



Universidade de Brasília - UnB

Faculdade UnB Gama - FGA

Engenharia Automotiva, Engenharia Eletrônica, Engenharia de  
Energia e Engenharia de Software

# KIT UNIVERSAL DE AUTOMAÇÃO DE CADEIRAS DE RODAS

Autor: Grupo Cadeira de rodas automatizada

Orientador: Professores Orientadores da Matéria

Brasília, DF

2015





Grupo Cadeira de rodas automatizada

# **KIT UNIVERSAL DE AUTOMAÇÃO DE CADEIRAS DE RODAS**

Relatório para matéria do curso de graduação de Engenharias, Projeto Integrador 2

Universidade de Brasília - UnB

Faculdade UnB Gama - FGA

Orientador: Professores Orientadores da Matéria  
Coorientador: Professores Orientadores da Matéria

Brasília, DF

2015

*"A deficiência não precisa ser um obstáculo para o sucesso."*

*Professor Stephen W Hawking*

# Orientadores

Nome orientador	Engenharia
Luiz Carlos Gadelha de Souza	Engenharia Aeroespacial
Alessandro Borges de Sousa	Engenharia Automotiva
Edson Mintsu Hung	Engenharia Eletrônica
Jungpyo Lee	Engenharia de Energia
Paulo Roberto Miranda Meirelles	Engenharia de Software
Ricardo Matos Chaim	Engenharia de Software



# Membros

Nome Aluno	Matricula	Engenharia
Carlos Filipe Araujo	10/0096093	Automotiva
Edward Douglas M. Pereira Junior	10/0028349	Automotiva
Felipe Duerno do Couto Almeida	11/0116712	Eletrônica
Gustavo Vinicius Martins Arvelos	09/0115830	Eletrônica
Henrique Berilli Silva Mendes	11/0120841	Eletrônica
Luiz Cláudio Percy	10/46497	Eletrônica
Bruno Carlos dos S. Moraes	10/43854	Energia
Bruno Lossio	10/0095208	Energia
Felipe de Souza Campos	10/0054323	Energia
Jéssica Rocha Gama	10/0054501	Energia
Rafael Ferrato	10/0120491	Energia
Felipe César	09/0005694	Software
Thabata Helen Macedo Granja	09/0139658	Software
Victor Cotrim de Lima	09/0134699	Software





# Lista de abreviaturas e siglas

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
VPN	Virtual Private Network
XP	Extreme Programming
SLA	Bateria Selada Chumbo-Ácido
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira



# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b>	<b>11</b>
1.1.1	Objetivos Gerais	11
1.1.2	Objetivos Específicos	12
<b>1.2</b>	<b>Estado Técnico</b>	<b>13</b>
1.2.1	História	13
1.2.2	O Estado da Arte	14
<b>1.3</b>	<b>Requisitos</b>	<b>16</b>
1.3.1	Requisitos em Relação a Estrutura	16
1.3.2	Requisitos em Relação as Tecnologias	16
1.3.3	Requisitos em Relação a Parte Financeira	17
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>19</b>
<b>2.1</b>	<b>Power Train</b>	<b>19</b>
2.1.1	Motor	19
2.1.2	Bateria	20
2.1.2.1	Carregando Baterias	21
<b>2.2</b>	<b>Controle</b>	<b>22</b>
2.2.1	Dispositivos de controle	23
2.2.1.1	Joystick	23
2.2.1.2	Smartphones	23
2.2.2	Tecnologias	23
2.2.2.1	Raspberry PI	23
2.2.2.2	Python	24
2.2.2.3	Bluetooth	24
2.2.3	Controle do motor	24
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>27</b>
<b>3.1</b>	<b>Estrutura</b>	<b>27</b>
<b>3.2</b>	<b>Power Train</b>	<b>27</b>
<b>3.3</b>	<b>Controle</b>	<b>27</b>
<b>3.4</b>	<b>Metodologia de organização e monitoramento</b>	<b>27</b>
<b>3.5</b>	<b>Integração entre Engenharias</b>	<b>29</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>31</b>
<b>4.1</b>	<b>Estrutura</b>	<b>31</b>

<b>4.2</b>	<b>Power Train</b>	<b>33</b>
4.2.1	Motor	33
4.2.2	Baterias	33
4.2.2.1	Autonomia	34
<b>4.3</b>	<b>Controle</b>	<b>35</b>
<b>4.4</b>	<b>Interface com o usuário</b>	<b>36</b>
4.4.1	Joystick	36
4.4.1.1	Smartphone	37
4.4.1.2	Protótipo	37
<b>5</b>	<b>PERSPECTIVA</b>	<b>39</b>
<b>5.1</b>	<b>Incremento atual</b>	<b>39</b>
5.1.1	Estrutura	39
5.1.2	Power Train	39
5.1.3	Controle	39
5.1.4	Interface com Usuário	40
<b>5.2</b>	<b>Próximos passos</b>	<b>40</b>
5.2.1	Estrutura	40
5.2.2	Power Train	40
5.2.3	Interface com Usuário	41
5.2.4	Controle	41
<b>5.3</b>	<b>Cronograma</b>	<b>41</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>43</b>

# 1 Introdução

A Cadeira de rodas manual (CRM) é um importante instrumento para a funcionalidade diária na vida daqueles que tem os membros inferiores comprometidos. Segundo uma pesquisa realizada em 2010 pelo IBGE existe cerca de 4,4 milhões de indivíduos incapazes ou com grandes dificuldades de locomoção em todo o Brasil ((SDH/PR), 2012), cadeirantes, em sua maioria.

Segundo Sagawa et al as CRM são consideradas meios de locomoção de baixa eficiência mecânica (2 a 10%), além disso os membros superiores não foram preparados para fazerem tantos esforços e movimentos repetidos, para indivíduos que ainda estão em fase de adaptação esse esforço é ainda maior e para aqueles com sobrepeso os problemas de sobrecarga podem ser tão sérios quanto os riscos cardiovasculares. Na busca de aumentar a funcionalidade de independência do indivíduo a cadeira de rodas elétrica surgiu oferecendo ao indivíduo maior facilidade e eficácia no deslocamento, no entanto, cadeiras de rodas elétricas têm um alto custo e muitas não são portáteis como CRM.

Nesse âmbito, nos últimos anos projetos de automação de cadeiras de rodas manuais (LOCKTON, 2004), (FILHO et al., 2010), (EVEREST; JENNINGS, 1937), (HAMANAKA, 2002) vem sendo testados, estes dão ao cadeirante a facilidade de mobilidade e ao mesmo tempo utilizam-se do fato de que a cadeira de rodas manual do cadeirante já está com a ergometria adaptada as necessidades do indivíduo.

Dessa forma, diante da importância entre a relação homem/cadeira de rodas o presente trabalho tem como objetivo prototipar um kit de automação de cadeira de rodas que seja acoplável a todas as cadeiras de rodas. Para garantir que esse produto seja compatível com o maior número de cadeiras de rodas do mercado possível, seguir-se-á o padrão especificado pela NBR 9050 (ABNT, 2004) e as dimensões do INMETRO ([HTTP://WWW.INMETRO.GOV.BR/](http://www.inmetro.gov.br/), 2015)

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivos Gerais

O principal objetivo desse trabalho é desenvolver um kit de automação de cadeira de rodas, portátil e removível, o que tornará possível descartar o uso do trabalho humano para locomoção da CRM. Para garantir que esse produto seja compatível com o maior número de cadeiras de rodas do mercado possível, seguir-se-á o padrão especificado pela NBR 9050 (ABNT, 2004) e as dimensões do INMETRO ([HTTP://WWW.INMETRO.GOV.BR/](http://www.inmetro.gov.br/), 2015). Oferecendo um custo significativamente reduzido quando comparado a uma cadeira

de rodas motorizada e, além disso, a possibilidade de o cadeirante usufruir dos benefícios da cadeira motorizada sem perder a liberdade e ergonomia que o seu modelo manual proporciona.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

O projeto está dividido em quatro ramos: power train, estrutura, controle e interface com o usuário, pretende-se ter envolvimento de todas as engenharias (Automotiva, Eletrônica, Energia e Software) nos quatro ramos durante toda a execução do projeto.

#### **Engenharia Automotiva**

1. Criar um design que permita um acoplamento universal, visando a ergonomia, peso e dimensionamento do sistema de power train;
2. Análises de materiais levando em consideração que o produto deve resistir a diversidades como água, sol, calor, etc.
3. Análise de esforços; e
4. Montagem do protótipo

#### **Engenharia Eletrônica**

1. Construir um sistema automatizado de controle que seja capaz de gerir as funcionalidades do kit de automação;
2. Dar condição de pleno funcionamento para o controle de potência e motor utilizando pontes H;
3. Permitir a interação do usuário com o kit de automação com o uso de periféricos;
4. Auxiliar no desenvolvimento e criação de interface com o usuário;

#### **Engenharia de Energia**

1. Dimensionamento do motor com o menor requerimento de potência, ou seja, obter um perfil de torque-velocidade ótimo para o sistema de tração elétrica;
2. Dimensionamento do redutor, visto que motores elétricos CC não possuem o torque necessário para a movimentação da cadeira;
3. Dimensionamento de bateria visando os requisitos - peso, custo, autonomia, e transporte do produto por vias aéreas; e

4. Desenvolver o melhor sistema de acoplamento entre o motor e a roda do kit afim de que a transmissão de forças seja a mais eficiente possível.

