



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

**Código linguístico aplicável a dispositivos de
atuação vibrátil para orientação de atletas
deficientes visuais na modalidade corrida em
pista.**

André Dias de Lima Machado

Manaus-Am, Junho de 2019

André Dias de Lima Machado

**Código linguístico aplicável a dispositivos de atuação
vibrátil para orientação de atletas deficientes visuais na
modalidade corrida em pista.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Elétrica da UFAM, como parte dos requisí-
tos necessários para a obtenção do Título de
Mestre em Engenharia Elétrica.

Universidade Federal do Amazonas – UFAM

Faculdade de Tecnologia

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Orientador: Prof. Dr. Celso Barbosa Carvalho

Manaus-Am

Junho de 2019

André Dias de Lima Machado

Código linguístico aplicável a dispositivos de atuação vibrátil para orientação de atletas deficientes visuais na modalidade corrida em pista.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da UFAM, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia Elétrica.

Prof. Dr. Celso Barbosa Carvalho
Orientador

Prof. Dr. Edjair de S. Mota
Membro da banca 1

Prof. Dr. Thiago Brito Bezerra
Membro da banca 2

Manaus-Am
Junho de 2019

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

M149c Machado, André Dias de Lima
Código linguístico aplicável a dispositivos de atuação vibrátil para orientação de atletas deficientes visuais na modalidade corrida em pista / André Dias de Lima Machado. 2019
68 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Celso Barbosa Carvalho
Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Tecnologia assistiva. 2. Deficientes visuais. 3. Código Linguístico. 4. Dispositivos vestíveis. I. Carvalho, Celso Barbosa II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

Lista de ilustrações

Figura 1 – Fluxograma	24
Figura 2 – Pista de atletismo 100 m	25
Figura 3 – Arquitetura	27
Figura 4 – Configuração do sistema	28
Figura 5 – Pulseira vibrátil	28
Figura 6 – Placa ESP32	29
Figura 7 – Placa ESP01	29
Figura 8 – Fluxograma do software	31
Figura 9 – Antes da corrida	32
Figura 10 – Durante a corrida	33
Figura 11 – Após a corrida	33
Figura 12 – Posicionamento na pista	33
Figura 13 – Classificação do posicionamento	34
Figura 14 – Incentivo durante a prova	34
Figura 15 – Classificação do incentivo	34
Figura 16 – Posição Atual	35
Figura 17 – Classificação da posição atual	35
Figura 18 – Orientação para acelerar	35
Figura 19 – Classificação da orientação para acelerar	35
Figura 20 – Orientação para manter o ritmo	36
Figura 21 – Classificação da orientação para manter o ritmo	36
Figura 22 – Informação de aproximação de adversários	36
Figura 23 – Classificação da informação de aproximação de adversários	36
Figura 24 – Orientação da distância para concluir a prova	37
Figura 25 – Classificação da orientação de distância para conclusão	37
Figura 26 – Comandos mais importantes	37
Figura 27 – Fatores que dificultam a comunicação	38
Figura 28 – Implementação de dispositivo	38
Figura 29 – Aplicativo Android	40
Figura 30 – Posição Pulseira	41
Figura 31 – Posição Frente	42
Figura 32 – Posição Frente Atleta 2	42
Figura 33 – Teste em pista	44

Lista de tabelas

Tabela 1 – Tabela de provas de atletismo para deficientes visuais.	18
Tabela 2 – Trabalhos relacionados	23
Tabela 3 – Tabela de comandos 1	38
Tabela 4 – Método dos limiares diferenciais	39
Tabela 5 – Método dos estímulos constantes	39

Lista de abreviaturas e siglas

GPS	Global Position System
IAAF	Federação Internacional de Atletismo
IBSA	Federação Internacional de Desportos para Cegos
JO	Jogos Olímpicos
JP	Jogos Paralímpicos

Dedicatória

Eu dedico este trabalho ao meu amigo e professor Msc. Charles Melo.

Agradecimento

Sou muito grato a todo apoio que recebi durante este período da minha esposa, companheira, parceira e em alguns casos ajudante Amanda Nina Ramos Machado. Agradeço também aos meus pais por toda a educação e suporte dado para que eu pudesse concluir as etapas necessárias para estar no mestrado. Obrigado também ao Professor Doutor Celso Carvalho pela oportunidade, paciência, didática e parceria durante todo o desenvolvimento deste trabalho e até durante o processo do mestrado. Grato aos meus amigos Prof. Nilton Ferst, Carlos Wagner Alves do Nascimento, Moisés Duarte e Filipe Máximo pelo auxílio nos testes em pista e por darem apoio nos momentos mais importantes. Por último agradeço a todos os atletas e guias que propuseram-se a participar do desenvolvimento, testes e pesquisas realizadas.

"A verdadeira deficiência é aquela que prende o ser humano por dentro e não por fora, pois até os incapacitados de andar podem ser livres para voar." Thaís Moraes

Código linguístico aplicável a dispositivos de atuação vibrátil para orientação de atletas deficientes visuais na modalidade corrida em pista.

André Dias de Lima Machado

Resumo

As tecnologias assistivas tem como objetivo melhorar a qualidade de vida e do bem-estar de pessoas portadoras de necessidades especiais. Isto é importante uma vez que limitações técnicas podem ser contornadas, provendo autonomia para os deficientes físicos em suas atividades cotidianas. Um exemplo da importância das tecnologias assistivas pode ser visualizado em um cenário de corrida em pista de atletismo para deficientes visuais, onde atualmente o atleta com deficiência não tem autonomia e necessita correr amarrado à um cordão com um guia, tendo alto índice de problemas de desclassificação e performance devido ao sincronismo exigido entre a dupla. Neste contexto, desenvolveu-se um código linguístico aliado a uma tecnologia de comunicação sem fio, que gera comandos por meio de vibração e pode ser utilizado para guiar o deficiente visual em uma corrida. Este código linguístico foi definido e validado em diversos testes com deficientes visuais que chegaram até a correr apenas com o dispositivo comandado manualmente, sem o guia ao lado.

Palavras-Chave: Tecnologia Assistiva; Deficientes Visuais; Código Linguístico.

Linguistic Code Applicable to Vibrating Devices for Orientation of Visually Impaired Athletes in Runway Mode

André Dias de Lima Machado

Abstract

Assistive technologies aim to improve the quality of life and welfare of people with special needs. This is important since power techniques can be bypassed, providing the possibility of autonomous physical functions in their daily lives. An example of assistive technology can be seen in a athletic field scenario for the visually impaired, where the competition with mobility is autonomous and drivers have access to a guide with a high index of disqualification problems. Performance is important when entering the pair. This context, developed in the cadent guide with the wireless communication technology, which generate commands for the frequency and use to guide of the deficient visual in a race. This linguistic code was defined and validated in tests with their visuals that were executed only with the device commanded manually, without the guide on the side.

Keywords: Assistive Technologies; Visually Impaired; Linguistic Code.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivo geral	15
1.1.1	Objetivos específicos	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Deficientes visuais	16
2.2	Para-atletismo para deficientes visuais	17
2.2.1	Regras do Atletismo para Atletas Deficientes Visuais	18
2.2.1.1	Regras básicas	18
2.2.1.2	Regras de competição	19
2.2.1.3	Métodos de condução	19
2.3	Tecnologias assistivas no esporte	20
2.4	Código linguístico	21
2.5	Trabalhos Relacionados	22
3	EXPERIMENTOS DE ESTÍMULO VIBRÁTIL E COMANDOS AO ATLETA	24
3.1	Código Linguístico	24
3.2	Arquitetura do dispositivo	27
3.2.1	Sistema de Orientação	27
3.2.2	Sistema de Localização	30
4	CÓDIGO LINGUÍSTICO	31
4.1	Resultados	31
4.1.1	Desenvolvimento de software/hardware de avaliação de sensibilidade	31
4.1.2	Análise estatística de questionários aplicados à atletas visando estabelecer código linguístico	32
4.1.3	Desenvolvimento de software para validação	40
5	CONCLUSÃO	45
	REFERÊNCIAS	46
	ANEXOS	47
	ANEXO A – QUESTIONÁRIO	48

ANEXO B – CÓDIGO FONTE ESP32	49
ANEXO C – ESP01 DIREITA	52
ANEXO D – CÓDIGO FONTE ESP01 ESQUERDA	58
ANEXO E – CÓDIGO FONTE PRINCIPAL APLICATIVO ANDROID	64

1 Introdução

Os esportes são parte importante da cultura, constituindo-se como formas de expressão humana por excelência desde a Antiguidade Clássica. Pois é através dos esportes que homens e mulheres são capazes de alcançar o melhor desempenho do corpo humano, causando admiração, sobretudo, pela possibilidade de transpor a própria condição meramente humana ao bater recordes de velocidade, resistência, distância, precisão, etc. É bem verdade que aqueles que se dedicam aos esportes treinam com técnica para alcançarem o melhor desempenho, distinguindo-se daqueles que não se dedicam em práticas desportivas. Partindo do princípio do uso da técnica nos esportes, podemos estender este uso para as diversas áreas da vida humana. Não demora a percebermos que toda a engenhosidade humana tem seu princípio não apenas na observação e experimentação, mas também no uso adequado e acumulado de técnicas que vão se sofisticando para o bem-estar do homem. Para não extrapolarmos outros aspectos importantes, podemos nos ater no domínio da técnica como a principal distinção entre o homem e a natureza. Somos parte da natureza, mas não nos confundimos com a mesma, pois estamos sempre em oposição a ela, controlando seus eventos e modificando o meio.

O homem, em certa medida, busca sempre prolongar o seu tempo de vida por meio do conhecimento técnico-científico, fugindo de condições impostas pela natureza. Podemos resumir a grande aventura humana na Terra por períodos que passam de uma evolução criadora a uma verdadeira criação da evolução, por meio do desenvolvimento de tecnologias avançadas. E é neste sentido que refletimos o quanto as tecnologias são importantes em nossas mais variadas atividades, incluindo as práticas desportivas. Se os esportes são parte vital da cultura humana, o desenvolvimento de técnicas e tecnologias também são. Afinal, é a cultura humana, capaz de modificar e controlar o meio, que nos diferencia da natureza e de seus fenômenos naturais.

Bem diferente do que acontecia nos primórdios da Era Moderna, na atualidade tem-se uma gama de aparatos tecnológicos para conduzir o atleta ao seu melhor desempenho: seja nos treinos, por meio de uma dieta balanceada com suplementos, nas roupas com tecidos adequados a cada tipo de esporte, no uso de calçados tecnológicos, acessórios diversos, dentre outros. Sem falar na própria transmissão global de grandes eventos desportivos, como as Olimpíadas, os esportes estão permeados de tecnologia. Recentemente, os juízes de futebol passaram a contar com árbitros de vídeo a fim de reduzir as falhas humanas no “calor” das partidas. Tudo isso com foco em melhoria de desempenho humano. Todos os seres humanos são capazes dos mesmos movimentos. Todos nós somos capazes de correr, por exemplo. Mas poucos de nós corremos como maratonistas, que se utilizam de técnicas e tecnologia para alcançar um desempenho de excelência. Também existem

indivíduos que por nascença ou acidente, tornam-se pessoas com deficiências físicas. É na prática desportiva que estas pessoas recuperam a dignidade humana e superam suas limitações iniciais, com o uso de técnicas e tecnologias adequadas à categoria desportiva que participam. Lembremos que na falta de um membro, por exemplo, já existem próteses cada vez mais confortáveis, com um trabalho de design, ergonomia e engenharia por trás de sua confecção.

Mas pensando especificamente no para-atletismo praticado por pessoas com necessidades visuais, verificou-se a necessidade de contornar algumas limitações de ordem técnica durante a corrida deles, acompanhados por guias. Este é o público-alvo desta pesquisa. Verificou-se em 246 vídeos de corridas paratleticas que 40% das vezes o atleta sofria de alguma forma interferência negativa do guia, sendo assim, a performance dos atletas deficientes visuais poderia ser melhorada se o uso dos guias fosse substituído por algum dispositivo acoplado ao corpo capaz de garantir comando, segurança e liberdade nos movimentos, propiciando a estes atletas um desempenho condizente com seus esforços de superação e proporcionando a eles o uso máximo de sua expressão humana a partir do esporte. As falhas mais comuns eram causadas pela comunicação ineficiente com o guia. As chamadas “tecnologias assistivas” tem como objetivo gerar melhor qualidade de vida e bem-estar a pessoas com deficiência, neste caso, visual. Além do uso desportivo ou mesmo recreativo, espera-se que o desenvolvimento de um dispositivo substituto de guias possa promover a autonomia destas pessoas em suas mais diversas atividades cotidianas. Neste contexto, tecnologias de comunicação sem fio, computação e hardware que geram comandos auditivos e de vibração podem ser utilizados para guiar o deficiente visual em uma corrida.

