

HAND.IO: UMA LUVA PARA CONTROLE DE DISPOSITIVOS ELETRO-ELETRÔNICOS UTILIZANDO RECONHECIMENTO DE GESTOS

João Paulo Verçosa Pinto

Orientador: Prof. Dr. Herbert Oliveira Rocha

10 de Julho de 2019

Universidade Federal de Roraima
Departamento de Ciência da Computação



1. **Introdução**
2. Conceitos e Definições
3. Trabalhos Correlatos
4. Método Proposto
5. Avaliação Experimental
6. Conclusões e Trabalhos futuros

- Características robóticas, por exemplo, a capacidade de interação com o ambiente, pode ser uma solução viável para que humanos possam interagir com dispositivos eletro-eletrônicos.
- Luva inteligente que traduz o alfabeto Braille facilitando a comunicação e a interação de indivíduos surdos-cegos (Choudhary et al., 2015)
- Luva inteligente para facilitar o processo de reabilitação de Artrite Reumatoide (O'Flynn et al., 2013)

O problema considerado neste trabalho é expresso na seguinte questão:

Como projetar e desenvolver um sistema embarcado, para uma luva inteligente de baixo custo, utilizando métodos e técnicas para garantir os requisitos de previsibilidade e confiabilidade do sistema, de tal forma que o sistema proposto auxilie o seu usuário na comunicação com dispositivos eletrônicos?

O objetivo principal deste trabalho é **projetar e avaliar um sistema computacional para uma luva inteligente efetuar a comunicação com dispositivos eletrônicos por meio do reconhecimento de padrões de gestos** manuais, utilizando métodos e técnicas no processo de codificação e prototipação deste dado sistema, **visando garantir os requisitos de previsibilidade; confiabilidade; e baixo custo**. Assim, focando na criação de uma interface única e intuitiva entre um usuário e um ambiente inteligente, visando facilitar o uso de dispositivos através de gestos, que são um meio natural de comunicação.

1. **Identificar métodos para a modelagem do software e hardware;**
2. **Projetar e desenvolver uma central de controle** que será o meio de comunicação entre os dispositivos eletrônicos disponíveis em um ambiente com e a luva para obtenção dos dados de movimentos;
3. **Propor um algoritmo para reconhecimento e classificação dos movimentos**/sinais enviados pela luva na mão do usuário;
4. **Desenvolver um protótipo da luva e da central de controle;** e
5. **Validar o método proposto pela análise da prototipação do sistema proposto**, a fim de examinar a sua eficácia e aplicabilidade.

1. Introdução
2. **Conceitos e Definições**
3. Trabalhos Correlatos
4. Método Proposto
5. Avaliação Experimental
6. Conclusões e Trabalhos futuros

Sistema Embarcado

Um sistema embarcado é um sistema computacional desenvolvido para um propósito específico, que realizam apenas uma atividade repetidas vezes, contam com restrições mais apertadas que um sistema normal, são reativos e muitas vezes funcionam em tempo real.

Criticidade de um sistema

- Sistemas críticos *Hard* são aqueles onde caso não haja resposta no tempo definido podem ocorrer eventos devastadores, muitas vezes com perda de vidas;
- Sistemas críticos *Firm* são aqueles onde o atraso na resposta torna o sistema inútil, no entanto nenhum dano é gerado; e
- Sistemas críticos *Soft* são aqueles onde resultados após o tempo de resposta definido ainda tem alguma utilidade para o sistema, mesmo gerando perda de desempenho.

Existem diferenças fundamentais no design de tais dispositivos, enquanto microcontroladores por si só contam com todos os componentes necessários para o seu funcionamento, microprocessadores necessitam de outros componentes (exemplo, memória) e periféricos para funcionar como um computador completo.