### **Engenharia de Software**

1. Montar arquitetura da informação de forma evolutivel e escalonável em relação a qualquer código a ser desenvolvido.
2. Testar Incrementalmente as unidades usando metodologias TDD e se possível BDD.
3. Desenvolver incrementalmente de forma a manter a integração continua.
4. Desenvolvimento de aplicativo em plataforma a ser definida levando em conta o ciclo PDCA.

## **1.2 Estado Técnico**

### **1.2.1 História**

O primeiro meio de suporte para pessoas doentes ou deficientes, possivelmente foi a maca, inventando 4000aC. Ela era leve e podia ser facilmente transportada pelos escravos, servos ou membros da família (SOUZA, 2011).

Uma cama de criança, retratada em um vaso grego do século VI aC, pode ser considerada a mais antiga representação de um veículo sobre roda em ambientes internos. Uma escultura feita mil anos após o vaso, pode ser considerada a mais antiga representação de uma cadeira de rodas. Acredita-se que a escultura venha da China, sendo o único país da metade oriental da Ásia em que as cadeiras foram usadas antes dos tempos modernos (SOUZA, 2011).

No século III dC, foi inventando um veículo muito utilizado até hoje, o carrinho de mão. Este objeto chegou a Europa por volta do século XII dC pela rota das Cruzadas, sendo um veículo útil para todos os tipos de natureza (SOUZA, 2011).

Por volta do século XVI, algumas cadeiras receberam pequenas rodas ou rolos, dando comodidade aos idosos e doentes, onde essas cadeiras tinham as costas reclináveis, apoio de cabeça e apoio de braço. Com a criação dessas cadeiras, os idosos e doentes não precisavam ficar confinados nas camas, já que muitas dessas cadeiras eram feitas individualmente e para a própria utilização do dono (SOUZA, 2011).

Com o passar do tempo, cresceu o desejo pelo conforto, com isso, foram feitos algumas alterações nos contornos das cadeiras, onde elas recebiam braços adaptados às formas do corpo humano. Entretanto, as cadeiras de rodas ainda precisavam de alguma pessoa para empurrar. Uma das últimas melhorias que foi aplicada às cadeiras de rodas,

foi no final do século XIX, quando as rodas de bicicletas de madeira foram substituídas por raios de metais, deixando-as bem parecidas com as que usamos hoje em dia. Um pouco mais tarde, quando as rodas de bicicletas foram envoltas com pneu de borracha, os fabricantes das cadeiras de rodas começaram a seguir essa tendência (SOUZA, 2011).

No início do século XX, o inventor americano George Westinghouse, fez alguns desenhos sobre suas idéias para a criação de uma cadeira de rodas elétrica, entretanto, Westinghouse faleceu em 1914 sem ter construído uma cadeira de rodas elétrica. Apesar disso, muitos o consideram como o inventor da cadeira de rodas elétrica. Alguns anos depois, um grupo de engenheiros criou uma cadeira de rodas motorizada, entretanto, esta era muito cara, pesada e inflexível para os consumidores (CLARK, 1997), (SHEPARD; KAREN, 1984).

Já no início da década de 1930, Harry Jennings projetou uma cadeira de rodas dobrável com a ajuda de um paraplégico, o que acabou melhorando os modelos seguintes das cadeiras de rodas elétricas (CLARK, 1997), (SHEPARD; KAREN, 1984). De acordo com a necessidade e avanço científico e tecnológico do ser humano as cadeiras de rodas se tornaram um novo produto. Visando o mercado, várias empresas investiram na fabricação e desenvolvimento de modelos e tecnologias, que beneficiam aos cadeirantes. Existem atualmente diversos modelos de cadeiras de roda como cadeiras para banhos, cadeiras automatizadas, cadeiras dobráveis é até mesmo kits de automação, equipamentos que se tornaram de extrema importância para facilitar a acessibilidade dos cadeirantes ([HTTP://WWW.SCIELO.BR/PDF/PROD/V12N1/V12N1A06](http://www.scielo.br/pdf/prod/v12n1/v12n1a06), 2012).

### 1.2.2 O Estado da Arte

As tecnologias Assistivas, que são recursos tecnológicos que facilitam a vida das pessoas com algum tipo de deficiência, tem se tornado hoje um assunto cada vez mais comum. O avanço tecnológico tem facilitado para que haja uma inclusão social cada vez maior auxiliando atividades como: a automação de ambientes, que facilita para a execução de tarefas simples; na correção postural, com cadeiras que beneficiam a postura de pessoas que possuem alguma deficiência física; e na locomoção, que podem ser bengalas, cadeiras de rodas manuais ou elétricas, qualquer equipamento ou estratégia que auxilie na mobilidade.

A NBR9050 recomenda padrões de cadeiras de roda manuais e ajustes estruturais da mobília para de prédios para acessibilidade de pessoas com deficiência, estabelecendo padrões de estofados, dimensões estruturais, dentre outros que facilitam a vida de pessoas com deficiência (BECKER, 2000).

Hoje em dia, com a tecnologia mais avançada e os estudos em materiais mais resistentes e leves, pode-se observar uma vasta gama de cadeiras de rodas manuais e



elétricas. Atualmente: cadeira de rodas dobrável com propulsão manual ou elétrica, cadeira leve tipo standard, cadeira semi-reclinável, cadeira "stand-up", vide figura 1, e cadeira desportos, vide figura 2, scooters e cadeira motorizada (SOUZA, 2011).



Figura 1: Cadeira Stand-up

Na figura 1, é apresentado uma cadeira de rodas do modelo stand-up, onde existem modelos dela manuais e motorizadas. Seu principal objetivo para o cadeirante é melhorar sua auto-estima, facilitando a acessibilidade nas atividades cotidianas, como exemplo, pegar um livro em uma estante, ou simplesmente olhar uma pessoa frente a frente. Isso ocorre devido a cadeira ter um sistema de elevação elétrico ou manual, permitindo pequenos deslocamentos do corpo da pessoa na posição ereta, com segurança e praticidade ([HTTP://WWW.CAVENAGHI.COM.BR/](http://www.cavenaghi.com.br/), 2015).



Figura 2: Cadeira desporto

Na figura 2, tem um exemplo de cadeira de rodas para desporto. Esse tipo de cadeira de rodas são utilizadas nas atividades desportivas, onde cada cadeira é feita de acordo com a deficiência do para-atleta. Essas cadeiras são feitas com materiais leves, para que o para atleta tenha mais velocidade e moilidade (FREIRE, 2009).

Na figura 3, é apresentado a patente (PI0304753-9) que é um kit para motorização de cadeiras de rodas, onde as rodas de uma cadeira de rodas manual será tracionada por um conjunto de rodas menores, comandadas por um joystick, dotado de todos os elementos de comando de ambos os conjuntos de tração. Esse joystick é fixado junto ao apoio de braço direito ou esquerdo da cadeira de rodas ([HTTP://WWW.PATENTESONLINE.COM.BR/](http://www.patentesonline.com.br/), 2015).

A idéia dessa patente serviu de inspiração para o desenvolvimento desse projeto, onde a idéia principal é construir um kit para ser acoplado em qualquer cadeira de rodas manual, transformando-a em motorizada.

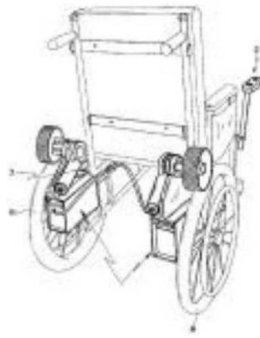


Figura 3: Patente de um kit de automação de cadeiras de rodas

## 1.3 Requisitos

Os requisitos iniciais do projeto foram definidos a fim de facilitar um planejamento na fase inicial, ajudar na definição das tecnologias que serão utilizadas, e gerenciamento do projeto.

### 1.3.1 Requisitos em Relação a Estrutura

- O sistema de acoplamento entre o kit de automação e a cadeira deve ser universal com base nas dimensões do INMETRO;
- O projeto de design deve ser discreto;
- A ergonomia do kit deve prover conforto e segurança ao usuário;
- Transmissão de torque e potência entre o kit e a roda da cadeira de rodas deve possuir as menores perdas possíveis;
- O peso do conjunto motor-bateria deve ser o menor possível. Esse requisito está também atrelado ao custo- benefício.

### 1.3.2 Requisitos em Relação as Tecnologias

- É necessário um sistema de automação, controle dos motores, indicadores e controladores de potência;
- Interface com o usuário deve ser simples e acessível;
- A velocidade mínima da comunicação entre interface do usuário e placas de controle deve ser a mais alta possível.
- Este requisito será melhor adequado em relação a valores assim que testado com o usuário.