A maior parte das pesquisas existentes utilizam as tecnologias assistivas como, por exemplo, a bengala eletrônica para guiar deficientes visuais em deslocamento do cotidiano (ex: ruas, escolas, ambientes fechados, etc). São poucos os trabalhos que aplicam as tecnologias assistivas no cenário de atletas deficientes visuais - estes serão apresentados em “Trabalhos Relacionados”, na página 27. Dentre estes trabalhos alguns precisam de instalações de infraestrutura complexa na pista. Outros, empregam comando de voz transmitido por rádio, o que acaba por criar um vocabulário linguístico extenso, não garantindo o correto entendimento de comandos por parte do atleta. Existem ainda os trabalhos que utilizam um vocabulário discretizado, (ex: comando esquerda e direita), porém limitados. Estes trabalhos serão descritos no estado da arte, página 28.

O presente estudo trabalha em cenários de corrida de atletismo em pista, onde cada corredor carrega um smartphone e três dispositivos vestíveis¹ (pulseiras e cinto) que os orientem durante o seu percurso por meio de vibração. Diferente dos trabalhos encontrados na literatura pesquisada, o produto desta dissertação não utiliza tecnologias de hardware com

¹ Os wearables, por vezes traduzidos de forma livre como “dispositivos vestíveis”, são tecnologias que se apresentam na forma de dispositivos iguais ou similares a peças de roupa ou equipamentos vestíveis, tais como relógios, pulseiras ou até mesmo óculos de realidade virtual.

instalação prévia na pista, além de um vocabulário de códigos linguísticos implementados por meio de estímulos vibráteis que irão garantir autonomia ao atleta e a possibilidade de um código linguístico mais completo. (ex: comando informando que atletas adversários estão se aproximando). Na verdade, há um primeiro protótipo de hardware de orientação implementado, garantindo a condução do atleta em corridas retilíneas.

Na continuação da pesquisa pretende-se definir, implementar e testar experimentalmente um sistema de localização por GPS associado a um código linguístico que garanta a movimentação em curva e outros comandos de maneira intuitiva ao atleta. Com estas características, temos o objetivo de que o trabalho contribua com a área de tecnologias assistivas voltada ao atleta, garantindo facilidade de uso e autonomia.

Esta dissertação está dividida em cinco capítulos. No Capítulo 2 apresenta-se os fundamentos teóricos que orientam a pesquisa. No Capítulo 3 estão as propostas apresentadas. No Capítulo 4, serão apresentados os resultados da pesquisa.

1.1 Objetivo geral

Conceber, implementar e validar um código linguístico aplicável em dispositivo de atuação vibrátil para orientação de atletas deficientes visuais.

1.1.1 Objetivos específicos

- Desenvolver um sistema de *software/hardware* que avalie a sensibilidade dos atletas em relação a variação de vibração de um dispositivo ;
- Analisar os questionários aplicados à atletas visando estabelecer código linguístico;
- Desenvolver hardware e software para validação;
- Validar código linguístico aplicado para provas de 100 a 800 metros.

2 Referencial Teórico

Para entender a necessidade da pesquisa, necessita-se conhecer sobre os deficientes visuais, paratletismo, código linguístico e trabalhos relacionados à pesquisa.

2.1 Deficientes visuais

A prática de esporte por pessoas com deficiência é uma realidade, tendo o esporte adaptado evoluído bastante nos últimos tempos. O esporte para pessoas com deficiência está se desenvolvendo quantitativa e qualitativamente tendo um alcance muito além da terapia, como é o caso do rendimento([SILVA; PEREIRA, 2004](#)). A prova disso mesmo é a existência dos Jogos Paralímpicos (JP), que representam o símbolo máximo do esporte para pessoas com deficiência e que já partilham a mesma organização dos Jogos Olímpicos (JO). Com 45 anos de história, os JP são considerados o segundo maior evento desportivo seguido dos JO, pelo número de dias de competição, pelo número de modalidades esportivas que envolve, pelo número de países presentes e, também, por se revelarem a expressão de espetáculo de alta qualidade com a singularidade de atrair espectadores, mídia de massa e patrocinadores([SILVA; PEREIRA, 2004](#)).

De acordo com ([Aciem, Tania M.; MAZZOTTA, 2013](#)), para a pessoa com deficiência conquistar autonomia precisa superar impactos e os prejuízos decorrentes da limitação visual, assim como dos estigmas sociais. E ainda que "a locomoção independente foi destacada por todos os participantes da pesquisa realizada com deficientes visuais, como um ponto essencial para a autonomia das pessoas envolvidas no estudo. O uso de tecnologias assistivas foi relatado por todas as pessoas com deficiência visual e por alguns familiares, como importante para a independência".

Segundo ([Greguol, 2017](#)), "as diferentes atividades oferecidas aos portadores de deficiência física geram oportunidade de experimentarem sensações e movimentos, eliminando algumas barreiras físicas e sociais." O esporte é atualmente muito indicado em processos de reabilitação.

Segundo ([Rita GIGCH; PIPINO, 2000](#)), "o esporte adaptado no Brasil iniciou-se em 1957 com o basquetebol em cadeira de rodas, começando a aparecer clubes especializados em esporte para portadores de limitação física. O espírito competitivo existente nestes portadores de deficiência física é geralmente alto, tanto pela vontade de vencer quanto de mostrar-se capaz".

2.2 Para-atletismo para deficientes visuais

O atletismo para deficientes visuais constitui-se por todas as provas que compõem as regras oficiais da Federação Internacional de Atletismo (IAAF): corrida rasa, saltos, arremessos e lançamentos.

Dividem-se as provas por grau de deficiência visual (B1, B2 e B3) e as regras são adaptadas para os atletas B1 e B2. Os graus de deficiência serão explicados mais adiante. As modalidades para os competidores B3 seguem as mesmas regras do atletismo regular.

Permite-se o uso de sinais sonoros e de um guia, para correr ao lado do atleta para orientá-lo. Os dois são unidos por um cordão preso às mãos, e o atleta deve estar sempre à frente.

A classificação funcional dos deficientes visuais ocorre de acordo com a acuidade¹ e o campo de visão², segundo o texto da ACSM (American College of Sports Medicine) (1997) citado por Fugita (2002) a cegueira pode ser definida como:

- Cegueira por acuidade: significa possuir visão de 20/200 pés ou inferior, com a melhor correção (uso de óculos). É a habilidade de ver em 20 pés ou 6,096 metros, o que o olho normal vê em 200 pés ou 60,96 metros (ou seja, 1/10 ou menos que a visão normal), onde 1pé = 30,48 cm.
- Cegueira por campo visual: significa ter um campo visual menor do que 10° de visão central - ter uma visão de túnel.
- Cegueira total ou "não percepção de luz": é a ausência de percepção visual ou a inabilidade de reconhecer uma luz intensa exposta diretamente no olho.

Sendo assim, a classificação funcional tem a seguinte divisão:

- B1 - Desde a ausência total de percepção de luz em ambos os olhos até percepção luminosa sem a capacidade de reconhecimento da forma de uma mão, a qualquer distância.
- B2 - Desde a capacidade de reconhecer a forma de uma mão até a acuidade de 2/60 e/ou um campo visual inferior a cinco graus.
- B3 - Desde uma acuidade visual superior 2/60 até uma acuidade visual 6/60 e/ou campo visual superior a cinco graus e inferior a vinte graus.

¹ Acuidade - capacidade de percepção sensorial de estímulos de intensidade mínima, ou pouco individualizados, que depende da sensibilidade do órgão sensorial em exame.

² Campo de visão é o espaço no qual o nosso sistema visual pode detectar a presença de estímulos. Em outras palavras, o campo de visão é o que os nossos olhos veem quando olhamos para um ponto fixo

Os graus de deficiência serão muito importantes na análise estatística dos resultados para distinguir diferenças entre as pessoas testadas e melhor avaliação.

2.2.1 Regras do Atletismo para Atletas Deficientes Visuais

2.2.1.1 Regras básicas

Estarão aptas para a competição da IBSA³ as categorias desportivas criadas a partir da classificação funcional, sendo assim definidas com a mesma nomenclatura, B1, B2 e B3.

Hoje pelas regras, o único equipamento permitido são os óculos escuros ou um substituto apropriado, não sendo permitido o uso de qualquer outro dispositivo.

Algumas provas do atletismo como salto triplo e salto em distância para atletas B1 utilizam-se de informações sonoras proferidas pelo técnico e/ou juízes.

Provas

As provas reconhecidas pelo programa de competição da IBSA são apresentadas na Tabela 1.:

O sistema de hardware/software para código linguístico a ser desenvolvido nesta pesquisa

Tabela 1 – Tabela de provas de atletismo para deficientes visuais.

Classe B1, B2 e B3	Sexo
100 m	(M/F)
200 m	(M/F)
400 m	(M/F)
800 m	(M/F)
1.500 m	(M/F)
5.000 m	(M/F)
10.000 m	(M/F)
Maratona	(M/F)

se concentrará nas provas de 100 a 800 metros pois as regras das provas de 100 e 200 metros diferem das regras de 400 e 800, a partir de 800 as regras permanecem iguais entrando apenas a resistência do atleta como fator de mudança, não sendo assim objeto de estudo. .

³ IBSA - Federação Internacional de Desportos para Cegos

2.2.1.2 Regras de competição

O trabalho de desenvolver uma tecnologia assistiva de auxílio aos atletas de um esporte envolve um estudo das regras deste esporte para conhecimento das necessidades, assim como visualizar as possíveis mudanças a serem propostas. Dentre as inúmeras regras do esporte, foram selecionadas as mais importantes para a aplicação proposta, a seguir:

1. Acesso à área de competição

Para os atletas B1 e B2 é permitido apenas aos guias ou atletas acompanhantes conduzi-los até a pista. Identificados por um colete, de cor laranja, fornecido pelo comitê organizador.

O sistema proposto não envolve as informações pré e pós corrida, apenas durante a prova, portanto não havendo a necessidade de alteração desta regra.

2. Regras para as competições de corrida de 100 m

Na classe B1, a prova de 100 m dos campeonatos mundiais e nos jogos paralímpicos e competição internacionais, organiza-se com base no posicionamento inicial de 4 atletas com seus guias, incluindo todas as séries preliminares, semifinais e finais.

3. Regras para as competições de corrida 200 m - 800 m

Atletas da classe B1 correm acompanhados por um guia. Cada corredor terá direito a duas pistas, uma para si e outra para o guia. Essa área constituir-se-á na “pista” de competição, e ambos, corredor e guia, deverão permanecer dentro dela, do início ao final da prova. O atleta poderá optar por correr do lado de fora ou do lado de dentro da pista, em relação ao guia. Fica a cargo da equipe decidir sobre o posicionamento; porém essa decisão não afetará a colocação na pista ou na linha de partida. Os atletas B2 terão direito a duas pistas (para eles e para seus guias) e devem correr dentro das mesmas; nos 800 m devem iniciar a corrida dentro da mesma pista. A proposta deste trabalho engloba todas estas classes.

2.2.1.3 Métodos de condução

O código linguístico proposto neste trabalho tem por objetivo conduzir os atletas deficientes visuais durante a prova de atletismo. Sendo assim, é de extrema importância conhecer os métodos atuais de condução.

Nesta seção, com base nas regras, pretende-se mostrar os procedimentos e dificuldades dos atletas em sua locomoção durante a prova, aonde tem-se o desafio de encontrar um guia

com características físicas parecidas (altura, tamanho das pernas, tamanho dos braços) e com velocidade e resistência semelhantes, não garantindo apenas a responsabilidade do atleta em conquistar a corrida, e sim tornando a competição uma prova em equipe. O trabalho tem por objetivo dar completa autonomia ao atleta.

Estes métodos analisados estão enumerados, sendo escolhidos para este trabalho apenas os que estão dentro das modalidades e competições do estudo.