Figura: Broadcom BCM2837, encontrado no Raspberry Pi 3

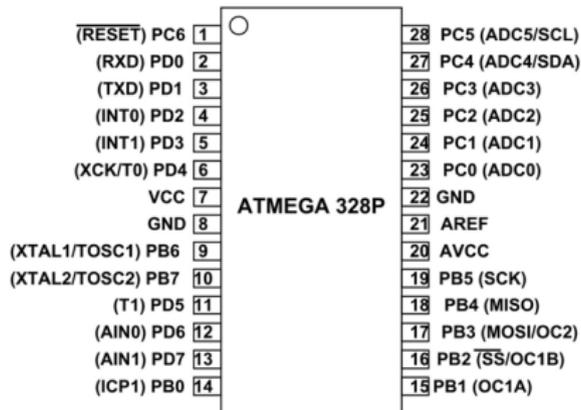
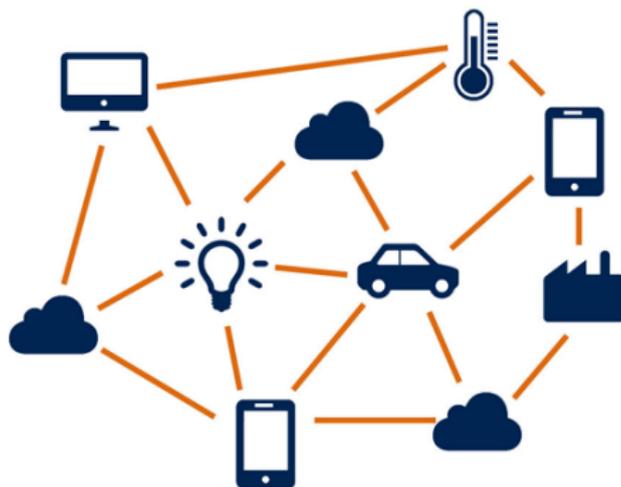


Figura: Pinagem do ATmega328P, encontrado no Arduino uno

Unified Modeling Language (UML)

Um padrão amplamente utilizado por desenvolvedores para modelagem de software e hardware de sistemas em geral, que permite aos desenvolvedores manter um certo controle sobre a complexidade do sistema, permitindo que as partes mais importantes do sistema se sobressaiam em relação às outras, evitando eventuais confusões durante a implementação.

A internet das coisas é um ambiente de computadores pervasivos que interagem um com os outros de maneira cooperativa para atingir metas em comum, este conceito permite a idealização de ambientes inteligentes onde todos os objetos estão em constante comunicação: para auxiliar o usuário a atingir uma qualidade de vida maior



Scikit-learn

O *Scikit-learn* é um módulo de código aberto para linguagem Python que conta com implementações do estado da arte de diversos algoritmos de aprendizado de máquina para análise de grandes volumes de dados.

Quem usa o Scikit-learn:



Tensorflow

O *TensorFlow* é uma plataforma de aprendizado de máquina de código aberto que permite ao desenvolvedor realizar o treinamento de um algoritmo em uma plataforma extremamente escalável podendo ser utilizado tanto em grandes *clusters* de servidores quanto em dispositivos móveis.

Quem usa o TensorFlow:



1. Introdução
2. Conceitos e Definições
3. **Trabalhos Correlatos**
4. Método Proposto
5. Avaliação Experimental
6. Conclusões e Trabalhos futuros

1. Accelerometer-based gesture control for a design environment (Kela et al., 2006)
2. I'm home: Defining and evaluating a gesture set for smart-home control (Kühnel et al., 2011)
3. uWave: Accelerometer-based personalized gesture recognition and its applications (Liu et al., 2009)

1. Introdução
2. Conceitos e Definições
3. Trabalhos Correlatos
4. **Método Proposto**
5. Avaliação Experimental
6. Conclusões e Trabalhos futuros



