conexão de comunicação entre o Arduino e o ZigBee

O programa

A figura 5 apresenta o fluxograma simplificado do programa utilizado para o controle da luva.

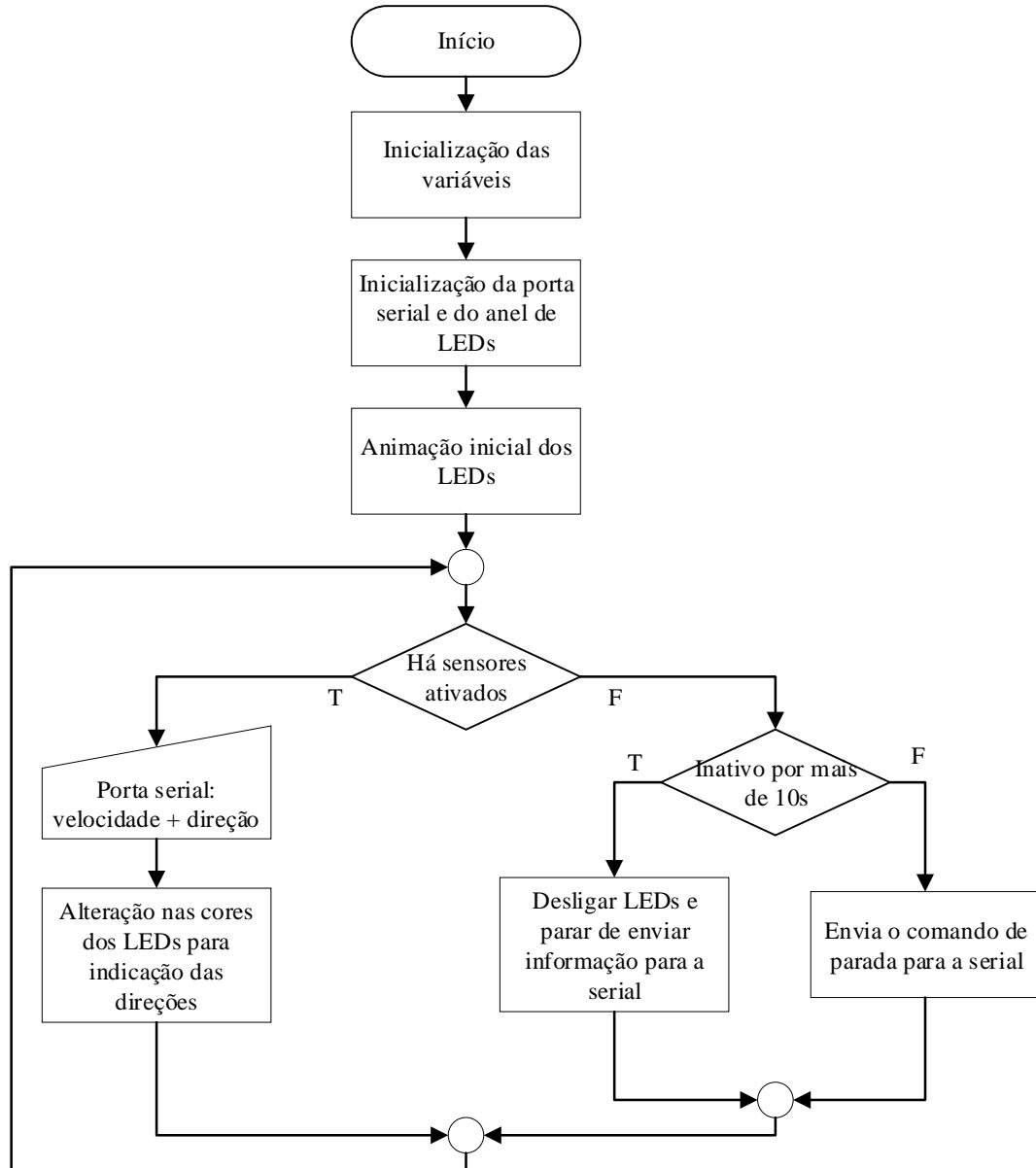


Figura 5 – Fluxograma simplificado do programa.