1. Os procedimentos sugerem que os atletas levem seus próprios guias para a competição. No entanto, a organização providenciará um guia, caso a necessidade seja indicada, antecipadamente, na ficha de inscrição.
2. Em competição, atleta e guia são considerados uma equipe. Na linha de chegada, quando o atleta cego for cruzar, o guia deve estar obrigatoriamente atrás dele.
3. A escolha do método de condução é do atleta. Podendo optar por ser guiado via cotovelo, ou com um cordão, ou ainda correr livre. Além disso, o corredor pode receber orientações verbais do guia.
4. Bicicletas ou outros meios mecânicos de transporte não podem ser utilizados por guias.
5. É proibido o guia arrastar o atleta ou empurrá-lo, gerando a desclassificação do atleta.
6. Utilizando ou não uma corda, como método de condução, o atleta e o guia não deverão estar separados por mais de 0.5 m de distância, em nenhum momento da prova.
7. Para as corridas de pista em médias e longas distâncias (acima de 400 m) serão permitidos dois guias. Permite-se apenas uma troca de guia para cada corredor. A troca (substituição) deve ocorrer sem prejudicar os demais corredores e deve ser realizada apenas na reta da partida

2.3 Tecnologias assistivas no esporte

Pessoas com deficiências usam o esporte como uma ferramenta terapêutica para superar complicações de saúde, prevenção de novos problemas e para prevenção de mortes prematuras. As experiências no esporte auxiliam atletas a irem além dos seus limites. Contudo, em todo o mundo, apenas atletas de elite têm acesso à tecnologia assistiva e equipamentos esportivos específicos.

2.4 Código linguístico

Para contextualizar, deficiência sensorial ou agnosia é a falha no reconhecimento de informações por receptores em um canal sensorial específico (Mountcastle et al., 1978). No entanto, as informações referentes a uma modalidade sensorial específica podem ser integradas e interpretadas por uma outra área sensorial (A.C.Lima et al., 2004).

Neste caso, em que há privação de alguma modalidade sensorial, a pessoa que possui algum tipo de deficiência pode utilizar métodos para propiciar a realimentação ou substituição sensorial (Barner et al., 2002).

A substituição sensorial refere-se à capacidade da mente humana de mimetizar as funcionalidades de outra modalidade sensorial (Kupers et al., 2004). Em particular, a deficiência visual e auditiva influenciam diretamente na comunicação (Hersh et al., 2003), porém existem métodos, como o Braille usado para propiciar a substituição sensorial para ajudar no processo de leitura (Johns et al., 2003) e o método Tadoma usado na comunicação oral dos surdos-cegos.

Em ambos os métodos o tato deve ser estimulado para transmissão de informação. Essa estimulação pode ser por meio de mecanismos de estimulação mecânica estática ou repetitiva (vibrátil) e estimulação térmica (eletrotátil) (A.C.Lima et al., 2004).

Essa análise pode ser realizada por meio de testes baseados em métodos psicofísicos, em que esses testes têm contribuição científica no desenvolvimento de equipamentos tecnológicos para reabilitação sensorial (Wainapel et al., 2002).

Em particular, a análise da sensibilidade tátil pode ser realizada a partir da resposta discriminativa cutânea, na qual um estímulo pode ser distinguido de outros, em função de suas características. A visão e a audição são os sentidos mais utilizados pelo organismo (STATT, 1997), logo, a ausência da sensibilidade visual e auditiva interferem diretamente no relacionamento do deficiente visual e auditivo com o ambiente, forçando-o a utilizar os demais sentidos para superar as problemáticas consequentes (FRITZ; BANER, 1999).

O sentido mais usado como substituto sensorial para propiciar a realimentação visual e auditiva é o tato, mesmo que este apresente limites perceptuais se comparado com as modalidades visual e auditiva, pois a resolução tátil é três vezes menor que a visual e duas vezes menor que a auditiva (T. P Way, 1997). Mesmo assim, é possível por meio do tato suprir as necessidades de propriocepção, identificação de objetos e comunicação (SCHIEDER et al., 2002).

Para transmitir-se a vibração e o usuário entenda os comandos ou informações é necessário ter-se uma linguagem⁴ e um código.⁵ Como exemplo temos a língua portuguesa (Línguagem) e o código Morse (Código) que é uma forma de enviar informações a partir

⁴ Linguagem - é a capacidade comunicativa que têm os seres humanos de usar qualquer sistema de sinais significativos, expressando seus pensamentos, sentimentos e experiências.

⁵ Código - é um sistema de signos convencionais que permite dar a informação emitida por um emissor, uma interpretação adequada pelo receptor.

de letras e pontuações e quando traduzidas torna-se novamente a linguagem.

Este trabalho consiste em determinar um código linguístico para comunicação entre um dispositivo de atuação vibrátil e um atleta deficiente visual, visando a orientação do mesmo em provas e treinos da modalidade corrida em pista. Para determinar este código é necessário realizar alguns testes baseados em métodos psicofísicos que são utilizados para medir a quantidade de energia adquirida e percebida por um sistema sensorial, dentre os quais se destacam ([BORING, 1942](#)):

- método baseado nos limiares diferenciais, que ocorre quando um estímulo é considerado como padrão e aumenta-se ou diminui-se a intensidade deste, afim de que se possa identificar a distinção mínima entre um estímulo e outro;
- método dos estímulos constantes em que a comparação entre dois estímulos é realizada considerando-se um estímulo padrão e o outro, tendo variação discreta e sucessivas até que se obtenha um limiar terminal;

Estes métodos serão utilizados para reconhecer as formas de gerar estímulos e passar as informações necessárias durante a prova para o atleta deficiente visual, bem como validar os locais do corpo e a percepção dos diferentes estímulos nestas posições, definindo assim com precisão aonde serão colocados os dispositivos para envio do código linguístico.

2.5 Trabalhos Relacionados

Nesta seção, alguns artigos relacionados com o tema são apresentados. Encontrou-se alguns estudos relacionados a guiar deficientes visuais, como principais, escolheu-se os que referenciam atletas.

O trabalho ([Filgueiras et al., 2018](#)), um dos que mais se aproxima do tema, consiste em um dispositivo para orientar pessoas vendadas, ou deficientes visuais a sair de um labirinto por meio de um controle remoto e utilizando estímulos vibráteis para informar a direção a ser tomada. O dispositivo foi testado em 16 pessoas, porém os comandos são dados por um operador, que está vendo o trajeto dentro do labirinto.

O artigo ([Aqeel et al., 2017](#)), trata de um sistema desenvolvido para assistir deficientes visuais em ambientes fechados com objetos dificultando a passagem. Este também utiliza estímulos vibráteis para comunicação, porém é utilizado apenas em um ambiente anteriormente processado pelo sistema de reconhecimento de imagem, servindo apenas para informar obstáculos à frente.

O trabalho descrito em ([Al-Zayer et al., 2016](#)) consiste em um projeto desenvolvido para guiar atletas deficientes visuais em uma pista de atletismo, por meio do som dos rotores de um drone que é guiado por um operador. Uma deficiência deste sistema é que independente

da quantidade de drones disponíveis, o sistema só poderia guiar um único atleta uma vez que os estímulos sonoros dados a um atleta influenciam os demais atletas a sua volta.

Em (Pieralisi et al., 2017), foi desenvolvido um equipamento que cria ondas eletromagnéticas acoplado a um carro que se movimenta a frente do atleta deficiente visual para guiá-lo em maratonas. No entanto, este é um sistema que serviria apenas para a modalidade de maratona e mesmo assim possui limitações devido ao congestionamento que poderia ser causado caso cada um dos atletas utilizasse um veículo guia.

Este trabalho tem o objetivo de proporcionar para os 4 atletas a possibilidade de disputarem com autonomia a modalidade. O que se vê nos trabalhos relacionados é que conseguiram trabalhar apenas com uma pessoa correndo, não podendo utilizar o mesmo sistema com 4 pessoas simultaneamente. Assim como sem a precisão que o esporte exige, pois cada milisegundo é importante em esportes de alto desempenho como o atletismo. As outras diferenças são possíveis identificar-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Trabalhos relacionados

Título	Ambiente	Estímulo	Localização	Atuação	Pessoas Testadas	Ano
Vibrotactoly sensory substitution on personal navigation	Labirinto	Vibrátil	Sem	Motores	16	2016
Skin stroking haptic feedback glove for assisting blinds in navigation	Indoor (Sala com obstáculos)	Vibrátil	Bluetooth e Kinect	Motores	5	2017
Exploring the use of a drone to guide blind runners	Pista de atletismo	Som dos rotores	Sem	Sonora	2	2016
Design and realization of an electromagnetic guiding system for blinding running athletes	Rua (Maratona)	Vibrátil	Eletromagnética	Motores	1	2015
Este trabalho	Pista de atletismo	Vibrátil	GPS	Motores	8	2019

3 Experimentos de estímulo vibrátil e comandos ao atleta

O desenvolvimento de um código linguístico requer um planejamento importante para garantir que o usuário tenha a necessidade completamente atendida. Sendo assim, é preciso seguir um fluxo de atividades para obter-se sucesso. A figura 1 contém o fluxo de atividades definidas desde o momento de ouvir a necessidade do usuário, até as atividades necessárias para validação do desenvolvimento.

Cada item deste fluxo seguirá a proposta para se obter resultados satisfatórios.

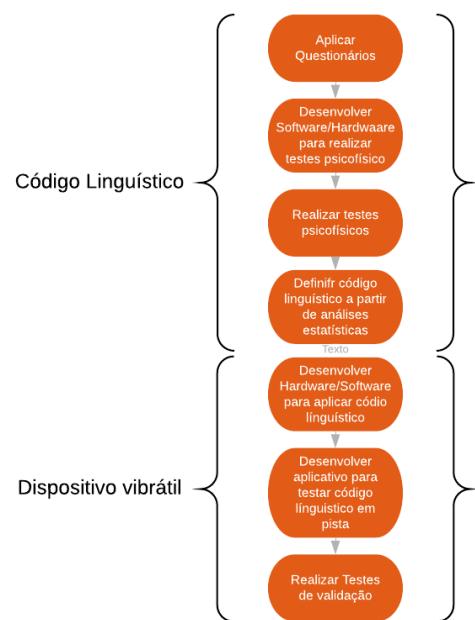


Figura 1 – Fluxograma
Fonte: Autor, (2019)

3.1 Código Linguístico

Para alcançar o objetivo é fundamental obter as informações corretas para criação do código linguístico, a partir de uma análise dos resultados. Estudos sugerem que a implantação das pessoas com deficiência em todas as fases decisivas da produção e a escolhas dos dispositivos, corrijam o problema de muitas ideias tecnológicas que findaram fracassando no seu processo de desenvolvimento (Riemer-Reiss & Wacker, 2000).

Com essa visão, aplicou-se questionários orientados para coleta de dados, como exemplo no Anexo A, realizando posteriormente a estratificação dos resultados visando aferir um

modelo de distribuição e constatações a partir de experimentos.

Além dos questionário, desenvolveu-se um *software* de teste em conjunto com um *hardware*, que será mostrado nos resultados, para aplicação do método baseado nos limiares diferenciais e estímulos constantes no item 2.4.

Os dois métodos destacados serão utilizados para posterior análise dos resultados, tabulação dos dados e definição do código.

A realização de testes de resposta aos estímulos vibráteis por parte de usuários deficientes visuais em ambiente controlado é necessária para que se consiga chegar ao objetivo, e a partir destes testes analisar estatisticamente visando inferir o grau de percepção tátil em pontos específicos do corpo.

Por meio de todos os resultados obtidos anteriormente pelas análises estatísticas, será estabelecido o código linguístico, definindo assim qual frequência e duração deve ser aplicada em determinada parte do corpo humano para enviar a mensagem correta.

A partir deste levantamento de dados serão aplicados os testes em ambiente de prova.

O primeiro teste em ambiente de prova consiste em utilizar o código linguístico para realizar testes com o hardware desenvolvido através de comandos enviados pelo celular, visando verificar se a resposta do usuário está de acordo com o comando.

Descrevendo o ambiente: uma pessoa com deficiência visual precisa deslocar-se do ponto inicial ao ponto final de uma prova de 400 m (1 volta em toda a pista) representado na Figura 2.