### 1.3.3 Requisitos em Relação a Parte Financeira

- Os custos totais do protótipo devem ser consideravelmente menores aos de uma cadeira de rodas motorizada;
- Os custo-benefício das peças a serem utilizadas no projeto devem ser embasados em cálculos matemáticos de quantidade-analisada por valor a ser pago.



## 2 Fundamentação Teórica

As cadeiras de rodas motorizadas proporcionam conforto, segurança, rapidez e prevenção de lesões nos membros superiores devido ao uso repetitivo em cadeiras de rodas manuais. Porém, uma cadeira de rodas motorizada representa um alto custo: em uma análise do impacto orçamentário realizada pelo Departamento de Economia da Saúde, Investimento e Desenvolvimento- Ministério da Saúde-DESID/SE/MS, o preço sugerido para uma cadeira de rodas motorizada é de R\$ 4.999,00, além do custo de manutenção (CONITEC, 8 de maio de 2013). Além disso, outro problema que as cadeiras de rodas motorizadas possuem é que em caso de necessidade, não podem ser usadas como cadeiras de rodas manuais, pois possuem rodas pequenas para aproveitar melhor a potência dos motores e sistema de transmissão. Outro detalhe importante é que cadeiras de rodas motorizadas são geralmente pesadas, e não possuem as facilidades de transportes das cadeiras manuais.

### 2.1 Power Train

#### 2.1.1 Motor

Motor é uma máquina que tem a capacidade de transformar energia elétrica em energia mecânica (MEGGIOLARO; GIRAS, 2011), existem dois tipos de motores, motor de corrente alternada (CA) e os de corrente contínua (CC).

As cadeiras de rodas automáticas utilizam de baterias como fonte de alimentação para os motores, portanto se deve utilizar motores de corrente contínua. Este tipo de motor é muito utilizado em projetos que necessitam de velocidades variáveis, eles também apresentam uma região de torque e potência constante e são simples de realizar a aceleração e a desaceleração (HAMANAKA; DIAS, 2002).

É necessário que as relações de velocidades entre os motores tenham um sistema de controle rígido de forma que o usuário consiga controlar a cadeira adequadamente. Os motores devem responder aos comandos sem que haja erros por uma questão de segurança. Uma metodologia para o dimensionamento de sistemas de tração para veículos elétricos é baseada na dinâmica veicular e considerando três condições de operação:

- Aceleração inicial
- Velocidade nominal
- Velocidade máxima

Um sistema que supre essas três condições funcionará adequadamente nos demais regimes de operação. Os parâmetros que definem essas restrições são:

- Velocidade nominal do veículo
- Tempo especificado para o veículo atingir a velocidade nominal
- Velocidade máxima
- Massa do veículo

O objetivo é atender as restrições de projeto com o menor requerimento de potência, ou seja, obter um perfil de torque-velocidade ótimo para o sistema de tração elétrica. Os motores de corrente contínua utilizam das forças eletromagnéticas para transformar energia elétrica em mecânica, eles funcionam com uma fonte retificada, ou seja, que possuem polaridade fixa. Esse tipo de motor possui dois terminais, um positivo e outro negativo que de acordo com a polaridade e o sentido da corrente controlam a repulsão dos eletroímãs e consequentemente o sentido da rotação do motor.

Uma das maiores vantagens dos motores de corrente contínua é o controle da velocidade que é feito com o dreno de corrente para o motor. Porém são mais difíceis de serem construídos e mais propícios a problemas, gerando uma maior manutenção, além disso, são propícios a problemas com faíscas internas o que impede o seu uso em ambientes perigosos.

### 2.1.2 Bateria

Baterias são dispositivos que transformam energia química em elétrica e vice-versa. Por ser um processo reversível, as baterias podem ser carregadas e descarregadas várias vezes. Hoje no mercado existem vários tipos de baterias, com diferentes condições nominais.

A bateria adequada ao projeto seria uma bateria de chumbo ácida, muito utilizada em veículos devido a seu fácil acesso e baixo custo. Atualmente ela já é utilizada em cadeiras de rodas elétricas. Este é o tipo menos eficiente de bateria, com a pior relação peso/energia, em compensação, é a tecnologia mais barata.

Inventadas em 1859 pelo físico francês Gaston Planté, é muito utilizada hoje em dia em diferentes áreas, como automóveis, sistemas de fornecimento de energia elétrica ininterrupta (no-breaks) e cadeiras de rodas elétricas. Desprezando-se o problema do peso, é a bateria que mais se adéqua ao projeto

Um grande problema foi solucionado na década de 70, onde pesquisadores conseguiram desenvolver uma bateria de chumbo-ácido livre de manutenção, podendo operar

em qualquer posição. Nesta bateria, o invólucro foi selado e o eletrólito líquido foi transformado em separadores umedecidos.

As baterias SLA (bateria selada chumbo-ácido), também conhecida como Gelcell, tem uma faixa típica de capacidade que vai de 0,2 Ah até 30 Ah. Esse tipo de bateria está livre do famoso efeito memória, e deixar a bateria em carga flutuante por um longo período não causa nenhum dano.

A bateria de chumbo-ácido tem a melhor retenção de carga entre todas as baterias recarregáveis. As baterias de SLA descarregam, em média, aproximadamente 40% da sua energia armazenada em 1 ano, já uma de NiCd se auto descarrega na mesma quantidade em 3 meses.

As baterias SLA devem sempre ser armazenadas carregadas. Deixar a bateria descarregada causa sulfatação, uma condição que torna difícil, se não impossível, de se recarregar as baterias. A bateria SLA consegue fornecer entre 200 e 300 ciclos de carga/descarga.

Vantagens:

- A mais barata em termos de custo por Watt horas;
- Segura e durável quando utilizada corretamente;
- Auto descarga está entre as mais baixas entre as baterias com sistema de recarga;
- Não exige muita manutenção e não tem o efeito memória.

Limitações:

- A bateria não pode ser armazenada em completa descarga, a tensão tem de estar acima de 2,10V;
- Densidade baixa da energia;
- Ciclo de carga/descarga limitado;
- O eletrólito e o conteúdo da carga podem causar danos ambientais;
- Imprópria para dispositivos de mão que exigem tamanho compacto.

#### 2.1.2.1 Carregando Baterias

O tempo de carga de uma bateria de Chumbo-Ácido (selada) é de 12 a 16 horas. Com correntes de carga maiores, e métodos de carga multi-estágios, o tempo de carga pode ser reduzido para 10 horas ou menos. Durante a carga em corrente constante, a bateria carrega 70% em aproximadamente 5 horas; os 30% restantes são completados por uma lenta carga de pico. A corrente de pico dura outras 5 horas e é essencial para o bem estar da bateria.

## 2.2 Controle

Desde a primeira patente de cadeira de rodas elétrica em 1937 (EVEREST; JENNINGS, 1937), diversos modelos de cadeiras de rodas motorizadas foram desenvolvidos. As mais diversas interfaces humano-computador foram criadas de modo a facilitar a vida do cadeirante, desde cadeiras elétricas com um joystick simples à cadeiras inteligentes controladas por voz ou sem fio via celular, com monitoramento de velocidade, bateria e inclinação (BARCELOS et al., 2008). Foram pesquisadas várias formas de controle de cadeiras de rodas que podem ser consultados na tabela 1.

Tabela 1: Lista de dispositivos de controle de cadeiras de rodas elétricas.

Interface	Comunicação	Monitoramento	Características
Joystick tradicional	Sem ou com fio, dependendo da aplicação.	Pouco, geralmente apenas o nível da bateria.	Contém mecanismo para encaixe na cadeira de rodas e ainda botões de emergência, os dados são enviados via bluetooth ou fio para o microcontrolador, onde é feito todo o processamento.
Joystick adaptado para o queixo	Com fio.	Nenhum.	Joystick fixo é adaptado para o controle com o queixo, utilizado por tetraplégicos.
Aplicativo em smartphone	Sem fio (VPN ou Bluetooth)	Total: nível da bateria, velocidade, inclinação e etc.	Um aplicativo de controle é instalado no celular, onde são mostradas as condições da cadeira e o usuário gera os comandos, todo o processamento é feito no microcontrolador, a aquisição e envio dos dados de monitoramento e as ações geradas pelo usuário.
Guidão e motor dianteiro	Mecânica.	Pouco ou nenhum.	Apenas para motores dianteiros.



## 2.2.1 Dispositivos de controle

### 2.2.1.1 Joystick

O joystick é um periférico de computador pessoal ou um dispositivo geral de controle que consiste em uma vara vertical na qual os pivôs se aproximam de uma extremidade e transmitem seu ângulo em duas ou três dimensões a um computador (MCGUIRE; JENKINS, 2009). O Joystick, muito utilizado em computadores e jogos eletrônicos provou sua utilidade em diversas áreas.

### 2.2.1.2 Smartphones

São dispositivos repletos de funções, tem uma grande portabilidade e sua facilidade de integração com outros sistemas é grande, dessa forma tornando-se uma possível solução para a interação do usuário com o sistema da cadeira de rodas.