Na inicialização das variáveis são definidos os valores de limiar para a leitura dos sensores, os pinos do Arduino correspondentes a cada uma das funções, para fácil troca caso necessário, e a inicialização das bibliotecas *SoftwareSerial* e *Adafruit_NeoPixel* utilizadas para comunicação serial e para o controle do anel de LEDs, respectivamente. Em seguida, a porta serial e os LEDs são inicializados utilizando seus respectivos comandos.

Apenas para visualização do início do programa pelo usuário, o programa executa uma pequena animação com o anel, na qual os LEDs acendem progressivamente em um azul claro e depois de um segundo são trocados da mesma forma para vermelho. Essa animação faz uso da função *colorWipe* contida no exemplo da biblioteca *Adafruit_NeoPixel*. É então iniciada uma contagem de tempo utilizando a função *millis* para determinar o tempo de inatividade do usuário.

Após isso é iniciado o *loop* do programa. Os sensores são lidos através de um *analogRead* seguindo uma ordem de prioridade. Caso um dos sensores seja acionado, são enviados à porta serial a velocidade do robô (um valor entre 0 e 255) seguida da direção desejada. É necessário que as duas informações sejam enviadas na mesma linha serial, pois, caso contrário, o robô não se move.

A tabela 1 mostra os sinais enviados para cada comando. Os sinais seriais foram os mesmos utilizados na primeira aplicação usando LabView. Ao receber um caractere, o robô o compara com os comandos disponíveis e o executa.

Tabela 1 – Comunicação serial entre o robô e a luva e ação correspondente do usuário

Comando	Ação do usuário	Sinal Serial
Frente	Dobrar dedo Indicador	w
Trás	Dobrar dedo Médio	s
Esquerda	Dobrar dedo Anelar	a
Direita	Dobrar dedo Mínimo	d
Parar	Nenhum sensor ativado	z

No Arduino Lilypad USB, a comunicação serial deve ser realizada utilizando uma porta serial virtual, definida pela biblioteca *SoftwareSerial*, pois não existem pinos de comunicação RX e TX disponíveis como conectores. Então, os pinos 10 e 11 são configurados como pinos de comunicação serial.

Para dar *feedback* para o usuário, três LEDs são trocados de cor para amarelo indicando a direção do comando.

Caso nenhum sensor seja ativado, é realizada uma checagem se o usuário está a mais de 10 segundos inativo. Se não, a serial envia o sinal de parada para o robô. Se sim, os LEDs são desligados e a serial para de enviar informações. Isso é feito para reduzir o consumo de energia enquanto nenhuma ação do usuário é realizada.

Resultados e Discussão

A figura 6 mostra o projeto de duas versões da luva. Foram construídas duas luvas para que uma ficasse de backup no momento do evento. As duas versões apresentam poucas diferenças, sendo elas apenas a versão do Arduino utilizado e o material da luva.

A apresentação do projeto no Hands-On cumpriu seu objetivo de atrair interesse dos estudantes que participaram do evento. A maior parte dos estudantes quiseram testar o funcionamento do controle com a luva e alguns fizeram perguntas sobre como foi o projeto, o que mostra que a atividade foi atrativa.

Houve dificuldade no uso para alguns usuários, devido à dificuldade de mover um dedo sem mover o adjacente. Isso resultava em momentos em que o robô não se movia na direção desejada pelo usuário. Podemos reduzir este problema alterando a função de cada dedo, transferindo, por exemplo, os comandos de curva para os dedos indicador e do meio, deixando o anelar e o mindinho para comandar o robô para frente e para trás, tarefas que exigem menos precisão caso haja algum erro.

