



César Henrique Córdova Quiroz

Controle de uma Cadeira de Rodas Baseado em Sistema Operacional *Android*

65/2015

CAMPINAS
2015



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

César Henrique Córdova Quiroz

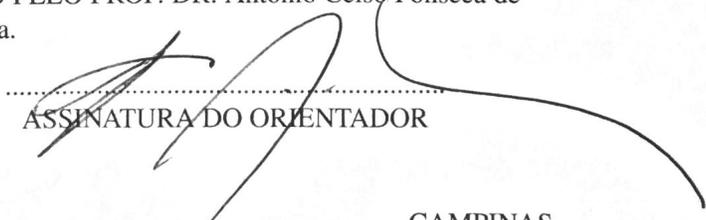
Controle de uma Cadeira de Rodas Baseado em Sistema Operacional *Android*

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica, na Área de Materiais e Processos de Fabricação

Orientador: Prof. Dr. Antonio Celso Fonseca de Arruda
Co-orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Gardel Kurka

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELO ALUNO César Henrique Córdova Quiroz, E ORIENTADO PELO PROF. DR. Antonio Celso Fonseca de Arruda.

.....
ASSINATURA DO ORIENTADOR



CAMPINAS
2015

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Elizangela Aparecida dos Santos Souza - CRB 8/8098

Q86c Quiroz, César Henrique Córdova, 1988-
Controle de uma cadeira de rodas baseado em sistema operacional android /
César Henrique Córdova Quiroz. – Campinas, SP : [s.n.], 2015.

Orientador: Antonio Celso Fonseca de Arruda.
Coorientador: Paulo Roberto Gardel Kurka.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de
Engenharia Mecânica.

1. Androides. 2. Interfaces (Computador). 3. Cadeiras de rodas. I. Arruda,
Antonio Celso Fonseca de, 1948-. II. Kurka, Paulo Roberto Gardel, 1958-. III.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. IV.
Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Control of a wheelchair based on android operational system

Palavras-chave em inglês:

Androids

Interfaces (Computer)

Wheelchair

Área de concentração: Materiais e Processos de Fabricação

Titulação: Mestre em Engenharia Mecânica

Banca examinadora:

Antonio Celso Fonseca de Arruda [Orientador]

Luiz Antonio Daniel

Ely Carneiro de Paiva

Data de defesa: 06-05-2015

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Mecânica

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS E PROCESSOS
DE FABRICAÇÃO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO

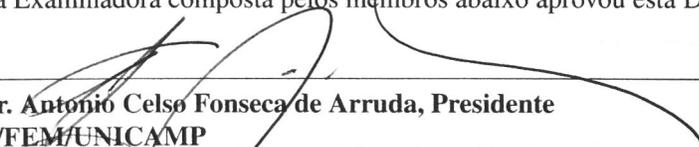
Controle de uma Cadeira de Rodas
Baseado em Sistema Operacional *Android*

Autor: César Henrique Córdova Quiroz

Orientador :Antonio Celso Fonseca de Arruda

Coorientador: Paulo Roberto Gardel Kurka

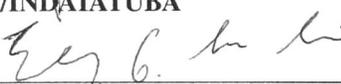
A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Dissertação:



Prof. Dr. Antonio Celso Fonseca de Arruda, Presidente
DEMA/FEM/UNICAMP



Prof. Dr. Luiz Antonio Daniel
FATEC/INDAIATUBA



Prof. Dr. Ely Carneiro de Paiva
DPM/FEM/UNICAMP

Campinas, 06 de Maio de 2015.

Dedicatória

À minha querida e amada, mãe, Nely Córdova Granda, e ao meu pai, César Humberto Quiroz Becerra pela educação aplicada e pelo apoio durante todos os anos.

Agradecimentos

À Deus, minha fonte de força, fé e determinação. E como em todos os dias, agradeço pelo dom da vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Antonio Celso Fonseca de Arruda e Coorientador, Prof. Dr. Paulo Roberto Gardel Kurka, pelo apoio e orientações estabelecidas.

Aos membros das bancas de qualificação, Prof. Dra. Cecília Amélia de Carvalho Zavaglia e Prof. Dr. Ely Carneiro de Paiva.

A toda minha família

Aos amigos e companheiros de laboratório: Guinea, Carol, Alan, Raimundo, Pedro(Tesla), Henrique, Darla, Andrés, Jhon, Cássio, Gaby, Juan e Victor.

A FAPEAM - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas

*Lâmpada para meus pés é a tua palavra, e
luz para meu caminho.*

Salmos 119:105

Resumo

CÓRDOVA QUIROZ, César Henrique. Controle de uma Cadeira de Rodas baseado em Sistema Operacional *Android*. 2015. 83p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

O trabalho desenvolveu um conjunto de ferramentas simples (interface gráfica e comunicação remota) que permitiram o controle e monitoração dos diferentes sensores e atuadores embarcados em uma cadeira de rodas elétrica. A solução encontrada para realizar os comandos necessários, de modo remoto, foi utilizar um dispositivo móvel (smartphone) baseado em sistema operacional *Android*. Os principais aspectos considerados no desenvolvimento foram utilizar o *hardware* e o *software* que propiciaram uma interface de interação entre o usuário e os atuadores presentes na cadeira de rodas. Adicionalmente foi previsto e viabilizada a possibilidade de um acompanhante efetuar comandos, por meio de outro celular móvel, segundo critérios de prioridade inseridos na programação. A opção por utilizar dispositivos móveis convencionais está vinculada com a capacidade de recorrer, por meio de aplicativos específicos, aos diversos recursos (bibliotecas) que são embarcadas em um telefone móvel ou *tablet*. O aplicativo criado utilizou o sistema operacional *Android* pela facilidade de acesso ao código fonte. O aplicativo possibilita o uso dos botões presentes nos *smartphones* para cumprir tarefas de controle direcional e de velocidade. Adicionalmente sensores ultrassônicos, instalados na cadeira, impedem a colisão com obstáculos presentes no trajeto. Os testes realizados demonstraram a eficácia da movimentação da cadeira, do controle de velocidade e da atuação dos sensores de colisão. A proposta inicial de uma cadeira de rodas elétrica a ser utilizada por crianças, foi estendida para adultos, o que foi comprovado em teste realizado com uma pessoa de 80 quilogramas. A velocidade máxima final independente da carga foi de 0,8m/s (2,88km/h). Na programação do aplicativo foi considerado e implementado um controle para impedir o tranco no início da movimentação, objetivando o fator ergonômico do usuário.

Palavras-chave: Cadeira de Rodas, *Android*, Tecnologia Assistiva.

Abstract

CÓRDOVA QUIROZ, César Henrique. Control of a Wheelchair based on *Android* Operational System. 2015. 122p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

The work developed a set of simple tools (graphical user interface and remote communication) that allowed the control and monitoring of different sensors and actuators embedded in a electric wheelchair. The solution to make necessary commands remotely, was to use a mobile device (smartphone) based operating system *Android*. The main aspects considered in the development were using the *hardware* and *software* that provided an interaction interface between the user and actuators in the wheelchair. Additionally it was intended and the possibility of a viable accompanying perform controls by means of another mobile phone according to priority criteria included in the programming. The option to use conventional mobile devices is linked with the capacity to use through specific applications, the various resources (libraries) that are embedded in a mobile phone or *tablet*. The application created used the Android operating system for ease of access to the source code. The application enables the use of buttons present in the textit smartphones to fulfill directional control and velocity. Additionally ultrasonic sensors installed in the chair, prevent collision with obstacles present in the path. The tests demonstrated the effectiveness of the movement of the chair, speed control and the performance of the collision sensors. The initial proposal of an electric wheelchair to be used by children, has been extended to adults, which has been proven in test performed with a person of 80kg. The independent final maximum speed of the load was $0.8m/s$ ou (2,88km/h). In the application programming was considered and implemented a control to prevent stride in the early movement, aiming the ergonomic factor user.

Keywords: Wheelchair, *Android*, Assistive Technology.

Lista de Ilustrações

1.1	Hefestos Smart Wheelchair.	2
2.1	(a) - Diagrama dos dados para reconhecimento de voz e (b) - Método de comando de transmissão entre um dispositivo móvel, um servidor Google e um computador servidor pessoal (JEONG ET AL., 2014).	7
2.2	Modelo de cadeira chinesa A.D conduzida por um homem (DANQUAH-AMOA ET AL., 2013).	9
2.3	Cadeira de rodas impulsionada manualmente (DANQUAH-AMOA ET AL., 2013).	9
2.4	Arquitetura do sistema Android. Adaptado de: (LEE, 2011).	13
2.5	Modelos de celulares com sistema Android. Adaptado de: (LEE, 2011).	15
3.1	Sistema de coordenadas de uma cadeira de rodas com tração diferencial	17
4.1	Processo de desenvolvimento para a programação de aplicativos.	22
4.2	Arquitetura do sistema de comunicação e acionamento.	23
4.3	Placa IOIO-OTG.	24
4.4	Pinos de configuração do sensor SRF05 (PARALLAX, 2014).	26
4.5	Diagrama de tempos do SRF05 e funcionamento (PARALLAX, 2014).	27
4.6	Feixe padrão do SRF05 (PARALLAX, 2014).	27
4.7	Visão superior da cadeira de rodas Jazzy.	28
5.1	Driver de acionamento dos atuadores	29
5.2	Conexões do driver sabertooth	30
5.3	Diagrama de funcionamento da placa de circuito.	31
5.4	Placa de condicionamento de sinal. (DE MELLO SILVA ET AL., 2015)	32
6.1	Bibliotecas com pacotes e dados de informação para comunicação com dispositivo móvel.	34
6.2	Elaboração dos botões para a realização dos comandos da cadeira de rodas.	34
6.3	Etapas das linhas de código durante a programação.	35
6.4	Trajatória percorrida com carga e velocidade máxima inicial.	36
6.5	Trajatória percorrida com carga e velocidade máxima final.	36
6.6	Trajatória percorrida com carga e velocidade reduzida inicial.	37
6.7	Trajatória percorrida com carga e velocidade reduzida final.	37

Lista de Tabelas

2.1	Versões do sistema operacional Android	12
-----	--	----

SUMÁRIO

Lista de Ilustrações	xvii
Lista de Tabelas	xix
SUMÁRIO	xxi
1 Introdução	1
1.1 Motivação	1
1.2 Objetivos	3
1.3 Organização do Trabalho	3
2 Revisão Bibliográfica	5
2.1 Tecnologia Assistiva: objetivos e interpretações	5
2.1.1 Tecnologia assistiva móvel	6
2.2 Histórico Cadeira de Rodas	8
2.2.1 Cadeira de Rodas Elétrica	10
2.3 Introdução ao Android	11
2.3.1 Sistema Android	11
2.3.2 Arquitetura do Android	12
2.3.3 Características do Android	13
2.3.4 Android Market	14
3 Cinemática da Cadeira de rodas	17
3.1 Modelo Cinemático	17
4 Interface entre plataforma Android e Cadeira de Rodas motorizada	21
4.1 Diagrama do Sistema para o Acionamento da Cadeira de Rodas	23
4.2 Interface entre dispositivo móvel e IOIO	24
4.2.1 Sensores Ultrassônicos conectados ao IOIO	25
4.3 Plataforma Motora Jazzy	28

5	Sistema de Controle de Movimento	29
5.1	Driver de acionamento Sabertooth	29
5.2	Geração do Sinal	30
6	Resultados	33
6.1	Elaboração do Aplicativo	33
6.2	Obtenção dos dados de velocidade	35
7	Conclusão e Sugestões para Futuros Trabalhos	39
	Referências	41

1 Introdução

1.1 Motivação

A tecnologia assistiva (TA) representa atualmente uma área em ascensão, motivada principalmente pelo novo paradigma da inclusão social, o qual capacita a participação de pessoas com deficiência nos diversos ambientes da sociedade. Os recursos da TA são primordiais para a mobilidade, atividades relacionadas à aprendizagem, trabalho, comunicação e interação com o mundo.

A crescente demanda da área em nosso país, as pesquisas e projetos de TA ainda são escassos. A abordagem do tema na maior parte das vezes fica restrito aos especialistas envolvidos com pessoas com deficiência, como se esse assunto não coubesse na pauta de discussões e ações de outras áreas do conhecimento (ROCHA ET AL., 2013).