Figura: Visão geral do protótipo

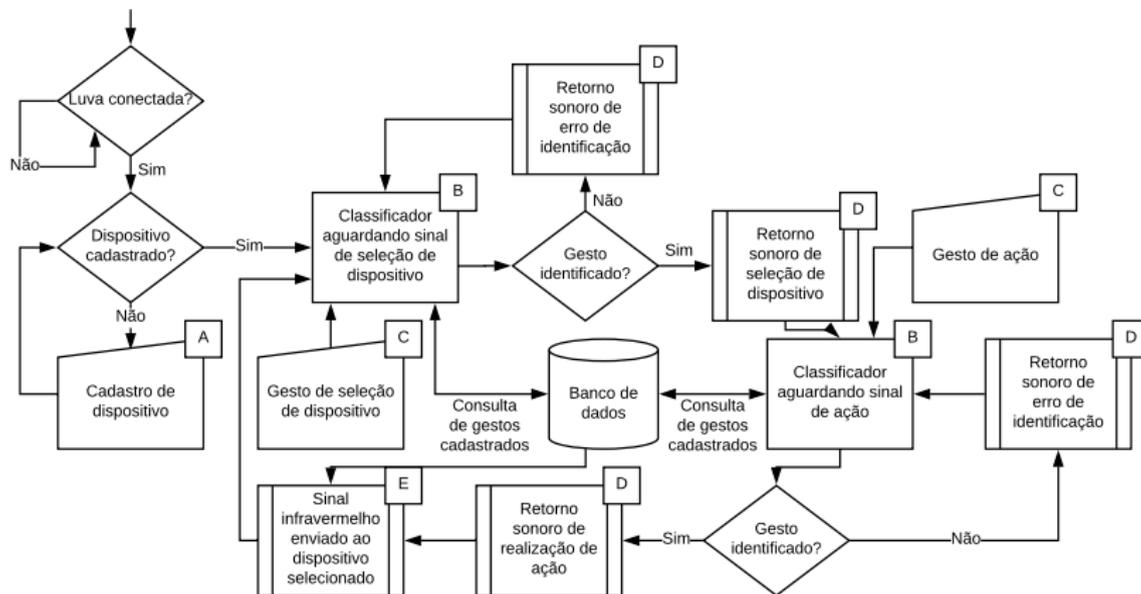


Figura: Fluxograma da Hand.io

- A Hand.io utiliza um sensor acelerômetro e um sensor giroscópio preso à mão do usuário.

- A conexão entre a luva e a central será realizada utilizando o protocolo de redes sem fio IEEE 802.11 (CROW et al., 1997), conhecida popularmente como Wi-Fi, através de uma rede LAN.



Figura: Exemplo de gestos

- LED Infravermelho
- Padrão SIRC utilizado pela Sony (SONY, 2018)
- Padrão RC5 utilizado pela Philips (ATILUM, 2018).

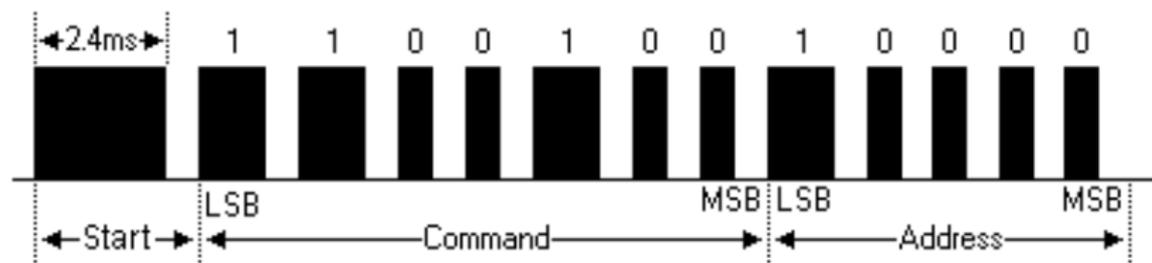


Figura: Protocolo SIRC

Componentes	Preços
Raspberry pi 3	R\$ 239,90
Sensor MPU-6050	R\$ 23,90
Módulo WiFi ESP8266-01	R\$ 26,90
Receptor Infravermelho TSOP4838	R\$ 6,90
LED Emissor Infravermelho	R\$ 0,90
Total	R\$ 298,50

Tabela: Estimativa de preços dos componentes.