## 2.2.2 Tecnologias

### 2.2.2.1 Raspberry Pi

O Raspberry Pi é um computador do tamanho de um cartão de crédito que faz uso do sistema operacional Linux, foi desenvolvido para rodar aplicações de todos os tipos, internet, vídeo, dentre outras que geralmente rodam em um computador pessoal comum. Possui entradas USB que permitem a conexão de periféricos como mouse, teclado, câmeras e saídas para TVs como HDMI. Possui apenas memória volátil, sem disco rígido e roda o sistema operacional a partir de um cartão de memória (RASPEBERRY... , 2015).

O Raspberry Pi tem como principal componente um pequeno circuito integrado que reúne o processador com a arquitetura ARM, a GPU VideoCore IV e a memória RAM que é compatível com o sistema operacional GNU/Linux. As especificações gerais do modelo mais provável a ser utilizado no projeto, o *Raspberry Pi Model B*, que pode ser visto na figura 4, são:

- Processador ARM 11 de 700 MHz;
- GPU VideoCore IV de 250 MHz;
- 256 MB total de RAM;
- Saída de vídeo HDMI e RCA;
- Saída de áudio P2;
- Interface de rede Ethernet;
- 2 portas USB;

- Conector Micro USB para alimentação (5 volts, 700mA).

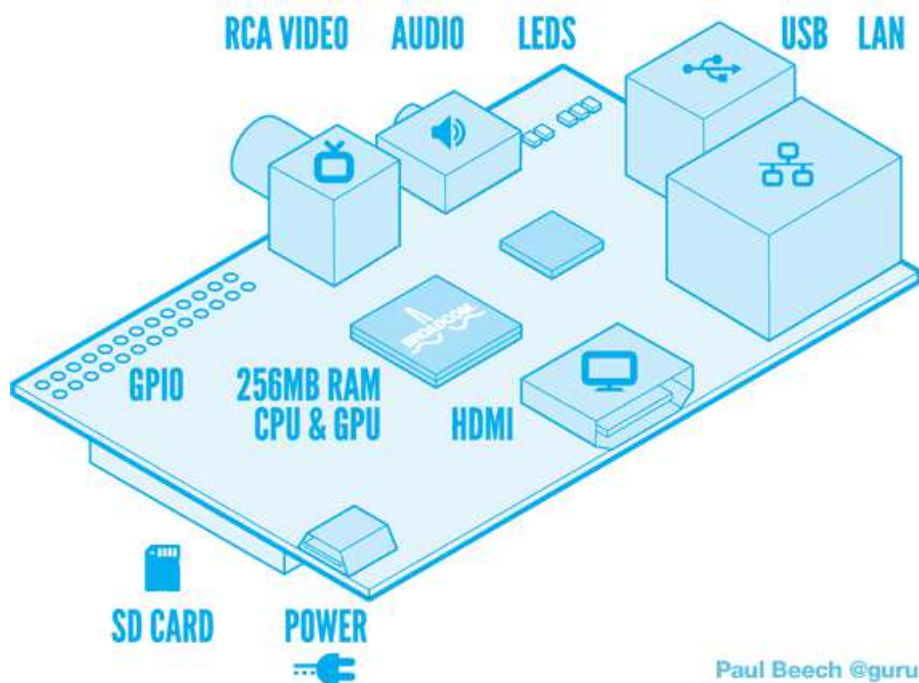


Figura 4: Esquemático componentes Raspberry Pi

#### 2.2.2.2 Python

Uma das linguagens a ser adotada será Python devido a facilidade de existir bibliotecas específicas que controlam o GPIO (General Purpose Input/Output) do Raspberry Pi. Essa linguagem é uma linguagem de programação de alto nível, interpretada, orientada a objetos, de tipagem dinâmica. Tem uma sintax consisa e clara, juntamente com uma biblioteca com recursos poderosos. Os módulos e frameworks ainda não foram decididos.

#### 2.2.2.3 Bluetooth

Bluetooth é um padrão de tecnologia de transmissão de dados sem fio para curtas distâncias, utilizando ondas de rádio UHF (de 2.4 à 2.485GHz ([HOME.ASPX, 2015](#))). É utilizada pelos mais diversos dispositivos, como celulares, notebooks, desktops, sistemas embarcados, carros e etc, com esta tecnologia é possível conectar uma serie de dispositivos sem apresentar problemas de sincronização.

### 2.2.3 Controle do motor

Geralmente motores precisam de corrente relativamente altas para controlar o seu funcionamento, assim é necessário que o sistema seja capaz de drenar corrente suficiente para os dispositivos. Considerando a característica dos motores de corrente contínua, sua

---

direção é controlada pelo sentido da corrente, pode-se construir um sistema para o controle do sentido de forma simples utilizando apenas chaves, transistores e o circuito de ponte H.



## 3 Metodologia

### 3.1 Estrutura

Modelagem 3D do dispositivo: será construído um modelo 3D da estrutura, seguindo as dimensões especificadas pela NBR 9050 ([ABNT, 2004](#)) e as dimensões do IMETRO, utilizando para isto o software Catia V5 3D.

Será construído um modelo utilizando PVC para os testes de acoplamento.

Com o auxílio do torno mecânico disponível no galpão da Faculdade UNB - Campus Gama será torneado um eixo para o acoplamento do conjunto de moto-redução e roda do sistema

### 3.2 Power Train

Especificação do conjunto moto-redutor e bateria: serão levantados os requisitos necessários do moto-redutor e qual a autonomia do sistema com base do conjunto escolhido e a bateria. Será estudado as implicações do raio da roda do sistema para a transmissão do torque para a CRM.

### 3.3 Controle

Especificação de tecnologia: estudo e escolha da melhor tecnologia voltada para o problema. Estudo de qual tipo de controlador de potência a ser usado no motor, para controle de sua corrente

### 3.4 Metodologia de organização e monitoramento

Para a execução do projeto o grupo organizou com base nas metodologias ágeis "Extreme Programming" (XP) e Scrum, comuns a engenharia de software, porém, estas metodologias foram adaptadas conforme a necessidade e o contexto do projeto que este documento descreve. Um exemplo destas adaptações é a ausência de um "Product Owner", para esta representação todo o grupo a exercerá através de reuniões para tomadas de decisão.

O Scrum e o XP são metodologias ágeis que nos baseamos para o planejamento do processo produtivo. No início do projeto foi definido o escopo, product backlog, de uma forma mais macro, resultando assim na nossa EAP, que pode ser observada na figura 5.