Bersch (2008) detalha que, através de ações propostas pela Secretaria de Educação Especial do MEC, alunos com deficiência matriculados na rede pública de educação devem ter do Estados os recursos de TA favoráveis à sua participação ativa no processo de aprendizado, mas que ainda falta esclarecer como se dará o financiamento da aquisição de TA pela população e instituições educacionais, assim como os procedimentos que induzam à qualificação de recursos humanos para atuar no âmbito da educação.

No Brasil, o público alvo da TA representa o percentual de 23,9% da população nacional, segundo os dados do Censo de 2010 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012). Desse modo representa um crescimento significativo se comparado aos 14,5% registrados no Censo de 2000. Além disso, é importante destacar que o público ao qual a TA se destina também engloba os idosos.

De acordo com Galvão Filho, T. A e Garcia, J. C. D (2012), relata que na Europa é comum o uso dos termos ajudas técnicas ou tecnologia de apoio, duas organizações têm forte influência sobre o conceito e ações relacionados ao tema: o consórcio EUSTAT (Empowering Users Through Assistive Technology) e o consórcio EASTIN (Rede Europeia de Informação de Tecnologia de Apoio). O EUSTAT engloba ações e estudos com o foco em produtos e, principalmente, em serviços. O EASTIN, criado em 2004, tem como objetivo a criação de uma rede internacional de informações,

servindo a todos os países europeus.

Recentemente a pesquisa relacionada a TA vem englobando tecnologias para serem adaptáveis ao portador de deficiência e que o usuário possa usufruir da mesma de forma interativa e eficiente, utilizando a tecnologia de informação. Alguns trabalhos desenvolvidos Abascal et al. (2009) e Metsis et al. (2008) indicam que uma das questões chave para alcançar a acessibilidade é o projeto adequado de interface usuário. Nesses trabalhos, os autores afirmam que o projeto de acessibilidade e interface adaptativa é crucial quando precisamos da interação entre o ambiente e o usuário. Foi desenvolvida a *Hefestos Smart Wheelchair* como solução para o suporte a acessibilidade para usuários de cadeiras de rodas com diferentes níveis de deficiência. Integrou-se alguns sensores em uma cadeira de rodas elétrica e uma interface usuário especial utilizando a plataforma *Android* (TAVARES ET AL., 2013), como demonstrada na Figura 1.1 abaixo.



Figura 1.1: Hefestos Smart Wheelchair.

A aplicação integra aplicativos *Android* com os controles da cadeira de rodas, permitindo a operação da cadeira de rodas a partir de *widgets* no visor do dispositivo móvel do usuário.

A partir disto, este trabalho implementa uma proposta de controlar uma cadeira de rodas através de um dispositivo móvel *Android*. São considerados aspectos de *hardware* e *software*. A motivação deste trabalho dentro do contexto da Dissertação de Mestrado é propiciar uma interface que facilite a interação entre o usuário portador de deficiência com o dispositivo móvel e suas tecnologias, enfatizando o desenvolvimento de ferramentas simples que permitam o controle e a monitoração dos diferentes sensores e atuadores nesta categoria de projeto.

1.2 Objetivos

Com base na revisão de trabalhos, optou-se pelo seguinte escopo, representado pelos objetivos abaixo.

○ Objetivo Geral

Controle de uma cadeira de rodas baseado em sistema operacional *Android*, propiciando a inclusão social e independência de pessoas com deficiência física.

○ Objetivos Específicos

Remoção e reformulação dos componentes embarcados da cadeira de rodas *Jazzy*, tais como, joystick, placa de controle embarcada, freios de segurança e cadeira de adulto.

Desenvolver uma interface em ambiente *Android* para controlar uma cadeira rodas remotamente.

Implementação para acionamento de atuadores, sensores de distância e controle de velocidade.

1.3 Organização do Trabalho

O presente documento está organizado da seguinte maneira: O capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica dos assuntos relacionados a tecnologia assistiva, cadeira de rodas e uma introdução ao sistema *Android*. O Capítulo 3 apresenta a cadeira de rodas com direção diferenciável como plataforma e seu modelo cinemático utilizado no projeto. O capítulo 4 apresenta alguns periféricos utilizados no desenvolvimento do trabalho para estabelecer comunicação com o sistema operacional *Android* e a plataforma motora. No capítulo 5 é abordado o sistema de controle de movimento,

tais como Modelo matemático dos atuadores, driver de acionamento *Sabertooth* e geração dos sinais. No capítulo 6 são mostrados os resultados obtidos a partir dos objetivos específicos conforme demonstrados na seção 1.2.

2 Revisão Bibliográfica

Recentemente tem-se desenvolvido trabalhos de tecnologia assistiva nas diversas diferentes áreas do conhecimento, inseridas em diferentes níveis de deficiência. Neste capítulo serão abordados assuntos relacionados a tecnologia assistiva, breve histórico das cadeiras de rodas e introdução ao Sistema Android.

2.1 Tecnologia Assistiva: objetivos e interpretações

Segundo Sartoretto (2014) e Bersch (2008), TA é um termo utilizado para identificar todo o arsenal de recursos e serviços que contribuem para proporcionar ou ampliar habilidades funcionais de pessoas com deficiência e consequentemente promover vida independente e inclusão. Para Bersch e Tonolli, esses recursos são todo ou qualquer equipamento desenvolvido sob medida para aumentar as capacidades funcionais das pessoas com deficiência.

A Pesquisa Nacional de Tecnologia Assistiva (PNTA), viabilizada pela Secretaria de Ciência e Tecnologia para a inclusão social em parceria com o Instituto de Tecnologia Social (ITS Brasil), realizou um levantamento entre os anos 2005-2006, 2007-2008 sobre a inovação na área de TA no Brasil, identificando e caracterizando as instituições que desenvolvem pesquisas e produzem ajudas técnicas ou produtos de apoio (ROCHA ET AL., 2013).

Galvão Filho, T. A e Garcia, J. C. D (2012) analisam os dados obtidos nessa pesquisa, destacando algumas conclusões importantes para a reflexão sobre o contexto da TA no Brasil. Uma delas, está o fato de que a maior parte dos projetos desenvolvidos se concentraram em apenas três estados da união (77% deles entre RS, SP e RJ). Os autores observam, a partir desses números, "a necessidade de que se estudem formas de aumentar a capilaridade e distribuição de ações e pesquisas por todos os territórios nacionais". Torna-se ainda mais importante nos estados do Nordeste, uma vez que, segundo o IBGE (2010), sua população com deficiência representa o segundo maior percentual dentre as regiões brasileiras. Outro fator a destacar identificado na PNTA é que os projetos concentram-se mais em pesquisa (52,2%) do que em produtos (23%) e serviços (24,8%), o que evidencia a necessidade de avanços na produção e distribuição de inovações (GALVÃO FILHO, T. A E GARCIA, J. C. D, 2012). Além disso, muitos dos trabalhos desenvolvidos estão relacionados as deficiências física e visual, deixando as demais carentes de iniciativas concretas para as suas

especificidades, principalmente quando atentamos para as pessoas com deficiência múltipla.

2.1.1 Tecnologia assistiva móvel

Billi et al. (2010) observa que "os dispositivos móveis apresentam novas oportunidades no campo de tecnologia de informação na sociedade, tais como acesso obíquo e portabilidade"(p 3). A vantagem fundamental do uso de dispositivos móveis para fornecer tecnologias assistivas é a natureza discreta de várias plataformas. Dispositivos que são úteis ou aplicações que são embarcadas em um dispositivo convencional, como um telefone móvel que pode ajudar os indivíduos a sentir-se menos estigmatizados. Além disso, sistemas assistivos são tipicamente adaptáveis através de múltiplas plataformas móveis e podem auxiliar em diferentes níveis de deficiências.

O advento de telefones móveis, em particular os smartphones, tem dirigido uma nova era de conectividade onde os usuários aproveitem o acesso à informação "quase todo o tempo e em qualquer lugar." (BILLI ET AL., 2010). Tais dispositivos não são mais apenas telefones, mas agora oferecem um grupo impressionante de características em uma forma portátil e compacta. Apropriadamente, um crescente número dos deficientes visuais estão usando smartphones em suas atividades diárias (FRUCHTERMAN ET AL., 2003), (KIENTZ ET AL., 2006).

Rodriguez-Sanchez et al. (2014) descreve que com o sucesso dos smartphones, os sistemas de navegação para pedestres tem alcançado o mercado consumidor. Uma das aplicações típicas de navegação é um sistema de mapa que mostra a atual posição do usuário. Opcionalmente, a rota de destino é mostrada no mapa. Outra aplicação de navegação oferece um retorno de audio para orientar os usuários. Alguns projetos relacionados ao contexto de orientação espacial com aplicações móveis usam tecnologias multimídias nos campos de organizações culturais para o turismo interativo (LEHN E HEATH, 2003), (RODRIGUEZ-SANCHEZ ET AL., 2013), (WILSON, 2004), (WOODRUFF ET AL., 2014) orientada a pessoas com deficiência.

Enquanto o progresso em tecnologias assistivas vem sendo realizadas, alguns usuários cegos ainda enfrentam diversos problemas para abrir e usar funcionalidades básicas quando interagem com interfaces de toque. Por exemplo, alguns usuários com deficiência visual encontram problemas para abrir aplicações em algumas plataformas móveis. A maioria de suas interfaces não tem um design intuitivo e universal. Apesar de existirem algumas telas sensíveis ao toque com recursos de

acessibilidade, alguns usuários cegos podem ter problemas usando seu telefone móvel para procurar um contato, fazer uma chamada ou escrever e enviar uma mensagem de texto.

As inovações nestas áreas tem explorado o uso de outras modalidades sensoriais do que a visão, por exemplo, reconhecimento de fala, descritos em Hakobyan et al. (2013) e Paeck e Chickering (2007). Reduzindo desta forma a dependência de interação visual (BREWSTER S, 2003), (BROWN L., 2006), (WILLIAMSON J., 2007)

A tecnologia de reconhecimento de voz, que é capaz de reconhecer a fala humana e mudar ao texto, ou realizar um comando, tem emergido como o "Next Big Thing" da indústria de TI (JEONG ET AL., 2014). Reconhecimento de voz é uma tecnologia que usa equipamento adequado e um serviço que pode ser controlado através de voz sem uso de itens tais como um mouse ou teclado. Isto também apareceu como uma continuidade no progresso da pesquisa em 1950, mas não foi popularizada até meados do ano 2000, com baixo reconhecimento de voz. Atualmente, tecnologias de reconhecimento de voz relacionadas tem sido usadas limitadamente para propostas especiais, tem sido rapidamente envolvida devido a proliferação de terminais computacionais portáteis, tais como, smartphones interconectados com a expansão da infraestrutura de nuvem.

Jeong et al. (2014) apresenta um sistema de controle remoto computacional usando a tecnologia de reconhecimento de voz de dispositivos móveis e tecnologias de comunicação sem fio para os deficientes físicos e cegos (JEONG, YE, ET AL., 2013), (JEONG, LIM, ET AL., 2013). A Figura 2.1 abaixo mostra o desenvolvimento do trabalho relacionado com o uso de Android e a estrutura do algoritmo de reconhecimento de voz.

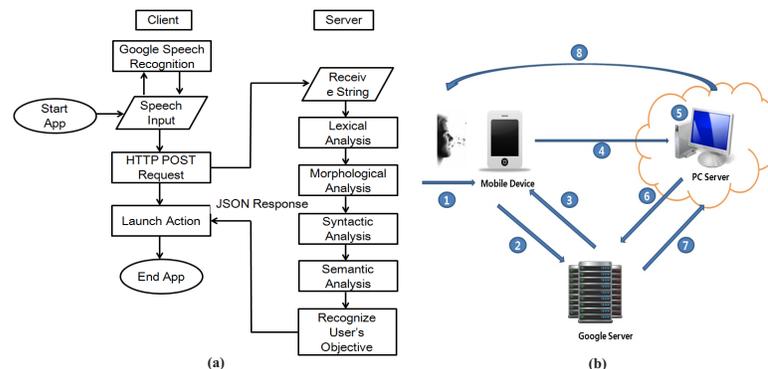


Figura 2.1: (a) - Diagrama dos dados para reconhecimento de voz e (b) - Método de comando de transmissão entre um dispositivo móvel, um servidor Google e um computador servidor pessoal (JEONG ET AL., 2014).