Amazon echo: R\$ 799 + R\$ 50 mensais pelo Amazon Prime

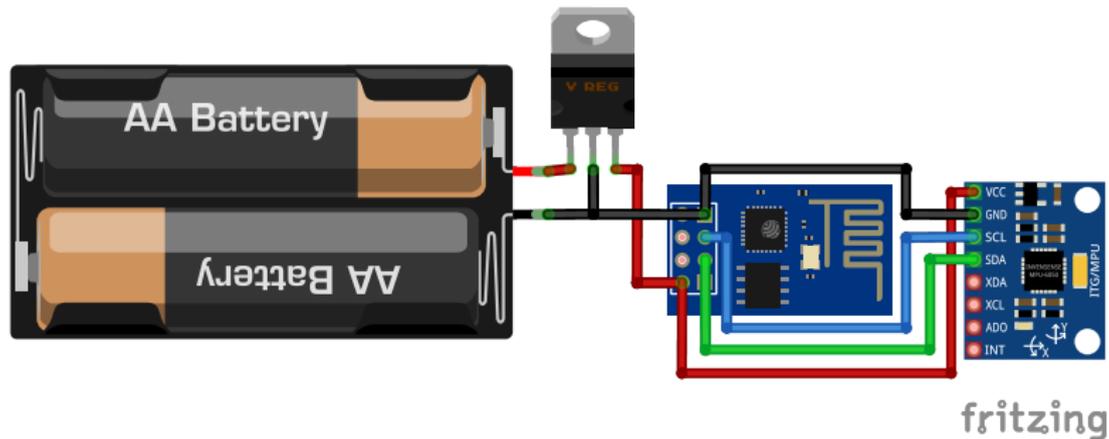


Figura: Componentes da luva de controle

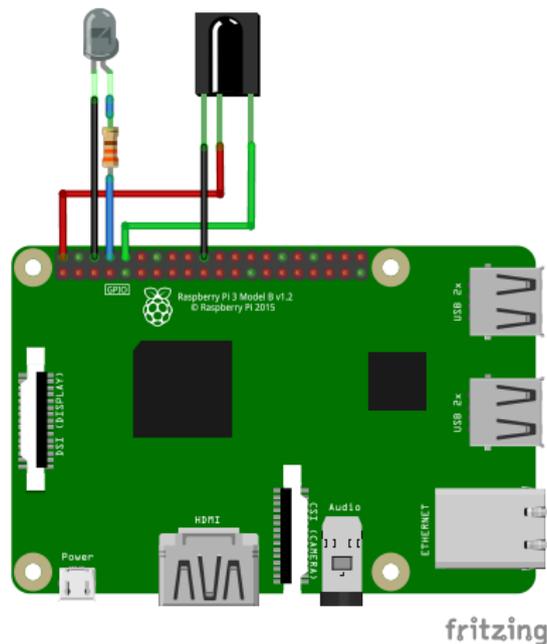


Figura: Componentes da Central de Processamento

1. Introdução
2. Conceitos e Definições
3. Trabalhos Correlatos
4. Método Proposto
5. **Avaliação Experimental**
6. Conclusões e Trabalhos futuros

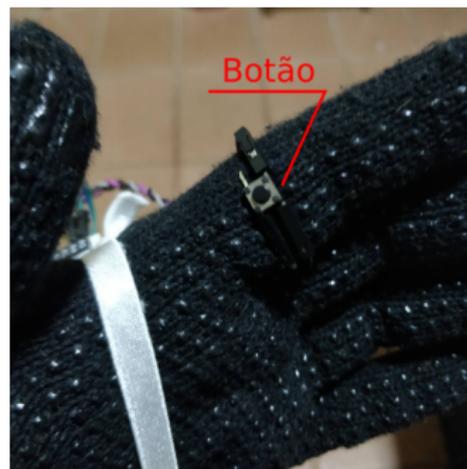
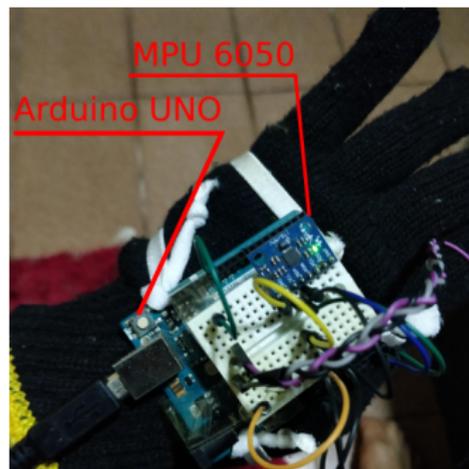