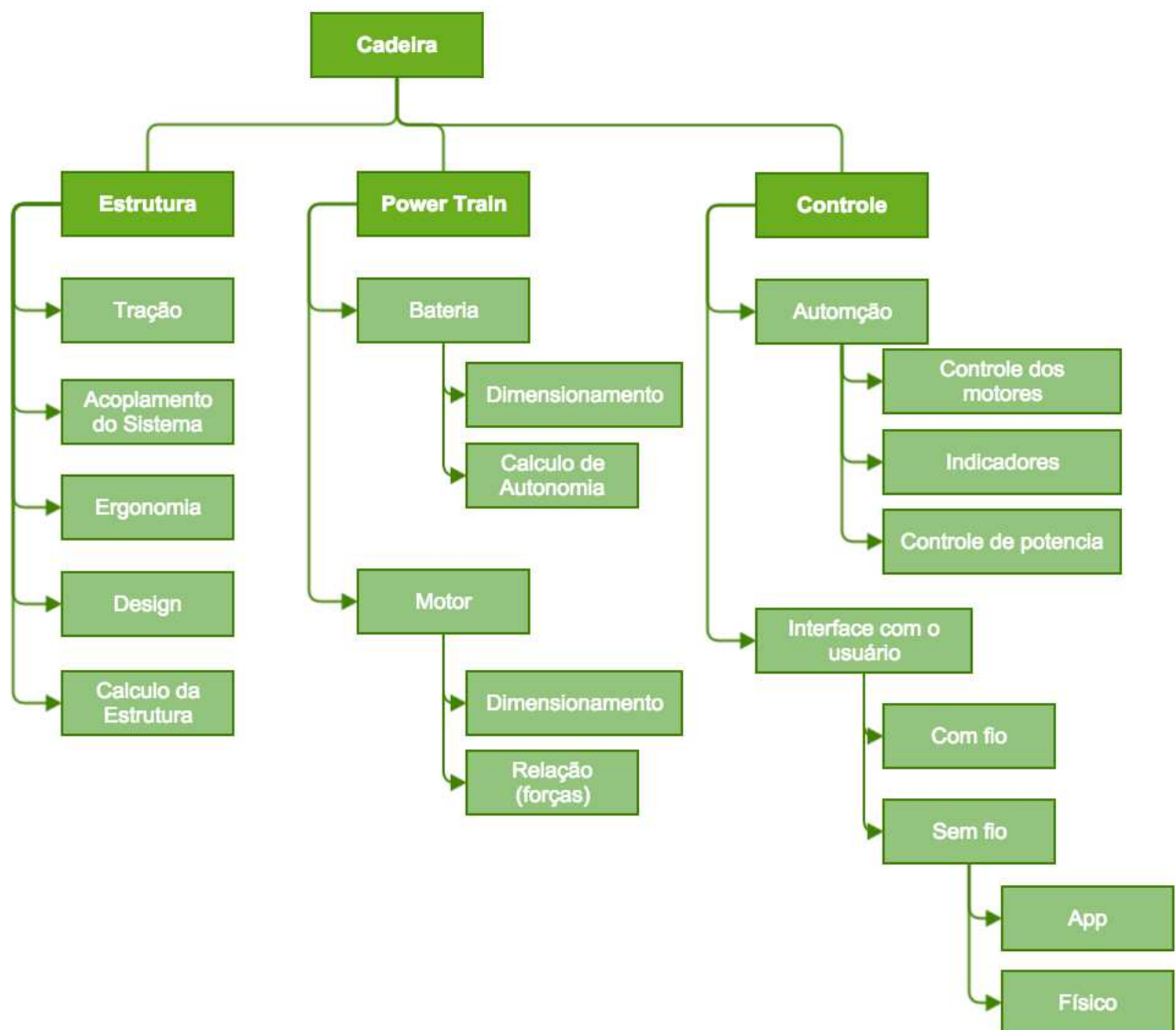


Figura 5: EAP

O projeto foi dividido em Sprints, técnica do Scrum baseada em intervalos fixos de tempo para a entrega de uma parte do produto final (Builds), que por votação interna teve sua duração limitada a uma semana. Foi definido também que a cada início de Sprint será realizada Planning, reunião dedicada ao planejamento de toda a Sprint. Em seu decorrer será realizado dailies, um feedback diário de cada membro, ou cada pairing do que foi realizado naquele dia, se existe alguma dificuldade e o que será feito no próximo dia. No final da Sprint será realizada uma retrospectiva onde são levantados pontos positivos e pontos a serem melhorados.

A presença dos integrantes do grupo nos horários de aula serão obrigatórios e controlados através de lista de presença de controle interno, pois devido as Sprints de duração de uma semana o Planning e retrospectiva serão realizados nas aula de sexta-feira, e quarta feira será realizado um ponto de controle interno que pode servir tanto

para a realização de super-pairings, quanto para tomadas de decisões importantes para o andamento do projeto.

Os prazos e datas nos quais foram baseados as datas de entrega, builds, releases, foram definidos para se adequar ao tempo da disciplina e às datas estipuladas pelo plano de ensino da disciplina.

Para o acompanhamento do projeto serão utilizadas ferramentas que facilitam os métodos citados anteriormente. Para auxiliar na comunicação será utilizada a ferramenta Slack, para o compartilhamento de Artefatos, pesquisas e documentos será utilizada a ferramenta Google Drive, para reuniões à distancia será utilizada a ferramenta Google Hangouts, para o desenvolvimento e versionamento dos softwares provenientes será utilizado o GitHub.

Com isso podemos concluir que nossas fases são divididas em Sprints, e as atividades são definidas no planejamento inicial de cada Sprint, bem como os responsáveis. As entradas são as atividades planejadas e as saídas são os relatórios e o produto incrementado. Os prazos limitadores serão o final de cada Sprint (que podem ser observadas no cronograma montado na figura 14), e o critério de conclusão o aceite interno da equipe juntamente com o feedback dos professores orientadores.

## 3.5 Integração entre Engenharias

A intenção do grupo, considerando a diversidade de conhecimentos das várias engenharias que estão a contribuir para o trabalho, é compartilhar o máximo de informação com a finalidade de integração entre os componentes, para compartilhar o máximo de informação com a finalidade de integração entre os componentes, alcançando assim um trabalho final mais completo e acabado.

Com isso em mente e munidos de uma metodologia de organização do ciclo de vida do trabalho ágil e dinâmica dividimos os as tarefas das Sprints entre pairings formados por integrantes de diferentes engenharias, sempre que possível. A tabela 2, mostra nosso esquemático de divisão de responsáveis nas tarefas dentro das Sprints, esclarecendo a metodologia implementada:

Embora a intenção principal seja integrar os conhecimentos da melhor forma possível, temos a ciência da necessidade de se focar engenharias específicas em determinadas áreas de atuação. Portanto, definimos de uma forma macro as principais áreas de atuação específica de cada engenharia.

Neste primeiro momento, a maior contribuição das Engenharias de Software e Eletrônica será, em conjunto, no controle da cadeira, desde o controle da direção, que pretendesse aplicar tanto por Joystick quanto por aplicativo para celular, quanto no con-

Tabela 2: Integração das engenharias conforme momento(Sprint) e tarefa

Sprint	Tema	Engenharia
Sprint 0	Bateria/Alimentação	Energia
	Manual do usuário das ferramentas a serem utilizadas pelo grupo	Eletrônica/Software
	Motor	Eletrônica/Energia
	Estrutura	Automotiva
	Comunicação	Eletrônica
	Identidade Visual do Grupo	Energia/Software
	Projetos Similares	Energia/Software
Sprint 1	Estrutura	Automotiva/Energia
	Controle	Eletrônica/Software
	Power Train	Eletrônica/Energia
	Revisão e junção das pesquisas realizadas em um só documento	Eletrônica/Energia/Software

trole dos motores e bateria necessária. A Engenharia de Energia ficará responsável, em primeiro momento, pelo dimensionamento da bateria e montagem do motor, juntamente com a Engenharia Automotiva que trabalhará também na estrutura do produto produzido.

Contudo, todos os membros do projeto, em algum momento, trabalharão em duplas de pesquisa ou implementação em partes fora de sua zona de conforto, visando uma maior integração entre as engenharias e um maior entendimento de todos em cada parte do projeto



## 4 Resultados

A partir do estudo e pesquisa realizado até o momento determinamos o que utilizar no conjunto do sistema, levantando um perfil que a equipe acredita ser a mais viável em termos de interação, custo-benefício, tempo, conhecimento técnico e outros fatores importantes para o projeto. Será desenvolvido um kit com capacidade de ser acoplado em diversas cadeiras de rodas afim de facilitar a mobilidade elétrica em cadeiras manuais. Os resultados levantados estão disposto no decorrer do capítulo.

### 4.1 Estrutura

Com a utilização do programa CATIA V5 3D foi estruturado o sistema eletrônico acoplado à cadeira de rodas, 6. Visando três preceitos básicos: comodidade, acessibilidade e conforto.



Figura 6: Vista Isométrica Traseira

O objetivo do projeto é desenvolver uma estrutura de fácil conexão e resistente. O produto proposto, ver figura 7,8, 9 e 10, deve-se acoplar a qualquer cadeira de rodas. Foi pensado em um dispositivo no formato de uma mala para que seja de fácil conexão, uso e manuseio.

A forma como a mala será acoplada a cadeira usa como base as hastes da mala e as hastes verticais aonde as manoplas utilizadas para empurrar manualmente a cadeira são fixadas. Tendo em vista que são rígidas e normatizadas pela NBR 9050 as hastes verticais da cadeira tem a distancia e espessura já definidas, o que facilita o desenvolvimento de um produto que possa ser usado em qualquer cadeira de rodas que esteja dentro dos padrões impostos pela norma.

Cada roda possuirá um motor próprio para que seja possível rotaciona-lás em sentidos opostos, por exemplo, quando for necessário fazer manobras em que a rotação deve ocorre em torno do eixo do próprio cadeirante, movimento muito comum para manobrar uma cadeira de rodas. Assim o cadeirante se sentira confortável e não terá grandes difi-

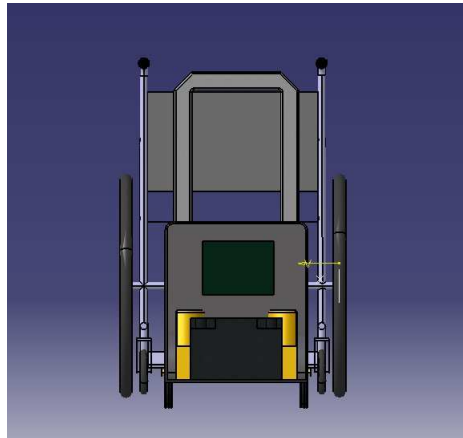


Figura 7: Vista Traseira

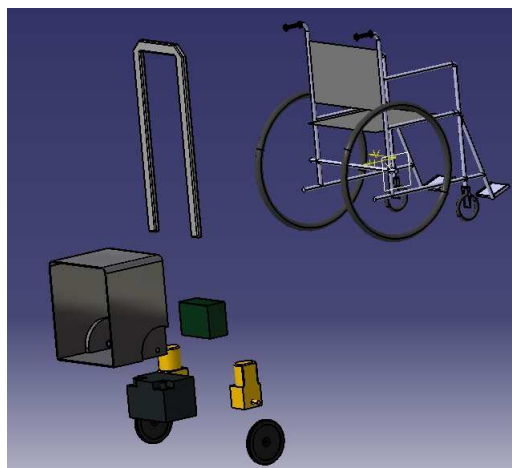


Figura 8: Visão do Sistema

culdades quando for manobrar a cadeira, já que a lógica de controle será a mesma usada quando se propulsiona manualmente a cadeira.