O trabalho descrito acima propôs um modelo de comparação para sistemas de reconhecimento de voz, para isso, foram usados diferentes modelos de celulares com versões diferentes de "Android" e também acrescentou-se um modelo Iphone com sistema operacional IOS. As técnicas abordadas estão baseadas na tecnologia de cada sistema operacional que ao final de cada ciclo de reconhecimento são avaliados os tipos de mensagens enviadas e a acurácia dos dados. Os resultados foram na experiência dos usuários e verificou-se que os mesmos via comando de voz podem diretamente controlar computadores, escrever emails e documentos, calcular números, checar a temperatura ambiente atual ou gerenciar sua programação de agenda.

Os estudos que abordam os smartphones, independentemente do sistema operacional tem alcançado excelentes resultados para diferentes níveis de deficiências ou pessoas com tipos de doenças, tais como Alzheimer's ou distrofias. Isso demonstra que o número de pessoas idosas vem rapidamente aumentando ao longo do tempo. Com a tendência do aumento da expectativa de vida, também se espera que o número de deficiências relacionadas com a idade e a incidência de doenças crônicas na população mais velha tenda a subir também (ARMSTRONG ET AL., 2010)

2.2 Histórico Cadeira de Rodas

A cadeira de rodas foi projetada como uma forma de substituir a caminhada e se tornar um dispositivo usado pelas pessoas para mobilidade ou para aqueles que a caminhada é considerada uma dificuldade ou impossibilidade, devido a doenças ou deficiências (DANQUAH-AMOH ET AL., 2013). Na reabilitação, uma cadeira de rodas não é apenas uma cadeira, mas torna-se um lar para o deficiente. O dispositivo dentre suas variações podem ser impulsionados por motores ou manualmente pelo usuário na qual as rodas traseiras são movimentadas. O princípio das cadeiras de rodas teve início na China, em que as cadeiras eram impulsionadas por uma outra pessoa, enquanto a outra continuava sentada. A Figura 2.2 abaixo é uma gravura do 6 século A.C, que demonstra como era realizado o movimento.

A primeira cadeira de rodas como referência foi projetada e construída por dois engenheiros mecânicos, chamados Harry Jennings e Herbert Everest, ambos inventaram a primeira cadeira de peso-leve, feita de ferro e desmontável em 1933 (O'CONNOR ET AL., 2002). Os dois viram a invenção como um potencial para o negócio e foram tornando-se os primeiros fabricantes em massa. Na Figura 2.3 é possível observar a invenção da cadeira de rodas desenvolvida por Harry Jannings

e seu amigo.



Figura 2.2: Modelo de cadeira chinesa A.D conduzida por um homem (DANQUAH-AMOA ET AL., 2013).



Figura 2.3: Cadeira de rodas impulsionada manualmente (DANQUAH-AMOA ET AL., 2013).

A Robótica é o ramo da tecnologia que é relacionado com o design, construção, operação, robôs de aplicações e sistemas de computadores para seu controle, retorno sensorial e processamento de informação (JAZAR, 2007). A tecnologia robótica tem o potencial para melhorar o estilo de vida de pessoas que sofreram uma ou mais deficiências relacionadas desenvolvidas que são frequentemente agrupadas sob os termos de tecnologia de reabilitação. Tentativas para restaurar habilidades humanas que tem sido reduzidas ou perdidas devido a doenças, acidentes ou idade (TREFLER ET AL., 2004). Diversos estudos tem mostrado que ambos, crianças e adultos são beneficiados substancialmente a partir de acesso por meios de mobilidade independente, isso inclui, scooters, andadores, cadeiras de rodas manuais, cadeiras de rodas elétricas e cadeira de rodas robótica guiada (BOURKE, 2011).

Para crianças jovens, mobilidade independente serve como base para aprendizagem rápida e precoce. Para os adultos, a mobilidade independente é um aspecto importante de auto-confiança e desempenha uma função essencial. A mobilidade independente aumentam as oportunidades educacionais e reduzem a dependência, promovendo assim, a auto-confiança (BOURKE, 2011). Cadeiras de rodas robóticas ampliam as capacidades de dispositivos motorizados tradicionalmente pelo controle e navegação inteligente.

2.2.1 Cadeira de Rodas Elétrica

A cadeira de rodas motorizada foi inventada por George Klein, o qual trabalhou para o *National Research Council of Canada*, para auxiliar veteranos feridos durante a segunda guerra mundial.

Uma cadeira de rodas pode ser usada por pessoas que não tenham detreza ou mobilidade, talvez, para conduzir uma *scooter* devido ao braço, mãos, ombros ou condições gerais incapacitadas, e por não ter força o suficiente na perna. Hoje, são possíveis encontrar três estilos gerais de cadeiras de rodas: traseira, centro, roda dianteira conduzida ou quatro rodas conduzidas. Sendo que cada estilo de cadeira de rodas tem características de manuseio particular.

O usuário tipicamente controla velocidade e direção sendo operado por um joystick em um apoio. Vários outros dispositivos de entrada podem ser usados se o usuário carece de coordenação ou o uso das mãos ou dedos, tais como controle do queixo.

Tradicionalmente, cadeiras de rodas não foram projetadas para serem transportadas, e então são difíceis para desmontagem. Porém, atualmente, a maioria das cadeira de rodas são transportáveis e algumas são fáceis de desmontagem. As cadeira de rodas estão usando tecnologia e características encontradas em uma *scooter* móvel, tais como fácil remoção de baterias, e fácil desmontagem de componentes que é significativo ao usuário.

Portanto, uma cadeira de rodas atual pode ajudar a manter ou trazer de volta a independência, uma vez que são fáceis de operar e manter, as cadeiras de rodas elétricas podem fazer uma diferença significativa para a qualidade de vida.

2.3 Introdução ao Android

O mercado de celulares está crescendo cada vez mais. Estudos mostram que hoje em dia mais de três bilhões de pessoas possuem um aparelho celular, e isso corresponde a mais ou menos metade da população mundial (LECHETA, 2013).

No dias atuais os usuários comuns estão buscando cada vez mais celulares com diversos recursos como câmeras, bluetooth, músicas, jogos, excelente interface visual, GPS, acesso a redes sociais e agora temos a TV digital. O mercado corporativo também está crescendo muito, e várias empresas estão buscando incorporar aplicações móveis com seus sistemas de *back-end*. Empresas obviamente visam o lucro, e os celulares e smartphones podem ocupar um importante espaço em um mundo onde a palavra "mobilidade" está cada vez mais conhecida.

É possível integrar aplicações de uma forma simples, sejam elas desenvolvidas por usuários comuns ou sejam aplicações nativas. Por exemplo, caso uma aplicação precise consultar a agenda de contatos para selecionar determinado amigo, e logo depois visualizar o endereço dele em um mapa. Existe a agenda de contatos e o Google Maps no Android na qual a sua integração é possível através das palavras-chaves em aplicações corporativas, e a arquitetura do Android foi criada justamente pensando nisso.

2.3.1 Sistema Android

Android é um sistema operacional móvel baseado em uma versão modificada do Linux. foi originalmente desenvolvida por uma *startup* de mesmo nome, Android Inc. Em 2005, como parte de sua estratégia para entrar no mercado de dispositivos móveis, o Google comprou o Android e assumiu o seu trabalho de desenvolvimento e a equipe que o fazia (LEE, 2011).

Lee (2011) relata que o Google queria um Sistema operacional livre e aberto, por isso o Android foi lançado sob a *Open-Source Apache License*. Assim quem quisesse poderia baixar seu código fonte e modificá-lo como fosse conveniente.

A vantagem da adoção do Android pelos desenvolvedores é o oferecimento de uma abordagem unificada para desenvolvimento de aplicações, ou seja, um aplicativo produzido para este

sistema operacional será capaz de rodar em inúmeros dispositivos de vários fabricantes.

A Tabela 2.1 abaixo ilustra suas principais versões e datas de lançamento.

Tabela 2.1: Versões do sistema operacional Android

Versão do Android	Data do Lançamento	Apelido
1.1	09 de fevereiro de 2009	
1.5	30 de abril de 2009	Cupcake
1.6	15 de setembro de 2009	Donut
2.0/2.1	26 de outubro de 2009	Eclair
2.2	20 de maio de 2010	Froyo
2.3	06 de dezembro de 2010	Gingerbread
3.0	*Somente Tablets - Janeiro de 2011	Honeycomb
4.0	19 de outubro de 2011	Ice Cream Sandwich
4.4	31 de outubro de 2013	KitKat
5.0	03 de novembro de 2014	Lollipop

2.3.2 Arquitetura do Android

Lee (2011) explica que o sistema Android é dividido em cinco seções localizadas dentro de quatro camadas principais. São elas:

- Kernel do Linux (*Linux Kernel*): núcleo Linux no qual o Android é baseado. Nesta camada estão todos os *drivers* de baixo nível para os componentes de hardware do aparelho.
- Bibliotecas (*Libraries*): contém todo o tipo de código que disponibiliza as principais características do SO Android. Aqui se encontram, por exemplo, a biblioteca do SQLite que fornece suporte a banco de dados e o WebKit, utilizado para se ter acesso à navegação na *web*. Essas bibliotecas podem ser consumidas pelas aplicações para se ter as respectivas funcionalidades.
- Tempo de execução (*Runtime*): Localizado na mesma camada que as bibliotecas, fornece um conjunto de instruções que permite que sejam escritas aplicações para Android em Java.
- Framework de Aplicação (*Application Framework*): oferece funcionalidades do SO para que possam ser usadas pelos desenvolvedores em suas aplicações.

- Aplicações (*Application*): layout superior que contém tanto as aplicações nativas do aparelho.

A Figura 2.4 abaixo demonstra a configuração da arquitetura baseada em Android.

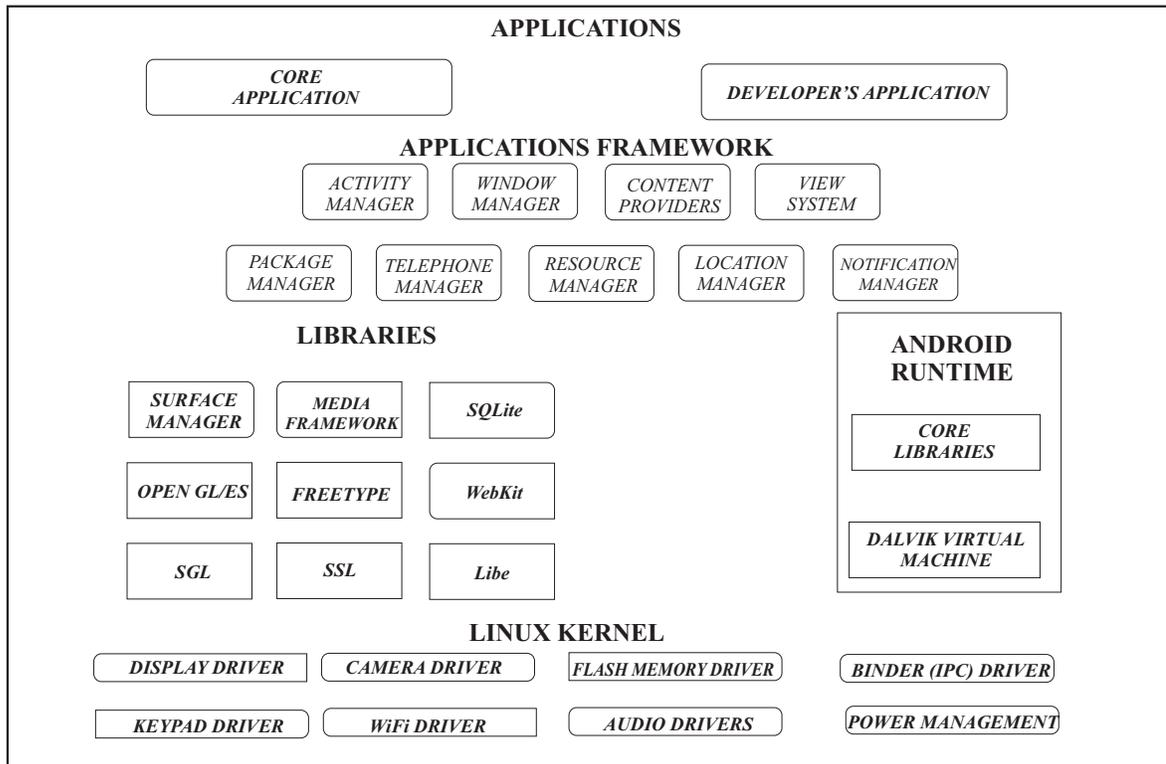


Figura 2.4: Arquitetura do sistema Android. Adaptado de: (LEE, 2011).