Figura: Projeto da luva

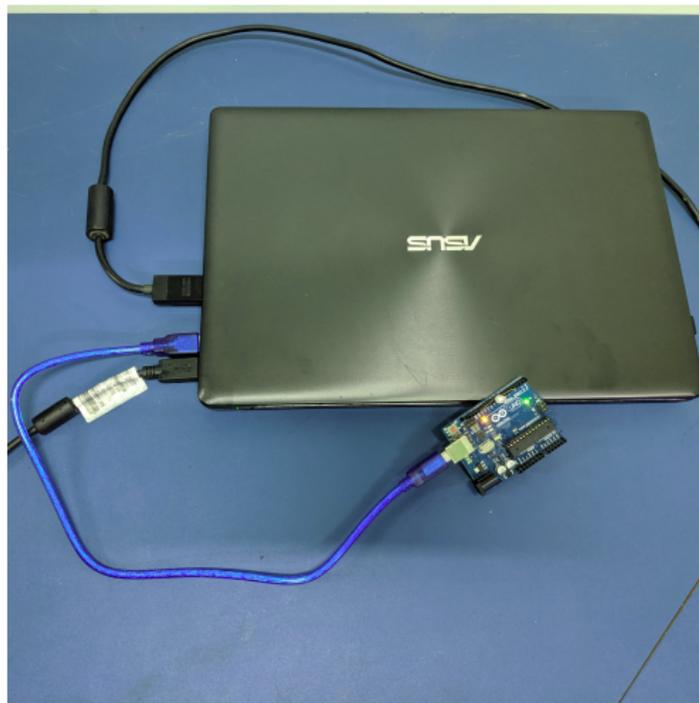


Figura: Central de controle

Classificador	LR	LDA	KNN	CART	NB
Acurácia	62.7%	73.8%	77.5%	71.3%	81.1%

Classificador	SVM	ADB	RFC	ETC	GBC
Acurácia	79.7%	49.1%	77.7%	78.8%	74.1%

Tabela: Comparativo dos classificadores.