Figura 2 – Pista de atletismo 100 m
Fonte: <http://md.intaead.com.br>, (2015)

Conforme comentado, um operador manuseia o smartphone para orientar o atleta por meio de um código linguístico, apresentado nos resultados do capítulo 4 .

A ideia do código linguístico é que, assim como o código braile, seja universalmente entendido e rico em vocabulário. Por exemplo, pretende-se evoluir o código para representar intuitivamente a velocidade de deslocamento ou o ângulo para rotacionar à esquerda ou à

direita.

Apesar de este estudo ser inserido na grande área de Ciências Exatas, não podemos esquecer que há uma dimensão humana, haja vista que se propõe desenvolver uma tecnologia assistiva. Há, portanto, uma particularidade nesta pesquisa que deve ser levada em consideração e que não se compõe como uma amostra quantificável – mas que nos dá pistas a respeito da natureza do nosso objeto de estudo e de sua construção. Deste modo, fez-se necessário contextualizar a realidade dos deficientes visuais e de profissionais da área da Educação Física por meio de um questionário, ao qual chamamos de “Questionário semi-estruturado para guias e atletas” (ver anexo A). Sendo o público-alvo de nossa pesquisa um grupo minoritário, exige-se do pesquisador certa sensibilidade para lidar com o público e chegar ao resultado esperado por meio de possíveis caminhos metodológicos como é o caso da ferramenta em questão.

Quando se lança deste tipo de ferramenta é importante destacar que não existem regras precisas ou métodos rigorosos a serem seguidos, pois o desenvolvimento das etapas de aplicação de um questionário depende muito mais da intuição e experiência do pesquisador, abrindo mão de dogmas positivistas, porém, prezando pela qualidade dos dados obtidos. É possível que um pesquisador construa seu próprio instrumento de levantamento de dados, a exemplo de um *survey* (questionário) ou entrevista. De acordo com Mirian Goldenberg (2007), o questionário pode ser padronizado, com perguntas iguais e na mesma ordem para todas as pessoas pesquisadas e as respostas podem ser abertas, isto é, livres e sem alternativas ou fechadas, com alternativas fixas. As entrevistas podem ser assistemáticas, com perguntas e respostas espontâneas ou projetivas, quando recursos visuais são utilizados para estimular a resposta dos pesquisados. Atente-se para o fato de que as entrevistas e os questionários são um auxílio, devendo ser usados somente quando o pesquisador não conseguir obter resposta por meio de outros instrumentos ou fontes, como foi o caso desta pesquisa, em que precisava-se obter o feedback acerca de um protótipo de tecnologia assistiva.

Dentre as vantagens de aplicar questionário, (GOLDEMBERG, 2004) destaca que “é menos dispendioso, exige menor habilidade para a aplicação, [...], as frases padronizadas garantem maior uniformidade para a mensuração” (p. 87). Já as vantagens da entrevista, para a autora, são a possibilidade de “coletar informações de pessoas que não sabem escrever; mais paciência e motivação para falar do que para escrever” além de permitir “uma maior profundidade ao mesmo tempo em que estabelece uma relação de confiança e amizade entre pesquisador-pesquisado, o que propicia o surgimento de outros dados” (idem, p. 88).

Foi a partir deste entendimento que produziu-se um questionário semi-estruturado, isto é, um instrumento que mescla respostas em alternativas fechadas e abertas, direcionado para guias e atletas deficientes visuais. O questionário contém 6 perguntas, subdivididas em alternativas fechadas e abertas. Parte desses questionários foi respondido via e-mail –

exceto os questionários com os deficientes visuais, que foram aplicados presencialmente pelo pesquisador em questão, no local de treino destes atletas, na Vila Olímpica de Manaus. Neste último caso, as respostas foram gravadas a fim de avaliar melhor as respostas.

Com um universo amostral de 27 entrevistados, o teor do questionário busca compreender quais são as principais informações que o guia transmite ao atleta antes, durante e depois da corrida e a forma como os comandos são transmitidos atualmente. Busca também conhecer as maiores dificuldades dos atletas e guias nessa comunicação e o que pode ser feito para melhorar, além do público-alvo ser incitado a sugerir que tipo de informação ou comando eles acham que seria útil num dispositivo de orientação, indicando o melhor caminho para o alcance de um produto satisfatório.

Os resultados obtidos serão apresentados no capítulo 4.

3.2 Arquitetura do dispositivo

A arquitetura do dispositivo consiste em três principais funções: Localização, orientação e linguagem, como mostra a Figura 3. Estas são aplicadas no trabalho respectivamente pelo sistema de localização, pelo sistema de orientação e pelo código linguístico descritos mais a frente.

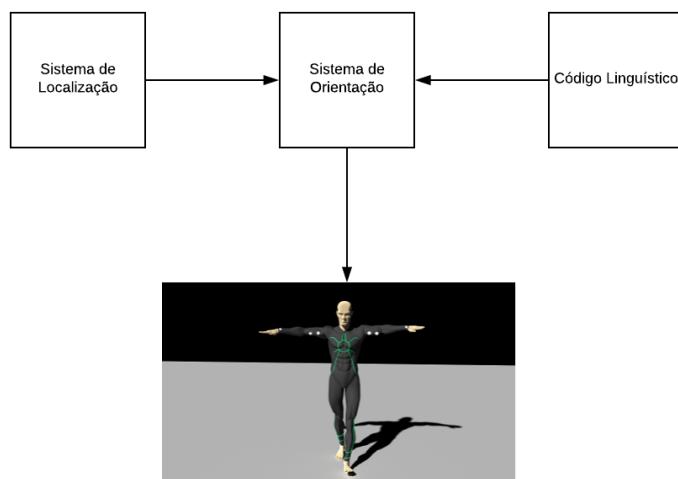


Figura 3 – Arquitetura
Fonte: Autor, (2019)

3.2.1 Sistema de Orientação

O Sistema de orientação que foi desenvolvido neste trabalho, Figura 4, é composto por (a) *Smartphone* responsável por enviar comandos de vibração para o sistema de atuadores ; (b) um microcontrolador com acesso bluetooth e wi-fi, no caso o único no mercado com o tamanho desejado é o EPS32, responsável por enviar o comando de vibração

para os motores localizados nas costas e na frente do atleta, bem como transmitir os comandos para os atuadores do pulso, (c) dois microcontroladores com wi-fi conectados a um motor que ao receber comandos (ex: vire à esquerda) vibra, escolhido o ESP01 por ter a dimensão necessária para utilizar-se na pulseira, bem como por ser da mesma família que o ESP32; (d) motor *vibracall*.

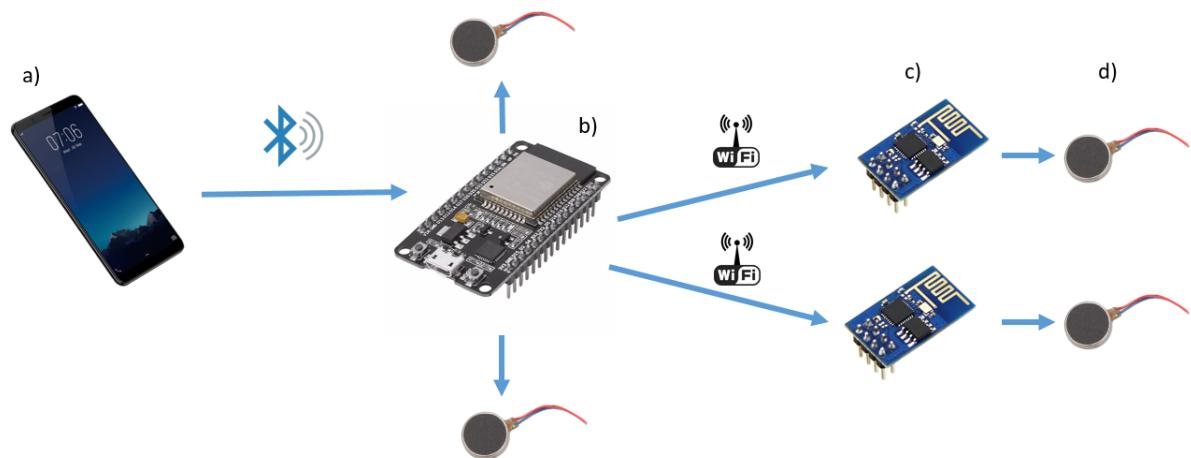


Figura 4 – Configuração do sistema
Fonte: Autor, (2019)



Figura 5 – Pulseira vibrátil
Fonte: Autor, (2019)

Os dispositivos vibráteis, Figura 5, estão localizados 1 (um) em cada braço do atleta. Esta pulseira contém uma placa ESP01 com uma placa desenvolvida para acoplar a bateria e o motor, de acordo com a figura 6, além do envólucro impresso em 3D para

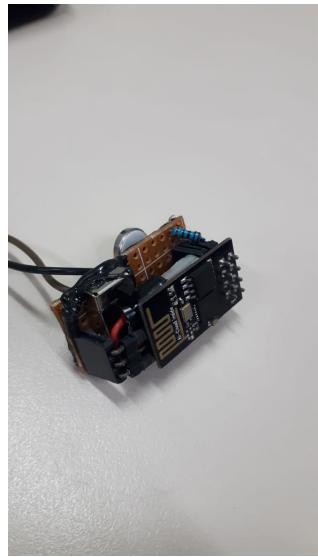


Figura 6 – Placa ESP32

Fonte: Autor, (2019)

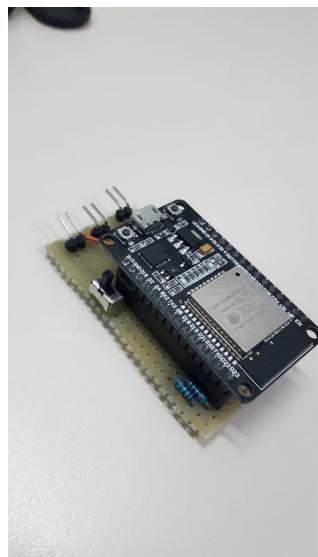


Figura 7 – Placa ESP01

Fonte: Autor, (2019)

proteger o dispositivo. Para isto desenhou-se em um software de projetos um modelo que encaixasse em uma pulseira de relógio e que coubesse o ESP01 com uma placa desenvolvida para acoplar a bateria. Porém definiu-se mais 2 pontos para comando das informações necessárias durante a prova de atletismo (Costas e barriga do atleta).

O celular envia o comando ao ESP32 via *bluetooth*, informando aonde e como deve vibrar para passar a informação correta ao atleta. Caso seja nas costas ou barriga, o próprio ESP32 aciona o motor, enviando-se o comando ao ESP01 correspondente ao braço correto. Estes dispositivos vibráteis implementam o código linguístico que tem a função de orientar o atleta na pista. Para comandá-los desenvolveu-se uma placa para encaixar o ESP32 com duas saídas para os motores, por meio de fio, mostrada na figura 7. Criou-se também

um código para, ao receber a informação do celular, distribuir a informação por meio de vibração para o local desejado.

3.2.2 Sistema de Localização

Devido a complexidade do sistema de localização e principalmente ao recente avanço dos hardwares simulou-se o sistema de localização por meio de um aplicativo que manualmente envia as informações necessárias para o atleta.

4 Código linguístico

4.1 Resultados

4.1.1 Desenvolvimento de software/hardware de avaliação de sensibilidade

Desenvolveu-se um software e um hardware capaz de avaliar por meios dos métodos psicofísicos descritos no item 2.4, a sensibilidade das pessoas em relação a vibração. Esse software foi desenvolvido em Linguagem G e funciona de acordo com a Figura 8.

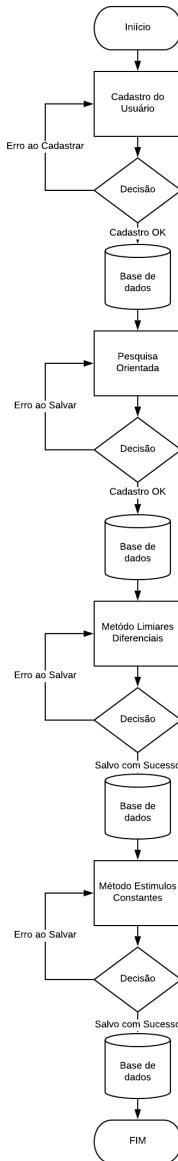


Figura 8 – Fluxograma do software
Fonte: Autor, (2019)

O usuário teve o acompanhamento de um sociólogo para realizar todos os testes, já que muitos são deficientes visuais. O primeiro passo é realizar um cadastro com seus dados, nome, telefone, idade, grau de deficiência, atleta ou guia. Depois realizou-se o questionário do Anexo A, para entendermos as necessidades, relacionadas à comunicação, dos atletas pela visão deles e dos guias. Realizou-se estes testes com 27 usuários (3 guias e 24 atletas).