2.3.3 Características do Android

O Android tem código aberto e é disponibilizados gratuitamente para os fabricantes modificarem. Não possui configurações fixas de software e hardware. No entanto, nativamente tem as seguintes características (LEE, 2011):

- Armazenamento - usa o SQLite, um banco de dados relacional leve, para armazenamento de dados.
- Conectividade - suporta GSM/EDGE, IDEN, CDMA EV-DO, UMTS, Bluetooth (inclui A2DP e AVRCP), WiFi, LTE e WiMAX.

- Mensagens - suporta SMS e MMS.
- Navegador da Web - baseado no projeto de código aberto WebKit e melhorado com o mesmo suporte a JavaScript utilizado na versão 8 do Chrome.
- Suporte Multimídia - inclui suporte para os seguintes formatos: H.263, H.264 (em 3GP ou MP4), MPEG-4 SP, AMR, AMR-WB (em 3GP), AAC, HE-AAC (MP4 ou em 3GP), MP3, MIDI, Ogg Vorbis, WAV, JPEG, PNG, GIF e BMP.
- Características físicas - acelerômetro, câmera, bússola digital, sensor de proximidade e GPS.
- Multi-toque - Suporta telas multi-touch.
- Multi-tarefa - suporta aplicações multi-tarefa.
- Flash - a partir do Android 2.3 suporta Flash 10.1
- Tethering - suporta compartilhamento de conexões com a internet como um *hotspot* com fio/sem fio.

2.3.4 Android Market

Um dos fatores mais importantes para definir o sucesso de uma plataforma móvel é o número de aplicações disponíveis para ela.

Em 2008 o Google anunciou o Android Market (atual Google Play), uma loja online de aplicativos para diferentes dispositivos Android (LEE, 2011). Hoje, qualquer desenvolvedor pode abrir uma conta no Google Play e disponibilizar suas aplicações para *download*, sendo pagas ou não.

O dispositivos Android estão disponibilizados em diferentes modelos e tamanhos, tais como:

- Smartphones
- Tablets
- Dispositivos de leitura

- Netbooks
- Mp4 players
- Internet TVs

A manufatura de novos produtos, como celulares móveis é o mercado que tem demonstrado desenvolvimento, trazendo consigo diferentes *smartphones* com vários recursos embarcados em um só dispositivo. A Figura 2.5 da esquerda para a direita mostra o Samsung Galaxy S II, Motorola Atrix 4G e o HTC EVO 4G.



Figura 2.5: Modelos de celulares com sistema Android. Adaptado de: (LEE, 2011).

3 Cinemática da Cadeira de rodas

As características da movimentação de cadeira de rodas são descritas neste capítulo. Logo em seguida é apresentada a modelagem teórica da cinemática de uma cadeira de rodas. Deve-se levar como princípio que para o modelo de cadeira de rodas utilizado não foi utilizado nenhum tipo de controle, logo o controle é em malha aberta, pelo fato de não existir um controle para estabilização de trajetória.

3.1 Modelo Cinemático

Na Figura 3.1 é apresentado a modelagem de uma cadeira de rodas de duas rodas fixas frontais com tração diferencial traseira como o utilizado no presente trabalho.

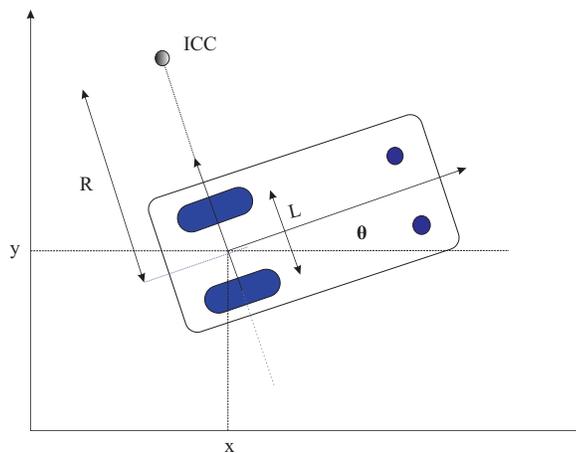


Figura 3.1: Sistema de coordenadas de uma cadeira de rodas com tração diferencial

O centro de curvatura instantâneo(*ICC*) é mostrado pela Equação 3.1 abaixo:

$$ICC = (x - R \sin \theta, y + R \cos \theta) \quad (3.1)$$

No sistema de coordenadas observam-se as velocidades lineares dadas, $v_d(t)$ e $v_e(t)$, direita e esquerda, respectivamente. O r raio nominal de cada roda e R como o raio de curvatura instan-

tâneo da trajetória de uma cadeira de rodas, relativa ao ponto mediano do eixo, demonstrada na Equação 3.2 abaixo:

A Equação 3.2 da trajetória do raio de curvatura descrita pela roda esquerda:

$$R - \frac{L}{2} \tag{3.2}$$

A Equação 3.3 da trajetória do raio de curvatura descrita pela roda direita:

$$R + \frac{L}{2} \tag{3.3}$$

Partindo da definição de velocidade angular é, $\frac{d\theta}{dt} = \frac{V}{R}$ onde as velocidades angulares direita e esquerda são, respectivamente mostradas na Equação 3.4 e 3.5.

$$\omega(t) = \frac{v_d(t)}{R + \frac{L}{2}} \tag{3.4}$$

e

$$\omega(t) = \frac{v_e(t)}{R - \frac{L}{2}} \tag{3.5}$$

Nota-se que as velocidades angulares do modelo cinemático são calculadas juntamente com as trajetórias de curvatura citadas acima. Isso deveria fazer algum sentido intuitivo: Quanto mais longe do centro de rotação, mais rápido é preciso se deslocar para obter a mesma velocidade angular. Se viajar em π radianos por segundo por 1 segundo, seria necessário viajar uma distância da metade de uma circunferência ou πr . Uma vez que estava em 1 segundo, a velocidade era πR por segundo. Logo, π radianos por segundos é igual a velocidade r , então $v = \omega R$

Subtraindo a Equação 3.4 e 3.5, se obtém a Equação 5.1.

$$v_d - v_e = \frac{2\omega l}{2} \therefore \omega = \frac{v_d - v_e}{l} \quad (3.6)$$

ou também pode ser dada pela Equação 3.7.

$$R = \frac{L (v_e(t) + v_d(t))}{2 (v_e(t) - v_d(t))} \quad (3.7)$$

Coisas a serem observadas:

- a velocidade angular é a diferença nas velocidades das rodas mais a sua distância que os separa.
- se $v_e = v_d$, então ω é 0, a cadeira de rodas se move em linha reta.
- se $v_e = -v_d$, então R é 0 e a cadeira de rodas gira no lugar.

4 Interface entre plataforma Android e Cadeira de Rodas motorizada

Este capítulo aborda a interface realizada entre a plataforma *Android* usada na aplicação e o modelo de cadeira de rodas. Aqui são explicados como foi feita a programação, o diagrama do sistema, os programas utilizados para a comunicação entre telefone móvel e cadeira de rodas e a placa desenvolvida para comunicação com periféricos externos.

O *Android* é uma plataforma de código aberto para dispositivos móveis que recentemente tem se tornado a plataforma mais utilizada entre os diversos dispositivos smartphones (WATTANAVARANGKUL E WAKAHARA, 2013).

O desenvolvimento do aplicativo foi feito em linguagem *Java*. O *Google* disponibiliza o *Android SDK (Software Development Kit)* que habilita os desenvolvedores a criar aplicativos para plataforma *Android*. O SDK contém as ferramentas, bibliotecas e API (*Application Programming Interface*) necessários criar diversas aplicações que podem ser instaladas em dispositivos *Android*. A IDE (*integrated Development Environment*) oficial para o desenvolvimento dos aplicativos é o *ECLIPSE* e o *ADT (Android Development Tools)*, sendo possível construir códigos em *Java* e *XML (Extensible Markup Language)* para a criação de telas, ambientes gráficos, compilação, debugar e instalar os aplicativos desenvolvidos. O Eclipse é geralmente utilizado como um ambiente integrado de desenvolvimento (IDE) capaz de escrever, testar e depurar software, especialmente software *Java*. Há também muitos IDEs e SDKs derivados do Eclipse para diversos tipos de softwares *Java*. No caso deste trabalho, foi escolhido um pacote do Eclipse amplamente utilizado e adicionará um *plug-in* para usá-lo no desenvolvimento de softwares *Android*. Um pacote do Eclipse é uma coleção pronta de módulos que o tornam mais capacitado para certos tipos de desenvolvimento de software. Geralmente, usuários do Eclipse iniciam suas atividades com um dos pacotes disponíveis na própria página web ¹, e depois personalizam sua opção com diversos *plug-ins*.

A Codificação é a primeira etapa no processo de desenvolvimento de software. O código fonte do software pode ser escrito usando vários editores. Durante o desenvolvimento da aplicação em *Android*, este trabalho é editado em códigos *.java* e arquivos de origem *.xml*.

Na Figura 4.1 abaixo pode ser visualizado como é o processo de desenvolvimento do aplica-

¹<http://www.eclipse.org/downloads/>

tivo em *Android*.

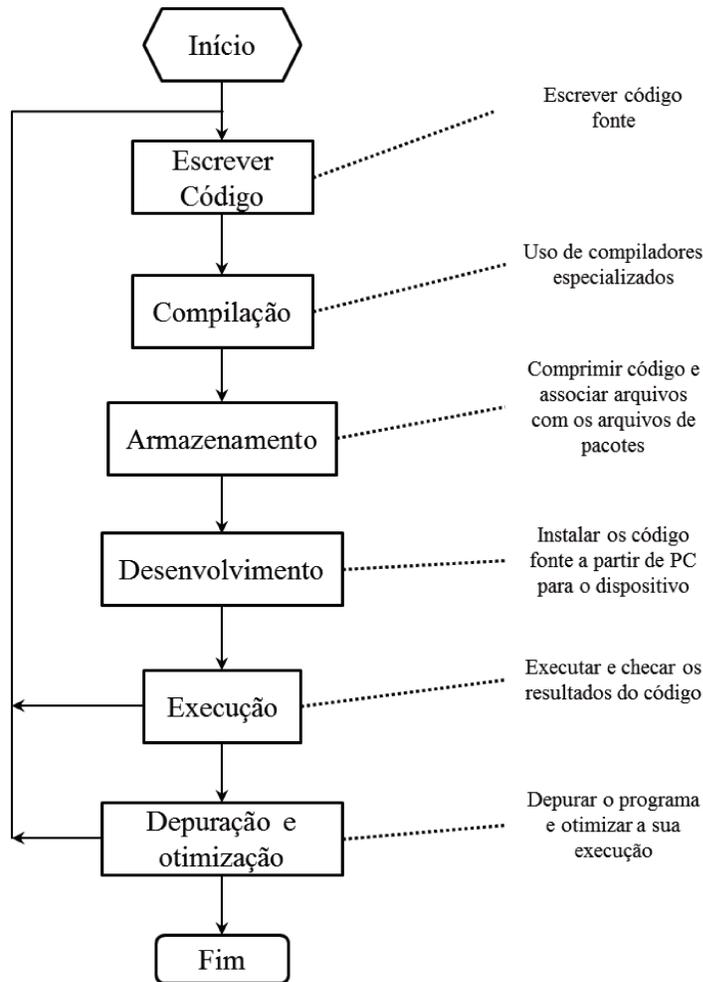


Figura 4.1: Processo de desenvolvimento para a programação de aplicativos.