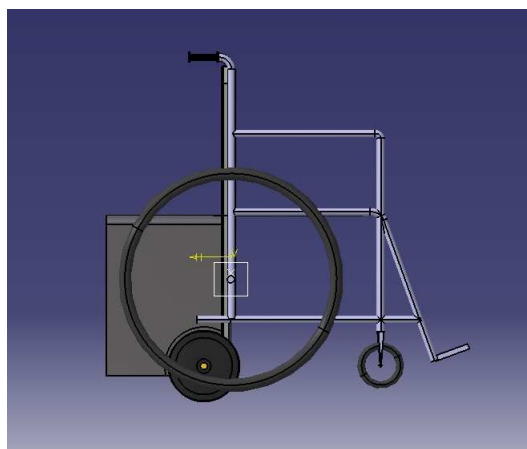


Figura 9: Imagem Lateral

Como pode se notar nas figuras, o sistema de propulsão devera empurrar a cadeira

de rodas, pois assim podemos aproximar o máximo possível o eixo da roda que ira gerar o movimento ao eixo da maior roda da cadeira, o que diminui a quantidade de torque necessário para movimentar o conjunto, fazendo com que o consumo de energia diminua e possibilite o uso de um motor de menor potencia, que diminuirá o custo do produto final.

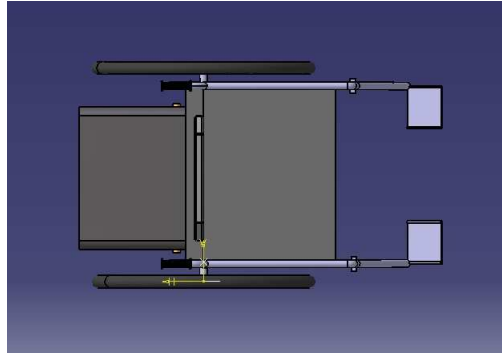


Figura 10: Imagem Superior

## 4.2 Power Train

### 4.2.1 Motor

Será utilizado no projeto o motor de corrente contínua. A escolha foi feita pois esse tipo de motor é muito utilizado em projetos que necessitam de velocidades variáveis, eles também apresentam uma região de torque e potência constante e são simples de realizar a aceleração e a desaceleração ([HAMANAKA; DIAS, 2002](#)).

Especificações a serem atendidas:

- Velocidade máxima de 7,44km/h;
- Peso máximo de 120 kg;
- Peso da bateria 10 kg;
- Peso da cadeira (valor aproximado) 20kg;
- Peso total estimado: 150 Kg;
- Considerando hipoteticamente o coeficiente de atrito ( $\mu$ ): 0,2.

### 4.2.2 Baterias

A bateria de chumbo-ácido é muito utilizada hoje em dia em diferentes áreas, como automóveis, sistemas de fornecimento de energia elétrica ininterrupta (no-breaks) e cadeiras de rodas elétricas. Desprezando-se o problema do peso e considerando as observações

feitas anteriormente no capítulo 2 foi a bateria escolhida para o projeto, considerando ainda o seu fácil acesso e baixo custo.

#### 4.2.2.1 Autonomia

Segundo a literatura, cadeiras de rodas elétricas trabalham com motores de corrente contínua entre 250 W a 300 W de potência. Para este projeto se decidiu utilizar motores de 300W. Há diversas maneiras de chegar neste valor, como por distribuição de forças, por balanço de energia, por forças em um plano inclinado, entre outras. Para este projeto fez-se uma estimativa da potência necessária através do balanço de energia.

A energia fornecida pelo motor deve ser igual à energia cinética da cadeira. Sendo a massa máxima que a cadeira de rodas aguenta de 150 kg e considerando que cadeiras de rodas elétricas chegam até 10 km/h, tem-se:

$$Em_x = \frac{m * V^2}{2} * \varepsilon \quad (4.1)$$

Onde  $Em$  é a energia fornecida pelo motor,  $m$  é a massa de 150 kg e  $V$  é a velocidade em m/s. Aqui estimou-se perdas do motor de pelo menos 20%, sendo assim, é igual a 1,20. Assim, a energia necessária para mover a cadeira é de 694.44 J, a potência é portanto 694.44 W.

Ao utilizar dois motores de 300 W, a potência total entregue ao sistema seria de 600 W. Rearranjando a equação para encontrar o valor da velocidade, e atribuindo 80% de eficiência no acoplamento das rodas com o eixo do motor, temos:

$$V_x = 0.8 * \sqrt{\frac{600 * 2}{m * \varepsilon}} \quad (4.2)$$

Assim, a estimativa da velocidade máxima que a cadeira deve obter será de pelo menos 7.44 km/h, que é uma velocidade razoável para este tipo de sistema. Sabe-se que a velocidade angular é dada pela divisão da velocidade linear pelo raio:

$$\omega_x = \frac{V}{r} \quad (4.3)$$

Logo, utilizando a velocidade estimada acima, a velocidade angular obtida é de 20.656 rad/s ou 197.5 rpm. Considerando as especificações do motor, sua velocidade angular nominal de 2800 rpm, teria de ser feita uma redução de pelo menos 1:14, onde a velocidade angular de saída do redutor seria de 200 rpm. Sendo o torque a divisão da potência pela velocidade angular, o torque gerado é de 29.05 Nm.

Para atender dois motores de 300 W, será conectada uma bateria de carro de chumbo selado de 12 V e capacidade de 60Ah, tem-se que a energia  $E$  gerada pela bateria é de:

$$E_x = (I * \Delta t) * U = (60Ah) * 12 = 720Wh \quad (4.4)$$

Desta forma, considerando a potência consumida pelos dispositivos eletrônicos de controle desprezível, tem-se que a autonomia da bateria seria de pouco mais de uma hora:

$$\Delta t_x = \frac{720W}{600Wh} = 1.2h = 1hora e 12 minutos \quad (4.5)$$

### 4.3 Controle

O kit de automação para cadeiras de roda será e um produto projetado para auxiliar na locomoção do cadeirante em um shopping. Na Figura 11 foi feita uma proposta de construção do kit mostrando a sua estrutura de controle. Em verde claro tem-se um componente que talvez seja somente integrado ao sistema. Esses blocos foram resultado dos estudos teóricos e de discursões da equipe. Em verde escuro, sistemas que serão efetivamente projetados e construídos e em azul, componentes que não serão construídos mas farão parte do kit de automação.

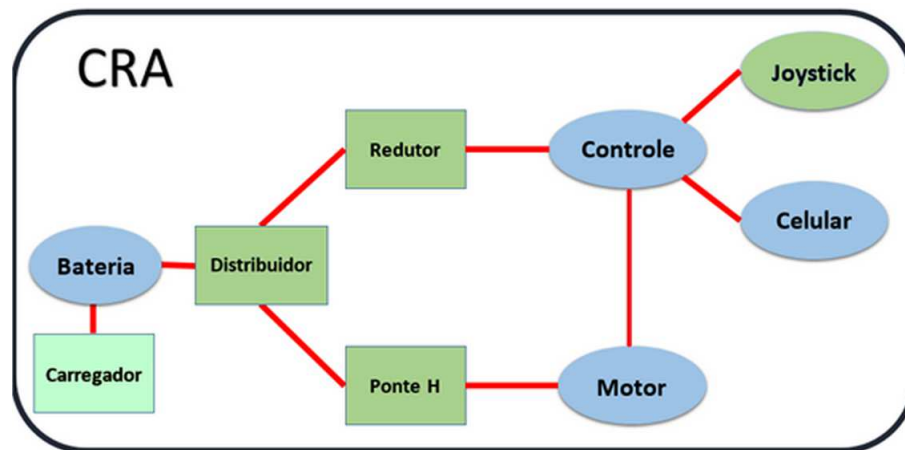


Figura 11: Esquemático de funcionamento geral da cadeira de rodas automatizada

Para o kit de automação da cadeira de rodas, será utilizada a ponte H para o controle dos motores. Um algoritmo de controle PWM usando o Raspberry Pi que deve responder aos comandos do usuário como direção, aceleração, frenagem, entre outros que serão posteriormente levantados. Na figura 12 pode ser observado o esquemático geral do sistema. Tem-se ainda o Distribuidor, uma placa para facilitar a alimentação do sistema, e o Regulador, para alimentar o Controlador e periféricos.