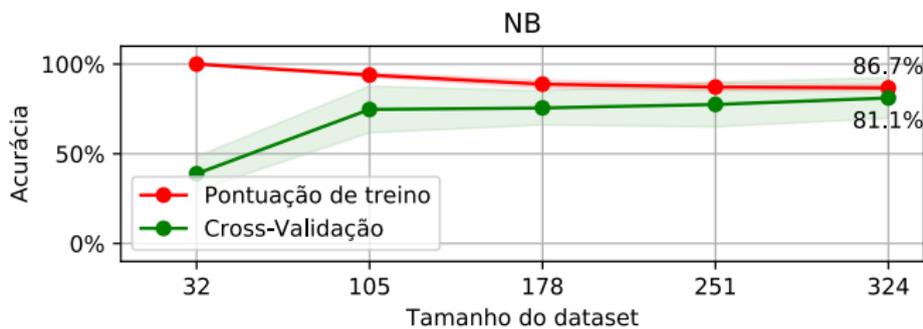


Figura: Classificador Gaussian Naive Bayes

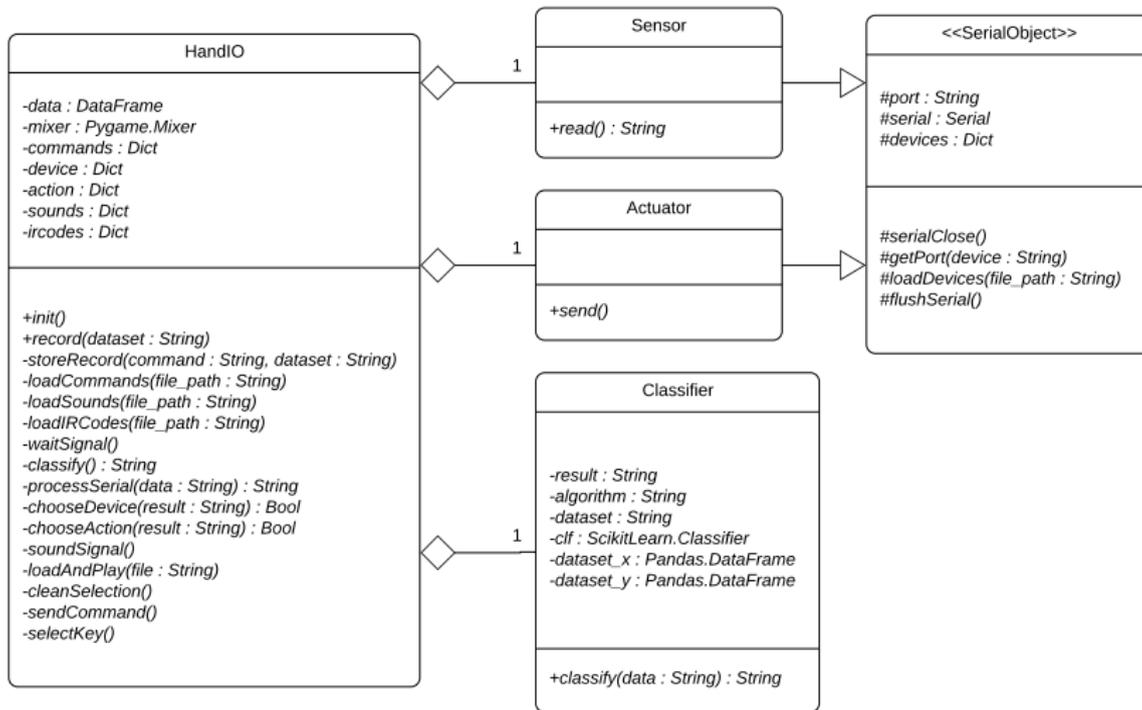
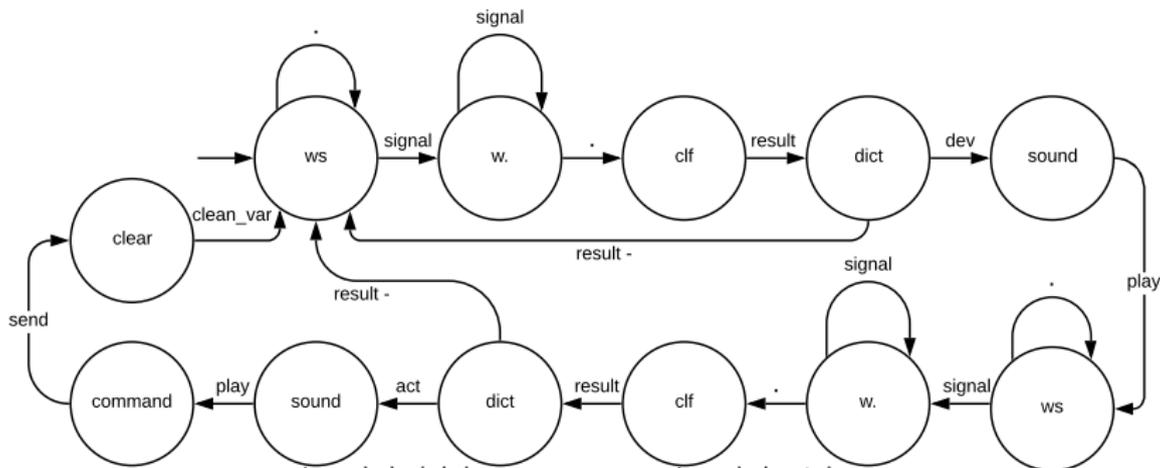