Durante a etapa de construção a tarefa é converter o código em programas executáveis no *hardware* do Android. Esta etapa inclui sub-etapas tais como compilação e armazenamento.

O dispositivo Android é a principal ferramenta deste trabalho, pois exerce a função de se conectar com os dispositivos externos (por exemplo, driver de motores), além de estabelecer comunicação via *Bluetooth*. Para isso, foi desenvolvido um aplicativo para realizar o controle de movimentos, controle de velocidade e leitura dos sensores ultrassônicos (sensores de distância) usado para interromper o movimento.

4.1 Diagrama do Sistema para o Acionamento da Cadeira de Rodas

A arquitetura do sistema de comunicação e acionamento da cadeira de rodas é mostrada na Figura 4.2. Os comandos são enviados via smartphone ao IOIO-OTG (mostrado na seção 4.2) que também está conectado a um adaptador dongle mini usb bluetooth, que exerce a função de enviar os sinais PWM que o IOIO fornece ao driver de motor *Sabertooth* (mostrado na seção 4.3) para o acionamento dos motores.

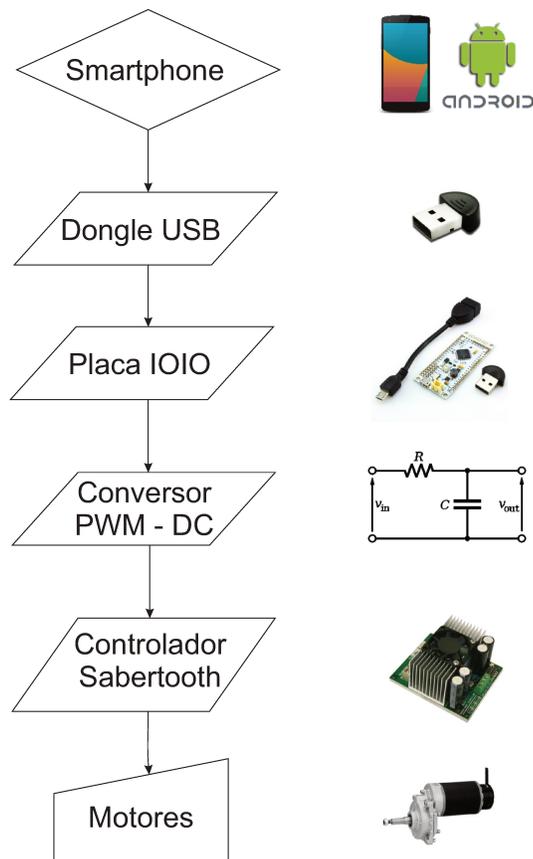


Figura 4.2: Arquitetura do sistema de comunicação e acionamento.

Todos os comandos de movimento e controle de atuadores são dados através do smartphone. O controle de movimento para direcionar a cadeira de rodas é baseado em um joystick (avançar, recuar, direita e esquerda) na qual a ação é efetuada através do pressionamento da tecla no *touchscreen* do celular móvel. O usb dongle é usado para comunicar o smartphone e a placa IOIO-OTG, este recurso foi utilizado para realizar um comando sem fio e assim, otimizando sua praticidade.

4.2 Interface entre dispositivo móvel e IOIO

No presente trabalho tornou-se necessário estabelecer a comunicação entre o smartphone e um hardware externo, com o objetivo de enviar sinais para atuadores, sensores e outros periféricos.

A placa adotada como solução foi o IOIO-OTG, uma placa embarcada com um microcontrolador PIC24FJ256 que foi criado por Y-Tai e distribuída pela SparkFun Electronics™. A placa atua como um vínculo de comunicação entre dispositivo Android e os outros periféricos externos. O fabricante disponibiliza bibliotecas que são instaladas no ECLIPSE, permitindo ao desenvolvedor criar ou editar códigos em Java para a realização de funções I/O com o smartphone.

O IOIO-OTG pode ser conectado ao smartphone utilizando dois modos: Cabo USB ou receptor bluetooth. A placa contém um firmware que deve ser atualizado de acordo com a versão do Android do dispositivo móvel. Após as etapas de atualização do firmware da placa é possível estabelecer comunicação entre os dispositivos de interesse. Na Figura 4.3, é possível visualizar o IOIO com seus pinos de entradas e saídas, alimentação e conexão usb.

46 pinos I/O (entradas e saídas)



Figura 4.3: Placa IOIO-OTG.

A placa tem 46 pinos de I/O, que trabalham como entrada (digital e analógica) e saída digital PWM de sinais.

4.2.1 Sensores Ultrassônicos conectados ao IOIO

Durante o desenvolvimento do trabalho foram acoplados sensores ultrassônicos para detecção de obstáculo, foi pensado devido aos possíveis objetos no ambiente que possam interferir durante a trajetória do usuário e com o auxílio dos sensores pausar o movimento.

Os sensores ultrassônicos são dispositivos eletrônicos que são usados para determinar a distância de um objeto evitando contato com o mesmo. Para medir a distância eles usam um ultra-som especial de 40kHz, que é enviado em curtos períodos de tempo por um emissor. Em seguida, como um som normal que reflete a partir do objeto e retorna ao receptor. A distância é determinada calculando o tempo entre envio e recebimento de pulsos (PARALLAX, 2014).

Alguns modelos de sensores podem ser usados para amplas distâncias, tais como:

- Distância medida
- Contando objetos
- Determinando o diâmetro
- Controle de disponibilidade
- Proteção contra colisões
- Determinação de contorno

O ângulo de operação e distância dos sensores em comum varia entre 20 a 25 graus e 200-500ms respectivamente. A principal vantagem de sensores ultrassônicos é que eles podem detectar quase todo tipo de material, além disso, possuem total tolerância à poluição em seu ambiente monitorado.

Para o sistema proposto o propósito não é desviar de obstáculo, o objetivo é parar o movimento atual e o usuário redefinir a sua trajetória. No projeto foi utilizado o sensor ultrassônico modelo SRF05. Este novo sensor possui várias facilidades em comparação com seu antecessor

SRF04. Foi projetado para aumentar sua flexibilidade, sua amplitude de distância (3cm-4m) e custo reduzido.

Os parâmetros do SRF05 são:

- Frequência: 40kHz
- Ângulo de detecção: 55°
- Alimentação: 5V/30mA
- Alcance: 3cm - 4m
- Pulso inicial: 10 μ sec min
- Pulso de saída: 0.1 - 25ms
- Dimensões: 43mm x 20mm x 17mm

A Figura 4.4 fornece informações sobre construção e pinos de configuração do SRF05. Como visualizado logo abaixo, torna-se necessário conectar 4 fios para um sensor, tais como: alimentação, terra, echo e trigger, os quais nos ajudam a operar o sensor.

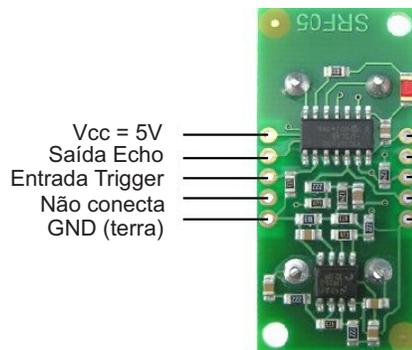


Figura 4.4: Pinos de configuração do sensor SRF05 (PARALLAX, 2014).

Agora, para obter as informações do funcionamento e processamento do sensor, observa-se que para ativá-lo se deve iniciar com um pulso mínimo de 10 μ s, conforme a Figura 4.5.

Diagrama de tempos do SRF05 no Modo 2

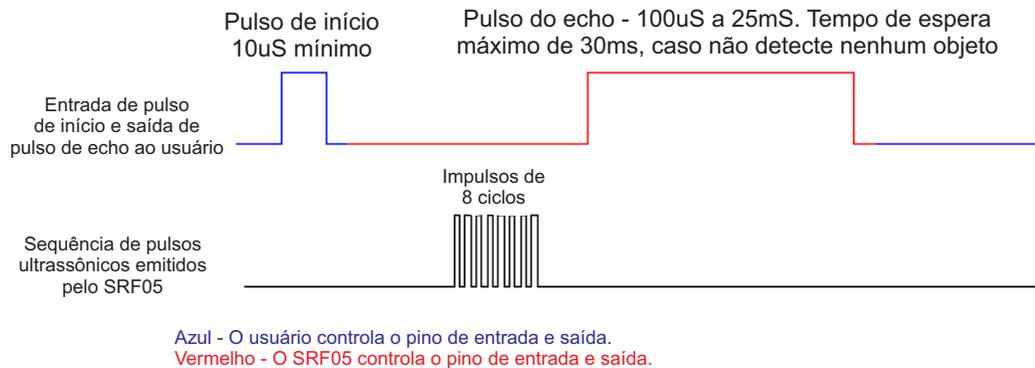


Figura 4.5: Diagrama de tempos do SRF05 e funcionamento (PARALLAX, 2014).

Em seguida, o pulso echo aparecerá em outro pino em $700\mu\text{s}$, é o tempo necessário para a medição do pulso. Entre os pulsos trigger e echo, o sensor gera 8 ciclos de ultra-som a 40kHz de frequência e elevando o nível lógico de sinal da linha do echo. A linha do echo é portanto um impulso, cuja largura é proporcional à distância em que se encontra o objeto. Com o registro da duração do impulso, é possível calcular a distância em polegadas/centímetros ou em qualquer outra unidade de medida, dependendo da programação. Caso, o sensor não detecte nada, o SRF05 baixa o nível lógico de sua linha echo depois de 30mS. Se os pulsos forem medidos em milisegundos, o valor do resultado deve ser dividido por 58 e será obtido em centímetros e caso o resultado for dividido por 148, o mesmo será em polegadas. A Figura 4.6 fornecem informações a respeito da eficiência medida do sensor SRF05. Pode ser vista que o ângulo de operação é de 120° a 15° , de acordo com a distância medida.

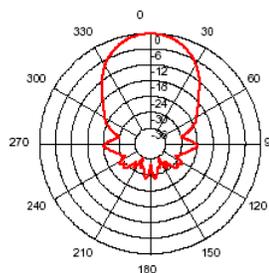


Figura 4.6: Feixe padrão do SRF05 (PARALLAX, 2014).

4.3 Plataforma Motora Jazzy

A cadeira de rodas utilizada como plataforma de estudo no trabalho foi a *Jazzy Select Elite ES* da Pride Mobility™. Foi removido o banco do usuário, o suporte para os pés, o joystick e a eletrônica de controle embarcada, usando apenas a sua base e os motores no desenvolvimento do trabalho. O assento removido e foi substituído por uma cadeira infantil para crianças entre 5 a 7 anos de idade.

A cadeira de rodas têm duas baterias de 12 volts cada, conectadas em série, formam 24vdc, no entanto, apenas foram usadas isoladamente pelo circuito, uma alimentando a parte de potência, e a outra, alimentando a eletrônica da placa de periféricos. Como visto no capítulo 3, a cadeira de rodas é uma plataforma com direção diferenciável, com dois motores de corrente contínua DC frontais e duas rodas de rodizio giratório na traseira, como visto na Figura 4.7.

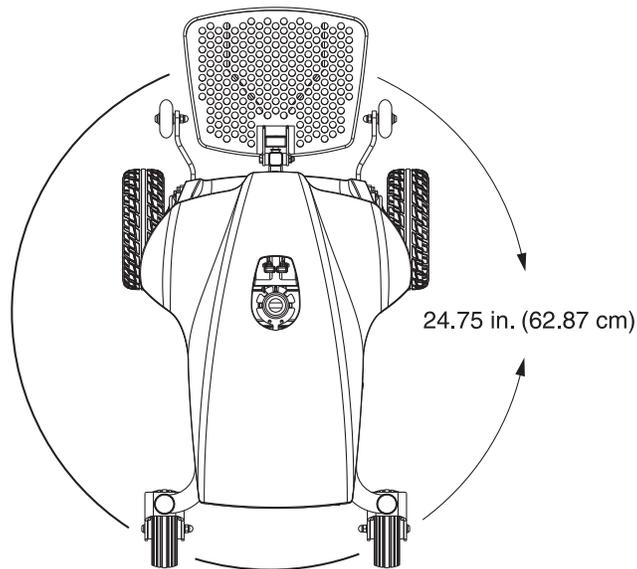


Figura 4.7: Visão superior da cadeira de rodas Jazzy.