4.1.2 Análise estatística de questionários aplicados à atletas visando estabelecer código linguístico

O objetivo do trabalho está focado em auxiliar o deficiente visual durante a corrida, tendo segundo a pesquisa, posição e distância como principais informações (Figura 9). Mesmo assim questionou-se sobre as informações antes (Figura 10) e depois (Figura 11) da corrida para verificar se existia algo de grande importância, porém todas as atividades não comprometem a autonomia que o projeto visa dar ao atleta durante a prova.

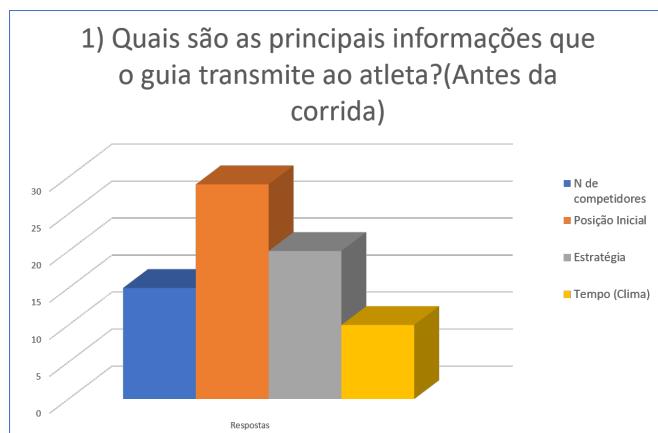


Figura 9 – Antes da corrida

Fonte: Autor, (2019)

Depois de entendido as principais necessidades durante a corrida, buscou-se entender de que forma aconteciam as informações transmitidas pelo guia, via cordão ou comando de voz e, ainda, se esta forma atende totalmente a necessidade dos usuários. O posicionamento hoje na pista é realizado pelo guia por meio do cordão e comando de voz (Figura 12), e segundo os entrevistados atende de forma excelente a necessidade da atividade (Figura 13).

O incentivo durante a prova, por sua vez, é realizado apenas por comando de voz (Figura 14) e está classificado pelos usuários como regular, por maioria (Figura 15). Sendo assim uma ótima oportunidade para entrar no código linguístico a ser proposto.

A posição atual, segundo os entrevistados, é informada de forma verbal (Figura 13) e

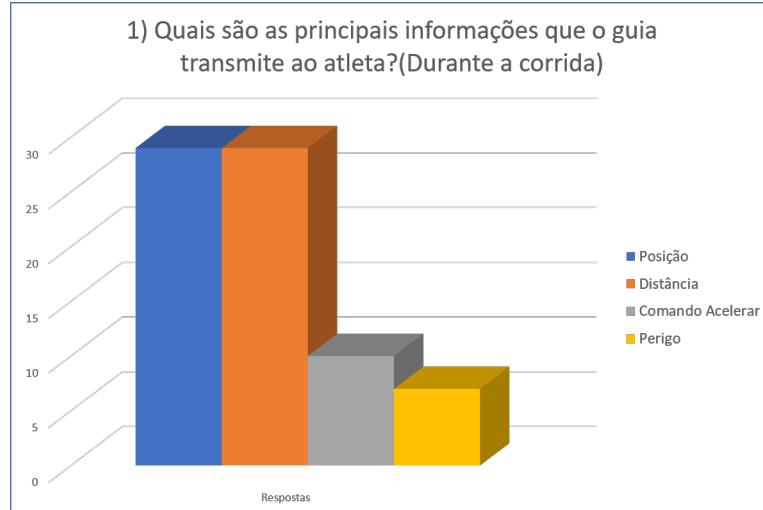


Figura 10 – Durante a corrida

Fonte: Autor, (2019)

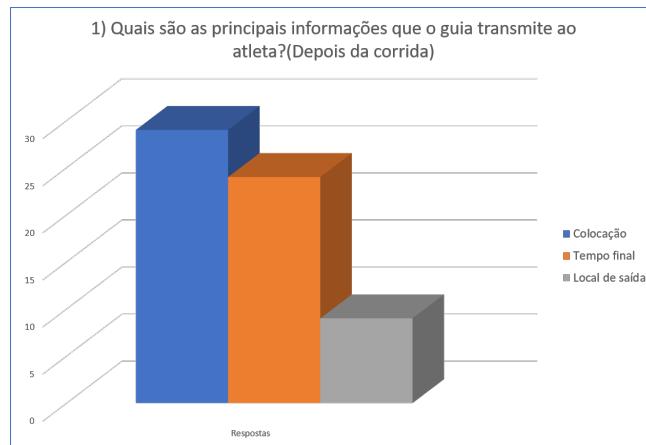


Figura 11 – Após a corrida

Fonte: Autor, (2019)



Figura 12 – Posicionamento na pista

Fonte: Autor, (2019)

atende de forma excelente segundo a maioria (Figura 16).

A orientação para acelerar (Figura 18) e manter o ritmo (Figura 20) também são informadas por comando de voz e por maioria também atendem de forma excelente (Figura 19 e

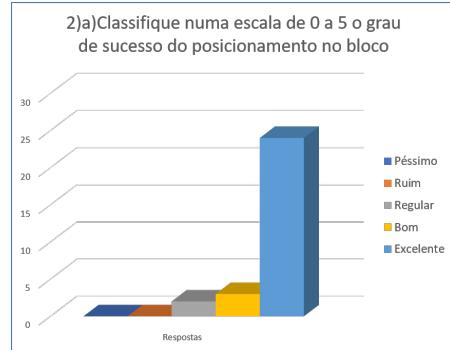


Figura 13 – Classificação do posicionamento
Fonte: Autor, (2019)

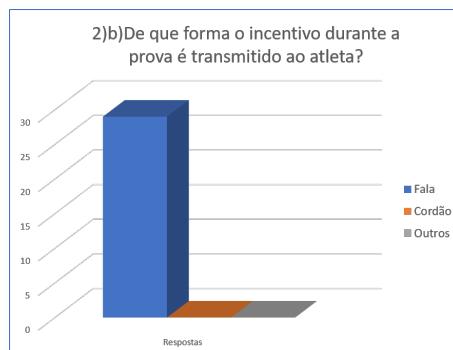


Figura 14 – Incentivo durante a prova
Fonte: Autor, (2019)

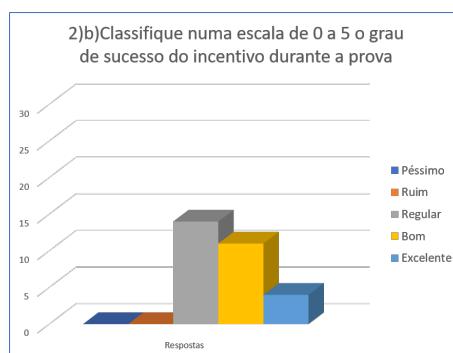


Figura 15 – Classificação do incentivo
Fonte: Autor, (2019)

21).

A informação de aproximação de adversários, transmitida via comando de voz (Figura 22), já é algo bem complexo. Segundo os entrevistados, poucas vezes o guia, que já tem muitas atividades(desde correr a conduzir o atleta no mesmo ritmo), consegue prestar atenção em adversários que estão se aproximando e avisar em tempo hábil para reação. Sendo assim, esse item foi classificado como regular pela maioria (Figura 23).

A orientação, por comando de voz (Figura 24 e 25), de distância para concluir a prova também precisa ser melhorada segundo os atletas. É uma informação de extrema impor-

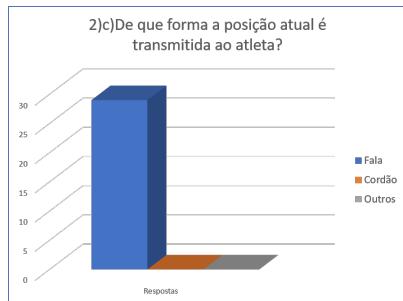


Figura 16 – Posição Atual
Fonte: Autor, (2019)

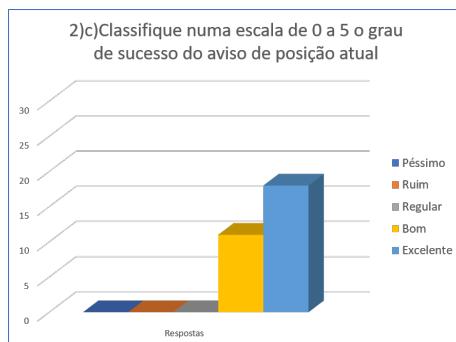


Figura 17 – Classificação da posição atual
Fonte: Autor, (2019)

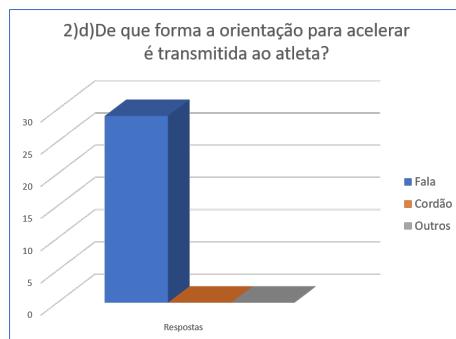


Figura 18 – Orientação para acelerar
Fonte: Autor, (2019)

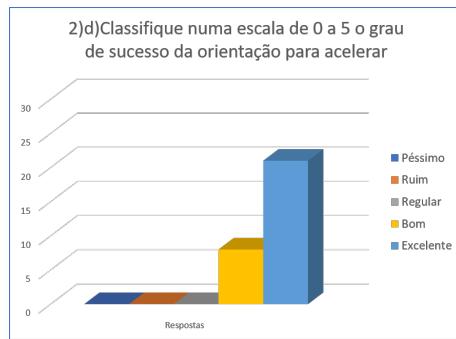


Figura 19 – Classificação da orientação para acelerar
Fonte: Autor, (2019)



Figura 20 – Orientação para manter o ritmo
Fonte: Autor, (2019)

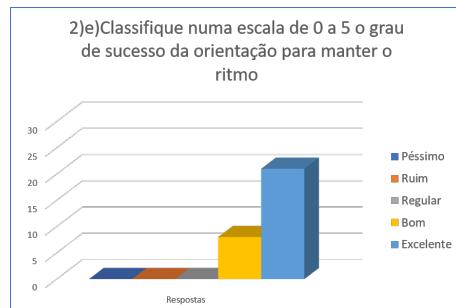


Figura 21 – Classificação da orientação para manter o ritmo
Fonte: Autor, (2019)

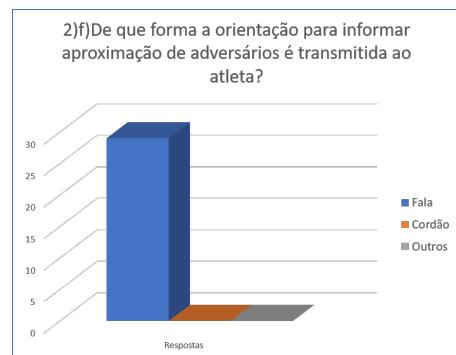


Figura 22 – Informação de aproximação de adversários
Fonte: Autor, (2019)

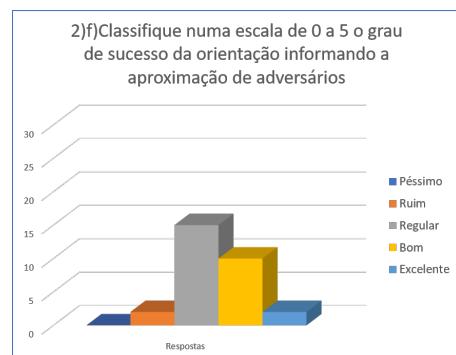


Figura 23 – Classificação da informação de aproximação de adversários
Fonte: Autor, (2019)

tância que hoje é recebida segundo os entrevistados com palavras como "falta pouco", "está chegando", o que atrapalha as vezes algumas estratégias criadas durante a prova.