Figura: Diagrama de classe da Hand.io



- | | | | |
|----------------------------|--|---------------------------|---------------------------------|
| Legenda de símbolos | | Legenda de estados | |
| . | - Sensor retorna ponto | ws | - Esperando por sinal |
| signal | - Sensor retorna sinal | w. | - Esperando por ponto |
| result | - Resultado retornado pelo classificador | clf | - Classificador |
| result - | - Resultado inválido | dict | - Consulta no dicionário |
| dev | - Dispositivo selecionado com sucesso | sound | - Executa os sinais sonoros |
| act | - Ação selecionada com sucesso | command | - Envia comandos para o atuador |
| play | - Reproduz os sons correspondentes | clear | - Limpa as variáveis |
| send | - Envia comandos | | |
| clean_var | - Limpa variáveis | | |

Figura: Máquina de estados da Hand.io

- QE1 - Qual a taxa de sucesso do sistema Hand.io em detectar os gestos corretamente e enviar sinais aos dispositivos correspondentes?
- QE2 - Um novo usuário do sistema Hand.io, usando um roteiro, consegue controlar os dispositivos de um dado ambiente?
- QE3 - Qual a avaliação de um novo usuário sobre o estado atual do protótipo do sistema Hand.io?

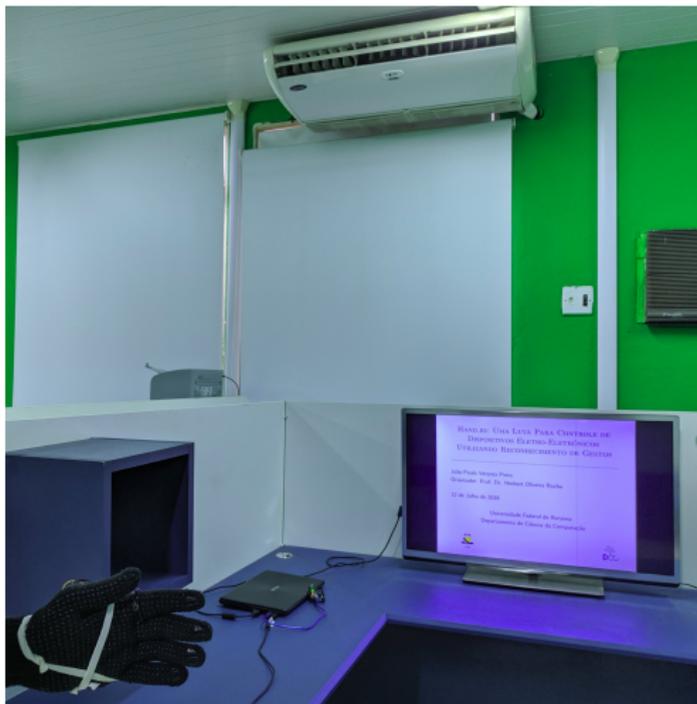


Figura: Cenário experimental

Experimento 1: Um voluntário, que teve os seus dados de movimentos previamente cadastrados no sistema, reproduziu duas situações e teve a sua taxa de sucesso registrada quantitativamente.

Situação 1: O usuário do Hand.io foi instruído a ligar e desligar sequencialmente a TV e o ar-condicionado presentes no cenário experimental.

Situação 2: O usuário foi instruído a avançar ou retroceder a apresentação de slides reproduzida na TV.

Cada resultado de um experimento n está assinalado com um **OK**, para bem sucedido, e **F** para mal sucedido.

<i>n</i>	Situação 1				Situação 2	
	Ligar TV	Ligar AC	Desligar TV	Desligar AC	→	←
1	OK	OK	OK	OK	OK	OK
2	OK	OK	OK	OK	OK	OK
3	OK	OK	OK	OK	OK	OK
4	OK	OK	OK	OK	OK	OK
5	OK	OK	OK	OK	OK	OK
6	OK	OK	OK	F	OK	OK
7	OK	F	OK	OK	OK	F
8	OK	OK	OK	OK	OK	OK
9	OK	F	OK	OK	OK	OK
10	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Taxa de sucesso	100%	80%	100%	90%	100%	90%
Taxa média de sucesso: 93.3%						

Tabela: Dados coletados do experimento com um usuário experiente.