5 Sistema de Controle de Movimento

Para o sistema de controle de movimento foi considerado o torque do motor, a corrente em vazio e com carga, para evitar o menor tranco possível durante o deslocamento do usuário. As seções abaixo detalham a realização da tarefa. Para satisfazer a técnica de movimento, os pulsos PWM(Pulse Mode Width) do IOIO-OTG são enviados através da placa de condicionamento de sinal elaborada no trabalho de (DE MELLO SILVA ET AL., 2015) e os mesmos sinais seguem até o driver de acionamento que será visto na próxima seção 5.1.

5.1 Driver de acionamento Sabertooth

A comunicação estabelecida entre dispositivo móvel e os periféricos externos é realizada pela placa IOIO-OTG, no entanto, para o acionamento dos atuadores torna-se necessário um driver de

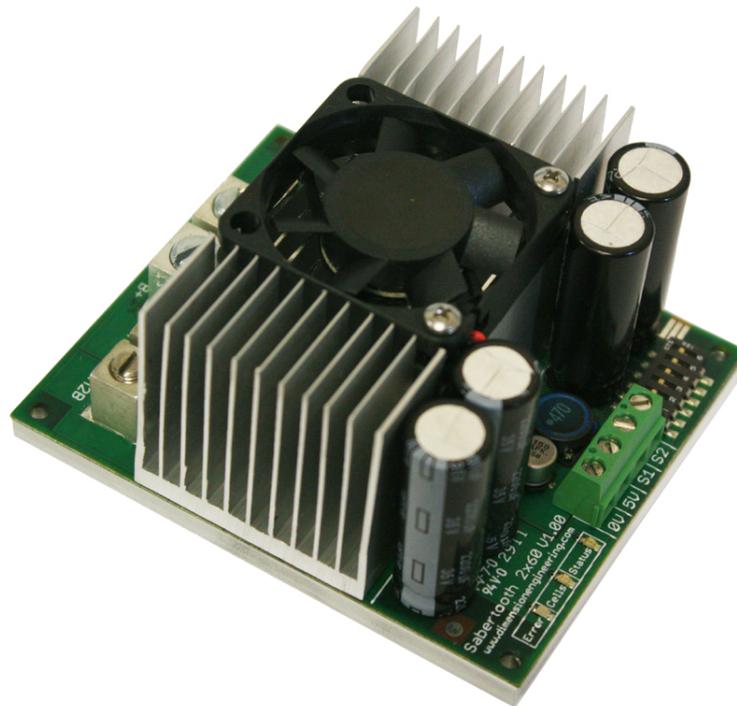


Figura 5.1: Driver de acionamento dos atuadores

potência que assume a função de alimentação dos periféricos externos e envio do sinal aos motores, visto essa necessidade, foi adquirido um driver *Sabertooth* 2x60A da Dimension Engineering™,

como visto na Figura 5.1. O driver exerce a tarefa de aplicar potência aos motores da cadeira de rodas a partir de um sinal de baixa potência. O sabertooth pode operar em modos: Analógico; R/C ou Microcontrolado; Serial. O modo utilizado no trabalho foi o analógico/independente, conforme manual visto no Apêndice. O driver é capaz de controlar cada motor separadamente a partir de dois sinais de entradas analógicas, os sinais dependerão do comando a ser efetuado pelo dispositivo móvel e conforme a programação. O sinal de entrada controla a direção e a faixa de tensão varia de 0V a 5V, visto na Figura 5.2 abaixo. No manual de operação do sabertooth a tensão de entrada igual a 2.5V corresponde a velocidade nula, acima de 2.5V o motor rotaciona para um sentido e, abaixo de 2.5V inverte a rotação. Quanto maior ou menor for a tensão de entrada em relação a 2.5V(velocidade nula), maior é a velocidade angular do motor.

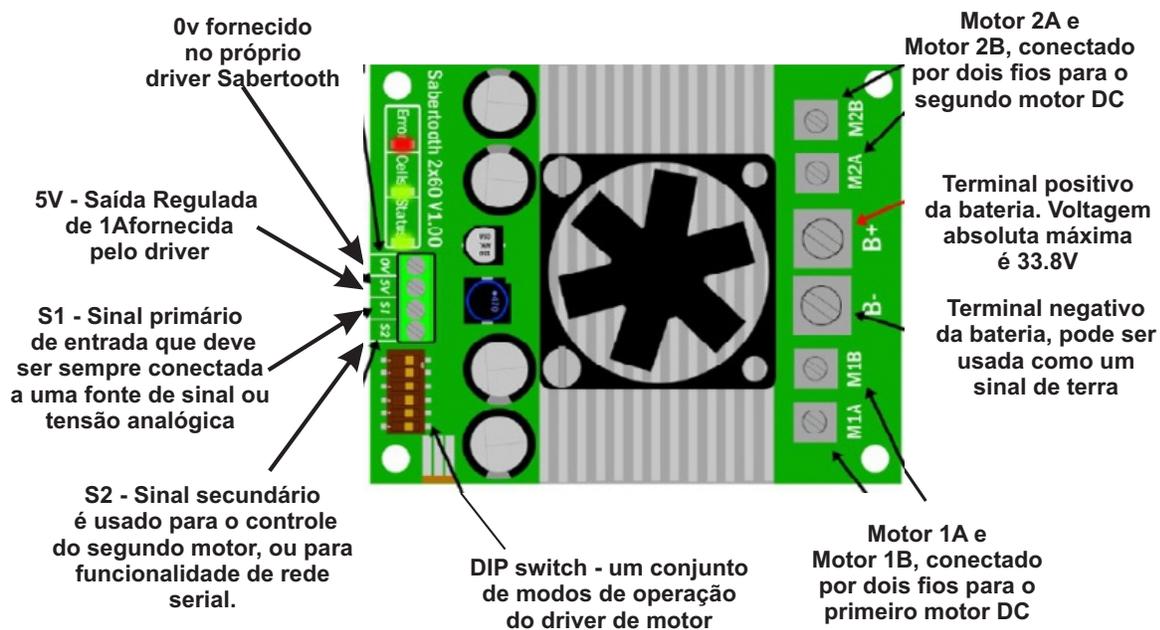


Figura 5.2: Conexões do driver sabertooth

5.2 Geração do Sinal

Como descrito anteriormente, a placa IOIO-OTG é responsável por enviar os sinais de tensão para o driver Sabertooth, de forma a controlar cada motor individualmente. O sinal de tensão de saída da placa IOIO-OTG é aplicado em forma de PWM (Pulse Width Modulation), onde a tensão média resultante depende da largura de pulso do sinal com período constante. A Equação 5.1 que define a tensão média de um sinal PWM é descrita abaixo.

$$V_m = V \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}} \quad (5.1)$$

onde seu ciclo ativo em T_{on} , depende do comando programado no dispositivo móvel, com o objetivo de aplicar os sinais de PWM aos motores e partir disso movimentá-los.

Considerando-se que foi optador por usar o *Sabertooth* em modo analógico, é necessário a conversão do sinal pulsado do IOIO-OTG para um sinal analógico. Para isso foi desenvolvido um circuito eletrônico que desempenha essa tarefa, fazendo o condicionamento do sinal do IOIO-OTG para o Sabertooth.

O circuito eletrônico desenvolvido por (DE MELLO SILVA ET AL., 2015) tem como função de enviar os sinais PWM oriundos da placa IOIO board, visto no capítulo 4, seção 4.2. A etapa do processo do sinal é demonstrada na Figura 5.3 abaixo, afim de fornecer os objetivos de cada função.

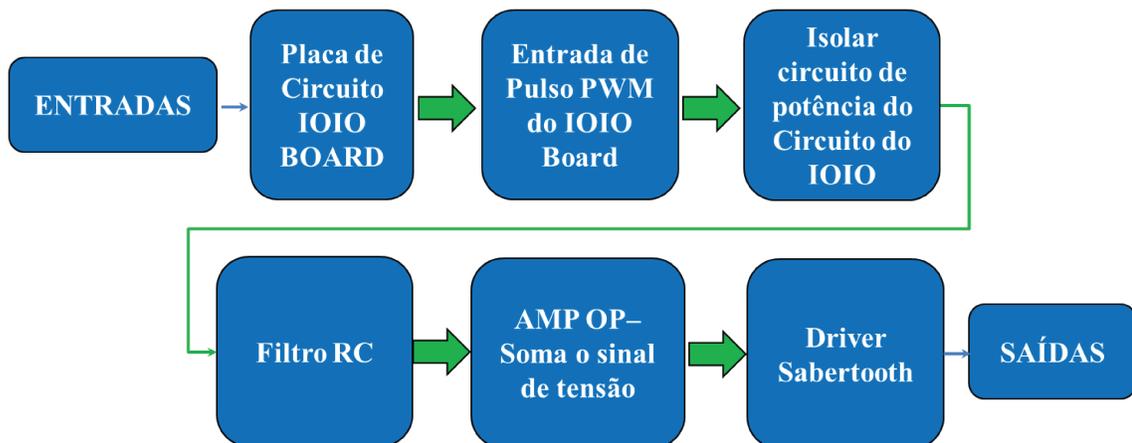


Figura 5.3: Diagrama de funcionamento da placa de circuito.

O circuito foi elaborado no software *Proteus* e logo após o desenvolvimento, foi impresso para ser construído numa placa de circuito fenolítica. A Figura 5.4 abaixo, mostram os componentes que foram inseridos no circuito para realizar a comunicação entre *driver Sabertooth* e demais periféricos.

O placa é alimentada com uma tensão de 12V que recebe da primeira bateria da cadeira de rodas elétrica, conseqüentemente a outra bateria alimenta o driver do motor *Sabertooth*. A placa IOIO-OTG é alimentada pela própria placa de condicionamento de sinal, mas para isso, se tornou

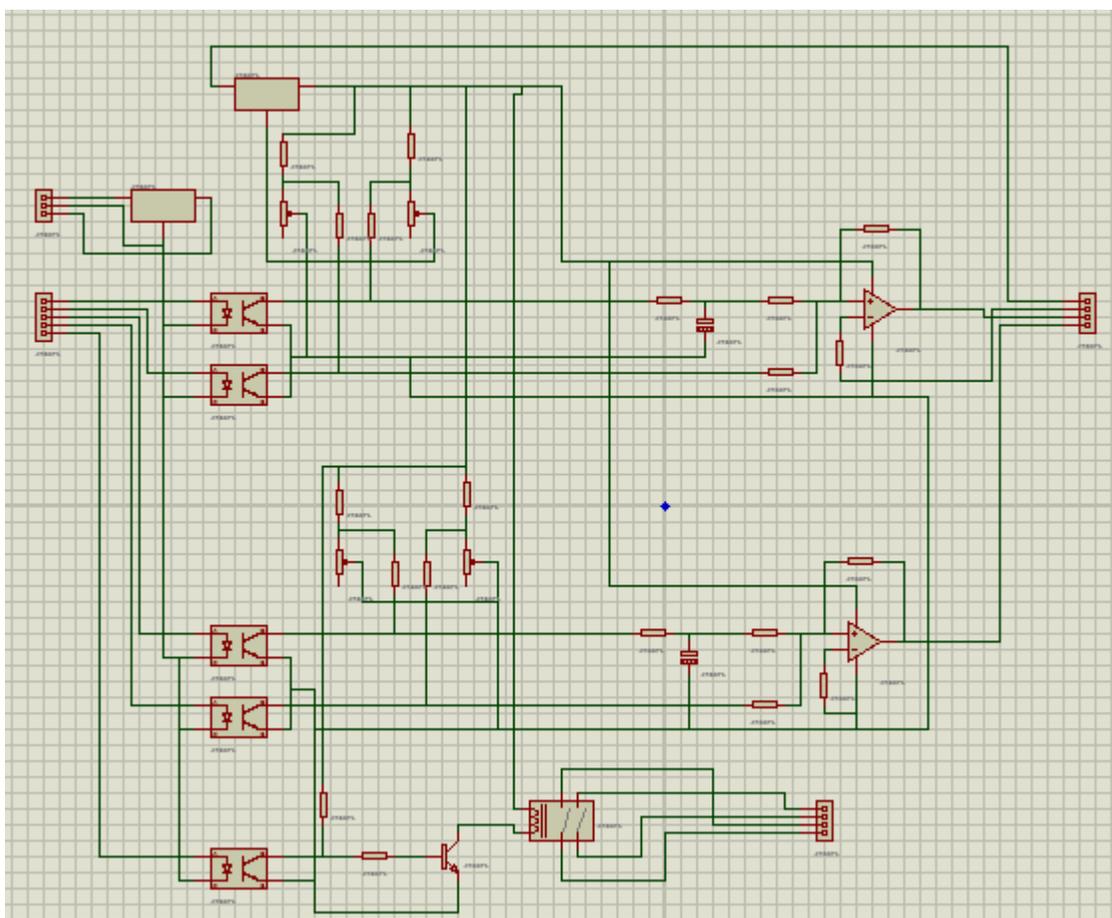


Figura 5.4: Placa de condicionamento de sinal. (DE MELLO SILVA ET AL., 2015)

necessário isolar os circuitos, devido a isso, foram usados um conjunto de fotoacopladores que exercem a função de isolamento. A tensão de operação do IOIO é de 5 – 15V, visto isso, foi possível com as duas baterias da cadeira de rodas alimentar o circuito de forma independente e fornecer os devidos sinais para a movimentação da cadeira de rodas.