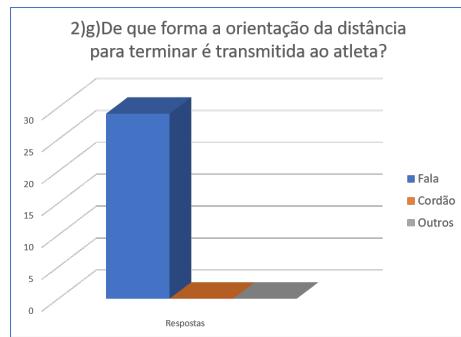


Figura 24 – Orientação da distância para concluir a prova
Fonte: Autor, (2019)

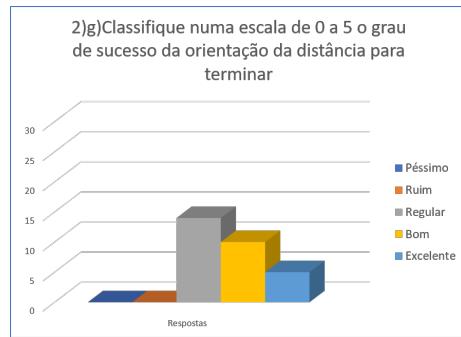


Figura 25 – Classificação da orientação de distância para conclusão
Fonte: Autor, (2019)

Em busca de descobrir os comandos mais importantes para incluir no código linguístico, questionou-se na pesquisa quais seriam os comandos mais importantes para um atleta ter um bom resultado na corrida, e obtivemos o resultado mostrado na Figura 26.

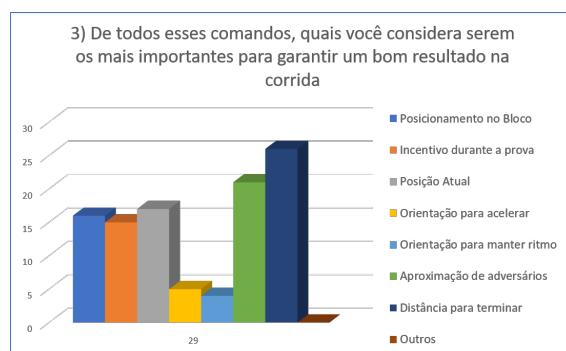


Figura 26 – Comandos mais importantes
Fonte: Autor, (2019)

Outro questionamento realizado foi relacionado aos fatores que dificutam a comunicação no ambiente da prova. Os fatores relatados foram barulho de trânsito, barulho na pista ou

arquibancada, e o que teve maior quantidade de relatos foi o barulho de comando de voz de outros atletas com seus guias, mostrado na Figura 27.

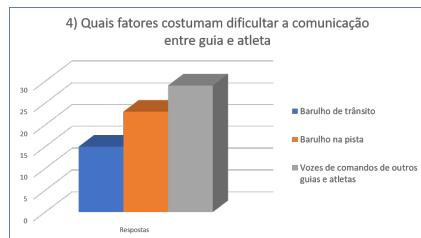


Figura 27 – Fatores que dificultam a comunicação

Fonte: Autor, (2019)

A implementação de um dispositivo ganhou interesse de boa parte dos participantes da pesquisa, segundo o gráfico mostrado na Figura 28. Tendo uma boa aceitação e um indicativo de necessidade pelos atletas.

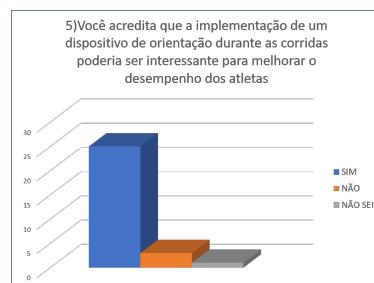


Figura 28 – Implementação de dispositivo

Fonte: Autor, (2019)

Com todas as informações analisadas obteve-se o código linguístico da tabela 3 como resultado. Estes comandos foram definidos a partir de pesquisas e testes de validação com os participantes da pesquisa. Participaram desta validação 5 atletas deficientes visuais.

Tabela 3 – Tabela de comandos 1

Comando	Significado
Vibrar pulseira esquerda	Virar suavemente à esquerda
Vibrar pulseira direita	Virar suavemente à direita
Não vibrar	Movimentar-se para frente
Vibrar na frente de forma crescente	Acelerar para ultrapassar o adversário
Vibrar nas costas de forma crescente	Acelerar para o adversário não ultrapassar
Vibrar na frente de forma decrescente	Aproximando do adversário
Vibrar nas costas de forma decrescente	Adversário se distanciando
Vibrar os 4 motores simultaneamente	Avançou mais 100 Metros

Após isso aplicou-se os métodos de estímulação vibrátil. A intenção da resposta da aplicação do Método do estímulo constante é verificar se ao mudar um estímulo com outro já sendo aplicado, a pessoa é capaz de perceber essa mudança, principalmente se foi maior ou menor que o padrão. Já a intenção da resposta da aplicação do Método dos limiares diferenciais é entender a partir de qual diferença entre as potências é possível perceber que está sendo aplicado um estímulo diferente.

Esse *software* retorna os resultados em uma planilha, armazenando as respostas dos entrevistados, e principalmente a resposta de sensibilidade para análise. Como, por exemplo, o resultado de um teste aplicado, sendo a Tabela 4 a resposta do Método dos limiares diferenciais e a Tabela 5 do Método do estímulo constante. A potência incrementada e decrementada em cada testes estão descritas nas tabelas.

Tabela 4 – Método dos limiares diferenciais

Primeira potência (Bit)	Po- tência	Segunda potência	Po- tência	Resposta
135		140		Maior
150		140		Menor
135		135		Igual
135		160		Maior

Tabela 5 – Método dos estímulos constantes

Primeira potência (Bit)	Po- tência	Segunda potência	Po- tência	Resposta
135		136		Sem diferença
135		137		Sem diferença
135		138		Sem diferença
135		139		Sem diferença
135		140		Sem diferença
135		141		Sem diferença
135		142		Sem diferença
135		143		Sem diferença
135		144		Sem diferença
135		145		Há diferença

Se analisarmos os resultados, iniciando pelo primeiro método apresentado na Tabela 5, a pessoa conseguiu reconhecer a diferença entre a maior e a menor potência de vibração do motor, assim como reconhecer no momento em que não houve variação.

Analizando o segundo resultado, Tabela 6, a pessoa só conseguiu distinguir diferença de potência a partir de uma diferença de 10. Definiu-se a partir deste resultado que para aplicar a vibração crescente no atleta teremos que aumentar de 10 em 10 bits, e esta

mesma variação servirá para forma decrescente.

4.1.3 Desenvolvimento de software para validação

Desenvolveu-se um software para *smartphone* em android com intuito de validar o código linguístico definido. Este serviu para manualmente passar informações para o atleta durante a prova e verificar se o mesmo respondeu aos estímulos de forma correta. Todo o código linguístico foi testado como mostra a figura 27, e verificou-se se o atleta correspondeu com o resultado esperado.

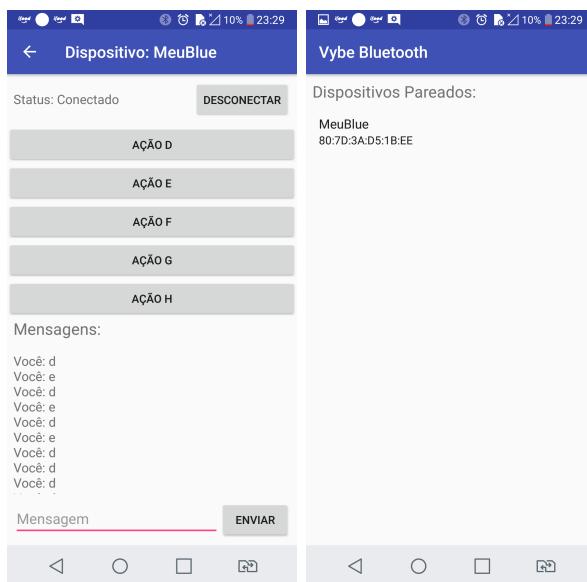


Figura 29 – Aplicativo Android
Fonte: Autor, (2019)

O primeiro passo é selecionar o dispositivo bluetooth MeuBlue que corresponde ao ESP32, e a partir daí aparecem 5 botões para seleção, sendo estes:

- d = comando Curvar à direita
- e = comando Curvar à esquerda
- f = comando Aproximando-se de alguém à frente
- g = comando Alguém aproximando-se por trás
- h = Você avançou mais 100 metros

Utilizando este código linguístico realizou-se os seguintes procedimento de testes:

- Procedimento de teste 1

Objetivo: Testar as áreas sensíveis para comando direita e esquerda

Descrição da atividade (Comando 1 e 2 - Curvar à direita e esquerda):Testar com 5 atletas e em 3 posições diferentes nos braços para verificar qual o local a vibração é mais perceptível no momento da corrida.

Local: Quadra de esportes da Vila Olímpica de Manaus-AM.

Resultado: Realizou-se testes na região do ombro, acima do cotovelo e no pulso, sendo este último o local definido por unanimidade como mostra a figura 28.



Figura 30 – Posição Pulseira

Fonte: Autor, (2019)

Obs: Estes testes foram aplicados por meio do envio de comandos do aplicativo para o ESP32 e em seguida enviado para o ESP01 respectivo à posição desejada.

- Procedimento de teste 2

Objetivo: Testar as áreas sensíveis durante a corrida para os comandos que envolvem vibração na frente e atrás do atleta

Descrição da atividade (Comando 3, 4 e 5 - Aproximação e avanço mais 100 m):Testar com 5 atletas e 2 posições diferentes na frente e atrás do corpo para verificar qual o local a vibração é mais perceptível no momento da corrida.

Local: Quadra poliesportiva da Vila Olímpica de Manaus-AM.

Resultado: O local definido por unanimidade foi acima do peito como mostram as figuras 29 e 30.



Figura 31 – Posição Frente
Fonte: Autor, (2019)



Figura 32 – Posição Frente Atleta 2
Fonte: Autor, (2019)

Obs: Estes testes foram aplicados por meio do envio de comandos do aplicativo para o ESP32.

- Procedimento de teste 3

Objetivo: Testar cada comando do código linguístico separadamente para verificar reação do atleta

Descrição da atividade : Testar com 5 atletas todos os comando separadamente e verificar se a resposta equivale a informação enviada, sendo observado o movimento e solicitado confirmação verbal do atleta da interpretação do sinal.

Local: Pista de atletismo da Vila Olímpica de Manaus-AM.

Resultado: 100% dos atletas identificaram todos os comandos enviados após 15 minutos de treinamento prévio, porém para os comandos de curvar à direita e esquerda houve grande dificuldade para o atleta saber determinar o grau desta inclinação tendo assim resultados não tão satisfatórios com este curto tempo de treinamento.

Obs: Estes testes foram aplicados por meio do envio de comandos do aplicativo para o ESP32 e em seguida enviado para o ESP01 respectivo à posição desejada.

- Procedimento de teste 4

Objetivo: Testar comando de aproximação do código linguístico para verificar se o atleta sente a alteração da potência de vibração para baixo e para cima.

Descrição da atividade :Testar com 5 atletas comandos em que existe uma variação de potência do motor aplicando no peito e nas costas do atleta e solicitando confirmação da interpretação do sinal.

Local: Pista de atletismo da Vila Olímpica de Manaus-AM.

Resultado: De 35 comandos enviados aos 5 atletas, 31 foram interpretados de forma correta, entendeu-se que nos casos em que não ocorreu a tradução correta de sinal deveu-se a uma folga do dispositivo por consequência do protótipo escorregar no suor do atleta. O protótipo utilizado é mostrado na figura 31.

Obs: Estes testes foram aplicados por meio do envio de comandos do aplicativo para o ESP32 e em seguida enviado para o ESP01 respectivo à posição desejada.

- Procedimento de teste 5

Objetivo: Realizar uma corrida sem guia com as informações enviadas manualmente.

Descrição da atividade :Realizar uma corrida sem guia com 5 atletas enviando as informações de acordo com a necessidade de forma manual por meio de aplicativo.

Local: Pista de atletismo da Vila Olímpica de Manaus-AM.