Foi observado uma melhor precisão quando a luva ficava melhor ajustada à mão do usuário, pois a responsividade dos sensores se tornava melhor. Quanto mais justa a luva, maior a facilidade de controle do usuário. Quando a luva não estava tão bem colocada, ocorriam casos em que o comando não era enviado pois, apesar de o dedo ter sido dobrado, o sensor não alcançava o limiar de comando devido ao tecido.

A comunicação entre as luvas e o robô funcionou perfeitamente, sem atrasos e sem falhas quando o sensor era ativado. Em um Hands-On futuro, a competição entre os estudantes

presentes poderia ser feita de forma mais direta, controlando dois veículos simultaneamente, utilizando canais diferentes na configuração dos módulos ZigBee.



Figura 6 – Primeira e segunda versões da luva.

Conclusões

A construção de uma aplicação de tecnologia vestível para o Hands-On atingiu o objetivo de atrair a atenção do público presente, despertando interesse pela área da engenharia eletrônica.



Figura 7 – Terceira versão da luva

O projeto ainda não foi totalmente finalizado, já que existem melhorias a serem feitas principalmente quanto à interação do usuário, porém seu estado atual já é funcional.

Após as apresentações do Hand-On, foi construída uma terceira luva que melhor se ajusta à mão do usuário (figura 7). Foi constatado que os sensores atingem uma precisão maior com essa construção, já que além de melhor ajustada, os sensores foram fixados mais firmemente que nas outras duas luvas.

Esse projeto foi uma boa contribuição pois abre caminho para que outras aplicações de tecnologia vestível sejam feitas utilizando materiais e conceitos semelhantes. Os sensores flexíveis e sua leitura podem ser utilizados em outros projetos, tanto para ativações como a desse projeto, na qual atingir um limiar realiza uma ação, quanto na forma totalmente analógica, na qual um motor de passo, por exemplo, poderia ser ativado baseado na posição atual do dedo.

Referências Bibliográficas

- Sedra, A.S.; Smith, K.C. (2004) *Microelectronic circuits*. 5^a ed. New York, Oxford University.
- WT | WEARABLE TECHNOLOGIES. “Wearables for Rehab” (2017). <<https://www.wearable-technologies.com/2017/09/wearables-for-rehabilitation-2/>>. Acessado em 20/10/2017.
- VISUAL CAPITALIST; “The History of Wearable Technology” (2015). <<http://www.visualcapitalist.com/the-history-of-wearable-technology/>>. Acessado em 20/10/2017.
- WAREABLE; “A brief history of wearable tech” (2015); <<https://www.wearable.com/wearable-tech/a-brief-history-of-wearables>>; Acessado em 20/10/2017.
- BONATO, Paolo (2003) “Wearable Sensors/Systems and Their Impact on Biomedical Engineering”. IEEE engineering in medicine and biology magazine. <<https://pdfs.semanticscholar.org/f940/68ebf628e3a3bba5c142f21d319de67125fd.pdf>>. Acessado em 20/10/2017.
- TECH CRUNCH; “Global wearables market to grow 17% in 2017, 310M devices sold, \$30.5BN revenue: Gartner” (2017). <<https://techcrunch.com/2017/08/24/global-wearables-market-to-grow-17-in-2017-310m-devices-sold-30-5bn-revenue-gartner/>>. Acessado em 20/10/2017.
- APPLE; “Nike e Apple juntas para lançar o Nike+iPod” (2006). <<https://www.apple.com/br/newsroom/2006/05/23Nike-and-Apple-Team-Up-to-Launch-Nike-iPod/>>. Acessado em 21/10/2017.
- THE GUARDIAN; “Google Glass ceases production ‘in present form’” (2015). <<https://www.theguardian.com/technology/2015/jan/15/google-glass-ceases-production-for-now>>. Acessado em 12/12/2017.
- FORBES; “Virtual Reality Headset Sales Hit 1 Million” (2017). <<https://www.forbes.com/sites/paullamkin/2017/11/30/virtual-reality-headset-sales-hit-1-million/#20e85f102b61>>. Acessado em 12/12/2017