Experimento 2: Um grupo de voluntários, que nunca utilizou o sistema e não teve seus dados de movimentos previamente registrados, foi instruído a seguir um roteiro escrito de uso do Hand.io;

O roteiro com as ações propostas para o experimento é composto por 6 passos, onde é solicitado, respectivamente, aos voluntários:

- Ligar o ar-condicionado (**1**);
- Ligar a TV (**2**);
- Avançar cinco slides em uma determinada apresentação (de **3.1** à **3.5**);
- Voltar dois slides do passo anterior (**4.1** e **4.2**);
- Desligar a TV (**5**); e
- Desligar o ar-condicionado (**6**).

Os resultados foram quantificados utilizando **OK** para bem sucedido; **P** para sucesso parcial, onde foi permitida uma tentativa para a realização do comando; e **F** para falha na execução. Quando houveram problemas durante a execução dos experimentos, o aplicador do experimento realizou anotações quanto à possível razão.

	V1	V2	V3	V4	V5
1	OK	OK	OK	OK	P ¹
2	P ¹	OK	OK	OK	OK
3.1	P ¹	OK	OK	OK ³	OK
3.2	OK	OK	OK	OK ³	OK
3.3	OK	OK	OK	OK ³	OK
3.4	OK	OK	OK	OK ³	OK
3.5	OK	OK	OK	OK ³	F
4.1	P	OK	OK	P	OK
4.2	OK	OK	OK	OK	OK
5	OK	OK ²	OK	OK	OK
6	OK	OK	OK	OK	OK
Taxa de sucesso	72.7%	100%	100%	90.9%	81.8%
Taxa média de sucesso: 89.08%					

¹ Problemas por falta de familiaridade com o sistema.

² Dificuldade em lembrar dos gestos.

³ Problemas com o botão de acionamento de leitura.

Experimento 3: Os voluntários do experimento anterior responderam um questionário, composto por perguntas sobre o estado atual do sistema proposto. Adicionalmente, foram coletadas sugestões sobre as possíveis melhorias poderiam ser implementadas.

- Q1 - O quão satisfeito você está quanto à eficácia do sistema?
(de 0 a 10)
- Q2 - Como você avalia os gestos utilizados para controlar o ambiente? (de 0 a 10)
- Q3 - Qual o seu interesse em adquirir uma versão finalizada do sistema? (de 0 a 10)
- Q4 - O quê você acha que poderia ser aprimorado no sistema?

	V1	V2	V3	V4	V5	Média
Q1	10	10	10	10	9	9.8
Q2	9	10	9	9	10	9.4
Q3	10	10	10	10	10	10

Tabela: Dados coletados do questionário realizado.

Respostas da **Q4**:

- **V1**: Leitura contínua dos movimentos;
- **V2**: Mais de um comando por dispositivo;
- **V3**: Melhor mecânica de retorno à seleção de dispositivos;
- **V4**: Mais gestos e mais dispositivos; e
- **V5**: Remapeamento de gestos e ações.

1. Introdução
2. Conceitos e Definições
3. Trabalhos Correlatos
4. Método Proposto
5. Avaliação Experimental
6. **Conclusões e Trabalhos futuros**

Durante este trabalho foi apresentada uma nova abordagem de controle de dispositivos eletro-eletrônicos, mais natural e ergonômica que as apresentadas pelas grandes empresas fabricantes de eletrônicos de consumo. Esta abordagem foi detalhada através de um método proposto, que teve a sua efetividade validada através de experimentos em um cenário muito próximo ao que um eventual usuário encontraria em sua casa.

- Miniaturização e integração dos componentes à vestimenta dos usuários;
- Utilização de conexões sem fio;
- Melhor a classificação dos movimentos;
- Realização da captura dos movimentos de maneira contínua;
- Inserção de novos gestos;
- Fluxo de execução com mais opções para o usuário; e
- Interface de personalização do sistema.

OBRIGADO, DÚVIDAS?

AGRADECIMENTOS