Figura 33 – Teste em pista

Fonte: Autor, (2019)

Resultado: Inicialmente atestou-se que as informações de aproximação de atletas e de metros percorridos estavam bem perceptíveis e interpretadas por todos os atletas. Porém como já havia sido percebido no procedimento 3, os atletas estavam tendo dificuldades em saber o quanto inclinar em cada sinal recebido, realizou-se nesta etapa um teste de diminuição da potência do motor quando necessitasse de uma inclinação menor, e mesmo assim ainda ocorria o mesmo problema. A partir daí, definiu-se então realizar um treino de aproximadamente 5 horas para que os atletas pudessem se acostumar com o uso da tecnologia desenvolvida e partir disto tivemos um ótimo resultado, onde todos os atletas conseguiram concluir a prova de 100, 200 e 400 metros utilizando apenas 2 raias.

Obs: Estes testes foram aplicados por meio do envio de comandos do aplicativo para o ESP32 e em seguida enviado para o ESP01 respectivo à posição desejada. Todos os códigos fonte referentes aos dispositivos ESP32, ESP01 e aplicativo Android estão localizados nos anexos B, C, D e E.

5 Conclusão

Com este trabalho tem-se como principal conclusão a viabilidade do dispositivo e a total aceitação do código definido, faltando assim muito pouco para conseguir chegar em um produto final. Porém antes de chegarmos a esta conclusão muitos pontos foram observados durante o processo de desenvolvimento. Estes pontos nos fizeram ter uma nova visão sobre os atletas deficientes visuais no esporte, como por exemplo, durante os testes ficou claro que os atletas já tem uma noção muito boa da corrida em linha reta, talvez nem precisem de guia no esporte em corrida de 100 m, porém por convenção acabam tendo que correr acompanhados.

Chegou-se a conclusão que a modalidade corrida em pista pode ser mudada para receber esta tecnologia. Os atletas e guias receberam bem a ideia do projeto e durante os testes afirmaram sentir uma autonomia maior com a informação recebida pelos dispositivos vibráteis, bem como elogiaram o fato de poderem parar de se preocupar com a sincronia da corrida com o guia e poder focar apenas em melhorar o tempo de prova.

A conclusão foi que o código linguístico e o hardware desenvolvido atendem as expectativas dos usuários, precisando em trabalhos futuros desenvolver um software com precisão para garantir que o código linguístico seja aplicado de forma autônoma.

Os objetivos específicos e geral deste trabalho foram alcançados após diversas dificuldades principalmente na forma de validação do código linguístico. Foram necessárias mudanças de hardware e software durante todo o processo, porém os problemas trouxeram novas ideias que tornaram o protótipo muito mais próximo de um produto do que inicialmente idealizado. Um grande exemplo de um item de melhoria é criar uma peça de tecido parecido com um top feminino de ginástica para acoplar os dispositivos de vibração nas costas e no peito de forma mais confortável.

Sentiu-se a necessidade de uma versão do Aplicativo desenvolvido com acessibilidade (Comando de voz), para que os próprios usuários possam fazer as seleções necessárias. Em algumas conversas com o usuário também foi idealizado uma outra versão de software que possibilitasse que eles escolhessem um local em um mapa na cidade por meio de comando de voz e os dispositivos vibrassem para avisá-los aonde dobrar no caminho.

Referências

- Aciem, Tania M.; MAZZOTTA, J. S. Autonômia pessoal e social de pessoas com deficiência visual após reabilitação. *Revista Brasileira de Oftalmologia*, v. 72, n. 4, 2013. Citado na página 16.
- A.C.Lima et al. Análise comparativa entre a sensibilidade tâtil de pessoas cegas e videntes. *III Congresso Latino Americano de Engenharia Biomédica João Pessoa*, 2004. Citado na página 21.
- Al-Zayer, M. et al. Exploring the use of a drone to guide blind runners. *Reno*, p. 23–26, 2016. Citado na página 22.
- Aqeel, K. et al. Efficient exploration and recognition of convex objects based on haptic perception. In: *International Conference on Robotics and Biomimetics*. [S.l.]: IEEE International Conference, 2017. Citado na página 22.
- BORING, E. G. *Sensation and perception in the history of experimental psychology*. 3. ed. New York: Appleton-Century-Crofts, 1942. Citado na página 22.
- Filgueiras, T. S. et al. Wearable smart system for visually impaired people. *Sensors*, 2018. Citado na página 22.
- FRITZ, J. P.; BANER, K. E. Design of a haptic data visualization system for people with visual impairments. *IEEE*, v. 7, p. 372–384, 1999. Citado na página 21.
- GOLDEMBERG, M. "entrevistas e questionários" *n* : "a arte de pesquisar : como fazer pesquisa qualitativa em ciências sociais". p.521~553, 2004. Citado na página 26.
- Greguol, M. Atividades físicas e esportivas e pessoas com deficiências. *Relatório Nacional de Desenvolvimento Humano do Brasil 2017*, v. 1, 2017. Citado na página 16.
- Pieralisi, M. et al. An electromagnetic sensor for the autonomous running of visually impaired and blind athletes (part i: The fixed infrastructure). *Sensors*, 2017. Citado na página 23.
- Rita GIGCH, J. P.; PIPINO, L. L. In search for a paradigm for the discipline of information systems. *Future Computing Systems*, v. 1, n. 1, p. 71–97, 2000. Citado na página 16.
- SCHIEDER, T. et al. Towards a tunable tactile communication system: concept and first experiments. neural networks for signal processing. *IEEE*, p. 767–776, 2002. Citado na página 21.
- SILVA Ana L. Pereira and M. A.; PEREIRA, O. O valor do atleta com deficiência. estudo centrado na análise de um periódico português. *REV PORT CIEN DESP*, p. 65–77, 2004. Citado na página 16.
- STATT, D. A. *Introdução a psicologia*. São Paulo: Harbra, 1997. Citado na página 21.

Anexos

ANEXO A – Questionário

Perguntas				
1) Quais são as principais informações que o guia transmite ao atleta?				
Antes da Corrida		Durante a Corrida		Depois da corrida
2) II) De que forma as informações a seguir são transmitidas ao atleta? Classifique numa escala de 0 a 5 o grau de sucesso desses comandos:				
a) Posicionamento no bloco da pista				
Fala		Voz	Cordão	
Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Excelente
b) Incentivo durante a prova				
Fala		Voz	Cordão	
Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Excelente
c) Posição de momento				
Fala		Voz	Cordão	
Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Excelente
d) Orientação para acelerar				
Fala		Voz	Cordão	
Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Excelente
e) Orientação para manter o ritmo				
Fala		Voz	Cordão	
Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Excelente
f) Posicionamento instantâneo na pista				
Fala		Voz	Cordão	
Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Excelente
g) Identificação dos atletas à frente e atrás				
Fala		Voz	Cordão	
Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Excelente
h) Distância para terminar				
Fala		Voz	Cordão	
Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Excelente
i) Outros... Quals e como?				
3) De todos esses comandos, quais você considera serem os mais importantes para garantir um bom resultado na corrida				
4) Quais fatores costumam dificultar a comunicação entre guia e atleta				
4.1) O que você acha que poderia ser feito para melhorar?				
5) Você acredita que a implementação de um dispositivo de orientação durante as corridas poderia ser interessante para melhorar o desempenho dos atletas				
Sim	não	não sei		
6) Que tipo de informação ou comando você acrescentaria no dispositivo de orientação que, atualmente, não são contemplados pelos guias				

ANEXO B – Código fonte ESP32

```
BluetoothSerial SerialBT;

void setup()
{
    Serial.begin(115200);
    SerialBT.begin("MeuBlue"); //Bluetooth device name

    pinMode(23, OUTPUT); //Definimos o pino 22 (LED) como saída.
    pinMode(22, OUTPUT); //Definimos o pino 23 (LED) como saída.

    ledcAttachPin(23, 0); //Atribuimos o pino 23 ao canal 0.
    ledcSetup(0, 1000, 8); //Atribuimos ao canal 0 a frequencia de 1000Hz com resolucao de 8bits.

    ledcAttachPin(22, 1); //Atribuimos o pino 22 ao canal 1.
    ledcSetup(1, 1000, 8); //Atribuimos ao canal 1 a frequencia de 1000Hz com resolucao de 8bits.

    //ledcAttachPin(23, 2); //Atribuimos o pino 23 ao canal 2.
    //ledcAttachPin(22, 2); //Atribuimos o pino 22 ao canal 2.
    //ledcSetup(2, 1000, 8); //Atribuimos ao canal 1 a frequencia de 1000Hz com resolucao de 8bits.
}

String vl;

void vibracao(int potencia, int subida, int decida ,int canal , int repeticoes)
{
    int i = 0 ;
    while(i <= repeticoes )
    {
        for (int i = 0; i < potencia ; i++)
        {
```

```
    ledcWrite(canal, i);//Escrevemos no canal 0, o duty cycle "i".
    delayMicroseconds(subida);
}

for (int i = potencia; i >= 0 ; i--)
{
    ledcWrite(canal, i);//Escrevemos no canal 0, o duty cycle "i".
    delayMicroseconds(decida);
}
i++;
delay (1000);
}

}

void loop()
{
char c;

while(SerialBT.available()>0)
{

c = SerialBT.read();
vl+= c;

if ( c == 'd')
{
    vibracao(255, 500,100 , 0 , 2);

}

if ( c == 'e')
{
    vibracao(255, 500,100 , 1 , 2);
}
```

```
    }

    if ( c == 'f')
    {

        vibracao(255, 500,50 , 0 , 1);

        delay (100);

        vibracao(220, 500,50 , 0 , 1);

        delay (100);

        vibracao(200, 500,50 , 0 , 1);

        delay (100);

        vibracao(180, 500,50 , 0 , 1);

        delay (100);

    }

    if ( c == 'g')
    {

        vibracao(180, 500,50 , 1 , 1);

        delay (100);

        vibracao(200, 500,50 , 1 , 1);

        delay (100);

        vibracao(220, 500,50 , 1 , 1);

        delay (100);

        vibracao(255, 500,50 , 1 , 1);

        delay (100);

    }

    if ( c == 'h')
    {

        vibracao(255, 500,100 , 2 , 1);

    }

}
```

ANEXO C – ESP01 DIREITA

```

//-----
#include <Wire.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
//-----
// Defining I/O Pins
//-----
#define LED0 2 // WIFI Module LED
#define LED1 D0 // Connectivity With Client #1
#define LED2 D2 // Connectivity With Client #2
#define BUTTON D1 // Connectivity Reinitiate Button
#define TWI_FREQ 400000L // I2C Frequency Setting To 400KHZ

#define LED0 3 // WIFI Module LED
#define LED1 2 // Connectivity With Client #1
//-----
// BUTTON Variables
//-----
int ButtonState;
int LastButtonState = LOW;
int LastDebounceTime = 0;
int DebounceDelay = 50;
const String ButtonColor = "BLU";
//-----
// LED Delay Variables
//-----
int LEDState = LOW;
unsigned long CurrMillis = 0;
unsigned long PrevMillis = 0;
unsigned long Interval = 1000;
//-----
// Authentication Variables