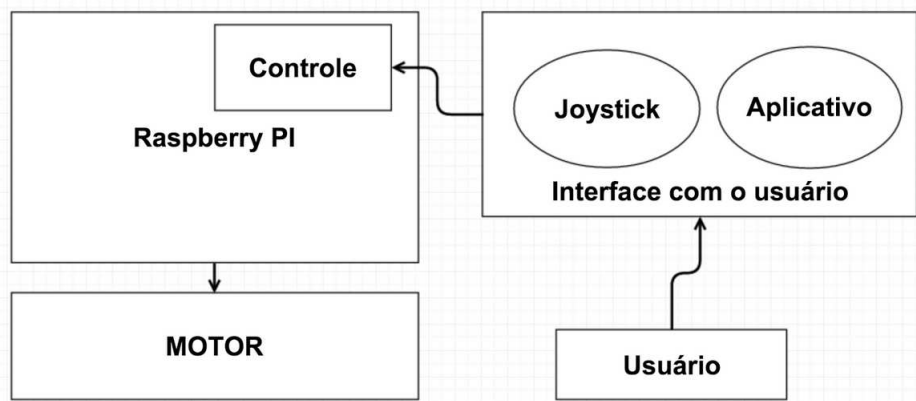


Figura 12: Desenho do diagrama de blocos do sistema de controle

O sistema vai ser projetado de forma que não seja necessário retirar a bateria para essa ser carregada, o grupo ainda não estabeleceu se o carregador vai ser construído ou comprado, considerando que o tempo disponível para o desenvolvimento do projeto é relativamente curto.

O Distribuidor vai ser basicamente uma placa que facilitara a conexão de todas as outras ao sistema, assim não será necessário que haja reduções de tensão tão drásticas. A placa terá um circuito de proteção, para evitar problemas de sobretensão e curto, saídas para a ponte H, tanto para alimentar possíveis circuitos e motor e ainda saídas para o regulador.

O Regulador terá a funcionalidade de alimentar o controlador com seus periféricos. Essa placa terá um circuito de proteção, para o controlador, contra possíveis problemas do distribuidor, saídas de alimentação para o controlador e ainda uma USB de alimentação para o celular do usuário, para impedir problemas de falta de bateria.

A ponte H será o circuito responsável por fazer o controle de velocidade e direção dos motores. Essa placa terá além dos circuitos necessários para o funcionamento da ponte H, um circuito de proteção para os motores e pinos de entrada do PWM, já que pode haver possíveis problemas de sobretensão a alimentação do motor.

## 4.4 Interface com o usuário

### 4.4.1 Joystick

Para as cadeiras de rodas automatizadas essa é uma solução comum de controle para as mesmas, tendo em vista que é relativamente simples de ser acoplado uma vez que se entenda seu funcionamento básico. Para o projeto em questão essa foi uma das alternativas encontradas. No qual o joystick seria acoplado ao braço da cadeira, ou em uma posição que o usuário se sinta mais ergonomicamente confortável. Este acoplamento

deve ser simples para favorecer a característica de portabilidade do projeto como um todo.

Caso necessário a conexão do joystick ao sistema de controle pode ser feita por bluetooth, tal característica contribui para o objetivo final do projeto (DICIANNO; COOPER et al., 2010).

#### 4.4.1.1 Smartphone

O *smartphone* é um telefone celular com um sistema operacional móvel avançado que combina as características de um sistema operacional de computador pessoal com outros recursos úteis para uso móvel ou portátil (NUSCA, 2009).

Devido a portabilidade destes dispositivos e sua facilidade de integração com outros sistemas, uma possível solução para a interação do usuário com o sistema pode ser feita. Uma conexão entre o dispositivo e o sistema será feita através de Bluetooth (Android) ou "Virtual Private Network"(iOS e Android). Para o projeto em questão o usuário pode optar por utilizar o *Smartphone* ou ainda o joystick.

#### 4.4.1.2 Protótipo

O protótipo na figura 13 foi feito com o intuito de mostrar o fluxo do aplicativo sugerido para o controle da cadeira de rodas automatizada.

A principal funcionalidade deste aplicação é basicamente voltada para o controle da cadeira de rodas automatizada, no qual o usuário teria um *joystick* virtual que se comunica com o *Raspeberry Pi* enviando o comando para os motores. Uma das restrições pensadas, foi a de enquanto o controle estiver ativado via aplicativo o usuário não poderia ter o controle através do *joystick* físico.

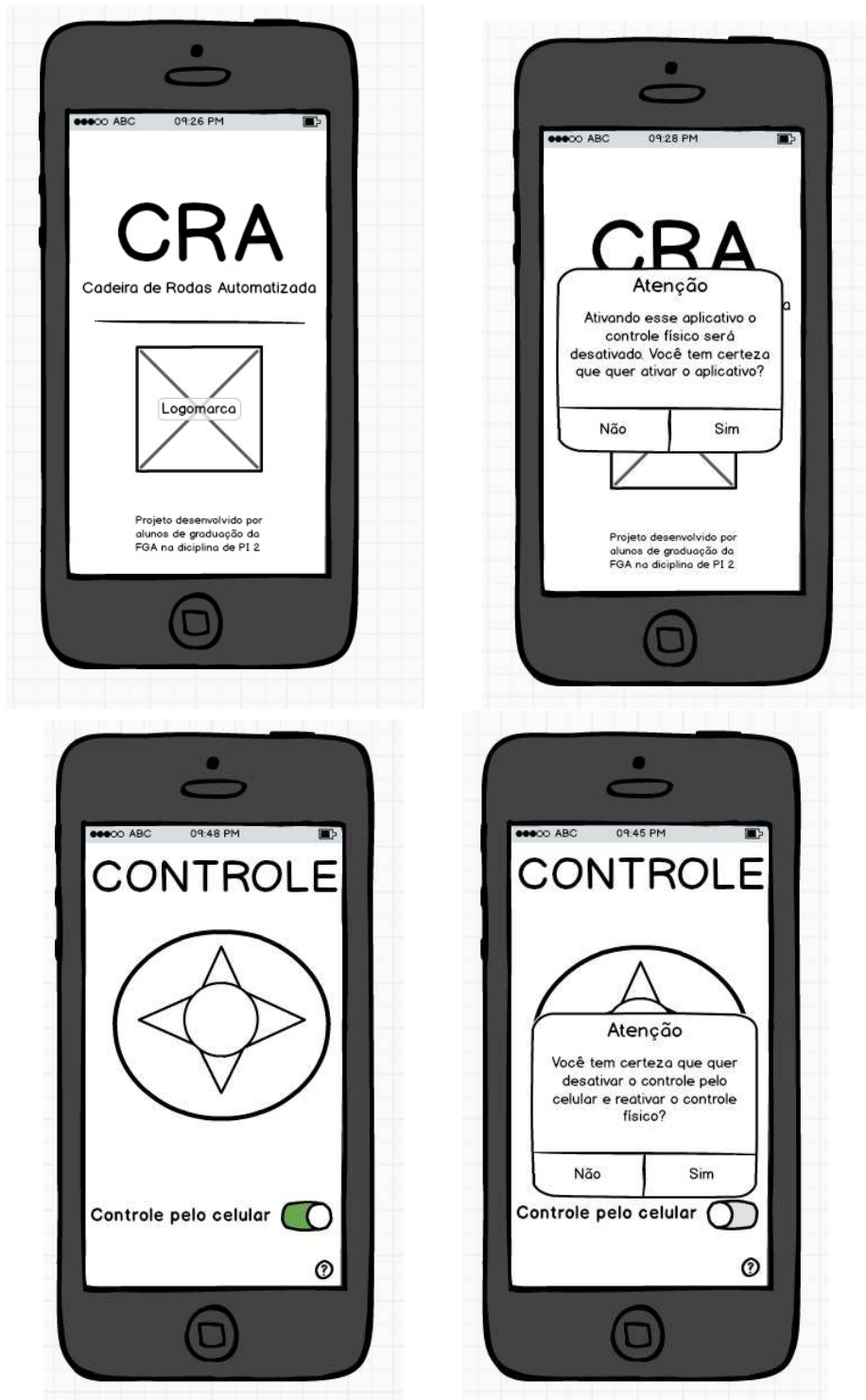


Figura 13: Protótipo de aplicativo para interface entre usuário e motor



## 5 Perspectiva

### 5.1 Incremento atual

#### 5.1.1 Estrutura

1. Modelagem da cadeira motorizada adaptada: Foi feito a modelagem da cadeira de rodas levando em conta a solução de portabilidade e acessibilidade da mesma, pontuando pontos como o design de inovação do anexo autômato a cadeira.
2. Escolha do material a ser usado em anexo: Um estudo dos possíveis materiais será realizado, alavancando os motivos e vantagens do uso dos mesmos para suporte das cargas.
3. Ergonomia do produto: Estudo e modelagem do melhor design da cadeira de rodas manual com o anexo que a motoriza.

#### 5.1.2 Power Train

1. Escolha do motor elétrico quanto ao custo do mesmo no projeto, embasado em estudo feito em relação a peso, velocidade máxima, velocidade nominal.
2. Especificação do motor elétrico de Corrente Contínua quanto a potência mínima.
3. Estudo e especificação sobre baterias a serem utilizadas, quanto tensão, capacidade e dimensão. Foi escolhido usar as baterias de Chumbo-Ácida selada, levando em conta vantagens e limitações. Os cálculos de autonomia foram feitos para melhor estimar o método de carregamento da bateria.