6 Resultados

A coleta de dados e experimentos foram realizados em um ambiente interno de superfície plana. O assento da cadeira de rodas foi substituído por uma cadeira infantil e velocidade que por meio de um *slider* criado no aplicativo varia-se a largura de pulso ou PWM (Pulse Mode Width), consequentemente a velocidade varia conforme o controle do usuário. O aplicativo foi criado com o objetivo de executar os comandos direcionais da cadeira de rodas, controlar a velocidade, realizar a leitura dos sensores ultrassônicos e ainda conta com a opção de desligar ou ligar o mesmo. Os sensores foram programados para que a cadeira de rodas evite a colisão com qualquer obstáculo a uma distância de 70cm, podendo ser alterada com a depuração do dispositivo móvel e assim alterar o código fonte. As etapas para o aplicativo desenvolvido consiste em comunicar telefone móvel ao computador por meio de um USB onde os dados da programação são transferidos para o *smartphone*. O Eclipse ofereceu um ambiente de programação em linguagem *Java* para a criação do aplicativo, porém para estabelecer comunicação e reconhecimento do dispositivo móvel é necessário descarregar as bibliotecas que estão disponibilizadas no *Android Developers*.

A validação dos resultados de velocidade são obtidos por meio do *Kinovea*, um software de análise biomecânica demonstrada em forma de vídeo. No trajeto da cadeira de rodas utilizou-se uma câmera que foi posicionada no teto do ambiente para que assim seja rastreado o seu movimento ao decorrer do tempo. A escala do ambiente também é calibrada através do software.

6.1 Elaboração do Aplicativo

Durante a elaboração do aplicativo foram necessárias, bibliotecas, tais como, *IOIOLibAccessory*, *IOIOLibAndroid*, *IOIOLibAndroidDevice* e *IOIOLibBT*. Cada biblioteca contém os pacotes necessários, como *bluetooth*, reconhecimento de sensores e demais recursos para que a programação seja transferida para o dispositivo móvel. As bibliotecas usadas também tem os pacotes para reconhecimento da placa IOIO Board, vista no capítulo 4, seção 4.2. Na Figura 6.1 abaixo é possível observar as bibliotecas instaladas no ambiente de programação *Eclipse*, conforme citadas acima.

O ambiente *Eclipse* não foi desenvolvido apenas para o *Android*, o software tem diversas aplicações e também trabalha com diferentes linguagens de programação. Especificamente, o tra-

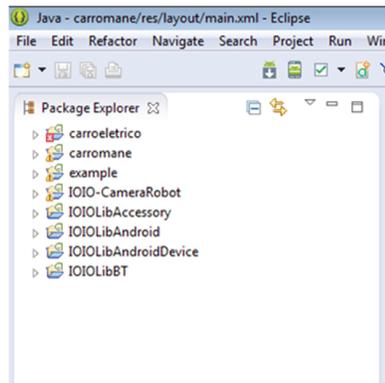


Figura 6.1: Bibliotecas com pacotes e dados de informação para comunicação com dispositivo móvel.

balho desenvolvido foi feito em linguagem *Java* e foram implementados os controles direcionais, controle de velocidade, monitoração dos sensores ultrassônicos e um botão de liga e desliga dos sensores. Os botões são implementados no próprio ambiente *Eclipse* em forma de *Widgets* que são fornecidos pelos pacotes descarregados no *Android developers*. Cada botão exerce uma função durante a programação e após isto, automaticamente é gerado um arquivo *main.XML*, em que os parâmetros são ajustáveis, podendo variar o tamanho do botão ou sua localização no visor do celular. Na Figura 6.2 abaixo é possível visualizar o ambiente de como foi criado o aplicativo.

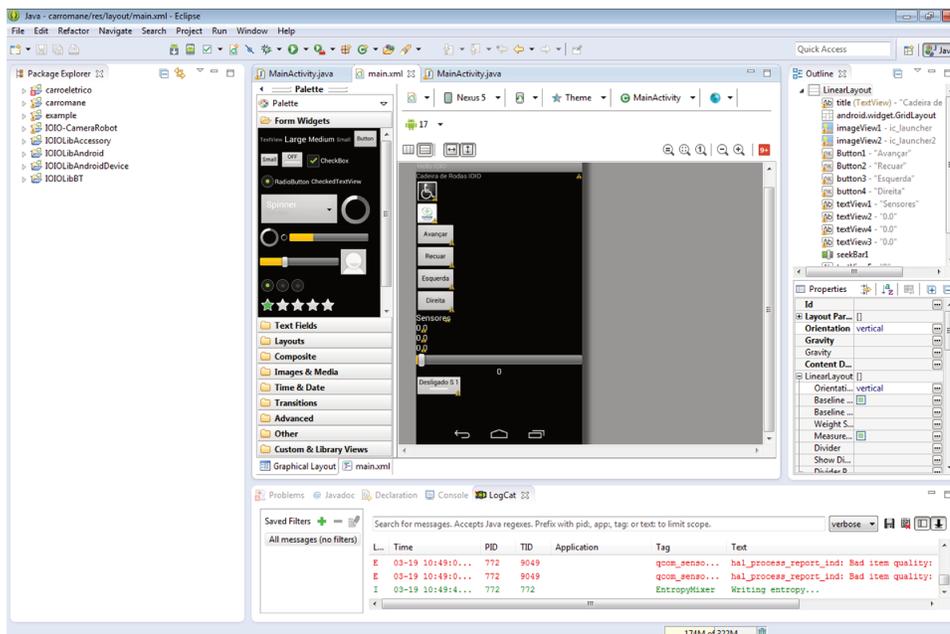


Figura 6.2: Elaboração dos botões para a realização dos comandos da cadeia de rodas.

O ajuste da velocidade varia de 0 – 100, isto torna possível ajustar em qual velocidade os

80 quilogramas. A Figura 6.4 abaixo é possível visualizar o início da velocidade e a trajetória a ser percorrida durante o intervalo de tempo de 13 segundos.



Figura 6.4: Trajetória percorrida com carga e velocidade máxima inicial.

A velocidade final alcançada da cadeira de rodas foi de $0,8m/s$ ou $2,88km/h$ e é demonstrada logo abaixo, na Figura 6.5. A velocidade ao decorrer da trajetória aumenta gradativamente, tornando o movimento mais suave para amenizar o tranco inicial.

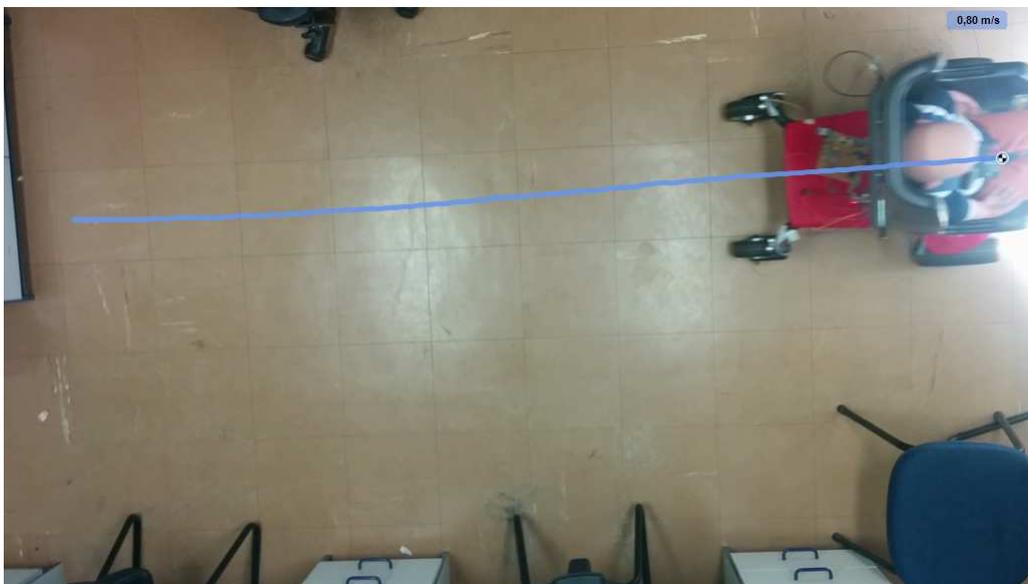


Figura 6.5: Trajetória percorrida com carga e velocidade máxima final.

O outro teste realizado implementou a redução da velocidade em 50%, o ajuste é realizado no visor do *smartphone*. As velocidades inicial e final alcançaram o valor de $0,4m/s$ ou $1,44km/h$. Nas Figuras 6.6 e 6.7 abaixo é possível visualizar sua trajetória ao decorrer do deslocamento.



Figura 6.6: Trajetória percorrida com carga e velocidade reduzida inicial.

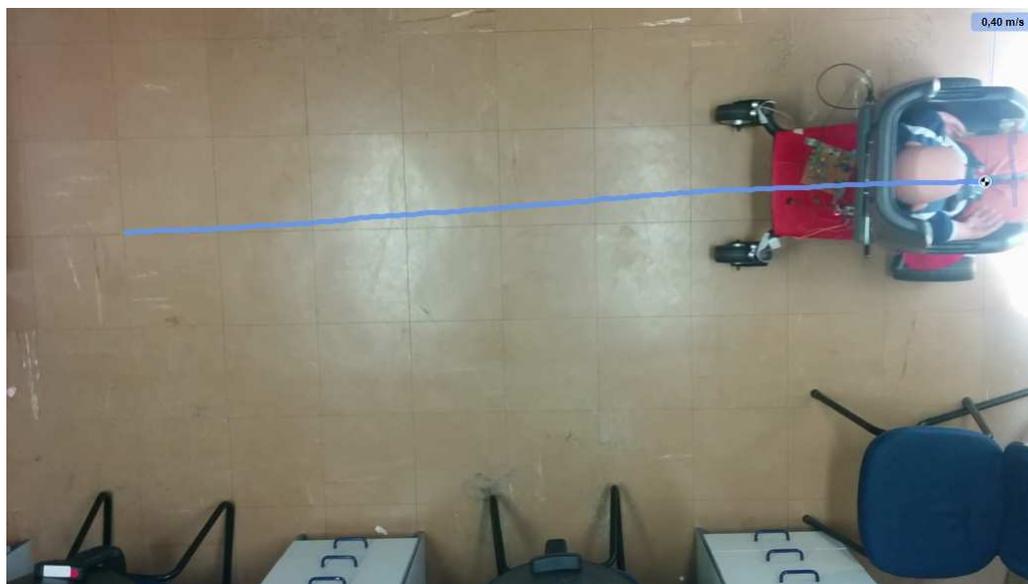


Figura 6.7: Trajetória percorrida com carga e velocidade reduzida final.