```

```
//-----
char*    TKDssid;
char*    TKDpassword;
IPAddress  TKDServer(192,168,4,1);
WiFiClient  TKDClient;
//=====
=====

void setup()
{
/* -----
 * Setting The I2C Pins SDA, SCL
 * Because We Didnt Specify Any Pins The Default
 * SDA = D4 <GPIO2>, SCL = D5 <GPIO14> For ESP8266 Dev Kit Node MCU v3
----- */
// Wire.begin();          // Begginning The I2C

// Setting Up The I2C Of The MPU9250 -----
// Wire.setClock(TWI_FREQ);    // Setting The Frequency MPU9250 Require

// Setting The Serial Port -----
Serial.begin(115200);      // Computer Communication

// Setting The Mode Of Pins -----
pinMode(2, OUTPUT);        // WIFI OnBoard LED Light
pinMode(3, OUTPUT);
digitalWrite(2, HIGH);//
//pinMode(LED2, OUTPUT);    // Indicator For Client #2 Connectivity
//pinMode(BUTTON, INPUT_PULLUP); // Initiate Connectivity
//digitalWrite(LED0, HIGH);   // Turn WiFi LED Off
```

```
// Print Message Of I/O Setting Progress -----
Serial.println("\nI/O Pins Modes Set .... Done");

// Starting To Connect -----
WiFi.mode(WIFI_STA);      // To Avoid Broadcasting An SSID
WiFi.begin("MEUWIFI","cnpq2018");    // The SSID That We Want To Connect To

// Printing Message For User That Connection Is On Process -----
Serial.println("!-- Connecting To " + WiFi.SSID() + " ---!");

// WiFi Connectivity -----
CheckConnectivity();        // Checking For Connection
digitalWrite(2, HIGH);     // Turn WiFi LED Off
// Stop Blinking To Indicate Connected -----
//digitalWrite(LED0, !HIGH);
Serial.println("!-- Client Device Connected --!");

// Printing IP Address -----
Serial.println("Connected To : " + String(WiFi.SSID()));
Serial.println("Signal Strength : " + String(WiFi.RSSI()) + " dBm");
Serial.print ("Server IP Address : ");
Serial.println(TKDServer);
Serial.print ("Device IP Address : ");
Serial.println(WiFi.localIP());

// Connecting The Device As A Client -----
TKDRequest();
}

=====
```

```
void loop()
{
    ReadButton();

}

//=====
=====

void ReadButton()
{
    //Serial.print("+");
    //Serial.println ("...waiting message...");
    //delay(1000);
    if (TKDClient.available()) {
        Serial.println("entrou no TKDClient.available()");
        delay(100);

        char c = TKDClient.read();
        Serial.println(c);

        Serial.println("Esperando para receber a informação");
        delay(100);

        if(c == 'd')
        {
            digitalWrite(2,LOW);//ativa por logica inversa no CIRCUITO
```

```
    }

    else if (c == 'e')
    {

        digitalWrite(2,HIGH);//desativa por logica inversa no CIRCUITO

    }

    else if(c == 'g')//geofensing
    {

        digitalWrite(2,LOW);//ativa por logica inversa no CIRCUITO

    }

    else if(c == 's')//geofensing
    {

        digitalWrite(2,HIGH);//ativa por logica inversa no CIRCUITO

    }

}

if (!TKDClient.connected()) {

    Serial.println();
    Serial.println("disconnecting.");
    TKDClient.stop();
    for(;;)
    {
    }
    TKDClient.flush();
    delay(100);

}

//=====
=====

void CheckConnectivity()
```

```
{  
    while(WiFi.status() != WL_CONNECTED)  
    {  
        for(int i=0; i < 10; i++)  
        {  
            //digitalWrite(LED0, !HIGH);  
            //delay(250);  
            //digitalWrite(LED0, !LOW);  
            delay(500);  
            Serial.print(".");  
        }  
        Serial.println("");  
    }  
  
//=====  
=====  
  
void TKDRequest()  
{  
    // First Make Sure You Got Disconnected  
    TKDClient.stop();  
  
    // If Sucessfully Connected Send Connection Message  
    if(TKDClient.connect(TKDServer, 23))  
    {  
        Serial.println ("CONNECTED>");  
    }else{  
        Serial.println ("Cliente UNCONNECTED>");  
    }  
}
```

ANEXO D – Código fonte ESP01 ESQUERDA

```

//-----
#include <Wire.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
//-----
// Defining I/O Pins
//-----
#define LED0 2 // WIFI Module LED
#define LED1 D0 // Connectivity With Client #1
#define LED2 D2 // Connectivity With Client #2
#define BUTTON D1 // Connectivity Reinitiate Button
#define TWI_FREQ 400000L // I2C Frequency Setting To 400KHZ

#define LED0 3 // WIFI Module LED
#define LED1 2 // Connectivity With Client #1
//-----
// BUTTON Variables
//-----
int ButtonState;
int LastButtonState = LOW;
int LastDebounceTime = 0;
int DebounceDelay = 50;
const String ButtonColor = "BLU";
//-----
// LED Delay Variables
//-----
int LEDState = LOW;
unsigned long CurrMillis = 0;
unsigned long PrevMillis = 0;
unsigned long Interval = 1000;
//-----
// Authentication Variables

```

```
//-----
char* TKDssid;
char* TKDpassword;
IPAddress TKDServer(192,168,4,1);
WiFiClient TKDClient;

//=====
=====

void setup()
{
/* -----
 * Setting The I2C Pins SDA, SCL
 * Because We Didnt Specify Any Pins The Default
 * SDA = D4 <GPIO2>, SCL = D5 <GPIO14> For ESP8266 Dev Kit Node MCU v3
----- */
// Wire.begin();           // Begginning The I2C

// Setting Up The I2C Of The MPU9250 -----
// Wire.setClock(TWI_FREQ);    // Setting The Frequency MPU9250 Require

// Setting The Serial Port -----
Serial.begin(115200);      // Computer Communication

// Setting The Mode Of Pins -----
pinMode(2, OUTPUT);        // WIFI OnBoard LED Light
pinMode(3, OUTPUT);
digitalWrite(2, HIGH);//
//pinMode(LED2, OUTPUT);    // Indicator For Client #2 Connectivity
//pinMode(BUTTON, INPUT_PULLUP); // Initiate Connectivity
//digitalWrite(LED0, HIGH);   // Turn WiFi LED Off
```

```
// Print Message Of I/O Setting Progress -----
Serial.println("\nI/O Pins Modes Set .... Done");

// Starting To Connect -----
WiFi.mode(WIFI_STA);      // To Avoid Broadcasting An SSID
WiFi.begin("MEUWIFI","cnpq2018");    // The SSID That We Want To Connect To

// Printing Message For User That Connection Is On Process -----
Serial.println("!-- Connecting To " + WiFi.SSID() + " ---!");

// WiFi Connectivity -----
CheckConnectivity();        // Checking For Connection
digitalWrite(2, HIGH);     // Turn WiFi LED Off
// Stop Blinking To Indicate Connected -----
//digitalWrite(LED0, !HIGH);

Serial.println("!-- Client Device Connected --!");

// Printing IP Address -----
Serial.println("Connected To : " + String(WiFi.SSID()));
Serial.println("Signal Strength : " + String(WiFi.RSSI()) + " dBm");
Serial.print ("Server IP Address : ");
Serial.println(TKDServer);
Serial.print ("Device IP Address : ");
Serial.println(WiFi.localIP());

// Connecting The Device As A Client -----
TKDRequest();
}

=====
```

```
void loop()
{
    ReadButton();

}

//=====
=====

void ReadButton()
{
    //Serial.print("+");
    //Serial.println ("...waiting message...");
    //delay(1000);
    if (TKDClient.available()) {
        Serial.println("entrou no TKDClient.available()");
        delay(100);

        char c = TKDClient.read();
        Serial.println(c);

        Serial.println("Esperando para receber a informação");
        delay(100);

        if(c == 'd')
        {
            digitalWrite(2,HIGH);//ativa por logica inversa no CIRCUITO
```

```
        }

        else if (c == 'e')

        {

            digitalWrite(2,LOW);//desativa por logica inversa no CIRCUITO


        }

        else if(c == 'g')//geofensing

        {

            digitalWrite(2,LOW);//ativa por logica inversa no CIRCUITO

        }

        else if(c == 's')//parada total

        {

            digitalWrite(2,HIGH);//ativa por logica inversa no CIRCUITO

        }

    }

    if (!TKDClient.connected()) {

        Serial.println();

        Serial.println("disconnecting...");

        TKDClient.stop();

        for(;;)

        {

        }

        TKDClient.flush();

        delay(100);

    }

}

=====
```

```
void CheckConnectivity()
```

```
{  
    while(WiFi.status() != WL_CONNECTED)  
    {  
        for(int i=0; i < 10; i++)  
        {  
            //digitalWrite(LED0, !HIGH);  
            //delay(250);  
            //digitalWrite(LED0, !LOW);  
            delay(500);  
            Serial.print(".");  
        }  
        Serial.println("");  
    }  
  
    //=====  
=====  
  
    void TKDRequest()  
    {  
        // First Make Sure You Got Disconnected  
        TKDClient.stop();  
  
        // If Sucessfully Connected Send Connection Message  
        if(TKDClient.connect(TKDServer, 23))  
        {  
            Serial.println ("CONNECTED>");  
        }else{  
            Serial.println ("Cliente UNCONNECTED>");  
        }  
    }
```

ANEXO E – Código fonte Principal Aplicativo Android

```
package mduarth.com.br.vybebox;

import android.arch.lifecycle.ViewModelProviders;
import android.support.v7.app.AppCompatActivity;
import android.os.Bundle;
import android.text.TextUtils;
import android.view.MenuItem;
import android.widget.Button;
import android.widget.EditText;
import android.widget.TextView;
import mduarth.com.br.vybebox.R;

public class CommunicateActivity extends AppCompatActivity {

    private TextView connectionText, messagesView;
    private EditText messageBox;
    private Button sendButton, connectButton, dButton, eButton, fButton, gButton, hButton;

    private CommunicateViewModel viewModel;

    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        // Setup our activity
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_communicate);
        // Enable the back button in the action bar if possible
        if (getSupportActionBar() != null) {
            getSupportActionBar().setDisplayHomeAsUpEnabled(true);
        }
    }
}
```

```
viewModel = ViewModelProviders.of(this).get(CommunicateViewModel.class);

    // This method return false if there is an error, so if it does, we should close.

    if (!viewModel.setupViewModel(getIntent().getStringExtra("device_name"),
        getIntent().getStringExtra("device_mac"))) {
        finish();
        return;
    }

    // Setup our Views

    connectionText = findViewById(R.id.communicate_connection_text);
    messagesView = findViewById(R.id.communicate_messages);
    messageBox = findViewById(R.id.communicate_message);
    sendButton = findViewById(R.id.communicate_send);

    dButton = findViewById(R.id.dButton);
    eButton = findViewById(R.id.eButton);
    fButton = findViewById(R.id.fButton);
    gButton = findViewById(R.id.gButton);
    hButton = findViewById(R.id.hButton);

    connectButton = findViewById(R.id.communicate_connect);

    // Start observing the data sent to us by the ViewModel

    viewModel.getConnectionStatus().observe(this, this::onConnectionStatus);
    viewModel.getDeviceName().observe(this, name ->
        setTitle(getString(R.string.device_name_format, name)));
    viewModel.getMessages().observe(this, message -> {

        if (TextUtils.isEmpty(message)) {
            message = getString(R.string.no_messages);
        }

        messagesView.setText(message);
    });
}
```

```
});

viewModel.getMessage().observe(this, message -> {
    // Only update the message if the ViewModel is trying to reset it
    if (TextUtils.isEmpty(message)) {
        messageBox.setText(message);
    }
});

// Setup the send button click action
sendButton.setOnClickListener(v ->
    viewModel.sendMessage(messageBox.getText().toString()));

dButton.setOnClickListener(v -> viewModel.sendMessage("d"));
eButton.setOnClickListener(v -> viewModel.sendMessage("e"));
fButton.setOnClickListener(v -> viewModel.sendMessage("f"));
gButton.setOnClickListener(v -> viewModel.sendMessage("g"));
hButton.setOnClickListener(v -> viewModel.sendMessage("h"));

}

// Called when the ViewModel updates us of our connectivity status
private void onConnectionStatus(CommunicateViewModel.ConnectionStatus
connectionStatus) {
    switch (connectionStatus) {
        case CONNECTED:
            connectionText.setText(R.string.status_connected);
            messageBox.setEnabled(true);
            sendButton.setEnabled(true);
            connectButton.setEnabled(true);
            connectButton.setText(R.string.disconnect);
            connectButton.setOnClickListener(v -> viewModel.disconnect());
            break;
    }
}
```

```
case CONNECTING:
    connectionText.setText(R.string.status_connecting);
    messageBox.setEnabled(false);
    sendButton.setEnabled(false);
    connectButton.setEnabled(false);
    connectButton.setText(R.string.connect);
    break;

case DISCONNECTED:
    connectionText.setText(R.string.status_disconnected);
    messageBox.setEnabled(false);
    sendButton.setEnabled(false);
    connectButton.setEnabled(true);
    connectButton.setText(R.string.connect);
    connectButton.setOnClickListener(v -> viewModel.connect());
    break;
}

}

// Called when a button in the action bar is pressed
@Override
public boolean onOptionsItemSelected(MenuItem item)
{
    switch (item.getItemId()) {
        case android.R.id.home:
            // If the back button was pressed, handle it the normal way
            onBackPressed();
            return true;

        default:
            return super.onOptionsItemSelected(item);
    }
}
```

```
    }

}

// Called when the user presses the back button
@Override
public void onBackPressed() {
    // Close the activity
    finish();
}
```