#### 5.1.3 Controle

1. Especificação de tecnologia: Estudo e escolha da melhor tecnologia voltada para o problema, que no caso será feito com um Raspberry Pi para comunicação entre a interface do usuário e o motor.
2. Controle de potência: Estudo de qual tipo de controlador de potência a ser usado no motor, para controle de sua corrente. A escolha da utilização da ponte H será combinado com o algoritmo de PWM, que utiliza o Raspberry Pi como forma de resposta aos comandos dos usuários como a direção, aceleração, frenagem da cadeira motorizada adaptada.

3. Escolha da linguagem de programação: Definição de qual linguagem será utilizada com base na problemática existente e nos recursos a serem utilizados. A linguagem escolhida foi o Python, pois existem bibliotecas específicas que controlam GPIO do Raspberry Pi.

#### 5.1.4 Interface com Usuário

1. Estudo de tecnologias para interfaces: Estudo de quais tecnologias são usadas como interface de usuário para controle da cadeira motorizada adaptada. Neste estudo são observados dispositivos de controle como Joystick e aplicativos que podem utilizar tecnologia Bluetooth ou VPN para comunicar com o Raspberry Pi.
2. Escolha da linguagem de programação do aplicativo: Definição de qual linguagem será utilizada com base na problemática existente e nos recursos a serem utilizados. A linguagem escolhida para o desenvolvimento do aplicativo será definida conforme o resultado de estudo de utilização de Bluetooth e VPN. Caso a escolha seja para dispositivos Android, então pode ser escolhida a linguagem nativa Java, caso a escolha seja para dispositivos iOS, então pode ser escolhida a linguagem nativa Objective-C ou Swift.

## 5.2 Próximos passos

### 5.2.1 Estrutura

1. Fazer análise computacional das tensões equivalentes atuantes na estrutura, mediante critérios de falha de von Mises. Será utilizado o software ANSYS.
2. Escolha de material mediante norma ABNT 6061 - T6.

### 5.2.2 Power Train

1. Escolha do motor de CC a ser utilizado no projeto, levando em conta o custo, preço e adequação do mesmo no projeto. Motores escolhidos:
  - a) Zm 8070501 (12V 0,8 kW)
  - b) Zm 8070502 (12V 0,8 kW)
  - c) Zm 8010603 (12V 0,8 kW)
  - d) Zm 8010604 (12V 0,8 kW)
  - e) Zm 8010605 (12V 0,8 kW)
  - f) Zm 8010606 (12V 0,8 kW)

- g) Zm 8010607 (12V 0,8 kW)
  - h) Zm 8010608 (12V 0,8 kW)
2. Escolha e dimensionamento da bateria de maneira mais específica – tensão e capacidade adequadas assim como a quantidade necessária para o projeto e estimativa de preço.
  3. Cálculos mais aprofundados sobre autonomia, potência, eficiência, cálculo de forças e velocidades serão apresentados.

### 5.2.3 Interface com Usuário

1. Prova de conceito para comunicação VPN e Bluetooth para iOS;
2. Prova de conceito para comunicação VPN e Bluetooth para Android;
3. Prova de conceito para comunicação de Joystick ( cabo e Bluetooth);

### 5.2.4 Controle

1. Definição de interface entre os componentes de controle;
2. Versão inicial do controle com smartphone;
3. Versão inicial do controle com joystick.

## 5.3 Cronograma

Para prosseguir com os próximos passos um cronograma com as estimativas de cada Sprint foi levantado.






























































		Nome	Duração	Início	Fim
1	  	Sprint 0	4d?	28/08/2015	02/09/2015
2	  	Sprint 1	6d?	04/09/2015	11/09/2015
3	  	Entrega do Primeiro Relatório	1d?	11/09/2015	11/09/2015
4	  	Sprint 2 (Pro)	6d?	11/09/2015	18/09/2015
5	  	Primeiro Ponto de controle	1d?	18/09/2015	18/09/2015
6	  	Sprint 3 (Produção)	6d?	18/09/2015	25/09/2015
7	  	Sprint 4 (Produção)	6d?	25/09/2015	02/10/2015
8	  	Sprint 5 (Produção)	6d?	02/10/2015	09/10/2015
9	  	Sprint 6 (Produção)	6d?	09/10/2015	16/10/2015
10	  	Sprint 7 (Produção)	6d?	16/10/2015	23/10/2015
11	  	Entrega do Segundo Relatório	1d?	23/10/2015	23/10/2015
12	  	Sprint 8 (Preparação para apresentação)	6d?	23/10/2015	30/10/2015
13	  	Segundo Ponto de Controle	1d?	30/10/2015	30/10/2015
14	  	Sprint 9 (Produção)	6d?	30/10/2015	06/11/2015
15	  	Sprint 10 (Produção)	6d?	06/11/2015	13/11/2015
16	  	Sprint 11 (Produção)	6d?	13/11/2015	20/11/2015
17	  	Sprint 12 (Produção)	6d?	20/11/2015	27/11/2015
18	  	Entrega do Relatório Final	1d?	27/11/2015	27/11/2015
19	  	Sprint 13 (Preparação para apresentação final)	6d?	27/11/2015	04/12/2015
20	  	Ponto de Controle Final	1d?	04/12/2015	04/12/2015

Figura 14: Cronograma

# Referências

- ABNT, A. B. D. N. T. *NBR 9050: Acessibilidade e edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos*. [S.l.], 2004. 47 p. Citado na página 27.
- BARCELOS, A. et al. Sistema de controle e motorização de cadeira de rodas. *Associação Educacional Dom Bosco*, 2008. Citado na página 22.
- CONITEC, C. N. de Incorporação de Tecnologias no S. *Relatório número 50 PROCEDIMENTO CADEIRA DE RODAS MOTORIZADA NA TABELA DE ÓRTESES, PRÓTESES E MATERIAIS ESPECIAIS NÃO RELACIONADOS AO ATO CIRÚRGICO DO SUS*. 8 de maio de 2013. Acessado em 7 de Setembro de 2015. Disponível em: <<http://conitec.gov.br/images/Incorporados/CadeiradeRodasMotorizada-final.pdf>>. Citado na página 19.
- DICIANNO, B. E.; COOPER, R. A.; OTHERS. Joystick control for powered mobility: Current state of technology and future directions. *National Library of Medicine*, 2010. Citado na página 37.
- Herbert A Everest e Harry C Jennings. *Folding wheel chair*. 1937. 2095411. Citado 2 vezes nas páginas 11 e 22.
- FILHO, W. de B. V. et al. Desenvolvimento de kit para automação de cadeira de rodas convencional. *VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA*, 2010. Citado na página 11.
- HAMANAKA, M. H. M. O. Projeto e desenvolvimento de circuito de controle para cadeira de rodas. *Dissertação de Mestrado, UNICAMP*, 2002. Citado na página 11.
- HAMANAKA, M. H. M. O.; DIAS, J. A. S. *Projeto e Desenvolvimento de circuito de controle para cadeira de rodas*. [S.l.], 2002. Disponível em: <<https://www.robocore.net/upload/ManualTecnicoBateriaUnipower.pdf>>. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 33.
- HOME.ASPX disponível em: <http://www.bluetooth.com/Pages/Bluetooth.2015> *Bluetooth SIG, Inc.* 2015. Citado na página 24.
- [HTTP://WWW.INMETRO.GOV.BR/](http://WWW.INMETRO.GOV.BR/) disponível em: *INMETRO, Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia*. 2015. Citado na página 11.
- LOCKTON, D. Wheelchair drive. 2004. Disponível em: <[http://www.danlockton.co.uk/transport/mobility/Brunel\\_Wheelchair\\_Drive\\_public.pdf](http://www.danlockton.co.uk/transport/mobility/Brunel_Wheelchair_Drive_public.pdf)>. Citado na página 11.
- MCGUIRE, M.; JENKINS, O. C. *Creating Games: Mechanics, Content, and Technology*,. [S.l.]: A K Peters, Ltd., 2009. Citado na página 23.
- MEGGIOLARO, M. A.; GIRSAS, I. T. *PROJETO E CONTROLE DE UMA CADEIRA DE RODAS AUTOMATIZADA INTELIGENTE COM SENSORES DE ULTRASSOM*. 2011. Citado na página 19.
- NUSCA, A. Smartphone vs. feature phone arms race heats up; which did you buy? *ZDNet*, 2009. Citado na página 37.

RASPEBERRY Pi Foundation. 2015. Acessado em 11 de Setembro de 2015. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org>>. Citado na página 23.

(SDH/PR), S. N. d. P. d. D. d. P. c. D. S. e. C. G. d. S. d. I. s. a. P. c. D. Secretaria de Direitos Humanos da Presidência da R. *Cartilha do Censo 2010 - Pessoas com Deficiência*. 2012. Disponível em: <<http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/publicacoes/cartilha-censo-2010-pessoas-com-deficiencia-reduzido.pdf>>. Citado na página 11.