Os resultados obtidos demonstraram a criação do aplicativo para o controle da cadeira de rodas, além disso foi possível tornar o tranco inicial mais suave, melhorando a questão ergonômica do usuário. A cadeira de rodas conseguiu atingir uma velocidade final de $2,88km/h$ e também

conseguiu desenvolver movimento com uma massa igual a 80 quilogramas. Uma atribuição que poderia ser implementada a este trabalho seria o uso de um outro controle para ser controlado por um acompanhante. Para tornar este recurso disponível seriam necessários outra placa IOIO Board, USB dongle (bluetooth), outro *smartphone* com a programação inserida estabelecendo prioridade ou hierarquia ao acompanhante, assumindo assim o total controle sobre a cadeira de rodas.

7 Conclusão e Sugestões para Futuros Trabalhos

Foram utilizadas tecnologias avançadas disponíveis nos dispositivos móveis (*smartphones*) para controlar a movimentação direcional e a velocidade de uma cadeira de rodas elétrica. O acesso aos recursos disponíveis nos *smartphones* exigiu o desenvolvimento de um aplicativo baseado na plataforma *Android*. Adicionalmente foram instalados sensores que impedem a colisão da cadeira contra obstáculos. A utilização de uma cadeira de rodas disponível no mercado, para fins de construção do protótipo, exigiu estudos de compatibilidade dos componentes eletrônicos utilizados com a eletrônica previamente embarcada e para estabelecer comunicação com os periféricos instalados.

O principal resultado do trabalho foi a implementação da tecnologia de celular móvel baseado em *Android*, e da capacidade de comunicação remota (*bluetooth*) para intercomunicar-se com o hardware desenvolvido. A placa de circuito projetada teve a função de permitir o acesso aos dispositivos e periféricos, entre eles, o IOIO OTG (Placa de interface entre *Android* e hardware), USB – Dongle (*bluetooth*), motores, baterias e sensores. O próprio usuário, utilizando um celular no qual foi inserido o programa computacional desenvolvido, tem condições de controlar a movimentação direcional da cadeira de rodas elétrica, bem como sua velocidade. Os comandos são realizados por meio de botões, disponíveis no visor do celular, após a abertura do aplicativo nele instalado. São utilizados seis botões, sendo quatro para controlar a movimentação direcional, um para a velocidade e outro para ativar ou desativar os sensores de colisão, assegurando uma condução segura. A faixa de velocidade é ajustável por meio do *slider* presente no *smartphone*. Adicionalmente é possível um acompanhante assumir a hierarquia ou prioridade no controle da cadeira de rodas, para isso, são necessários dois celulares móveis com tecnologia *Android*, e também se deve acrescentar mais um IOIO – OTG e um USB – Dongle. A prioridade assumida será realizada por meio da programação embarcada no celular do acompanhante. Os testes realizados demonstraram a eficácia da movimentação da cadeira, do controle de velocidade e da atuação dos sensores de colisão. A proposta inicial de uma cadeira de rodas elétrica a ser utilizada por crianças, foi estendida para adultos, o que foi comprovado em teste realizado com uma pessoa de 80 quilogramas. No escopo inicial proposto, a cadeira deveria transportar uma criança de X quilos em rampas de inclinação de até Y. O software para obter os dados de velocidade, distância percorrida ou trajetória foi o *Kinovea*. A velocidade máxima final independente da carga foi de $0,8m/s$ ($2,88km/h$). Na programação do aplicativo foi considerado e implementado um controle para impedir o tranco no início da movimentação. Ao longo do desenvolvimento do protótipo foram estudadas várias possibilidades de comando remoto as quais poderão ser aproveitadas em trabalhos futuros, tais como a implementação de comando

de voz via telefone celular. Outras possibilidades vinculadas ao uso dos sensores disponíveis no celular móvel, tais como: câmera; *GPS*; acelerômetro; giroscópio e bússola poderão permitir fazer a fusão sensorial para obtenção de localização e estimativa de trajetória.

Referências

- Abascal, J., Casas, R., Marco, A., Sevillano, J., e Cascado, D. (2009). Towards an intelligent and supportive environment for people with physical or cognitive restrictions. In *Proceedings of the 2nd international conference on pervasive technologies related to assistive environments (corfu, greece, june 9-13)*. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/1579114.1579124>
- Armstrong, N., Nugent, C., Moore, G., e Finlay, D. (2010). Using smartphones to address the needs of persons with alzheimers disease. *Annals of Telecommunication*, 65, 485-495. doi: 10.1007/s12243-010-0165-3
- Bersch, R. (2008). Introdução a tecnologia assistiva [Computer software manual]. Porto Alegre/RS.
- Billi, M., Burzagli, L., e Catarci, T. (2010). A unified methodology for the evaluation of accessibility and usability of mobile applications. *Universal Access in the Information Society*, 9, 337-56.
- Bourke, T. (2011). *Development a robotic wheelchair* (Unpublished doctoral dissertation). École normale supérieure.
- Brewster S, B. M. e. a., Lumsden J. (2003, April 5-10). Multimodal eyes-free interaction techniques for wearable devices. In *Proceedings of the sigchi conference on human factors in computing systems* (p. 473-80). Ft. Lauderdale, FL, USA.
- Brown L., P. H., Brewster S. (2006, September 12-15). Multidimensional tactons for non-visual information presentation in mobile devices. In *Proceedings of the 8th conference on human-computer interaction with mobile devices and services* (p. 231-70). Helsinki, Finland.

Danquah-Amoah, A., Basse, D. A., Basono, G., Edem, Okon, D., e Nyingiere, A. B. (2013, December). Assistive robotics: Robotic wheelchair using voice and bluetooth control. *International Journal of Scientific Research Engineering & Technology (IJSRET)*, 2(9), 553-559. (ISSN 2278-0882)

de Mello Silva, P. R., Quiroz, C. H. C., e Kurka, P. R. G. (2015, February). Localização de robô móvel em ambiente interno utilizando um dispositivo android para navegação inercial. In *17th international symposium on dynamic problems of mechanics*. Rio Grande do Norte - Natal.

Fruchterman, J., Disalvo, C., e Gemperle, F. (2003). In the palm of your hand: a vision of the future technology for people with visual impairments. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 97, 585-91.

Galvão Filho, T. A e Garcia, J. C. D. (2012). *Pesquisa nacional de tecnologia assistiva* (T. e Inovação MCTI/SECIS, Ed.). Instituto de Tecnologia Social - ITS BRASIL.

Hakobyan, L., Lumsden, J., O'Sullivan, D., Barlett, H., e MComptom. (2013, November - December). Mobile assistive technologies for the visually impaired. *Survey of Ophthalmology*, 58(6), 513-528. doi: 10.1016/j.survophthal.2012.10.004

IBGE. (2012). *Censo demográfico: características gerais da população, religião e pessoas com deficiência*. Rio de Janeiro. Retrieved from www.ibge.gov.br

Jazar, R. N. (2007). *Theory of applied robotics: Kinematics, dynamics and control*. Department of Mechanical Engineering, Manhattan College, Riverdale, NY: Springer.

Jeong, H., Lim, J., Hyun, W., e An, A. (2013). A real-time location-based sns smartphone application for the disabled population. *Computer Science and Information Systems (ComSIS)*, 10(2), 747-765. doi: 10.2298/CSIS120711032J

Jeong, H., Ye, S., , Lim, J., You, I., e Hyun, W. (2014, AUG). A computer remote control system based on speech recognition technologies of mobile devices and wireless communica-

tion technologies. *Computer Science and Information System*, 11(3), 1001-1016. doi: 10.2298/CSIS130915061J

Jeong, H., Ye, S., Lim, J., You, I., Hyun, W., e Song, H. (2013, JUL). A remote computer control system using speech recognition technologies of mobile devices. In *The seventh international conference on innovative mobile and internet services in ubiquitous computing: Future internet and next generation networks (fingnet-2013)* (p. 595-600). Taichung, Taiwan. doi: 10.1109/IMIS.2013.105

Kientz, J., Patel, S., Tyebkhan, A., e et al. (2006, October 22-25). Where's my stuff? design and evaluation of a mobile system for locating lost items for the vivisual impaired. In *Proceedings of the 8th acm conference on computers and accessibility (assets)* (p. 103-10). Portland, OR, USA.

Lecheta, R. R. (2013). *Google android: aprenda a criar aplicações para dispositivos móveis com o android sdk* (3rd ed.; R. Prates, Ed.). NOVATEC.

Lee, W. M. (2011). *Beginning android: Application development*. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing Inc.

Lehn, D., e Heath, C. (2003). Displacing the object: Mobile technologies and interpretive resources. In *Proceedings of the ichim 03*. Europe. Retrieved from <<https://www.amico.org/publishing/ichim03/088C.pdf>> (Último acesso: 05/11/2014)

Metsis, V., Le, Z., Lei, Y., e Makedon, F. (2008). Towards an evaluation framework for assistive environments. In *Proceedings of the 1st international conference on pervasive technologies related to assistive environments (athens, greece, july 15-19)*. New York, NY.

O'Connor, T., Fitzgerald, S., Cooper, R., Thorman, T., e Boninger, M. (2002, Nov - Dec). Kinetic and physiological analysis of the game(wheels) system. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 39(6), 627-634.

Paeck, T., e Chickering, D. M. (2007, MAR). Improving command and control speech recognition

on mobile devices: using predictive user models for language modelling. *USER MODELING AND USER-ADAPTED INTERACTION*, 17(1-2), 93-117. doi: 10.1007/s11257-006-9021-6

Parallax. (2014, Dezembro). *Datasheet for parallax ultrasonic sensor*. Retrieved from http://www.dfrobot.com/image/data/PDF/Manual/SEN0006_Manual__10_en.pdf

Rocha, P., Rosalina, L., e Alves, G. (2013, Dezembro). Tecnologia assistiva - uma revisao do tema. *Holos*, 6, 170-180.

Rodriguez-Sanchez, M. C., Moreno-Alvarez, M. A., Martin, E., Borromeo, S., e Hernandez-Tamames, J. (2013). Gat: Platform for automatic context-aware mobile services for m- tourism. *Expert System with Applications*, 10, 4154-4163. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2013.01.031>

Rodriguez-Sanchez, M. C., Moreno-Alvarez, M. A., Martin, E., Borromeo, S., e Hernandez-Tamames, J. (2014, November 15). Accessible smartphones for blind users: A case study for a wayfinding system. *Expert System with Applications*, 41(16), 7210-7222. doi: 10.1016/j.eswa.2014.05.031

Sartoretto, M. L. (2014). *Tecnologia assistiva e educação*. Retrieved from www.assistiva.com.br (www.assistiva.com.br . Disponível em 08 de outubro de 2014)

Tavares, J., Barbosa, J., e Costa, C. (2013). A smart wheelchair based on ubiquitous computing. In *Proceedings petra 13*. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/2504335.2504336>

Trefler, E., Fitzgerald, S., Hobson, D., Bursick, T., e Joseph, R. (2004, SUM). Outcomes of wheelchair systems intervention with residents of long-term care facilities. *Assistive Technology*, 16(1), 18-27.

Wattanavarangkul, N., e Wakahara, T. (2013, July). Indoor navigation system for wheelchair using smartphones. *Information Technology Convergence*, 253, 233-241. doi: 10.1007/978-94-007-6996-0_25

Williamson J., H. S. S., Murray-Smith R. (2007, April 28 - May 03). Multimodal excitatory interfaces on mobile devices. In *Proceedings of the computer/human interaction conference (chi)* (p. 121-4). San Jose, CA, USA.

Wilson, G. (2004). Multimedia tour programme at Tate Modern. In *Proceedings of the international conference of museums and the web*. Archives & museum informatics. Retrieved from <<http://www.museumsandtheweb.com/mw2004/papers/wilson/wilson.html>> (Último acesso: 05/11/2014)

Woodruff, A., Aoki, P. M., Hurst, A., e Szymanski, T. M. H. (2014). Electronic guidebooks and visitor attention. In *Proceedings of the 6th international cultural heritage informatics meeting* (p. 437-454).